

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო



წყალთა მუხრნეობის ინსტიტუტი
სამეცნიერო შრომათა კრებული
№65

ძეგნება აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას ხსოვნას



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГРУЗИИ
ИНСТИТУТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
№65

ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ АКАДЕМИКА Ц.Е. МИРЦХУЛАВА



MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF GEORGIA
INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT

COLLECTED PAPERS
№65

DEDICATED TO THE MEMORY OF ACADEMICIAN TSOTNE MIRTSKHOULAVA



ISSN – 1512 – 2344

საქართველოს მეცნიერებისა და განათლების სამინისტრო

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

სამეცნიერო შრომათა კრებული №65

ემდგენება აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას ხსოვნას



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГРУЗИИ

ИНСТИТУТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ №65

Посвящается памяти академика Ц.Е. Мирцхулава



MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION OF GEORGIA

INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT

COLLECTED PAPERS №65

Dedicated to the memory of academician Tsotne Mirtskhoulava



თბილისი – Тбилиси – Tbilisi

2010

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 იტრიანიშვილი, 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 ოგსეპიანი (სომხეთი), კადირ სეიპანი (თურქეთი), ერუი სობოტა (პოლონეთი), ოვანეს ტოკმაჯიანი (სომხეთი), **იგორ შიკლომანოვი** (რუსეთი), გოგა ჩახაია, სერგეი ჩერნომორეცი (რუსეთი), ლასზლო ჰაიდე (ნიდერლანდები)

კომპიუტერული უზრუნველყოფა: თეიმურაზ ქოჩლადე

Сборник издается с 1934 г.

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., Дудай 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., Итришвили Л.А., Кинг Л. (Германия), Коваленко П. (Украина), Купреишвили Ш.З. (ответственный секретарь), Лоискандл В. (Австрия), Магомедова А. В. (Россия), Маматканов Д. М. (Кыргызская Республика), Могамади М. (Иран), Натишвили О.Г., Овсепян М.Ш. (Армения), Сейхан К. (Турция), Собота Е. (Польша), Токмаджян О.В. (Армения), **Шикломанов И.А.** (Россия), Чახая Г.Г., Черноморец С.С. (Россия), Гаиде Л. (Нидерланды),)

Компьютерное обеспечение: Кочладзе Т.Ю.

The collection is published since 1934

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), O.V. Tokmajian (Armenia), **I.A. Shiklomanov** (Russia), G.G. Chakhiaia, S.S. Chernomorec (Russia), R.V., L. Hayde (The Netherlands)

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
ვებ-გვერდი: <http://gwmi.ge>

ტირაჟი 300

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

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

© წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი



მძიმეა საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის კოლექტივის იმ აზრთან შეგუება, რომ 2010 წლის 17 მარტს გარდაიცვალა ინსტიტუტის ყოფილი დირექტორი, მსოფლიოში ცნობილი მეცნიერი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი, საქართველოსა და რუსეთის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიების აკადემიკოსი, საქართველოს სახელმწიფო პრემიის ლაურეატი (ტექნიკის დარგში), საქართველოს დამსახურებულ მეცნიერი, ქვეყნის 2003 წლის საუკეთესო მეცნიერი ტექნიკის დარგში და რიგი სახელმწიფო ჯილდოების მფლობელი, ბატონი ცოტნე მირცხულავა.

ბატონი ცოტნე დაიბადა ქ. ფოთში 1920 წლის 25 ივლისს. ფოთის ცნობილი ჰიდრომელიორაციული ტექნიკუმის წარმატებით დამთავრების შემდეგ იგი მისაღებ გამოცდებს აბარებს საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში, სამშენებლო ფაკულტეტზე, რომელსაც, ნაცვლად 5 წლისა, ამთავრებს 3 წელიწადში და სამუშაოდ განაწილდა კახეთში, საქნავთობის ქ. წნორის ობიექტზე. მალე იგი დაწინაურებულ იქნა სათავე ორგანიზაციაში მთავარ ინჟინრად, ხოლო 1956 წლიდან მუშაობს წყალთა მეურნეობის

ინსტიტუტში. რომელსაც ღირსეულად ხელმძღვანელობდა 1968 წლიდან 2005 წლამდე. ამ პერიოდში ინსტიტუტმა მოიხვეჭა საერთაშორისო ავტორიტეტი; შემდეგ იგი აირჩიეს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარედ და მთავარ მეცნიერად.

2010 წლის 12 ივლისს გაეროს ექსპერტის სტიქიური მოვლენების საკითხებში, ფაზისის საერთო აკადემიის პრეზიდენტს, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორს, ბატონ ცოტნე მირცხულავას 90 წელი შეუსრულდებოდა.

ბატონი ცოტნე ისე მყარად არის აღბეჭდილი ჩვენს, მისი კოლეგებისა და საერთოდ თანამედროვეების მეხსიერებაში, რომ თითქოს იგი დღესაც ჩვენს გვერდითაა, ძველებურად გვაძლევს საქმიან, არგუმენტირებულ რჩევებსა და დარიგებებს. ალბათ ამგვარი „ურთიერთობა“ მასთან კიდევ დიდხანს გაგრძელდება, ვინაიდან მის მიერ დატოვებული მეცნიერული მემკვიდრეობა, მრავალრიცხოვანი, 400-ზე მეტი სტატიის და 22 მონოგრაფიის სახით, სრულყოფილად იძლევა ასეთი განცდის უფლებას.

ბატონ ცოტნეს მეცნიერული მემკვიდრეობა წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, საინჟინრო ნაგებობათა უსაფრთხოების, მათი საიმედოობისა და რისკთან დაკავშირებულ პრობლემებზე პრაქტიკაში წარმოქმნილ თითქმის ყველა საკითხზე იძლევა სრულყოფილ, ამომწურავ და არგუმენტირებულ პასუხებს.

გასაოცარი იყო ის, რომ მის მიერ შექმნილი და წარმატებით გამოყენებული მექანიკის მოდელები მან უნარიანად გამოიყენა მედიცინაში, ადამიანის სიცოცხლის გახანგრძლივების საშუალებების შემოთავაზებით.

ინტერნეტში ასეთი მოსაზრებაც კი გამოითქვა: „ნუთუ მირცხულავა, ეს ერთი და იგივე პიროვნებაა, რომელიც ასე ეფექტურად მუშაობს წყალთა მეურნეობასთან დაკავშირებულ პრობლემების გადაწყვეტაზე და ამავე დროს მედიცინაში ადამიანის

სიცოცხლის გახანგრძლივების საკითხებზე“.

ამ ფენომენის გამოყენებას მის ყოველდღიურ ცხოვრებაშიც ჰქონდა ადგილი, ყოფით ურთიერთობებთან დაკავშირებული სიძნელეების დაძლევის აუცილებლობის შემთხვევაში.

მეცნიერის ეს თვისებები მას ჩამოუყალიბდა ჯერ კიდევ პოლიტექნიკური ინსტიტუტის დამთავრების შემდეგ, საქნავთობის დედოფლისწყაროს ობიექტზე მოღვაწეობის პერიოდში. იგი მუშაობის დაწყების პირველივე დღეებიდანვე დაუზარებლად ასრულებდა არამარტო მასზე განპირობებულ სამუშაოებს, არამედ ხშირად, თუ ამას აუცილებლობა მოითხოვდა, უბრალო მუშასაც კი ჩაენაცვლებოდა ხოლმე. ამიტომ იყო, რომ კოლექტივში იგი პატივისცემითა და დაუფარავი სიყვარულით სარგებლობდა. მისი ამგვარი თავდადება შეუმჩნეველი არ დარჩენილა „საქნავთობის“ ხელმძღვანელობისაგან და იგი სულ მალე გადმოყვანილ იქნა თბილისში, სათავე ოფისში, ტესტის მთავარ ინჟინრად თანამდებობაზე.

თავისი ჭეშმარიტი მოწოდება ბატონმა ცოტნემ ნახა სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის სფეროში. იგი 1956 წლიდან იწყებს მუშაობას საქართველოს ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში (ამჟამად წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი), სადაც იგი სათავეში ედგა ამ ორგანიზაციას 35-ზე მეტი წლის განმავლობაში და მიაღწია ინსტიტუტის საერთაშორისო აღიარებას.

გაოცებას იწვევდა ბატონ ცოტნეს შრომების მკითხველებში იმ კოლოსალური ოდენობის ლიტერატურული წყაროების შესწავლის, ანალიზისა და შეფასების უნარი, რასაც იგი ასრულებდა მისთვის ჩვეული ოპერატიულობით, სიზუსტითა და მისადაგებულობით. ამ შემთხვევაში არ შეიძლება არ აღინიშნოს შრომების ციტირების უნარი არა მხოლოდ სამეცნიერო, არამედ მხატვრული ლიტერატურიდანაც. ისე მოხერხებულად იცოდა მან მასალის შერჩევა განსახილველ საკითხებთან დაკავშირებით, რომ მკითხველს ექმნებოდა შთაბეჭდილება, თითქოს ცნობილ მწერალთა და პოეტთა ესა თუ ის გამონათქვამი სწორედ განსახილველი

საკითხებისადმი იყო მიძღვნილი. ამაში ადვილად შეიძლება დარწმუნება, თუ მკითხველი თვალს გადააგდებს ბატონი ცოტნეს ადრინდელ და ბოლო წლებში გამოცემულ მონოგრაფებს, შემოთავაზებულს დარგის ასეთი აქტუალური საკითხების გადასაწყვეტად, როგორცაა „ჰიდროტექნიკური და ჰიდრომელიორაციული ნაგებობების საიმედოობა“, „საშიშროებები და რისკი წყალსამეურნეო და სხვა დანიშნულების ობიექტებისათვის“ და სხვ.

მისი ავტორობით გამოქვეყნებული მონოგრაფიები მსოფლიოს სპეციალისტთა მიერ სახელმწიფოებრივი ღირებულების ნორმატიულ დოკუმენტებთან ერთად, როგორცაა „წყლის ნაკადის დასაშვები არაგამრეცხი სიჩქარეების დადგენა გრუნტებისა და ნიადაგებისათვის“, „საინჟინრო ნაგებობების საიმედოობისა და რისკის გამოთვლის ორიგინალური მეთოდიკა“, „საშიშროებები და რისკი“ (2007) სამართლიანად იქნა აღიარებული სპეციალისტთა შორის მსოფლიოში.

ბატონი ცოტნეს მიერ მომზადებული და გამოქვეყნებული შრომების ამგვარი შეფასება იყო საწინდარი იმისა, რომ მეცნიერი აღიარებული ავტორიტეტითა და პატივისცემით სარგებლობდა არა მარტო მის თანამემამულე, არამედ საზღვარგარეთელ კოლეგათა შორისაც. ამის დასტურია ის, რომ იგი ერთხმად იქნა არჩეული რუსეთის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის ჯერ წევრ-კორესპონდენტად, ხოლო ოდნავ მოგვიანებით – ნამდვილ წევრად. იგი წლების განმავლობაში იყო საკავშირო მეცნიერებისა და ტექნიკის კომიტეტთან არსებული წყალთა მეურნეობის მუდმივმოქმედი კომისიის უცვლელი თავმჯდომარე. უფრო მეტიც: ბატონი ცოტნე გარდაცვალებამდე ასრულებდა ჰიდრავლიკურ კვლევათა საერთაშორისო ასოციაციისა და ირიგაციისა და დრენაჟის საერთაშორისო კომიტეტის წევრის მოვალეობას.

ბატონ ცოტნეს ცნობილი მონოგრაფია „ჰიდრომელიორაციულ ნაგებობათა საიმედოობა“ (1970 წ.) უმაღლეს, გამოცემისთანავე იქნა თარგმნილი ინგლისურ ენაზე ცნობილი ამერიკული გამომცემლობის მიერ.

ცალკე და განსაკუთრებით აღნიშვნის

ღირსია ბატონ ცოტნეს პედაგოგიური მუშაობა, იქნებოდა ეს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში მოღვაწეობის პერიოდში თუ ასპირანტების მომზადების დარგში, რომელთა საერთო რაოდენობა 40-ს აღარბეჭდა, აქაც ბატონი ცოტნე გამოირჩეოდა თემის სახელწოდების უნარიანად შერჩევით, დაყენებული საკითხის აქტუალობით. მის მიერ გამოზრდილი და გზაზე დაყენებული მეცნიერები დღეს მსოფლიოს მრავალ კუთხეში მოღვაწეობენ.

უაღრესად თავმდაბალი, დაუღალავი, შრომისუნარიანი, საკითხის სიღრმისეულად შესწავლისადმი მსწრაფველი და რთული პრობლემის ორიგინალურად და მარტივად გადაწყვეტის მონახვის უნარი, ეს ის თვისებებია, რითაც ბატონი ცოტნე გამოირჩეოდა მთელი თავის ცხოვრების მანძილზე.

აკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა, როგორც დამსახურებული მეცნიერი, აქტიურად თანამშრომლობდა წყალდიდობის ექსპერტად გაერთიანებული ერების ორგანიზაციაში ქ. ნიუ-ორკში, სხვადასხვა დროს იგი მიწვეული იყო სალექციო კურსების წასაკითხად ევროპის მრავალ ქვეყანაში, ინდოეთსა და ჩინეთში. იგი იყო ჰიდრაულიკური კვლევების ასოციაციის, ირიგაციისა და დრენაჟის

საერთაშორისო ორგანიზაციების ნაციონალური კომიტეტის, მთელი რიგი სამეცნიერო-ტექნიკური და სპეციალიზებული საბჭოს და მრავალი საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალის რედაქციის წევრი.

ბატონი ცოტნე იყო დიდებული, მართლაც სამაგალითო ოჯახის თავკაცი, კარგი მეუღლე, მამა, ბაბუა და დიდი ბაბუა.

აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას ნათელი სახე წარუშლელი იქნება არა მარტო მის თანამედროვეთა შორის, არამედ მომავალი თაობებისთვისაც, ვისაც კი ოდნავი შეხებაც კი ექნება მის მიერ დასმულ და გადაწყვეტილ საკითხებთან.

ინსტიტუტის სახელით

გივი გაგარდაშვილი

*წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის
დირექტორი, სამეცნიერო ჟურნალის
მთავარი რედაქტორი,
ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი*

ПАМЯТИ АКАДЕМИКА Ц.Е.МИРЦХУЛАВА
ACADEMICIAN TSOTNE MIRTSKHOULAVA – 90
REMEMBERING

25 марта 2010г. Грузинский институт водного хозяйства, как и вся грузинская общественность понесли огромную потерю: скончался академик Цотне Евгеньевич Мирцхулава – известный ученый и крупный организатор науки в области гидротехники и мелиорации, гидравлики, инженерной гидрологии, охраны окружающей среды.

Ц.Е. Мирцхулава являлся академиком национальной академии наук Грузии и Российской академии сельскохозяйственных наук, заслуженным ученым Грузии, лауреатом звания лучшего ученого страны в области технических наук 2003 г., был обладателем ряда государственных наград.

Ц.Е. Мирцхулава родился 12 июля 1920 г. в г. Поты. После успешного окончания Потийского гидромелиоративного техникума он поступает в Грузинский политехнический институт на строительный факультет. Закончив за три года институт (вместо положенных 5 лет), начинает работать в тресте “Грузнефть”, территориально расположенного в Кахетии (г. Цхори), где вскоре был назначен главным инженером головной организации. С 1956 г. Ц.Е.Мирцхулава работает в НИИ гидротехники и мелиорации (ныне институт водного хозяйства) где и раскрылось его подлинное призвание организатора научно-исследовательской работы. Являясь бессменным руководителем института с 1968 по 2005 г, он внес существенный вклад в развитие научно-производственной базы института и повышение его международного авторитета. С 2005 г. Ц.Е.Мирцхулава – председатель Ученого совета и главный научный сотрудник института водного хозяйства.

12 июля 2010 г. Ц.Е.Мирцхулава – эксперту ООН по вопросам стихийных явлений, президенту академии “Фазис”, доктору технических наук, профессору исполнилось бы 90 лет.

Ц.Е. Мирцхулава так глубоко запечатлен в памяти зарубежных и грузинских ученых,

The Georgian Institute of Water Management and Georgian society as a whole suffered a great loss at the death of the world-renowned scientist Academician Tsotne Mirtskhoulava on 25 March 2010. He was Academician of the Georgian Academy of Sciences, Academician of the Georgian and Russian Academies of Agricultural Sciences, Merited Scientist of Georgia, the best scientist of the country in 2003 and winner of a number of state awards.

Mr. Mirtskhoulava was born on 12 July 1920 in Poti. After finishing successfully the well-known Poti hydro-reclamation technical school, he passed the entrance examinations at the Faculty of Building of the Georgian Polytechnical Institute, from which he graduated in 3 years instead of 5, and was sent to work at Tsnori facility of Saknabtobi in Kakheti. Before long he was promoted as chief engineer at the head office. From 1956 he worked at the Georgian Research Institute of Hydraulic Engineering and Reclamation (at present Institute of Water Management, where his genuine calling unfolded in the sphere of scientific research, which he directed honourably for 37 years – from 1968 to 2005. During his term the Institute won international authority. From 2005 he served as Chairman of the Scientific Council of the Institute and chief scientist.

On 12 July 2010 Professor Tsotne Mirtskhoulava, the UN expert on disastrous phenomena, President of the Phasis Secular Academy, Doctor of Technical Sciences, would have been 90.

Dear Tsotne was so firmly imprinted in the memory of foreign and Georgian scientists, his colleagues, and generally in the memory of his contemporaries, that today too he seems to be beside us, giving us his usual practical exhaustive well. argued advice and instructions on water management, environmental protection, safety of engineering structures, their reliability and risk – almost on all questions arising in life. Such “relation ship” with him will probably last for a

сотрудников и коллег, что и сегодня он рядом с нами и по старому совету, полностью, досконально и аргументированно дает наставления по возникшим вопросам управления водными ресурсами, охраны окружающей среды, безопасности инженерных сооружений, проблемам надежности и риска. Такое отношение к памяти Ц.Е.Мирцхулава, наверное, будет продолжаться еще долгое время. Тому подтверждение оставленное им научное наследие в виде более 400 научных статей и 22-х монографий.

Удивляет и тот факт, что созданные им модели механики усталостного разрушения, он успешно использовал в медицине в рекомендациях по увеличению продолжительности жизни человека. В интернете была высказана в свое время фраза – “Это та ли личность, которая также успешно работает в области решения проблем, связанных с водным хозяйством, как и при решении вопросов, связанных с продолжительностью жизни человека?”. Использование этого феномена было подтверждено им же самим при преодолении ежедневных бытовых трудностей.

Ц.Е. Мирцхулава с первых дней службы в тресте “Грузнефть” без устали исполнял не только свои обязанности, но и часто заменял простых рабочих. Поэтому в коллективе он пользовался уважением и нескрываемой любовью. Вскоре он был переведен в головной офис на должность главного инженера.

Ученые – коллеги всегда удивлялись способности Ц.Е. Мирцхулава – изучать, проанализировать и оценить колоссальное количество литературных источников, которые он осуществлял с присущей ему оперативностью, точностью и целенаправленностью. Здесь же нужно отметить его способность цитировать не только научную, но и художественную литературу. Ц.Е. Мирцхулава умел так умело выбирать цитирование, что у читателя создавалось впечатление – будто то или иное высказывание известного писателя или поэта – было посвящено именно этому вопросу. В этом можно убедиться, если пересмотреть его монографии.

Монографии Ц.Е.Мирцхулава “Надежность гидротехнических и гидромелиоративных

long time, for his legacy of more than 400 papers and 22 monographs do give ground for such feeling.

The fact is also astonishing that the mechanical models created and successfully applied by him were skillfully used by him in medicine by proposing means of prolonging human life. Even such a phrase appeared in the Internet: “Is. Mirtskhoulava the same person who works so efficiently in solving problems connected with water management simultaneously on questions of prolonging human life?”. This phenomenon found reflection in his surmounting difficulties arising in everyday relations.

The scientist developed these qualities during his work at the Dedoplistsqaro facility of Saknavtobi, following his graduation from the Polytechnical Institute. From the very first days of his working activity he not only did the job he was charged with but often, if demanded by circumstance, would replace a simple worker. That is why he enjoyed respect and genuine affection in the team. This industriousness did not remain unnoticed by the Saknavtobi Board and he was soon transferred to the head office in Tbilisi, being appointed chief engineer of the trust.

Dear Tsotne’s colleagues were amazed at his skill of studying, analyzing and evaluating the colossal literary sources used in his works, done with his customary efficiency, precision and purposefulness. Note should be taken at this point of his knack of quoting not only scientific literature but of belles-lettres as well. He chose quotations so skillfully that the reader formed the impression that one or another pronouncement by a well-known writer or poet dealt with the scientific questions under discussion. This will become obvious if one looks through Tsotne’s monographs written to tackle such urgent issues as the “Reliability of Hydraulic Engineering and Water Reclamation Structures”, “Hazards and Risk of Water Management and Other Purpose Facilities”, etc.

Scientific works authored by him, along with normative documents of state significance, such as “Determination of Permissible Non-washout Rates of Water Flow”, “Original Method of Calculation of the Reliability and Risk of Engineering Structures”,

сооружений”, “Опасности и риски на некоторых водных и других системах”, а также нормативная документация государственного значения (“Определение допускаемой неразрывающей скорости грунтов и почв”, “Оригинальная методика расчета надежности и риска инженерных сооружений”, “Опасности и риски” – заслуженно признаны и оценены известными специалистами мира.

Такая оценка опубликованных трудов Ц.Е. Мирцхулава говорит о том, что ученый пользовался признанным авторитетом и уважением не только среди соотечественников, но и среди зарубежных коллег. Подтверждением этого являлось единогласное избрание Ц.Е. Мирцхулава член-корреспондентом, а позже и действительным членом Российской академии сельскохозяйственных наук.

В течение ряда лет Ц.Е. Мирцхулава был бессменным председателем комиссии водного хозяйства, созданного при Всесоюзном комитете науки и техники. Более того, Ц.Е. Мирцхулава до последних дней своей жизни исполнял обязанности члена международной ассоциации гидравлических исследований, международного комитета ирригации и дренажа.

Известная монография Ц.Е. Мирцхулава “Надежность гидромелиоративных сооружений” (1970г.) сразу после издания была переведена на английский язык и издана известным английским издательством.

Особо следует отметить педагогическую деятельность Ц.Е. Мирцхулава в политехническом институте и в подготовке более 40 аспирантов. И здесь Ц.Е. Мирцхулава отличался подбором тематики, актуальностью поставленных задач. Воспитанные им ученые и сегодня плодотворно трудятся во многих странах мира.

Необыкновенно скромный, неустанный, работоспособный, целеустремленный к глубокому изучению поставленных вопросов и способность оригинального и простого решения сложных проблем – это качества, которыми отличался Ц.Е. Мирцхулава на протяжении всей своей жизни.

Заслуженному ученому академику Ц.Е. Мирцхулава в 2003 году было присвоено

“Hazards and Risk” were justly acknowledged by well-known world specialists.

Such assessment of works published by Acad. Mirtskhoulava was a pledge of the recognized authority and respect enjoyed by him not only by his fellow countrymen but the fact that he was elected unanimously, first as Corresponding Member, and a little later, Full Member of the Russian Academy of Agricultural Sciences. For years he was Permanent Chairman of the Standing Commission on Water Management under the All-Union Committee on Science and Engineering. Furthermore, until his death he was member of the International Association of Hydraulic Research and the International Committee on Drainage.

Acad. Mirtskhoulava’s well-known monograph “Reliability of Hydro reclamation Structures” (1970) was translated into English by a well-known US Publisher soon after it came out.

Special mention should be made of Mirtskhoulava’s pedagogical work – be that during his work at the Polytechnical Institute or the training of postgraduates, whose number exceeded 40. In this too, he stood out for skilful choice of a topic and the urgency of the problem posed. Scientists trained by him are active today in many countries of the world.

Extremely modest, indefatigable, hard-working, striving for in-depth study of problems and capacity for resolving involved tasks originally and simply – these are the qualities with which dear Tsotne was distinguished all his life.

As a merited scientist, Acad. Mirtskhoulava was awarded, in 2003, the title of best engineer of the country. In 2005, Tsotne Mirtskhoulava and the Institute were presented with the Swiss diploma “Century International Quality Era Award” for many scientific projects, studies and for the functioning of one of the best hydraulic engineering laboratories of the world, and in 2010 with the Gold Medal of the American Institute of Bibliography. He actively cooperated in New York as an expert on floods at the United Nations Organization. At various times he was invited to deliver lectures in many countries of Europe, India and China. He was a member of a number of scientific-technical and specialized councils and

звание лучшего инженера страны. 2005 году Ц.Е. Мирцхулава и институт за многочисленные научные проекты, исследования и функционирование одной из лучших гидротехнических лабораторий мира награждены дипломом Швейцарии “Century international Quality Era Award”, а в 2010 году институтом библиографии США - золотой медалью. Он активно сотрудничал с ООН, являясь экспертом по наводнениям. В разное время приглашался для чтения курса лекции во многие страны Европы, Индию и Китай. Он был членом как ряда научно-технических и специализированных советов, так и редколлегии многих международных научных журналов.

Несмотря на пожилой возраст, Цотне Евгеньевич в последние годы активно участвовал в грантовых проектах: Национальной академии США; совместном гранте Волканского центра по охране почвы, воды и окружающей среды организации агрокультурных исследований Израиля и Грузии – “Защита почвы от эрозии с помощью узких полос ветивера и других наносодерживающих травяных барьеров”, а также в гранте национального научного фонда Грузии – “Мероприятия по продлению функционирования устаревших гидросооружений” и “Мероприятия по устранению аварии гидротехнических сооружений, смягчению причиненного ущерба”.

Цотне Евгеньевич был примерным главой семьи и супругом, отцом, дедом и прадедом.

Деятельность академика Ц.Е.Мирцхулава будет примером не только для его современников, но и для будущих поколений ученых, для тех, кто хотя бы соприкоснется с поставленными и решенными им задачами.

От имени коллектива института

Гиви Гавардашвили

директор института водного хозяйства,
главный редактор научного журнала,
доктор техн. наук, профессор

the editorial boards of many international scientific journals.

Notwithstanding his old age, in recent years he actively participated in grant projects: the US National Academy: the joint grant of the Volkan Centre of Protection of Soil, Water and Environment of Israel's Organization of Agricultural Research and Georgia: “Protection of the Soil from Erosion with Narrow Strips of Vetiver and other Drift-trapping Grass Barriers”, as well as the grants of the Georgia National Science Fund “Measures for Prolonging the Functioning of Obsolescent Hydrostructures” and “Measures towards the Prevention of Hydraulic Engineering Accidents, and Mitigation of the Losses Sustained”.

Dear Tsotne was a brilliant head of a truly exemplary family, a good spouse, father, grandfather and great grandfather.

Academician Mirtskhoulava's work will serve as an example not only among his contemporaries but for future generations as well – for all those who will come into contact with the questions raised and solved by him.

On behalf of the staff of the Institute

Givi Gavardashvili

Director of the Institute of Water Management
Editor-in-Chief of the Scientific Journal
Doctor of Engineering Sciences, Professor

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД МАЛЫХ РЕК, ВПАДАЮЩИХ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ С ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА

Авазова М.А.,¹ Исмаилов Р.А.²

E-mail: rashail83@rambler.ru

¹) Министерство экологии и природных ресурсов Азербайджанской Республики
Департамент по мониторингу окружающей среды

²) Институт географии им. акад. Г.А.Алиева НАН Азербайджана
г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом увеличивается роль в обеспечении населения и сельскохозяйственных площадей водами малых рек, впадающих в Каспийское море с территории Азербайджана. Увеличение численности населения и осуществление экономических преобразований в изучаемом регионе формируют различные виды хозяйственных площадей. В этих условиях потребность на качественные и количественные показатели вод рек также растет. С этой точки зрения комплексная оценка качества вод малых рек, впадающих в Каспийское море, изменение их под воздействием антропогенных факторов, требует научного обоснования. Важность этой

задачи, в первую очередь, объясняется тем, что для различных целей требуются данные химических, физических и биологических показателей качества речных вод. В крупных речных бассейнах химический состав воды, складывающийся в результате воздействия совокупности всех условий, определяющих его формирование на данной территории, характеризуют его средние величины. В данном исследовании использованы первичные данные мониторинга, проводимого Департаментом по мониторингу окружающей среды Министерства экологии и природных ресурсов Азербайджана за период 1989-2009.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для решения гидроэкологических проблем малых рек, впадающих в Каспийское море с Азербайджанской территории, требуется системный подход. Для обеспечения подобного подхода нужны нижеследующие сведения о речных водах:

- ✓ состав и концентрация химических и загрязняющих веществ;
- ✓ нарушение режима вод рек под естественным и антропогенным влиянием.

Малые реки Азербайджанской части Каспийского бассейна по химическому составу вод относятся к различным типам, что связано с влиянием местных условий бассейна на ионный состав и минерализацию речной воды. В целом,

формирование гидрохимического состава рек зависит от геологических условий бассейна и от химического состава почвенного покрова. Речные воды малых рек, впадающих в Каспийское море с территории Азербайджана, по химическому составу делятся на: гидрокарбонатные, хлоридные и сульфатные группы [1, 2]. Значения этих показателей на разных реках отличаются. Так, в течение многолетнего периода самое высокое содержание гидрокарбоната наблюдалось на реке Гудиялчай (233 мг/л), а самое низкое – на реке Самур (144 мг/л). Самое высокое количество хлора и сульфата наблюдалось на реке Истису (855 мг/л), а самое низкое – на реке Самур. По гидрохимическому

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД МАЛЫХ РЕК, ВПАДАЮЩИХ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ С ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА

составу реки северо-восточного склона Большого Кавказа и Ленкоранской природной области относятся к группе гидрокарбонатно-кальциевых, а реки Апшерон-Гобустана к группе сульфатно-натриевых. На исследуемых реках жесткость воды зависит от минерализации. В период маловодья жесткость рек, питающихся подземными водами, достигает максимума. В этот период жесткость составляет 1,5 мг-экв/л. Для оценки качества вод для каждой

реки была построена зависимость между минерализацией и жесткостью воды (рис. 1).

Было установлено, что на всех реках территории с увеличением количества минерализации увеличивается и жесткость. Так, в бассейнах высокогорных рек, воды мягкие, а в предгорных зонах – жесткость увеличивается. Более жесткие воды (6-9 мг-экв/л) были выявлены на реках Апшерон-Гобустана и Ленкоранской природной области.

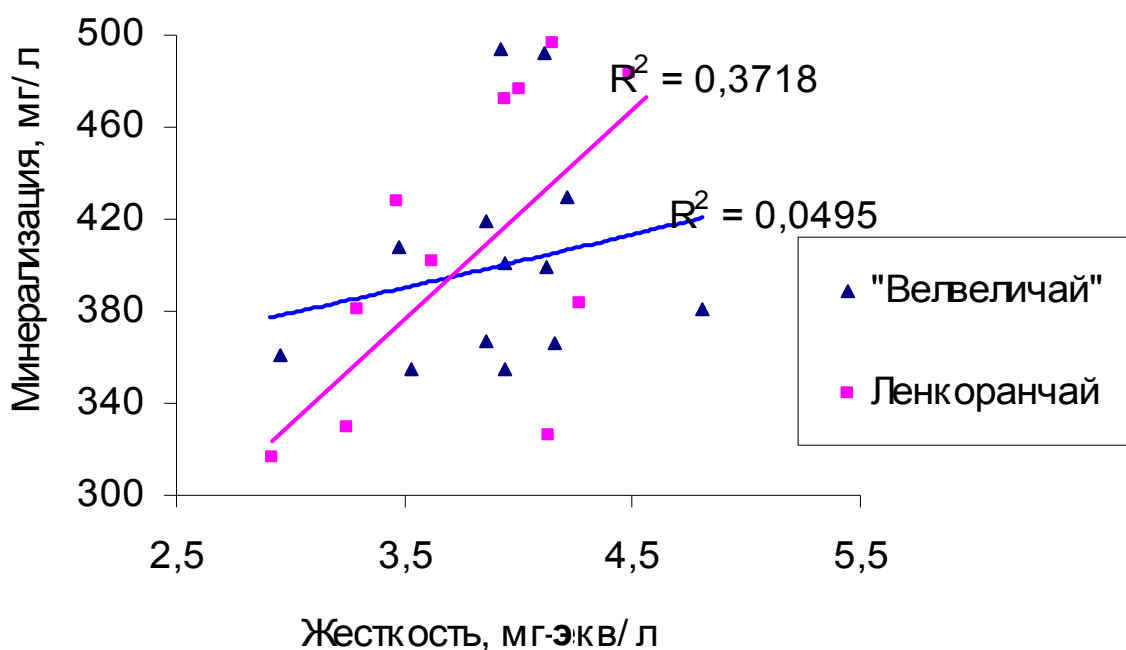


Рис. 1. График связи между минерализацией и жесткостью вод малых рек, впадающих в Каспийское море с территории Азербайджана

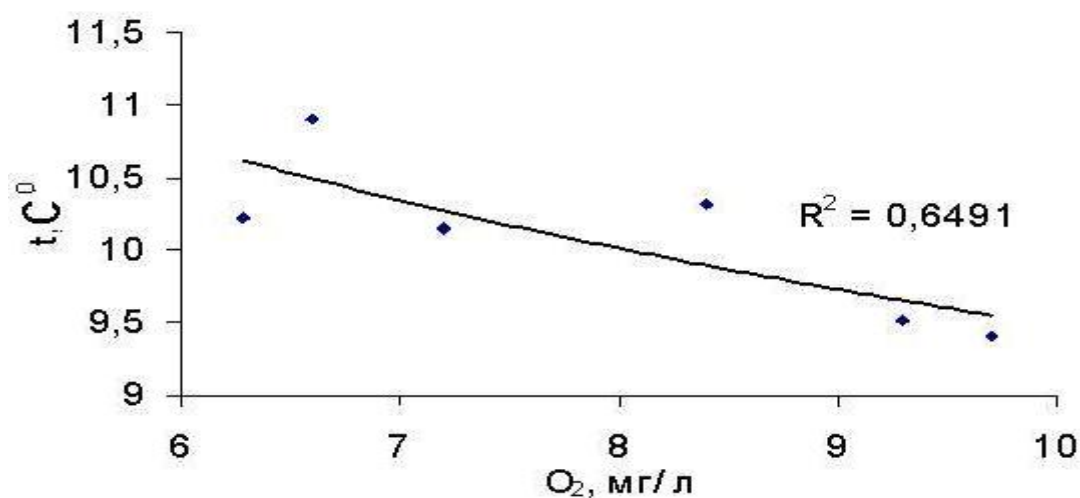


Рис. 2. График связи между растворенным кислородом и температурой воды на реках северо-восточного склона Большого Кавказа

К основным качественным показателям речных вод относятся температура воды, состав взвешенных веществ, минерализация, pH, состав растворенного кислорода, БПК, запахи, патогенные микроорганизмы, прозрачность и др. В течение многолетнего периода на исследуемых реках температура воды меняется в пределах 6,6-16,4°C, взвешенные вещества – 101-538 мг/л, прозрачность воды – 4-19 см, жесткость – 3,03-11,4 мг-экв/л, показатель водорода (pH) – 8,1-8,3, растворенный кислород – 9,13-10,9 мг/л, биологический расход кислорода – 0,71-2,26 мг/л, минерализация – 315-647 мг/л. На малых реках, впадающих в Каспийское море с Азербайджанской территории, растворенный кислород, биологический расход кислорода и химический расход кислорода меняется в различных пределах. Растворенный кислород на реках северо-восточного склона Большого Кавказа меняется в пределах 4,20-12,78 мг/л. Содержание растворенного кислорода на реке Гусарчай меняется в пределах 7,83-12,14 мг/л, Гудиялчай – 7,90-11,59 мг/л, Гарачая – 4,20-12,78 мг/л, Велвеличай – 7,34-12,12 мг/л, Чагаджукчай – 10,30-11,54 мг/л. Как видно из рис. 2, на реках северо-восточного склона Большого Кавказа, с увеличением температуры воды количество растворенного кислорода уменьшается. Аналогичная ситуация наблюдается на всех малых реках, впадающих в Каспийское море с Азербайджанской территории.

На реках Ленкоранской природной области растворенный кислород изменяется в пределах 7,70-9,87 мг/л. Содержание растворенного кислорода на Виляшчае варьирует в пределах 6,64-9,98 мг/л, Ленкоранчае – 7,40-11,09 мг/л, Тенгерючае – 7,80-10,7 мг/л, Истисучае – 6,63-11,01 мг/л. Растворенный кислород оказывает влияние на химические показатели малых рек.

Жизнь большинства организмов и их размножение в реках зависит от количества растворенного кислорода в воде. Недостаток кислорода в водах рек создает неблагоприятные условия для организмов [1, 3, 4]. На реках северо-восточного склона Большого Кавказа биологическая потребность в кислороде составляет 0,43-2,96 мг/л. Этот показатель варьирует на реке Гусарчай в пределах 0,48-2,96 мг/л, Гудиялчай – 0,81-2,48 мг/л, Гарачая – 0,43-2,60 мг/л,

Велвеличай – 0,67-2,14 мг/л, Чагаджукчай – 0,54-0,84 мг/л. А на реках Ленкоранской природной области этот показатель изменяется в пределах 7,70-9,87 мг/л. Таким образом, на реке Виляшчай БПК составляет 0,73-2,34 мг/л, Ленкоранчае – 0,71-2,43 мг/л, на реках Тенгерю – 0,62-2,17 мг/л, Истису – 0,10-2,30 мг/л. График связи между биологическими веществами и биологическим потреблением кислорода показывает, что для малых рек, впадающих в Каспийское море с территории Азербайджана, с увеличением содержания азота и фосфора увеличивается биологическая потребность в кислороде (рис.3).

Самоочищающая способность рек от загрязнения органическими веществами высока, но полностью они не очищаются. Фосфор и азот являются важным параметром для определения степени загрязнения вод рек. Азот при высокой температуре и в пресноводной системе имеет преимущества. А фосфор является ограничителем органических веществ [4, 5]. На малых реках, впадающих в Каспийское море с Азербайджанской территории, загрязнение органическими веществами является причиной повышения показателей БПК и ХПК. На этих реках оценка общего загрязнения, повышение количества органических веществ особенно ясно проявляется увеличением БПК и ХПК. В целом, увеличение количества загрязнителей, увеличивает присоединение кислорода, входящего в состав воды и это является причиной уменьшения кислорода, как основного качественного показателя воды. По степени загрязнения малые реки, впадающие в Каспийское море с Азербайджанской территории, делятся на чистые и умеренно загрязненные группы. К первой группе относят реку Гусарчай и реки Ленкоранской природной области, а ко второй группе-реку Гудиялчай. Основные ингредиенты загрязнения малых рек, впадающих в Каспийское море с Азербайджанской территории, представлены в таблице 1.

Наблюдения на р. Кусарчай показали, что среднегодовые концентрации по всем ингредиентам не превышали предельно допустимых концентраций. По классу загрязненности вода относится к классу чистых вод [3]. Река Кудиялчай загрязняется сточными водами Кубинского консервного завода и сточными водами

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД МАЛЫХ РЕК, ВПАДАЮЩИХ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ С ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА

г.Кубы и г.Хачмаса. Характерными загрязняющими веществами являются соединения СПАВ, меди, фенолы, бензойная кислота и фурфурол. В створах ниже г.Кубы и ниже г.Хачмас среднегодовые концентрации соединений меди составляют 0,007-0,009 мг/л (7-9 ПДК) соответственно.

Таблица 1

Основные ингредиенты загрязнения малых рек, впадающих в Каспийское море с Азербайджанской территории

Реки	органические вещества	нефтепродукты	аммонийный азот	СПАВ	пестициды	медь	фенол	бензойная	фурфурол
Кудиалчай	+			+	+	+	+	+	+
Велвеличай						+	+		
Карачай						+	+		
Ленкоранчай	+		+			+			
Виляшчай		+				+	+		

В воде рек этих районов отмечается загрязнение хлорорганическими пестицидами, максимальные концентрации которых достигали 4 ПДК. В створах ниже г.Кубы и ниже г.Хачмас качество воды характеризуется как умеренно загрязненные. Реки Карачай и Вельвеличай содержат загрязняющие ингредиенты до 0,000 мг/л. По качеству вод их можно отнести к чистым водам.

В реке Виляшчай содержание загрязняющих веществ таких как нефтепродукты и фенолы составляют ПДК и 3 ПДК соответственно. Среднегодовые содержания соединений меди составляют 0,002-0,005 мг/л (2-5 ПДК). По классу качества воды ее можно отнести к чистым водам. В водах р.Ленкоранчай обнаружены: азот аммонийный, нитритный и нитратный, общий фосфор, органические вещества по ХПК. Среднегодовое содержание меди составляет 0,004-0,008 мг/л (4-8 ПДК) и по максимальным концентрациям 0,007-0,010 мг/л (7-10 ПДК). По классу качества воды ее можно отнести к умеренно загрязненным.

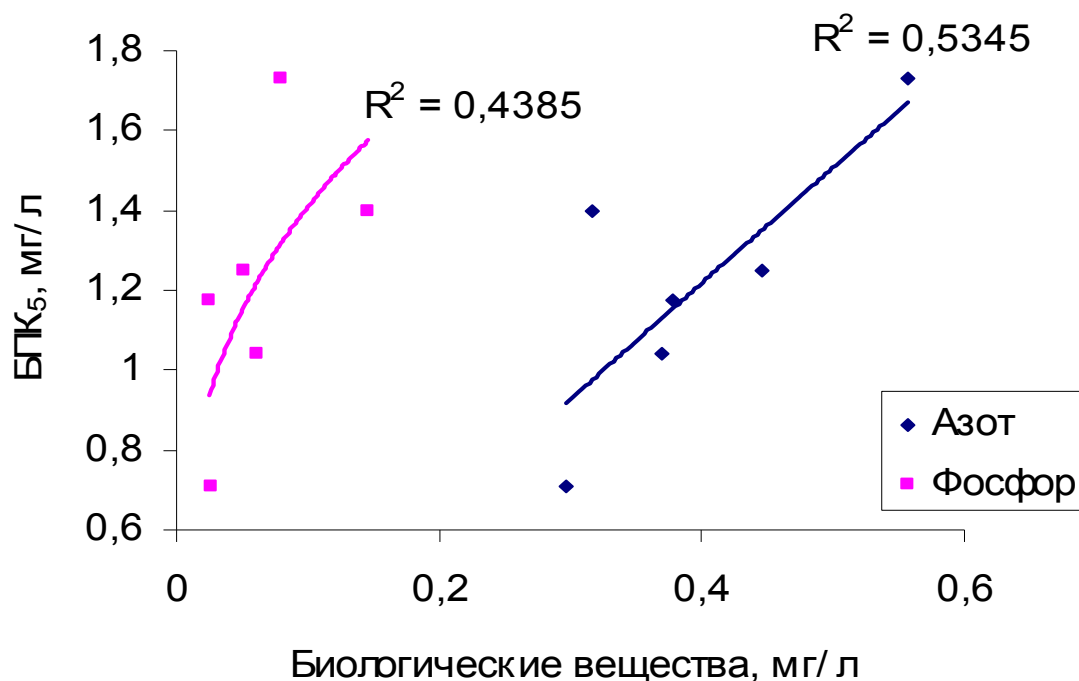


Рис. 3. График связи между содержанием биологических веществ и биологическим потреблением кислорода для малых рек, впадающих в Каспийское море с территории Азербайджана

ВЫВОДЫ

В комплексную оценку качества вод малых рек, впадающих в Каспийское море с территории Азербайджана было уделено особое внимание анализу физических, химических и биологических показателей. Проанализированы каждые показатели качества вод малых рек по отдельности. Таким образом, химический состав малых рек, впадающих в Каспийское море с территории Азербайджана чувствителен к

воздействию антропогенных факторов. Химический состав большинства вод малых рек, текущих с исследуемой территории формируется под влиянием антропогенных факторов. Установлено, что в результате влияния антропогенных факторов, химический режим многих малых рек в устьевых частях был полностью нарушен и экологическое состояние рек ухудшается под влиянием водозаборов и загрязнений.

Литература

1. **Джалилов Р.К., Гашимзаде Ф.М., Вагапов А.О.** Изучение загрязнения и самоочищения воды горных рек (на примере северо-восточного склона Малого Кавказа) //Труды Аз. НИИ ВП, Баку: 1973, вып VI, с. 25-36.
2. **Мамедов М.А., Ахмедов Р.Г.** Методы расчёты гидравлических характеристик и прогнозирования качества вод горных рек Азерб. ССР //Тез. Докл. XXIX Всесоюз. Гидрохим. Сов., Ростов-на Дону, 1987, с. 98-100.
3. **Мамедов Р.М., Агаларова Н.М., Джафарова Ш.Д., Ахмедова А.Ф.** Антропогенное воздействие на реки Азербайджана, впадающие в Каспийское море. //Материалы научно-практической конференции, посвященной 75-летию академика Б.А.Будагова. Баку: 2003, с. 239-247.
4. **Орлов В.Г.** Контроль качества поверхностных вод. Л.: Гидрометеиздат: 1988, 140 с.
5. **Шелутко В.А.** Оценка экстремальных уровней загрязнения речной сети урбанизированных территорий. Вопросы прикладной экологии. Сборник научных трудов.-СПб.: изд. РГГМУ, 2002, с. 15-23.

СЕЛЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ БОЛЬШОГО КAVKAZA НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Алекперова С.О.

E-mail: nora_dr@hotmail.com

Институт географии им. акад. Г.А. Алиева НАН Азербайджана
пр. Г. Джавида, 31, г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

Актуальными проблемами Азербайджанской Республики является поднять уровень жизни населения, добиться быстрого роста экономики, устранить ущерб, наносимый хозяйству и приостановить селевые явления на территории Большого Кавказа. Для решения этих проблем необходимо привлечь социальную страховку для устранения ущерба, нанесенного селевыми явлениями, для проведения в регионах системной и комплексной обороны и

для приостановления селевых явлений.

Основной целью статьи является, основываясь на мировую практику, изучить пути защиты от селевых явлений, провести географически-экономическое исследование, свести до минимума нанесенный ущерб государству, исследовать селевые явления, происходящие в южной части Большого Кавказа на территории Азербайджана.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Селевые явления часто происходят на территории северной и северо-восточной части республики в горах Большого Кавказа. Здесь расположены 4 экономических района республики. Наиболее часто селевые явления встречаются в Шеки-Загаталском и Горно-Ширванском районах, а в Куба-Хачмазском районе относительно меньше.

Больше всего ущерб экономике Азербайджана из всех природных явлений наносят селевые явления. Условия для селевых явлений создают частые сезонные ливневые дожди, наличие большого количества горных рек и расположение территории республики в горах и предгорье. Селевые явления, происходящие в горных и предгорных участках составляющих 60% территории Азербайджана, наносят экономический вред, приводят к разрушениям, а иногда и к человеческим жертвам.

Около 1 миллиона населения Азербайджана живет в регионах, где существует опасность селевых явлений. Интенсивные селевые явления

в Азербайджане, в основном, наблюдаются на южном и юго-восточном склоне Большого Кавказа. В селевых регионах республики более 100 населенных пунктов заселены на 10-12%, и ряд (центров) административных районов с перерывами или постоянно подвергаются селевым потокам и приходят в непригодное состояние. В последние годы сели проходили через каждые 1-3 года, а раньше с перерывами в 20-25 лет. Огромные потери наносят сели некоторым крупным городам, райцентрам, промышленным объектам: в Азербайджане г. Шеки, Гах, Загаталы, Балекен, Ордубад; в Грузии г. Кварели и др. Причиной всего этого является необдуманное вмешательство в природу, равнодушное отношение людей к естественным процессам, очень интенсивное и бесплановое заселение, резкие климатические изменения и т.д.

Гагошидзе М.С. (1949) отмечает, что в западной части юго-восточного склона Большого Кавказа преобладают камне-грязевые и грязе-каменные связные (структурные) сели, в которых

преобладают фракции 100-200 мм (45-55%).

В восточной части грязе-каменные селевые потоки распространены на участке между реками Курмухчай и Аксучай и отчасти на р. Талачай, а между р. Мазымчай и р. Мухухчай водо-каменные селевые потоки чередуются с грязе-каменными. В верховьях почти всех рек этой части склона наблюдаются связные сели, чередующиеся с неструктурными.

Б.А. Будагов отмечает, что скорость селей составляет 3 м/сек, а объем приносящих с собой зависящих материалов составляет несколько

млн м³. Сели иногда очень легко приводят в движение камни весом в 100-200 тон. Высота селевых потоков, в основном, составляет 3-5 м, в редких случаях достигает 10 м. Ссылаясь на историю, мы видим, что действительно летом в 1940 году селевой поток, прошедший через Кишчай принес с собой 2,1 млн м³ селевых наносов, а прошедший летом в 1963 году через Курмухчай 1,6 млн м³. Значит, каждый селевой поток может принести 3,5-4 млн м³ селевых наносов.

Таблица 1

Селевые явления Большого Кавказа на территории Азербайджана и нанесенный ими ущерб (2006-2010 годы)

Годы	Регионы	Нанесенный ущерб
23.05.2006	Шеки	В результате ливневых дождей на реке Кунгутчай был селевой поток, погибло 2 человека
05.07.2006	Шеки	В реках Мазымчай, Кюрмюкчай, Талачай, Катехчай наблюдался кратковременный селевой поток, в результате была нарушена водная система
05.04.2007	Гах	Дорога Гах- Илису на 11 км ближе 800 км была смыта и образовались овраги
13.04.2007	Габала	Дорога, соединяющая Габала-Лаза на 4200 м, была смыта, и пришла в непригодное состояние
15.04.2007	Аксу	В с. Калахалы 5, в с. Байамли 4, в с. Гурсулу 1 были снесены жилые дома и пришли в непригодное состояние.
06.04.2008	Гусар	В с.с. Гусар - Зинбанмурут, Гусар-Кузун, Гусар - Имамгулуканд дороги остались под водой, и пришли в непригодное состояние. Мосту, находящемуся на реке Хаза и Ухур был нанесен серьезный ущерб.
11.04.2008	Шамахи	Центральной улице, автовокзалу и клинике и находящейся в центре района был нанесен серьезный урон.
23.05.2008	Исмаиллы	Селевой поток, произошедший в р. Гирдиман поселка Лахыч, нанес ущерб рядом находящимся населенным пунктам.
16.06.2008	Загатала	В пос. Газангул, в с. Мисгар в результате ливневых дождей наблюдался селевой поток, нанес ущерб населенным пунктам.
27.06.2008	Хачмаз	реки Гудял, Алпан, Гара вышли из русла и 24 населенных пункта пришли в непригодное состояние.
21.07.2008	Шеки	В результате ливневых дождей сел разрушил 34 населенных пункта.
30.07.2009	Губа	В селе Чичи административное здание, 2 машины, 10 голов скота, 5 мостов были снесены селевым потоком. Вышли из строя электро и телекоммуникационные линии
21.08.2009	Шеки	В результате ливневых дождей в реке Киш прошел селевой поток, нанес ущерб автомобильной дороге и разрушил мост.
16.05.2010	Исмаиллы	В результате ливневых дождей в районе Аджибайрамлы, Галаджыг, Истису произошел селевой поток, затопило населенные пункты и около 100 га посевной площади осталось под водой.

Источник: Министерство Чрезвычайных Ситуаций, Баку, 2009.

СЕЛЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ БОЛЬШОГО КAVKAZA НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

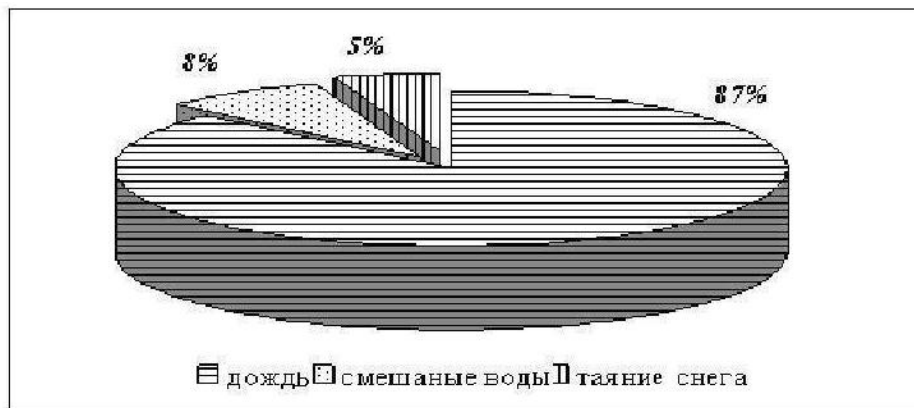


Рис. 1 Факторы, формирующие селевые явления на территории Азербайджанской республики

Речная сеть Азербайджана состоит из более 8350 рек и в 170 реках, относящихся к 43 селевым бассейнам, временами происходят селевые явления. 81% происходящих селевых явлений наблюдается на южном склоне Большого Кавказа. Селевые реки республики берут свое начало с гор, находящихся на высоте 2000-3500 метров над уровнем моря. Некоторые из них часто меняют свое течение, а другие, просачиваясь под землю, исчезают или образуют маленькие болота. Причиной постоянных селевых явлений являются крутой рельеф, осадочные отложения и интенсивные дожди.

Из таблицы 1 мы наблюдаем, что происшедшие в 2006-2010 годах в районах, расположенных на территории Большого Кавказа сели, своей скоростью и силой нанесли разрушительный характер сельскому хозяйству и привели в непригодное состояние жилые участки и объекты хозяйства.

Происходящие селевые потоки на южном склоне Большого Кавказа образуются от проливных дождей, а так же от интенсивного таяния снега и льда в горах. На основе материалов Государственного Департамента Гидрометеорологии мы установили факторы, влияющие на возникновение селевых потоков, а так же их источники питания и пришли к следующим выводам (рис.1).

На рис. 1 мы видим, что 87% происходящих в Республике селевых явлений формируются за счет дождей, 8% смешанных вод, 5% за счет таяния снега.

Сели образуются через 1-2 часа после ливневых дождей и 5-10 часов после интенсивного

таяния снега. Из всех отмеченных в Азербайджане природных разрушительных явлений сели наносят экономике и населению наибольший ущерб. Так, результатом селя проходившего в с. Баш Гейнюк Шекинского р-на, были многочисленные человеческие жертвы. Этот самый разрушительный сель в истории Азербайджана занесен в мировой каталог. Только за 1998 г. нанесли экономике Азербайджана ущерб в 50-60 млрд. манат. Самые разрушительные сели прошли на реках Кишчай – 15 раз и наносят экономике и населению наибольший ущерб. Около 1000 км автомобильных дорог Азербайджана (из 3000 км) проходит через селеносные районы, поэтому большая часть их постоянно подвергается разрушительному действию селей. В результате ежегодно около 10 га лесных и посевных площадей становятся непригодными и выходят из оборота. Селевые потоки иногда приводят к разрушениям озер и водохранилищ. 7 июля 1963 года на образованной семь тысяч лет тому назад, находящееся на высоте 1780 метров над уровнем моря озере Исиг, была разрушена дамба и 17 млн м³ воды своим течением превратилась в разрушительный селевой поток.

Выносивая к селевым потокам земля и растительный покров бывают следующих видов: лесной покров занимает первое место по сдерживанию селевых потоков, а второе место занимают альпийские и субальпийские луга.

Л.Н.Леонтиев пришел к выводу, что сели на южном склоне Большого Кавказа затухают. Но акад. Б.А.Будагов и детальные геоморфолого-ландшафтные исследования, проведенные в

бассейнах селеносных рек южного склона Большого Кавказа, показали что процесс проявления селей не затухает, а наоборот, усугубляется [1]. Доказательством тому является уменьшение степени окатанности селевых выносов от среднечетвертичных к верхнечетвертичным аллювиальным отложениям. Начиная с конца голоцена наблюдается огрубление окатанности аллювиально-пролювиальных отложений. Низкие террасы, высокие поймы, особенно современные русла, сложены в основном грубо-окатанными селевыми отложениями. Они наиболее ярко выражены в руслах селевых бассейнов.

За последние 5 лет происходящие на территории Азербайджанской Республики селевые явления носили разрушительный характер, по масштабам нанесенного ущерба они напоминают селевые явления, которые были в разных странах мира. Особенно селевые потоки, наблюдаемые на южном и юго-восточном склоне Большого Кавказа, нанесли большой ущерб экономике страны, около 100 га посевной площади было приведено в непригодное состояние, около 10 крупного и мелкого рогатого скота было уничтожено, в некоторых территориях привело и к человеческим жертвам. Несмотря на то, что государство уделяет достаточные средства для борьбы с селевыми потоками, приостановить и обезвредить их стране пока не удастся. Основной причиной этого является резкое климатическое изменение, неправильный процесс расселения на территории республики, безалаберное отношение к селевым явлениям, незастрахованность хозяйственных организаций, проведение некомплексных методов борьбы с селевыми явлениями и ряда других проблем. Во время селевых явлений социально-экономической системе наносится большой ущерб. В создании селевых явлений помимо естественных факторов важную роль играет и человеческий фактор, его образ жизни и хозяйственная деятельность. В результате селевых явлений происходит уничтожение хозяйства человека, годами созданные жилищно-коммунальные условия, организации, оказывающие им социальные услуги, разрушение финансового и морального богатства приводит к изуче-

нию селевых явлений с экономической и социально-географической стороны.

В Азербайджане происходит расширение ареалов, не смотря на то, что уделяется большие средства для методов борьбы и защиты с селевыми явлениями внедряемые со стороны научной практики. В Азербайджанской Республике для охраны народнохозяйственных объектов от селевых явлений используются *пассивные и активные методы*:

В пассивный метод — входит лесная мелиорация и агромелиорация. Сюда так же относятся: ограничение животноводства в районах повышенной селеопасности, охрана леса, кустарников и растительного покрова, посадка деревьев по берегам рек и вдоль горных дорог (автотрасс), соблюдение правил агротехники при земледелии и др.

К активному методу относятся инженерно-технические мероприятия. Для борьбы с селевыми явлениями здесь уделяется внимание гидротехническим сооружениям.

Гидротехнические сооружения — инженерные сооружения, предназначенные для регулирования водных ресурсов или для борьбы с разрушительным действием воды.

Гидротехнические сооружения применяются во всем мире и к ним относятся следующие: селерегулирующие (селепропускные, селеделительные, селезадерживающие и селетрансформирующие), плотины (дамбы, перемычки, запруды и др.), водозаборные и водосборные сооружения (шлюзы), дренажно-шtolьная система, образование искусственных рек, лабиринты, водохранилище и другие.

К лесомелиоративному методу - относятся, создание лесного покрова на территориях где наблюдаются селевые явления, на склонах гор, у берегов и истоков рек и т.д.

Фитомелиоративный метод в отличие от других методов более эффективен и долгосрочен в борьбе с селевыми явлениями, встречающимися в горных склонах. Фитомелиоративный метод считается перспективным и для его проведения требуется много времени. Фитомелиоративный метод наиболее эффективен на тех территориях, где склоны с малым уклоном.

К ним относятся следующие: каскадные или ступенчатые дамбы, леса, кустарники, растительный и травянистый покров, посев сельскохозяйственной культуры в ширину, регулирование пастбищ для крупно и мелкорогатого скота, создание искусственных речных террас и др.

Основные профилактические мероприятия по предупреждению вредных воздействий на природные факторы отражены в специальных постановлениях об охране природы, принятых в 1958 г. верховными советами закавказских республик. В ряде районов производится облесение склонов, например, в бассейне рек Кишчай и Курмухчай, вдоль некоторых шоссе дорог в Грузии. [5]. В дальнейшем размеры фитомелиорации селеопасных склонов должны резко возрасти. Из инженерных мероприятий наиболее распространено строительство запруд (барражи) в Грузии, защитных дамб, главный образцом на конусах выноса селеопасных рек. Например, на р. Дуруджи в Кварели, на р. Кишчайе, Белоканчайе, Талачайе и других реках юго-восточного Кавказа в Грузии и Азербайджане.

На территориях селевых явлений в республике для предотвращения их с научной стороны правильно проведенные последовательные, системные и комплексные мероприятия дают большой эффект. Для предотвращения непропорционального течения селевых рек и с целью правильного использования водного запаса страны было построено 135 водохранилищ, 16 гидроузлов, и для орошения были пробурены 7212 субартезианских колодца. В Азербайджанской республике береговые селезащитные дамбы составляют 1680,49 км. Из них каменно-земляные 1591,3 км, бетонные 56,78 км, железобетонные 32,41 км. Однако это не достаточно для предотвращения селевых явлений. При-

мая во внимание то, что протяженность укрепительных работ в бассейне 22 селевых рек составляет 555 км в целом, и имеющиеся в стране более 70 селевых рек, согласно предусмотренными в соответствующих законах принятых Государственной Программой Азербайджанской Республики имеет важное значение в осуществление инженерно строительных работ на более протяженных расстояниях.

В 2010 году ущерб, нанесённый экономике страны в результате природных явлений еще раз доказал насколько важно проведение комплексных защитных мероприятий для укрепления берегов против селевых явлений.

Помимо выше перечисленных мер для приостановления и защиты, от селевых явлений очищая территорию от камней, песка, гравия и др. материалов, можно создать условия для повторного использования те территории, которые из-за селевых явлений пришли в непригодное состояние. Селевые территории в мировой практике: В Иране, Средней Азии, Китае, Грузии, Италии, Франции были приведены в пригодное состояние и использованы в различных отраслях хозяйства. Используя этот международный опыт, Азербайджан на 100 тыс. га непригодной территории может развить такие отрасли как овощеводство, виноградарство, рисоводство и др.

Несмотря на то, что селевые явления постоянно находятся под надзором государства, было разработано множество проектов, до сегоднешнего дня полностью приостановить селевые явления так и не удалось. Причиной этого является то, что борьба с селевыми явлениями проводится после того как произошел селевой поток и эти мероприятия проводятся не комплексно.

ВЫВОДЫ

Для эффективного решения этой проблемы надо обратить внимание на следующее:

- защитить лесной покров на территориях с селевыми явлениями, на склонах и у берегов рек создать лесной покров;
- приостановить воды во время таяния сне-

га, которые могут привести к селевым потокам;

- развить новейшие информационные системы, которые будут вовремя давать опасный гидрометеорологический прогноз;

- увеличить роль социального страхования для устранения ущерба в регионах нанесенного

в результате селевых явлений, страховую работу проводить более профессионально;

– исследовать пути защиты, от селевых явлений используя мировую практику и др.

Литература

1. **Будагов Б.А., Бабаханов Н.А.** Экстремальные явления природы и их влияние на развитие хозяйства. Кн: Географические проблемы регионального развития и государственное планирование. Тбилиси, 1978, с.38-43.
2. **Бондырев И.В.** Анализ криогенных формаций как инструмент прогнозирования и минимизации риска селевых явлений Кавказа //Международная конференция: СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита. Тбилиси, 2008
3. **Брилинский А.Л.** Горные потоки, их природа и меры борьбы с ними. Тифлис, 1930, с. 70-112.
4. **Гагошидзе М.С.** Селевые явления в бассейне горного потока р. Кишчай //Стихийные явления и меры борьбы с ними. Тбилиси, 1940
5. **Херхеулидзе И.И.** К расчету среднегодовых объемов отложений селевых потоков (На примере Дуруджи). Кн: Защита железных дорог от селевых потоков. М. 1962
6. **Хмаладзе Г.Н.** Редкий водокаменный паводок. (р. Чхери). "Природа". 1955.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОЛОВНОГО ГИДРОУЗЛА АРМАВИРСКОГО КАНАЛА "КАРА-КАЛА" НА р. АРАКС

Балджян П.О., Токмаджян Л.В.

E-mail: info@ysuac.am

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

ВВЕДЕНИЕ

Надежность и долговечность работы ирригационного и деривационного канала во многом зависит от научной обоснованности и эффективности методов эксплуатации головного гидротехнического узла. Это особенно касается водозаборных сооружений, построенных на реках горно-предгорной зоны, где наличие большого количества наносов в горном потоке достаточно усложняет условия эксплуатации и

ставит серьезные задачи перед эксплуатационным персоналом.

Из-за недостаточного теоретического и экспериментального исследования, а также конструктивных недоработок, многие головные гидроузлы не в состоянии решать проблемы сложного наносного режима реки и предотвратить поступление части мелких, средних и крупных наносов в каналы-водоводы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Такая серьезная нерешенная проблема уже несколько десятков лет существует в водозаборном узле "Кара-кала" Армавирского канала на р. Аракс.

Река Аракс является одной из наиболее мутных рек мира. Это достаточно явно показывают осредненные значения расхода воды и наносов для семимесячного периода орошения, полученные на основе анализа результатов измерений гидрологических параметров в течении 1954-1988 гг. (табл. 1) [1].

Результаты проведенного анализа показывают, что при расчете эксплуатационных характеристик, среднесуточный расход воды р. Аракс можно принимать равным $113 \text{ м}^3/\text{с}$, а расход наносов - $93,7 \text{ кг}/\text{с}$.

Армавирский канал, который питается стоком р. Аракс из водоприемников Кара-калинского водозаборного узла, является главной ирригационной артерией Арагатской долины. Канал с расчетным расходом в $55 \text{ м}^3/\text{с}$ орошает около 30 тыс. га плодородных земель, начиная с апреля до октября. Усиленное в течение последних 3-4 лет явление запесочивания этих

плодородных почв (из-за улучшения русловых условий и увеличения расхода воды) серьезно озадачило как землевладельцев, так и специалистов агропромышленности и водного хозяйства. Причиной всего этого является несостоятельность Кара-калинского головного гидроузла предотвратить поступление значительного количества песка и других наносов в ирригационный канал. При большой потребности орошаемой воды конструктивные недостатки водозаборных сооружений, и отсутствие отстойных сооружений на канале ставили в очень затруднительное положение эксплуатирующий персонал гидроузла. Конечно, Кара-калинское небольшое водохранилище, определенным образом, задерживает значительную часть поступающих по руслу реки наносов, которые регулярно смываются и сбрасываются в нижние течения реки. Но эти меры недостаточны. Ниже, на основе натурных исследований и измерений, дается балансный расчет наносного режима Кара-калинского головного гидроузла. Расчеты проведены для орошаемого семимесячного периода.

Таблица 1

Гидрологические осредненные параметры р. Аракс

Месяцы	4	5	6	7	8	9	10	11
Расход реки Q (м ³ /с)	220	285	123	53	40	35	38	113
Расход наносов Q_T (кг/с)	194	296	100	38	11	10,8	5,6	93,7
Мутность потока S (кг/м ³)	0,88	1,04	0,80	0,72	0,28	0,31	0,16	0,60

Учитывая, что среднерасчетный расход наносов Q_T равен 94кг/с, за 7 месяцев масса поступающих по р. Аракс наносов получится равной 1,7 млн т. В течении 7 месяцев каждый год периодически 9-11 раз открываются щитовые задвижки плотины и отложенные в верхнем бьефе наносы, смываются и сбрасываются вниз по реке. Следовательно, в промежутке между двумя смывами, масса поступающих по реке наносов получится около 0,18 млн т или 90 000 м³.

Авторами работы проведены исследования и измерения геометрических параметров отложившихся в верхнем бьефе наносов. При высоте плотины $H_{пл} = 5$ м и ее ширине на гребне $B_{пл} = 100$ м, уклоне р. Аракс в верхнем бьефе $i_p = 0,0023$, ширина реки $b_p = 40$ м, уклон верхней поверхности отложений наносов $J = 0,0015$ (при полном наполнении водохранилища наносами до высоты $H = H_{пл} = 5$ м). На основе указанных величин можно установить количество наносов поступающих в оросительный канал.

Элементарный объем отложившихся наносов в период времени dt будет, [2]:

$$dW_{отл} = Q_T \cdot dt = \frac{\rho_{от} b_p}{\rho_T \sin(\alpha - \beta)} H dH, \quad (1)$$

где $\rho_{от}$ и ρ_T – плотности наносов, соответственно в отложившемся и плотном состоянии (в среднем $\rho_{от} = 2000$ кг/м³, $\rho_T = 2700$ кг/м³). Для р. Аракс имеем в среднем $Q_T = 0,034$ м³/с, $b_p = 40$ м.

Полный объем $W_{отл}$ можно определить путем интегрирования уравнения (1), при граничном условии $t = 0, H = 0$ и $t = T, H = H_{пл} = 5$ м.

Однако, натурные измерения и расчеты, проведенные на их основе, дают возможность легко определить величину этого объема, которая получается равной $W_{отл} = 58\,000$ м³.

Поскольку за промежуток между двумя смывами верхнего бьефа объем поступающих наносов составляет 90 000 м³, а отлагаются лишь 58 000 м³, то наносы, объемом примерно 3 000 м³, проходят через водоприемники по двум оросительным каналам. Таким образом только за месяц, проходя через Армавирский канал, наносы объемом около 1 500 м³ накапливаются на плодородных почвах, постепенно ухудшая их качество.

ВЫВОДЫ

Вышеприведенные результаты наглядно показывают, что необходимо провести подробные исследования и найти конструктивные и

эксплуатационные эффективные методы борьбы этого отрицательного явления.

Литература

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (ОГХ), Л.: Гидрометиздат 1958-1985гг.
2. Tokmajyan L. Hydraulic calculation of head dams

of small HPS & the structure's operation procedure //International Symposium "Floods and modern methods of control measures", Tbilisi, Georgia, 23-28 September 2009, p. 495-498.

**ВЛИЯНИЕ БАЛАНСА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ
НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТОПОКЛИМАТА**

Брис К.

E-mail: *krystyna.brys@up.wroc.pl*

Институт формирования и охраны естественной среды
Естественный Университет во Вроцлаве
ул. Грунвальдски 24, 50-363, Вроцлав, Польша

ВВЕДЕНИЕ

Влияние солнечной энергии на глобальную и местную динамику климата известно в климатологии издавна. Вне астрономических причин и планетарной природы (прежде всего расположение и величина континентов и морей, морфология, вулканизм, изменения криосферы) основное значение имеет здесь контраст в сфере тепловой емкости и температурной проводимости континентов и океанов. Эти основные причины обуславливают способ обращения тепла и влажности, а также обмен количества движения в планетарном масштабе. Подчеркивается здесь вес океанской (система морских токов) и атмосферной циркуляции (система постоянных и периодических ветров). Менее известна сфера климатических последствий влияния энергии Солнца на поверхность Земли в меньших пространственных масштабах, объемлющих отдельные, относительно однородные части богатой мозаики континентальных сред. Предметом таких топоклиматических исследований является преимущественно познание биоклимата здравниц и явления городского острова тепла (Oke 1987). В свою очередь, агроклиматические исследования и климата леса концентрированы на познании влияния метеорологических факторов на развитие и плодотворение аграрных или лесных возделываний. Экспонируется там также причины и механизм глобальных изменений климата (Kędziora 1999), пропуская буферные возможности (Bryś 2008, 2009) разных локальных и региональных сред, следовательно областей в масштабе от микро- (топо-) к мезоклиматическому.

Исследования остаточной солнечной радиации и теплового баланса в метеорологической обсерватории Вроцлав–Своец (юго-западная Польша) имеют цель – определение влияния способов землепользования на актуальную изменчивость климата. Особенное влияние уделено сельскохозяйственным территориям. Это воздействие зависит от характера поверхности Земли и проявляется через физические механизмы (изменение альbedo, силы трения, испарения, конвекции и турбулентности), а также через изменение химического состава атмосферы. Местные изменения землепользования переплетается здесь с общим трендом уменьшения сельскохозяйственной и лесной территории. Существуют предпосылки, что экспансия антропогенического пространства без растительного покрова (или с его большим уменьшением) и великопространственные изменения в структуре сельскохозяйственных культур обуславливают руководят продолжительные топоклиматические последствия, но также могут оказывать влияние на изменчивость климата в больших пространственных масштабах.

Существующие исследования доказывают, что растительный покров исполняет роль своеобразного буфера по отношению к происходящей изменчивости климата в общем характере (Bryś 2008, 2009). Точное определение этих зависимостей требует распознавания механизмов течения энергии, которые вызывают изменения баланса солнечной радиации разных поверхностей. Эти вопросы решаются в настоящей статье.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Агро- и гидрометеорологическая Обсерватория Вроцлав-Своец расположена на востоке города Вроцлав ($51^{\circ} 07' N$, $17^{\circ} 08' E$) на высоте 118 метров выше уровня моря, в периферийной, земледельческой части города. Суммарную солнечную радиацию $K\downarrow$ измеряли там с 1961 года сначала пиранометром Янишевского (на высоте 1,5м выше поверхности земли), с 2000 г. – датчиками новой генерации. На фото 1 виден пиранопиргеометр CNR-1, который измеряет все компоненты остаточной солнечной радиации Q^* [$W \times m^{-2}$] над поверхностью травы, второй такой прибор делает замеры над контрастной поверхностью без растений.

Радиационный баланс является суммой коротковолнового и длинноволнового баланса в соответствии с формулой (Оке 1987, Paszyński и др. 1999):

$$Q^* = K\downarrow - K\uparrow + L\downarrow - L\uparrow, \quad (1)$$

где: Q^* – остаточная солнечная радиация (радиационный баланс) [$W \times m^{-2}$]; $K\downarrow$ – суммарная солнечная радиация [$W \times m^{-2}$]; $K\uparrow$ – отраженная радиация [$W \times m^{-2}$]; $L\downarrow$ – встречное излучение атмосферы [$W \times m^{-2}$]; $L\uparrow$ – излучение земной поверхности [$W \times m^{-2}$];

$K^* = K\downarrow - K\uparrow$ – коротковолновый баланс ($0,1 - 4 \mu m$); $L^* = L\downarrow - L\uparrow$ – длинноволновый баланс ($4 \mu m - 80 \mu m$).

Знакомство радиационного баланса является исходной точкой к познанию изменений структуры теплового баланса. Делает возможным это следующая формула (Оке 1987, Kędziora 1999, Paszyński и др. 1999):

$$Q^* + H + LE + G = 0, \quad (2)$$

где: Q^* – сальдо излучения (остаточная солнечная радиация); H – турбулентный поток явного тепла (ощутимая теплота); LE – турбулентный поток скрытого тепла (скрытая теплота испарения); G – поток тепла в почве (грунтовый поток).

Поток грунтового тепла измерялся грунтовыми пластинками фирмы Hukseflux. Другие составляющие теплового баланса (поток явного тепла, поток скрытого тепла) высчитаны, пользуясь формулой Пеннманна в модификации Кендзори и Олейника (Kędziora и Olejnik 1991), на основе метеорологических данных (температура воздуха, упругость водяного пара, дефицит влажности воздуха, скорость ветра) исследованных на высоте 2 м над уровнем почвы.



Фото 1. Пиранопиргеометр CNR-1

ВЛИЯНИЕ БАЛАНСА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТОПОКЛИМАТА

В этой статье предложены сезонные изменения величин и структур радиационного баланса, а также набросаны его основные связи с тепловым балансом. Коротко охарактеризован поток грунтового тепла, оставляя подробный

анализ других составляющих частей теплового баланса к отдельной, большей разработке, которая подытоживает польский научный грант: N30507332/2594.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

В географических условиях Польши на верхнюю границу атмосферы доплывает в год до 8400 MJ/m^2 на севере, до 9250 MJ/m^2 на юге страны, во Вроцлаве ок. 9000 MJ/m^2 солнечной радиации [Bogdańska и Podogrocki 2000].

На рисунке 1 указаны результаты многолетних наблюдений суммарной солнечной радиации $K_{\downarrow}$ в Обсерватории Вроцлав-Свойец. В периоде 1961-2008 виден положительный тренд суммарной солнечной радиации с сильной тенденцией к повышению (Bryś и Bryś 2007), одинаковой как в годовом так и вегетационном сезоне IV-IX (то есть в полугодии от апреля до сентября). Средняя годовая сумма с этого периода 3803 MJ/m^2 , а полугодовая 2970 MJ/m^2 , то есть 78,1 % годовой суммы солнечной радиации.

Представленный на рисунке 2 годовой ход (средние и экстремальные величины 1961-2008г.г.) месячных сумм суммарной солнечной радиации указывает на относительно регулярный, сезонный характер радиационных

изменений, предопределяемый высотой Солнца над горизонтом. Многочленные выравнивания хода этих величин указывают на отступление действительных величин от уровненных, вызванное циркуляционными факторами. Максимум в июле и августе достигает 800 MJ/m^2 , в среднем около 600 MJ/m^2 летом, до 100 MJ/m^2 – зимой. Влияние облачности, связанной с циркуляцией атмосферы, выражено в понижении суммы радиации, особенно в июне (Bryś и Bryś 2003, 2007).

Результаты исследований коротковолнового K^* и длинноволнового L^* баланса (остаточной солнечной радиации) указаны на рис.3. Исследования, которые были осуществленными как в 2008 году, так и в предыдущем году, приведены только над контрастными поверхностями - травы (рис.3а) и почвы без растительности (рис.3б), чтобы выводы, которые сделаны из этих исследований, имели универсальный характер для всех сред с растительным покровом.

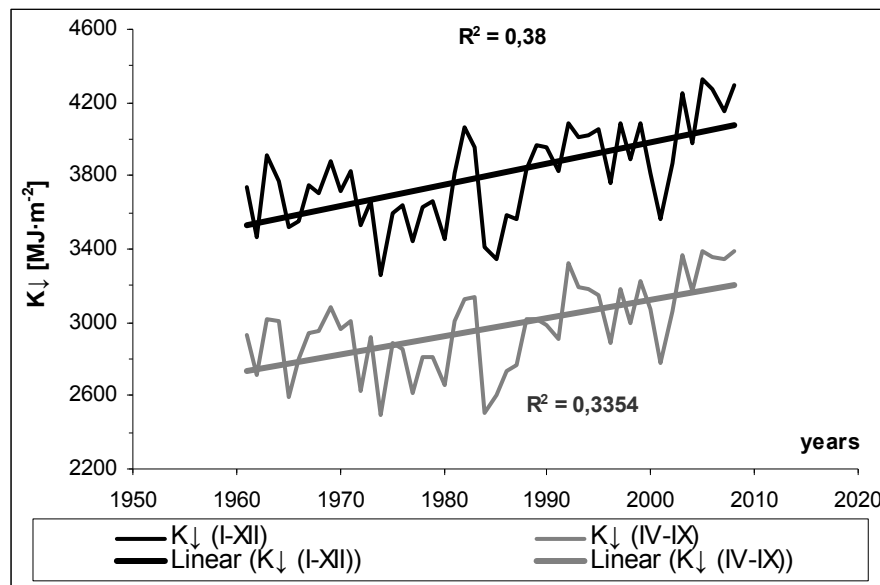


Рис.1. Многолетний ход и тенденция (Linear) годовых (I-XII), а также полугодовых (IV-IX) сумм суммарной солнечной радиации $K_{\downarrow}$ в периоде 1961-2008 в Обсерватории Вроцлав-Свойец.

Объяснение: R^2 - коэффициент предопределения

Указано на сильное влияние растений на условия топоклимата, а также его механизм, который зависит от структуры радиационного баланса и теплового баланса. Структура этих балансов зависит от локальных условий. В сельскохозяйственных районах она формируется в зависимости от растительного покрова, типа растений и их агрофенофазы. Знание о

остаточной солнечной радиации Q^* , то есть о сумме коротковолнового баланса K^* и длинноволнового баланса L^* на территории с растительностью и без растений очень мало экспонировано, а именно способ землепользования является причиной большой разницы в радиационном балансе этих агроэкосистем.

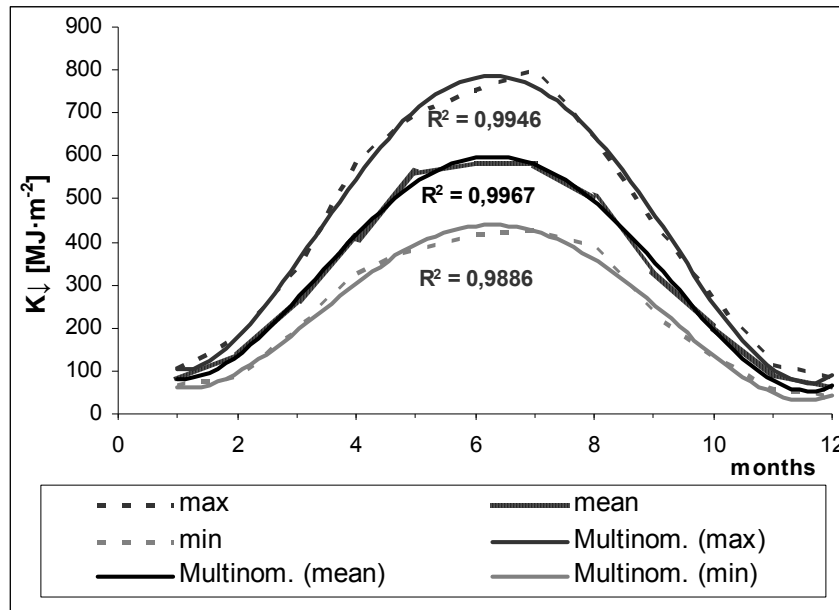


Рис.2. Годовой ход средних месячных и экстремальных месячных сумм величин суммарной солнечной радиации в периоде 1961-2008 с их многочленным выравниванием в Обсерватории Вроцлав-Свойец. Объяснение: max – максимум, min – минимум, mean – средняя месячная сумма, Multinom. – многочлен четвертой степени, R^2 – коэффициент предопределения

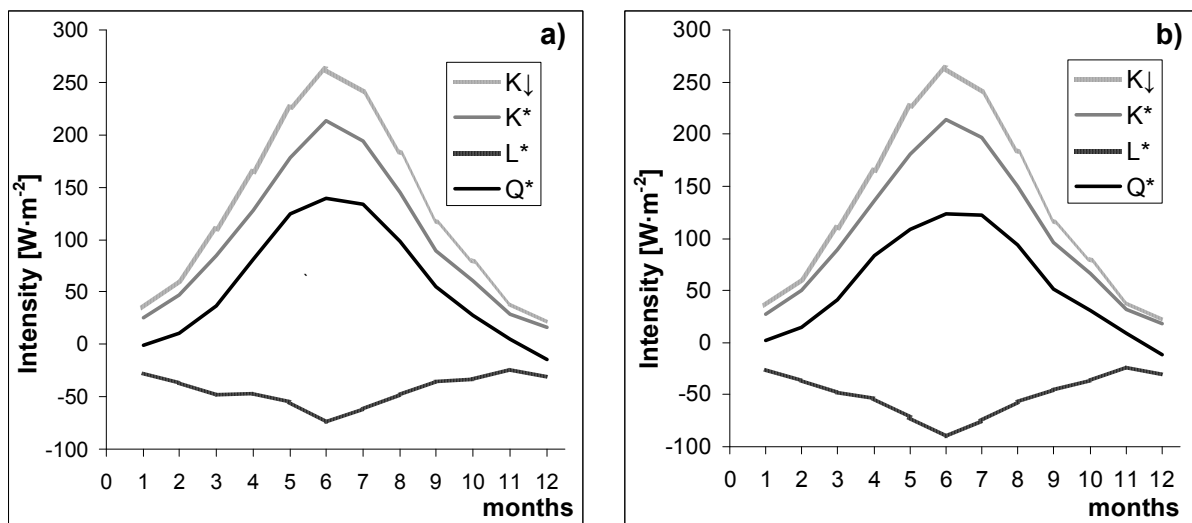


Рис. 3. Годовой ход суммарной солнечной радиации ($K_{\downarrow}$), коротковолнового баланса (K^*), длинноволнового баланса (L^*) и остаточной солнечной радиации над поверхностью травы (а) и над поверхностью почвы без растительности (б) в 2008 году в Обсерватории Вроцлав-Свойец

ВЛИЯНИЕ БАЛАНСА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТОПОКЛИМАТА

Альbedo разных поверхностей, а также излучение земной поверхности $L \uparrow$ – это один из более важных факторов изменчивости остаточной солнечной радиации. Средние месячные отличия альbedo между травой и почвой без растений в 2008 году колебались от 1% в июне до 9% в октябре и ноябре (рис. 4). Цикл развития растений, а также влажность почвы (актуальная и в предыдущих стадиях развития растений) влияют на цвет растительной поверхности и ее шероховатость. Актуальное состояние грунтовой влажности влияет также на цвет почвы и ее альbedo. Влажная почва более темна, а тем самым поглощает больше солнечного излучения, чем сухая почва.

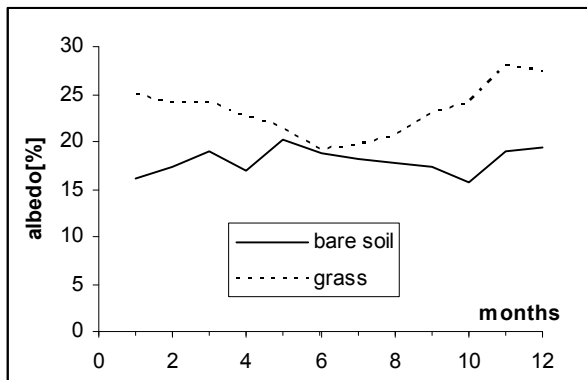


Рис. 4. Годовой ход среднего месячного альbedo поверхности травы (grass) и почвой без растений (bare soil) в Обсерватории Вроцлав-Свойец в 2008 году

Самые большие радиационные контрасты выступают летом, а зимой термоизоляционную функцию принимает снежный покров. В годовом ходе разница между остаточной солнечной радиацией над поверхностью травы Q^{*tr} и поверхностью почвы без растительности Q^{*ug} достигает около 16 W/m^2 в мае и июне, зато зимой приближается к 0 (рис. 5). В суточном ходе эта разница достигает 40 W/m^2 (рис. 6). Так, большая разница наблюдалась даже в суточном ходе излучения земной поверхности ($L \uparrow_{tr} - L \uparrow_{ug}$), который показанным на рисунке 7. Эта разница обстоятельно описана в отдельной статье (Bryś 2009), а здесь только иллюстрировано влияние на нее присутствия (или нехватки) растительного покрова. Если такую разницу

наблюдаем над поверхностями, расположенными ближе к себе (опытные участки были на малом расстоянии – 15м), то значительно большая разница стоимости наблюдается между большими дифференцированными областями в рамках отдельных континентов.

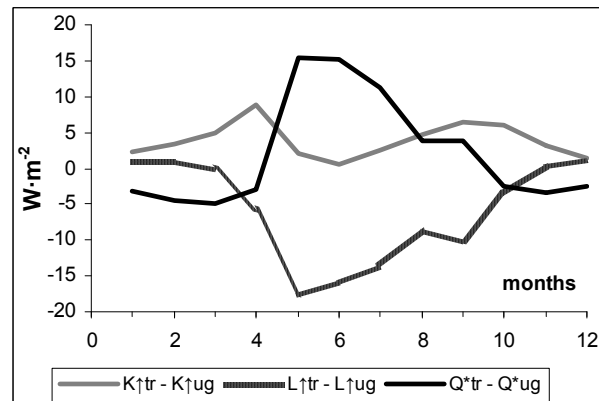


Рис. 5. Годовой ход средних месячных радиационных разниц между поверхностью травы и поверхностью почвы без растительности: остаточная солнечная радиация ($Q^{*tr} - Q^{*ug}$), отражённая радиация ($K \uparrow_{tr} - K \uparrow_{ug}$) и излучение земной поверхности ($L \uparrow_{tr} - L \uparrow_{ug}$) в 2008 году в Обсерватории Вроцлав-Свойец

Остаточная солнечная радиация Q^* – это главный компонент тёплого баланса земной поверхности (Oke 1987, Paszyński i in. 1999). Она после трансформации, в так называемой, активной поверхности (почва, растительность, снег, вода, скала и др.) делится на: скрытую теплоту испарения, ощутимую теплоту и теплоту грунта (или воды).

Топоклиматические изменения происходят в данной растительно-почвенной среде сквозь непостоянное распределение потоков теплоты. Изменения во взаимных пропорциях участия скрытой теплоты испарения, ощутимой теплоты и теплоты грунта проявляется в сложной реакции растений на приток (течение) солнечной радиации. Существенную роль в абсорбции и распределении солнечной энергии через активную поверхность исполняет здесь покров растительности.

Растительный покров смягчает амплитуду термических изменений в почве и уменьшает его температуру летом, а зимой повышает.

Средние многолетние (1966-2006 гг.) разницы температуры между поверхностью травы и почвой, которая была постоянно лишена растительности достигают в глубине 10-20 см летом даже -10°C , но зимой, в периода когда нехватка снежного покрова, около $+2^{\circ}\text{C}$ (Bryś 2008). Это имеет влияние не только на средние годовые температуры в почве, но также на смягчение термических и влажных взаимоотношений над растительной поверхностью.

Это обнаруживается также в корреляционных отличиях (рис. 8) потоков теплоты грунта G травы и почвы без растений с температурой воздуха Tr и суммарной солнечной радиацией $K\downarrow$. В вегетационном сезоне солнечная энергия в растительном покрове идёт прежде всего на

скрытый поток испарения, а не на увеличение потоков грунтового и явного тепла, как то имеет место в почве без растений. Отсюда такие слабые корреляционные связи G с $K\downarrow$, а более сильные с Tr для поверхности травы, в сравнении с почвой без растений.

Покров растительности оказывает влияние не только на микроклимат (Оке 1987), но и на водные и тепловые условия сельскохозяйственной среды (Kędzioga 1999). Изменения происходят сначала в тепловом и водном балансе (Olejnik 1996) и, наконец, в изменчивости микро- (или топо-) климатических условий. В случае больших однородных областей (большие лесные комплексы, степи) это влияние достигает мезоскали.

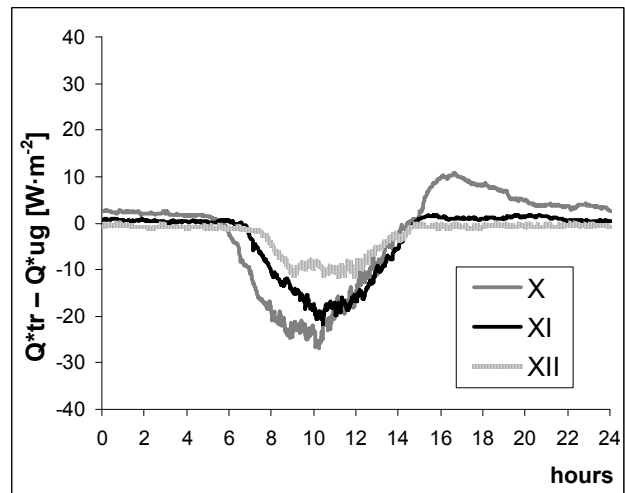
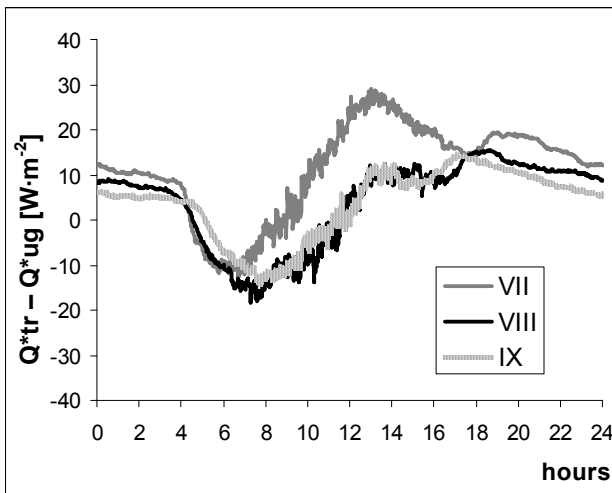
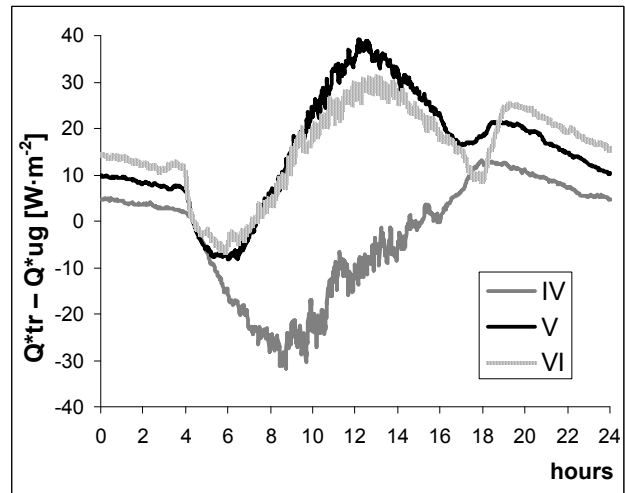
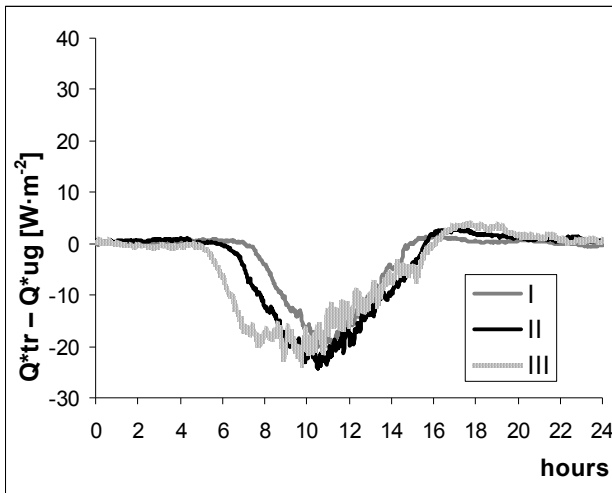


Рис.6. Суточный ход разницы между остаточной солнечной радиацией над поверхностью травы и почвы без растительности ($Q^*_{tr} - Q^*_{ug}$) в очередных (I-XII) месяцах 2008 года в Обсерватории Вроцлав-Свойец

ВЛИЯНИЕ БАЛАНСА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТОПОКЛИМАТА

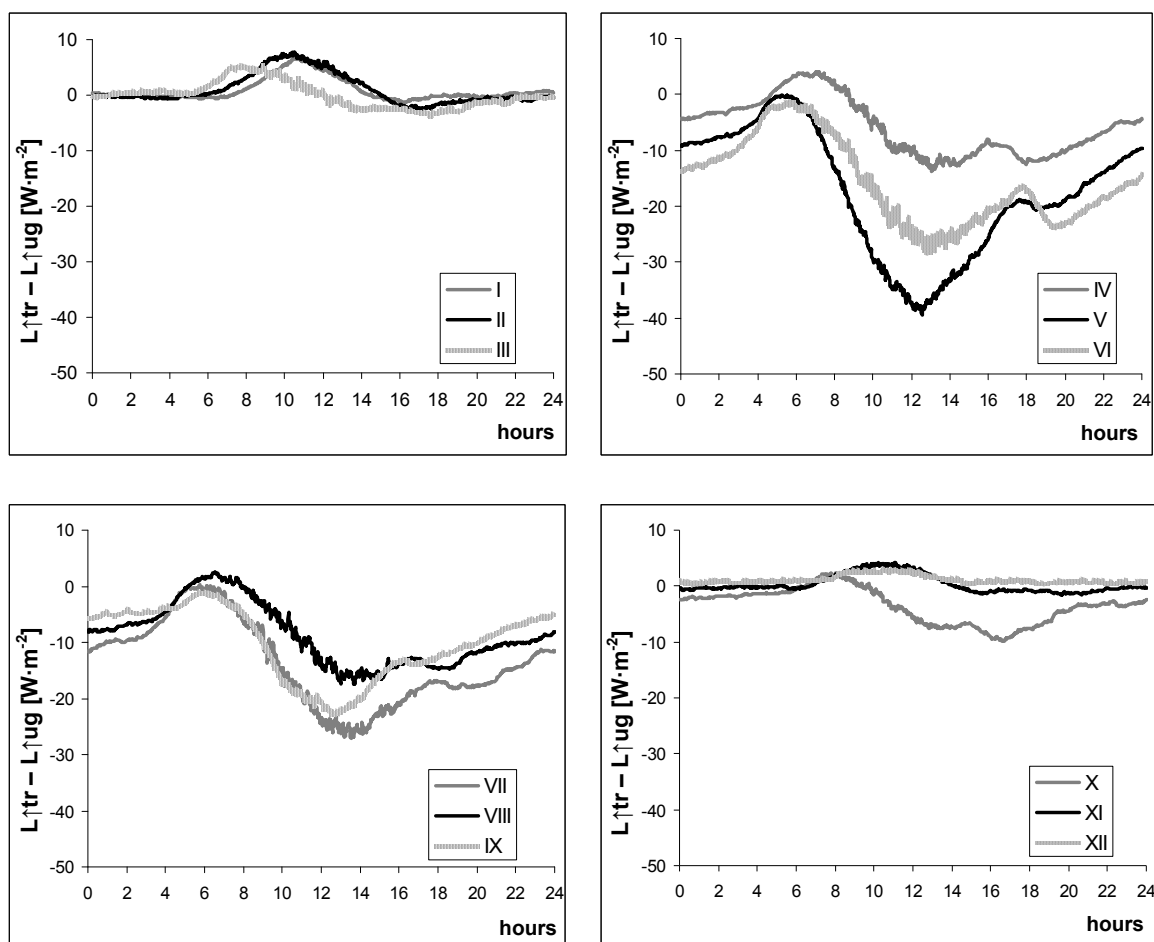


Рис.7. Суточный ход разницы потоков длинноволнового излучения ($L\uparrow_{tr} - L\uparrow_{ug}$) между излучением земной поверхности травы $L\uparrow_{tr}$ и излучением поверхности без растений $L\uparrow_{ug}$ в Обсерватории Вроцлав-Свойец в 2008 году

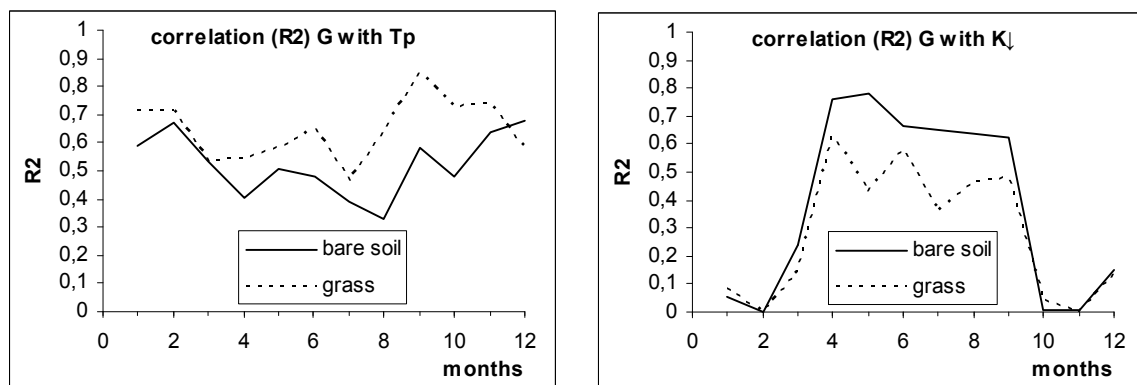


Рис. 8. Годовой ход коэффициентов предопределения (R^2) для корреляции потоков грунтового (G), поверхности травы (grass) и почвы без растений (bare soil) с температурой воздуха (T_p) и суммарной солнечной радиацией ($K\downarrow$) в Обсерватории Вроцлав-Свойец в 2008 году

Нужно отметить также суммарный эффект климатического влияния дифференцированного покрова континентальной поверхности, который в макроскали ведет над сушей к старению и трансформации масс воздуха наплывающих

извне. Объемлющие большие пространства большинства континентов - земледельческие, степные и лесные области представляют, следовательно, важный буфер, который смягчает глобальные климатические изменения.

ВЫВОДЫ

1. Решающее значение для радиационных трендов во Вроцлаве имеют долгосрочные изменения атмосферной циркуляции в средневропейском районе в летнем полугодии.

2. Окончательно о величине радиационного баланса и его распределении на три основных потока энергии (скрытая теплота испарения, ощутимая теплота и теплота грунта) решает тип активной поверхности. Особенная роль отводится здесь поверхностям с покровом растений (хозяйственные), которые формирует человек. Их климатологическая роль постоянно недооценена.

3. Существенное буферное влияние покрова растений на термические и климатологические последствия воздействия солнечной радиации на активную поверхность, это эффект термоизоляционных свойств растительного покрова и его корнеплодной зоны.

4. Процесс регулирования величины и структуры потоков тёплого баланса через растительный покров вместе с воздействием на величину отражённой радиации (альбедо). Это имеет влияние на транспирацию и термоизоляционную эффективность покрова растительно-

сти.

5. Структура радиационного и тёплого баланса зависит от локальных условий. В сельскохозяйственных районах она формируется в зависимости от растительного покрова, типа растений и их агрофенофазы. Самые большие радиационные контрасты выступают летом, а зимой термоизоляционную функцию принимает снежный покров.

6. Способы землеобразования являются причиной сначала больших разниц в структуре остаточной солнечной радиации Q^* разных агроэкосистем и других комплексных активных поверхностей, а затем теплового и водного баланса. Наконец, под влиянием этих балансов и их структуры изменяются топо- и микроклиматологические условия, а даже мезоклимат (большие лесные комплексы, степи, пустыни, большие городские агломерации или конгломерации).

7. Большие пространства континентальной растительности (земледельческое, степное и лесное) представляют вместе важный буфер, который смягчает глобальные климатические изменения.

Литература

1. **Bogdańska B., Podogrocki J.** Zmienność całkowitego promieniowania słonecznego na obszarze Polski w okresie 1961-1995. *Mat. Badawcze, Meteorologia* – 30, IMGW, Warszawa, 2000, ss. 43.
2. **Bryś K.** 2008. Wieloletni wpływ pokrywy roślinnej na termikę gleby. *Acta Agrophysica*, 12(1); 39-55
3. **Bryś K.** 2009. Zmiany bilansu promieniowania powierzchni bez roślin i porośniętej trawą we Wrocławiu-Swojcu. *Acta Agrophysica*, 14(2); 287-302
4. **Bryś K., Bryś T.** Fluctuations of global solar radiation in 20 th century at Wrocław and their relations to Wolf's number and circulation changes. *Acta Universitatis Wratislaviensis., Studia Geograficzne* 2542, t. 75, 2003, 189-202
5. **Bryś K., Bryś T.** Zmienność warunków solarnych klimatu Wrocławia w latach 1875-2004. *Pamiętnik Puławski* nr 144, Puławy, 2007, 13-34.
6. **Kędziora A.** Podstawy agrometeorologii. Państwowe Wyd. Rolnicze i Leśne, Poznań, 1999, ss.364.
7. **Olejnik J.** Modelowe badania struktury bilansu cieplnego i wodnego zlewni w obecnych i przyszłych warunkach klimatycznych. *Rocz. AR w Poznaniu, Rozprawy Naukowe*, 1996, ss.268.
8. **Olejnik J., Kędziora A.** Model for heat and water balance estimation and its application to land use and climate variation. *Earth Surface Processes and Landforms*, 16, 1991, 601-617.
9. **Oke T.** *Boundary Layer Climates*, Routledge, London and New York, 1987, p. 435
10. **Paszyński J., Miara K., Skoczek J.** Wymiana energii między atmosferą a podłożem jako podstawa kartowania topoklimatycznego. *Dok. Geogr.* nr 14, Warszawa, 1999, ss. 127.

ИССЛЕДОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ РЕКИ АРАГВИ ОТ ЖИНВАЛЬСКОЙ ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ ДО ВПАДЕНИЯ В РЕКУ КУРУ

Гавардашвили Г.В., Диаконидзе Р.В.,
Чахая Г.Г., Цулукидзе Л.Н., Пирцхалаишвили И.Т.

E-mail: givi_gava@yahoo.com

Институт Водного Хозяйства
пр. И. Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Водосборный бассейн р. Арагви со свойственными ему естественно-природными условиями и эндемическими видами флоры и фауны является одним из сенситивных регионов Грузии. Кроме того, что исследуемый регион очень плотно заселен, здесь проходит одна из автомобильных магистралей стратегического назначения, которая связывает Грузию с Северным Кавказом. К тому же, он является основным источником снабжения населения столицы и прилегающей к нему территории питьевой водой. Поэтому, создавшаяся здесь в настоящее время ситуация требует применения адекватных мер для обеспечения экологической безопасности во всем водосборном бассейне.

Следует отметить, что бассейн р. Арагви выделяется интенсивно протекающими геоморфологическими процессами, такими как эрозионно-селевые явления, оползни и др., которым способствуют свойственные региону интенсивно протекающие природные явления сезонного характера: ливневые дожди, наводнения, паводки, лавины, которые обуславливают развитие деформационных явлений на склонах гор и в руслах рек.

Особенного внимания заслуживает негативное воздействие антропогенного фактора на окружающую среду в ущелье, что вызвано недальновидной и непредвиденной деятельностью человека. Подобное отношение к природе гораздо дороже обходится обществу, чем ка-

жущаяся сиюминутная выгода. Если своевременно не будут приняты адекватные меры предосторожности, протекающие негативные процессы могут принять необратимый характер.

Человек, который на протяжении всей своей жизни постоянно, прилежно и самоотверженно старается создать как можно больше комфорта, не учитывает, как незаметно для себя, наносит вред окружающей среде и не только не улучшает условий жизни, но и ухудшает их и для себя, и для своих потомков. В результате такого действия нарушается устоявшийся на протяжении веков экологический природный баланс.

Назначением Жинвальской земляной плотины является регулирование режима возникшего в русле р. Арагви во время наводнений и паводков, а также охрана территорий, расположенных ниже по течению, от их негативного воздействия.

В настоящее время, на одном из участков, прилежащем к с. Натахтари, искусственно создавалась экологически напряженная ситуация, вызванная добычей инертных материалов в русле реки.

Работа посвящается разработке способов устранения неординарной ситуации возникшей на отдельных участках в русле реки, а точнее, прогнозированию деформаций русла. Особенно тяжелое положение сложилось близ с. Натахтари на участках, прилегающих к существующему

*) Работа выполнена на основании договора №150/10/199.08 от 25 августа 2005 года, оформленного между ООО "Тбилисис Цкали" ("Тбилисская Вода") и Институтом водного хозяйства

трубо-мосту, дюкеру и дренажному устройству, где протекает добыча инертных материалов из русла реки.

Добыча инертных материалов на данном участке резко увеличила уклон русла, возросла скорость потока воды, что вызвало размыв опорных бычков моста и создало угрозу устойчивости сооружения и его функционированию, возможно возникновение аварийной ситуации. Не менее тревожная, если не критическая, ситуация возникла на дне русла в 15-20 метрах ниже трубо-моста, где на поверхности русла сооружен дюкер (9004 мм) и дренажное устройство, поверхности которых уже обнажены и находятся под непосредственным воздействием потока воды.

Обоснованное предположение о возникновении такого состояния было отмечено еще в 2005 году руководством ООО "Тбилисская вода" после того, как Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов выдало ООО

"Энги" лицензию сроком на 5 лет на добычу песка и гравия на территории Мцхетского района. Указанная территория находится под особым контролем, т.к. здесь размещены важные объекты для снабжения Тбилиси питьевой водой, повреждение которых вызовет значительную задержку или полное прекращение подачи питьевой воды в столицу.

Несмотря на длительную настойчивое требование о рассмотрении вопроса до сих пор не было достигнуто соглашение между сторонами. ООО "Энги" и сейчас продолжает работы по добыче инертного материала на охраняемой территории, что вызывает значительную боковую и глубинную эрозию на данном участке русла реки. В ближайшем будущем, не исключается повреждение и выход из строя находящихся здесь гидротехнических сооружений, а также размыв основания опор т.н. Цицхадуровского моста.

1. ОЦЕНКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЩЕЛЬЯ РЕКИ АРАГВИ НИЖЕ ЖИНВАЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Ущелье р. Арагви, с главными ее притоками (Белая Арагви, Черная Арагви, Пшавская и Хевсурская Арагви) и прилегающими к ним территориями, является одним из репрезентативных и в то же время самобытных регионов Грузии, который охватывает ледниковые, альпийские, горные и предгорные ландшафты со свойственными им природно-климатическими условиями. Оно выделяется процессами как позитивного, так и негативного характера, которые своеобразно влияют на экологическое состояние региона. Можно сказать, что ущелье является определенным природным заповедником, где, в настоящее время, не функционируют сколько-нибудь значительные индустриальные объекты.

Антропогенный фактор, обусловленный хозяйственной деятельностью населения, существующая здесь инфраструктура, Военно-Грузинская дорога, пролегающая вдоль ущелья и наличие карьеров по добыче инертного материала, вносит определенный диссонанс в стабиль-

ную экологическую ситуацию ущелья. Хотя в случае своевременной реализации определенных организационно-хозяйственных и административных мер, негативное влияние данного фактора на окружающую среду можно значительно ослабить.

Уникальность ущелья, как было отмечено выше, с учетом его функционального назначения, состоит в том, что оно снабжает столицу питьевой водой и, в то же время, обеспечивает сельскохозяйственные угодья поливной водой, но строительство Жинвальской плотины оказало, в определенной мере, негативное воздействие на природные процессы, протекающие в реке с той точки зрения, что был нарушен установленный природой баланс твердого стока, что проявилось в воздействии на береговые и донные деформационные процессы русла. Упомянутые процессы усиливает и тот фактор, что притоки р. Арагви, расположенные ниже вышеуказанной плотины не отличаются многоводностью и значительным количеством

твёрдого стока. Следует отметить только некоторые левые притоки р. Арагви селевого характера не отличающиеся частой активностью. К тому же конусы выноса этих притоков отдалены от действующего русла главной реки, что не дает возможность осуществления транспортировки определенной части твёрдого стока по направлению потока. Научные труды [2, 5, 7, 11, 12] были использованы для оценки экологического состояния бассейна р. Арагви и существующих там эрозионно-селевых явлений. Также следует отметить, что рядом с. Булачаури устроено еще одно небольшое водохранилище для обеспечения Тбилиси питьевой водой, что еще более ограничивает перемещение транспортированного рекой твёрдого стока. На этом участке (между Булачаури и Натахтари) водный поток не насыщен твёрдым стоком, из-за чего значительно увеличена его размывающая способность.

Подтверждением этому служат приусадебные участки в с. Булачаури размывшие в результате наводнения в 2002-2007 годах и размывшее русло почти 2 м высоты, на участках,

прилегающих к существующему трубо-мосту и дюкеру близ с. Натахтари (фото 1).



**Фото 1. Одна из размывших опор
существующего трубо-моста близ Натахтари**

2. ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СЕТЬ БАСЕЙНА Р. АРАГВИ ОТ ЖИНВАЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ДО ВПАДЕНИЯ В Р. КУРУ И НЕКОТОРЫЕ ГИДРОМОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Гидрографическая сеть исследуемого объекта от Жинвальского водохранилища до слияния Арагви с Курой достаточно сильно развита, но влияние на гидрологический режим р. Арагви, по нашему мнению, могут оказывать только 8 притоков (схема 1).

Внизу приведены количественные величины некоторых гидроморфометрических показателей бассейна р. Арагви (полностью) и участка от Жинвальского водохранилища до города Мцхета: площадь водосборного бассейна р. Арагви составляет $F = 2740 \text{ км}^2$; средняя высота от уровня моря $H = 1600 \text{ м}$; длина $L = 66 \text{ км}$; средний уклон $I = 9,1 \text{ ‰}$.

Изменения падения и уклона р. Арагви от Жинвали до слияния с р. Курой следующие: падение – $\Delta H = 7,71 \text{ м}$ на 1 км; уклон $I = 0,0077$, уклон от Жинвали до Натахтари

падение – $\Delta H = 7,54 \text{ м}$ на 1 км, уклон $I = 0,0075$; от притока р. Арагви – р. Тедзами до Натахтари падение – $\Delta H = 3,81 \text{ м}$ на 1 км; уклон $I = 0,0038$; от притока р. Тедзами до слияния с р. Курой падение $\Delta H = 5,13 \text{ м}$ на 1 км, уклон $I = 0,0051$.

Рядом с мостом в с. Натахтари (фото 2). Путем нивелирования был определен средний уклон, который составил $I = 0,0042$. На вышеуказанной фотографии четко видно, что на данном участке русло реки Арагви сильно меандрированное с быстро протекающим размывом русла.

Об энергетических возможностях р. Арагви и способности реки транспортировать твердые наносы можно судить по нижеприведенным значениям расходов воды и твёрдого стока близ Жинвали и Натахтари.

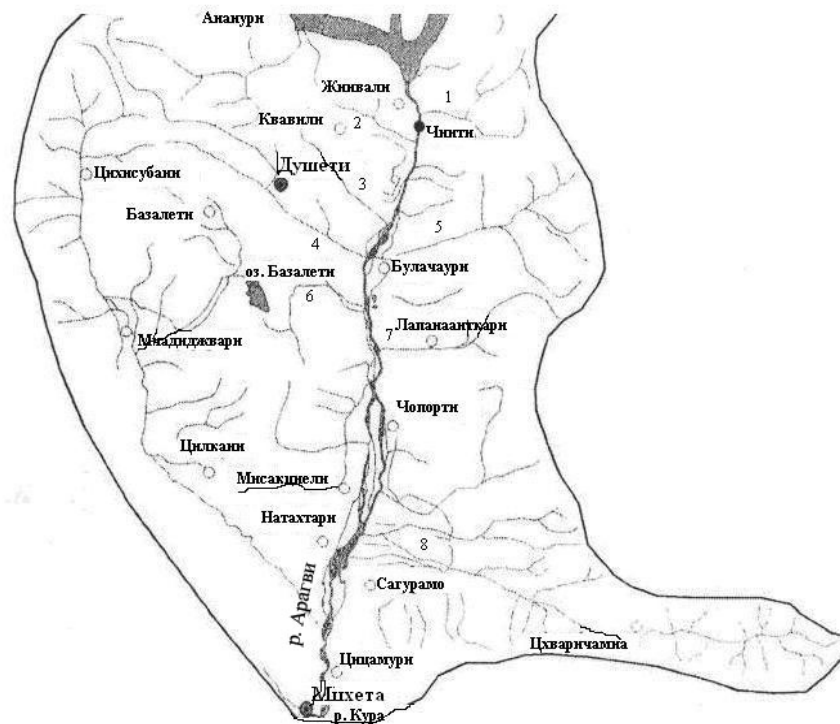


Схема 1. Карта гидрографической сети реки Арагви с Жинвальского водохранилища – до слияния с Курой.



Фото 2. Аэро-фотосъемка исследуемого объекта на р. Арагви, рядом с мостом в с. Натахтари и одной насосной станцией

Река Арагви близ Жинвали

Средний многолетний расход воды составляет: $\bar{Q} = 43,2 \text{ м}^3/\text{сек}$ (в соответствии с материалами наблюдений); средний расход взвешенного стока – $\bar{R} = 34,0 \text{ кг/сек}$ [8]; прогнозируемый суммарный расход взвешенного и донного стока составляет: $\sum(\bar{R} + \bar{G}) = 43,5 \text{ кг/сек}$ [4]; средний прогнозируемый расход донного стока – $\bar{G} = 10 \text{ кг/сек}$ [4].

Река Арагви близ Натахтари

Средний многолетний расход воды составляет: $\bar{Q} = 49,4 \text{ м}^3/\text{сек}$ [8]; средний годовой расход взвешенного стока – $\bar{R} = 43,0 \text{ кг/сек}$ (определен институтом "Гидропроект"); средний годовой расход донного стока – $\bar{G} = 10 \text{ кг/сек}$ (определен институтом "Гидропроект"); прогнозируемый суммарный расход взвешенного и донного стока – $\sum(\bar{R} + \bar{G}) = 43,7 \text{ кг/сек}$ [4]; прогнозируемый расход донного стока – $\bar{G} = 11 \text{ кг/сек}$ [4].

**3. АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ РУСЛА РЕКИ АРАГВИ
НА УЧАСТКЕ ЖИНВАЛИ-НАТАХТАРИ**

Как и все горные реки, р. Арагви характеризуется очень трудными русловыми процессами, что еще больше усложняется влиянием антропогенного фактора на природу вызванного строительством гидротехнических сооружений (Жинвальского, Булачаурского и Натахтарского водохранилищ) и вывозом большого объема инертных материалов из русла. После строительства водохранилищ на реке Арагви, в нижнем бьефе (ближе к устью) сильно изменился гидрологический режим реки. Строительство водохранилищ значительно уменьшило транспортировку твердого стока в нижнем бьефе, особенно фракций такого твердого стока, который определенно мог иметь влияние на формирование продольного профиля русла. Необходимо учитывать и тот фактор, что происходит вывоз инертных материалов из русла. Все вышеуказанное нашло отражение в том, что русло реки на исследуемом участке, а точнее гидроузел водоснабжения г. Тбилиси и близлежащих населенных пунктов (водный насос) и трубо-

мост на р. Арагви, по которому проходят два трубопровода среднего водоснабжения (1400 мм) и там же пролегающие дренажные и дюкерные трубы, находится в критическом состоянии. Следует отметить и то, что строительство водохранилищ не привело к значительным изменениям расхода воды в нижнем бьефе. Средний многолетний расход р. Арагви близ Жинвали составляет $43,4 \text{ м}^3/\text{сек}$, а близ Натахтари – $50 \text{ м}^3/\text{сек}$. Максимальный расход р. Арагви близ Жинвали зафиксирован в 1952 году и составляет $811 \text{ м}^3/\text{сек}$, средний многолетний максимальный расход рядом с Жинвали составляет $288 \text{ м}^3/\text{сек}$, а максимальный расход при 1 % обеспечении составляет $890 \text{ м}^3/\text{сек}$ [8]. Вышеуказанные данные хорошо отражают, какими большими скоростями и энергией обладает поток р. Арагви на исследуемом участке. Исходя из этого, опорные бычки существующего трубопровода на р. Арагви размывы на глубине 2,1-2,2 м, а дюкер и дренажное устройство находятся на поверхности уже размывающегося русла.

**4. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИТОКОВ Р. АРАГВИ
НА УЧАСТКЕ С. ЖИНВАЛИ – Г. МЦХЕТА**

Для установления дефицита твердого стока на исследуемом участке, были выбраны те притоки р. Арагви от Жинвальского водохранилища до Натахтари, которые в определенной степени могут иметь влияние на гидрологический режим реки Арагви и были установлены сред-

ние многолетние суммарные величины твердого стока данных притоков $\sum(\bar{R} + \bar{G}) \text{ кг/сек}$, для чего были использованы эмпирические зависимости, предложенные различными авторами [4]. Расходы воды были вычислены по методике [9, 1], (табл. 1).

Исследование показало, что изменение твердого стока на р. Арагви от Жинвали до Натахтари незначительно. Следует отметить и то, что увеличение твердого стока на данном участке не было значительно и до строительства Жинвальского водохранилища. Исходя из этого ясно видно, что после строительства водохранилища он еще более уменьшился и, на сегодняшний момент, транспортируемый рекой твердый сток не может оказывать влияние на формирование русла. Из таблицы 1 видно, что до слияния с р. Курой средний расход суммарного твердого стока притоков р. Арагви является очень малой величиной, и равняется 0,0061 кг/сек. Ко всему этому добавляется и то, что с исследуемой территории искусственно вынесен твердый сток и опять продолжается его вывоз (фото 3).

В соответствии с нашим обмерным расчетом количество твердых наносов вывезенных с отмеченного участка составило приблизительно 1 млн м³. Исходя из этого, можно отметить, что к отмеченному периоду (сентябрь 2008 года)

на исследуемом участке наблюдается дефицит как раз вышеуказанного 1 млн м³ инертных материалов.



Фото 3. Интенсивный вывоз твердых наносов в русле реки Арагви близ с. Натахтари.

Таблица 1

Некоторые величины гидро-морфометрических количественных показателей притоков реки Арагви

№	Название притока (водотока), пункты, название притоков соответствует номерам по схеме 1	Площадь бассейна, F , км ²	Средняя высота бассейна, H , м	Уровень истока, H , м	Уровень устья, H , м	Уклон русла, I	Максимальный расход воды 1% обеспеченности, по Г.Д. Ростомову $Q_{\max}$ м ³ /сек	Средний расход воды Q (м ³ /сек) (по карте модулей Владимировича с ММ=20 л/км ²)	Средний суммарный расход твердых наносов $\sum (\bar{R} + \bar{G})$, кг/сек
1	Саканалосхеви	31,7	1030	1340	700	0,08	130	0.634	0.000094
2	Бегурасхеви	10,1	1040	1230	685	0,09	57,2	0.202	0.0000044
3	Потехеви	19,0	1000	1290	650	0,07	82,3	0.38	0.000022
4	Душетисхеви	42,4	995	1240	640	0,045	111	0.848	0.00019
5	Цидралисхеви	54,3	1164	1400	640	0,05	111	1.086	0.000557
6	Лазвиантхеви	21,6	892	980	615	0,04	82,3	0.432	0.0000225
7	Абаносхеви	39,2	1064	1260	600	0,06	129	0.784	0.00018
8	Тедзамисхеви	124,5	1145	1640	520	0,04	193	2.49	0.005

5. УСТАНОВЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ НАНОСОВ ПОТОКОМ ВОДЫ В РЕКЕ

С точки зрения возможного повреждения инфраструктурных сооружений водоснабжения, наиболее уязвимым участком р. Арагви является участок реки близ с. Натахтари, где размещены трубо-мост с двумя металлическими трубопроводами (1400 мм), Булачаурский участок с металлической трубой дюкера (900 мм) и дренажным устройством.

Отмеченный участок реки из-за добычи указанных выше инертных материалов подвергается интенсивному размыву, создает угрозу, как устойчивости опор моста, так и безопасному функционированию дюкера и дренажа.

С целью прогнозирования русловых процессов, в частности, для оценки донного размыва дна реки, была использована методика академика Ц.Е. Мирцхулава, которая основывается на условиях равновесия донных наносов реки. Формула имеет следующий вид [5]:

$$V_{кр} = \lg \left(\frac{6,15H}{\Delta} \right) \sqrt{\frac{2 \cdot g(\gamma_n - \gamma_v)d}{\alpha \gamma_v}}, \quad (1)$$

где, $V_{кр}$ – средняя критическая скорость водного потока, во время которой донные наносы

выходят из состояния равновесия; H – глубина водного потока (м); Δ – высота выступа донной шероховатости реки $\Delta = 0,7 \cdot d_{cp}$; g – ускорение силы тяжести (м/сек²); γ_n – удельный вес наносов – 2,65 кг/м³; γ_v – удельный вес воды (кг/м³); d – средний диаметр частиц наносов (м); α – коэффициент, который оценивает величина сопротивления сдвига пласта наносов в потоке воды, $\alpha = 0,5$.

Для установления критической скорости водного потока было необходимо установить средний диаметр русловых отложений. Эта процедура была осуществлена с использованием метода Розиваля [5], который предусматривает построение гранулометрической кривой для наносов, существующих в репрезентативной полосе на заранее подобранном участке русла. Было снято несколько фотографий с геодезической рейкой уложенной на поверхность русла реки (фото 4 и 5). После произведенных расчетов (табл. 2) была построена гранулометрическая кривая наносов (фото 6.3) и с их использованием был установлен средний диаметр наноса $d_{cp} = 0,06$ м.



Фото 4. Поверхность русла реки на участке прилегающем к трубо-мосту.



Фото 5. Поверхность русла реки в 100 м ниже трубо-моста.

Таблица 2

Гранулометрический состав русла реки Арагви (близ Натахтари) по методу Розиваля

Диаметр частиц наносов, d, см	Фракция %	Суммарный %
1.0	20	20
4.0	20	40
10.0	30	70
14.0	15	85
20.0	15	100

$$d_{\text{ср.}} = 0.06 \text{ м}$$

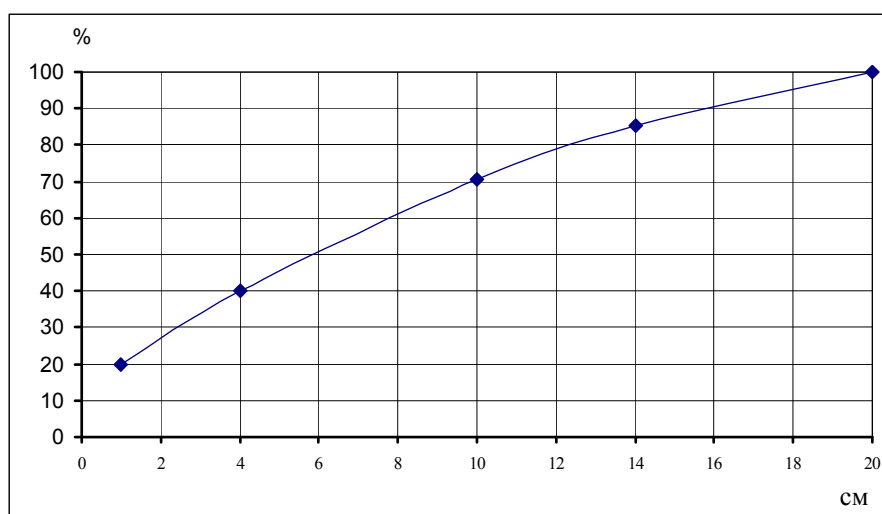


Диаграмма 1. Кривая гранулометрического состава наносов в русле р. Арагви (близ Натахтари)

ИССЛЕДОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ РЕКИ АРАГВИ ОТ ЖИНВАЛЬСКОЙ ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ ДО ВПАДЕНИЯ В РЕКУ КУРУ

После того, как был установлен средний диаметр частиц донных наносов, критическая скорость водного потока ($V_{кр}$) для разных глубин ($H=1,0$ м, $H=2,0$ м и $H=3,0$ м) можно определить формулой (1). Уклоны соответствующие критическим скоростям потока были рассчитаны формулой Шези [1, 10].

$$i_{кр} = \frac{V_{кр}^2}{C^2 H}, \quad (2)$$

где для русел обладающих самой грубой шероховатостью $C = 25 \text{ м}^{0,5}/\text{сек}$. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2

Критические скорости водного потока $V_{кр}$ и соответствующие критические уклоны $i_{кр}$,

когда $d_{ср} = 0,06$ и $H=1,0$ м, $H=2,0$ м и

$H=3,0$ м

№	H (м)	1.0	2.0	3.0
1	$V_{кр}$ (м/сек)	4.02	4.86	5.21
2	$i_{кр}$	0.0258	0.0039	0.0028

Путем проведения полевых работ с целью определения устойчивости русла реки на участках прилегающих к мосту и дюкеру был оценен средний уклон русла, который составил $i_{рус.} = 0,004$. Здесь не было принято во внимание увеличение величины уклона этого участка, которое будет вызвано в очередным наводнением, путем искусственного углубления русла и впадин образовавшихся в результате работ по добыче инертных материалов на нижних участках русла (глубиной 3-4 м).

Таким образом, если мы сравним значения критических уклонов (табл. 6.3) полученных формулой (6.1), величины уклона измеренного на месте, то получим, что значение последнего превышает значения критических уклонов принятых для разных глубин водного потока, это указывает на то, что при первом же наводнении будет иметь место значительный размыв русла и уменьшение отметки дна. Следует учитывать

и то, что во время ливневых дождей в бассейне р. Арагви, что свойственно региону в весенний и осенний периоды, происходит формирование больших расходов воды в притоках реки, которые при стоке в основную реку вызывают возникновение непрерывного волнового движения. Во время установления подобного режима в реке, непрерывная скорость волны превышает скорость основного потока в 1,5 раз [7], что еще более делает интенсивным процесс русловой глубинной эрозии.

Приведенные данные четко подтверждают ретроспективной оценкой процесса, что больше всего проявляется сегодняшним состоянием одним из бычков трубо-моста. Фундамент бычка размывает в глубину на 2 м (фото 1).

Необходимо принять во внимание то, что если во время не предпринять соответствующих мер, такой процесс может возникнуть рядом с с. Цицмури у опор существующего автомобильного моста с высокими пилонами (высокими опорами).

Без преувеличения можно сказать, что создавшаяся ситуация требует сигнала тревоги соответствующему сигналу SOS, потому что под угрозой находится вопрос непрерывной подачи питьевой воды в столицу. Чтобы приостановить процесс размыва русла реки, в первую очередь, необходимо остановить добычу инертных материалов из русла реки, которая способствует интенсификации эрозионных процессов в русле.

В дальнейшем с целью реабилитации деформированного русла, желательно на участке расположенном ниже трубо-моста и дюкера установить небольшую 2-3 метровую бетонную плотину, которая уменьшит процесс глубинной эрозии в русле реки и восстановит прежнее состояние русла.

В связи с отмеченным следует принять во внимание, что для человека недостаточно трагического переживания спрогнозированной и в последствии произошедшей катастрофы, а ее исправление, в дальнейшем, гораздо дороже стоит, чем своевременное осуществление соответствующих мероприятий.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Неординарная ситуация возникла в русле р. Арагви после ввода в эксплуатацию Жинвальской плотины (1985 г.) на участке прилегающем к с. Натахтари: значительно уменьшился объем твердого стока, в результате чего выросла размывающая способность потока, что вредит расположенным здесь инженерным сооружениям. С целью облегчения создавшейся ситуации следует иметь в виду следующие заключения и рекомендации:

1. Русло реки Арагви, с Жинвальского водохранилища до слияния с р. Курой, особенно, на участке прилегающем к с. Натахтари характеризуется интенсивными эрозионными процессами, углублениями русла и созданием угрозы стабильности существующих здесь сооружений, для чего следует произвести мониторинг деформационных процессов русла на указанном участке. Создавшаяся ситуация требует безотлагательного проведения надлежащих мер по преостановлению процесса эрозии русла реки на данном участке, в противном случае под угрозой может оказаться помимо упомянутых выше сооружений и автомобильный мост у с. Цицамури, основания опор которого могут быть размыты паводковыми водами и тем самым создастся угроза его устойчивости.

2. Незамедлительно должна быть прекращена добыча инертных материалов на вышеуказанном участке р. Арагви, что является основной причиной размыва русла;

3. Установлено, что из русла искусственно вывезены твердые наносы в объеме около 1 млн м³, в результате чего на указанном участке протекают интенсивные деформационные (с размывом) процессы;

4. Из-за деформационных процессов протекающих в русле реки под угрозой разрушения оказалась стабильность двух опор высоконапорного металлического трубо-моста 1400

мм диаметра, а дюкер раньше расположенный под руслом реки и дренажные трубы обнажены. Данные сооружения осуществляют подачу питьевой воды в столицу и близлежащие населенные пункты;

5. Указанные нарушения, которые создают опасность нормальному функционированию данных объектов водоснабжения, вызваны интенсивной добычей инертных материалов в русле реки ниже указанного участка;

6. Натурными исследованиями было установлено, что притоки существующие на р. Арагви ниже Жинвальского водохранилища до исследуемого объекта, не могут восполнить дефицит твердых наносов, потому что величина среднего годового суммарного расхода твердых наносов транспортируемых в русле реки составляет 0,0061 кг/сек;

7. В случае острой необходимости добыча инертных материалов может осуществляться с участков расположенных выше Жинвальского водохранилища с конусов выноса четко выраженных селевых притоков р. Арагви. Добыча инертных материалов как с конусов выноса р. Арагви, так и с притоков селевого типа должна осуществляться планомерно так, чтобы не нарушить нормальный режим русловых процессов реки и способствовать сохранению динамического равновесия русла реки;

8. Во избежание возможного повреждения трубо-моста, дюкера и дренажной трубы желательно в нижнем бьефе данных сооружений построить бетонную плотину небольшой высоты (2-3 м) для стабилизации русловых потоков;

9. Для пополнения дефицита твердого стока существующего в русле реки и для восстановления прежнего гидрологического режима целесообразно внести определенное количество инертного материала на указанный участок.

Литература

1. **Владимиров А.А.** Средний годовой сток рек Грузии. Издательство АН Грузинской ССР; Тбилиси, 1962, 121 с.
2. **Гавардашвили Г.В.** Экологическое равновесие водотоков вдоль Военно-Грузинской дороги. //Инженерная Экология. Москва, 2002. с.11-17.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ РЕКИ АРАГВИ
ОТ ЖИНВАЛЬСКОЙ ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ ДО ВПАДЕНИЯ В РЕКУ КУРУ**

3. **Гончаров В.Н.** – Динамика русловых потоков.
4. **Диаконидзе Р.В., Чახაია Г.Г., Цулукидзе Л.Н.** Эмпирические зависимости для расчёта влеко-
мых (донных) и полного стока наносов водосбо-
ров рек Грузии. //Известия аграрной науки, том
6, №3, Тбилиси, 2008, с. 72-75.
5. **Мицхулава Ц.Е.** Основы физики и механики
эрозии русел.
6. **Натишвили О.Г.** Гидравлика. Тбилиси, 1981.
с. 120.
7. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Влияние вол-
нового режима – движения водного потока по
склону на интенсивность эрозии почв. //Сборник
научных трудов Института водного хозяйства
Грузии. Тбилиси, 2005. с.146-149.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР, т.9, Закавказье и Дагестан, вып. 1, Западное Закавказье, Гидрометеиздат, Л. 1969. 310 с.
9. **Ростомов Г.Д.** Технические указания по расчёту
максимального стока рек в условиях Кавказа
(третье издание), Тбилиси, 1980, 57 с.
10. **Штеренлихт Д.В.** Гидравлика. Энергоатомиз-
дат. Москва, 1984. 638 с.
11. **Gavardashvili G.V.** - Assessments of the ecologi-
cal reliability of Georgian debris-flow riverbeds.
//13th International Conference on Transport and
Sedimentation of Solid Particles. Tbilisi, 2006. p.p.
85-94.
12. **Morgan R.Ps.** Soil Erosion Conservation. Long-
man Group Ltd. 1995. 196 p.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ НАВОДНЕНИЯ В СЛУЧАЕ РАЗРУШЕНИЯ ИНГУРСКОЙ ПЛОТИНЫ

Гавардашвили Г.В.

E-mail: givi_gava@yahoo.com

Институт Водного Хозяйства
пр. И.Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Для развития энергетики и мелиорации в Грузии стало необходимым строительство водохозяйственных плотин разной высоты. С целью решения данной задачи в XX веке началось интенсивное строительство плотин разного назначения и типа, высота которых меняется от 10 м до 274 м., что касается объема водохранилищ, их величина превышала десятки млн м³ [9].

Учет, проведенный в 60-80 годах XX века показал, что в Грузии зафиксировано всего 64 больших и малых водохранилищ, которые построены и расположены в разных регионах всей территории Грузии [9, 10].

Наряду с основным хозяйственным назначением водохранилищ, как известно, специальная роль отводится плотинам, а именно, регулирование природных стихийных явлений, в том числе, наводнений и паводков.

В Грузии назначение высоких плотин является комплексным, они доводят до минимума риск затопления населения и близлежащей территории.

Наблюдения ученых над климатом позволяют сказать, что на нашей планете замечается повышение температуры, что способствует интенсивному таянию снежного покрова и ледни-

ков, а это основной компонент наводнений, паводков и селей.

С учетом всего вышесказанного на водохозяйственных объектах, в том числе и на плотинах растет нагрузка. Следует учесть также исследование академика Мирцхулава Ц.Е. [2,3], которое связано с т.н. "старостью" плотин, которая, конечно уменьшает надежность эксплуатации плотин, что в свою очередь увеличивает вероятность возникновения техногенной катастрофы.

На основе анализа научной литературы [1, 3] стало возможным в пределах Грузии установить те плотины, где в случае техногенной катастрофы населению и территории грозит опасность, это: 1. Жинвальская; 2. Сионская; 3. Ладжанурская; 4. Шаорская и 5. Ингульская плотина.

С целью прогнозирования техногенных катастроф в Грузии, для проведения расчетов на компьютере был усовершенствован существующий алгоритм [7,11], который дает возможность в случае разрушения плотины рассчитать скорость волны прорыва, расстояние ее распространения и, самое главное, геометрические размеры затопленной территории.

1. КРАТКИЙ ОБЗОР РАЗРУШЕНИЙ ПЛОТИН

Еще с древних времен интересует человечество надежность плотин разного назначения на практике, когда за несколько тысяч лет до н.э. были построены водозаградительные сооруже-

ния разной высоты в Вавилоне, Китае, Египте и Италии.

Основной причиной аварий плотин чаще всего специалисты считали недостаточную

глубину материала, уложенного в фундамент, следующей причиной является нагрузка большая, чем допустимая нагрузка грунта плотины и т.д.

Ниже рассмотрены те случаи техногенных катастроф, когда имело место большое количество человеческих жертв [1]:

- в 1864 году в США разрушилась Бредфильдская земляная плотина. Верхний бьеф плотины был облицован бетонными плитами, а в ядре плотины был помещен суглинок. В результате аварии погибло 239 человек;
- 31 мая 1889 года в США разрушилась земляная плотина Саут Форк 92 м высоты (штат Пельсинвания), катастрофа унесла жизни 2500 человек;
- 22 февраля 1890 года в США, штат Аризона, разрушилась каменно-набросная плотина 33,6 м высоты. Погибло 129 человек;
- 27 апреля 1895 года во Франции разрушилась каменно-набросная плотина Бузеиски 22 м высоты. Погибло 156 человек;
- 30 сентября 1911 года в США близ г. Аус-

тина (штат Пельсинвания) разрушилась бетонная плотина. В результате катастрофы погибло 100 человек;

- 13 августа 1935 года в Италии, с. Зербино разрушилась бетонная плотина 16,5 м высоты, число человеческих жертв превысило 100. Аварии плотин происходили и в бывших советских республиках, но из-за известной политики эта информация для общества была закрыта. Также неизвестна информация о жертвах. Так, например, в 1955 году была авария на плотине Горьковской ГЭС, в 1956 году на Лужской плотине (Ленинградская область), в 1958 году на Иркутской плотине, в 1960 году на водохранилище Цагерской плотины, в 1989 году в Грузии, в пос. Цхнети – на земляной плотине 10 м высоты, погибло 3 человека.

17 августа 2009 года в России на Саяно-Шушенской плотине произошла авария, в результате которой погибло 12 человек. (Как заявил корреспондент газеты «Взгляд», причиной аварии на Саяно-Шушенской ГЭС, унесшей 12 жизней...) и т.д.

2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИМИТАЦИИ НАВОДНЕНИЙ, ВОЗНИКШИХ В СЛУЧАЕ РАЗРУШЕНИЯ ПЛОТИН

2.1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНГУРСКОЙ ПЛОТИНЫ

Ингурская плотина представляет одну из высочайших арочных железо-бетонных конструкций, которая располагается в 33 км от г. Зугдиди в северном направлении русла р. Ингури [8].

Высота Ингурской арочной плотины 274 м, ее ширина в русле реки равна 660 м (рис. 1), максимальная высота подпора воды сооружения в верхнем бьефе не превышает 250 м.

Объем Ингурского водохранилища равен 1 млрд. 110 млн м³, площадь поверхности зеркала – 10,13 млн м².

На рис. 2 показан общий вид Ингурского водохранилища, переснятый с аэрокосмического снимка.

2.2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ИНГУРСКОЙ АРОЧНОЙ ЖЕЛЕЗО-БЕТОННОЙ ПЛОТИНЫ

С целью прогнозирования наводнения в случае разрушения Ингурской арочной железо-

бетонной плотины, для создания компьютерной программы был переработан алгоритм программы "Волна-2" [11], который дает возможность в случае разрушения плотины рассчитать скорость волны прорыва, расстояние ее распространения и, самое главное, геометрические размеры затопленной территории с учетом фактора времени.

Исходные данные, как известно, были разделены на две части: первая – постоянные величины и вторая – переменные. Под постоянными величинами подразумеваются те параметры, которые не зависят от каких-либо условий; что касается переменных величин, они зависят от качества разрушения плотины, наводнений и т.д.

Ширина реки берется с топографической карты. Количество точек должно быть не более трех от оси реки с одной стороны (всего на обеих сторонах – 6 точек) и в этом сечении должно охватывать всю водосборную территорию.



Рис. 1. Общий вид Ингурской плотины с нижнего бьефа



Рис. 2. Общий вид Ингурского водохранилища

Для определения площади затопленной территории количество сечений от плотины не должно быть более 8, расстояние между которыми заранее наносится на топографическую карту.

Во время наводнения скорость волны (V) в нижнем бьефе сооружения рассчитывается по следующей формуле [4,5,12]:

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

где V_0 – скорость воды в реке в нижнем бьефе сооружения (м/сек); H_1 – высота воды в нижнем бьефе плотины (м); H_0 – высота воды в реке во время наводнения (м).

Качество разрушения плотины (E_p) установлено следующей зависимостью:

$$E_p = F_w / F_0, \quad (3)$$

где F_w – площадь разрушения берега (м²); F_0 – площадь зеркальной поверхности водохранилища. В нашем случае $E_p = 0,75$;

Кроме вышесказанного, в алгоритме предусмотрены: высота порога берега реки (м), количество сечений по длине реки, расстояние между сечениями (км), ширина русла реки (м), скорость водного потока в русле реки (м/сек), ширина поймы реки (м), величина отметок русла реки (м) и т.д.

3. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВОЛНЫ ПРОРЫВА

1. Определение высоты волны прорыва (H_v), [11]:

$$H_v = 0,6H - h_n \text{ (м)}, \quad (3.1)$$

где H – глубина водохранилища у плотины, м; h_n – глубина реки ниже плотины (м).

2. Определение времени прохождения волны прорыва через створ разрушенной плотины (время полного опорожнения водохранилища):

$$T_1 = \frac{W_B A}{3600 \mu B_i H \sqrt{H}} \text{ ч}, \quad (3.2)$$

где W_B – объем водохранилища; A – коэффициент кривизны водохранилища, для ориентировочного расчета принимается равным двум; μ – параметр, характеризующий форму русла реки; B_i – ширина прорыва, м; H – глубина водохранилища перед гидроузлом.

Определение времени добегания волны

прорыва до 1-го створа:

$$t_1 = \frac{L_1}{V_1} \text{ ч}, \quad (3.3)$$

где L_1 – длина 1-го участка реки; V_1 – скорость движения волны прорыва на 1-м участке.

Определение времени добегания волны прорыва до 2-го створа (ч):

$$t_2 = \frac{L_2}{V_2} + t_1, \quad (3.4)$$

где, L_2 – длина второго участка, км (т.е. от первого до второго створа); V_2 – скорость движения волны прорыва на 2-м участке, км/ч.

Для получения параметров волны прорыва в последующих створах поступают аналогичным способом. По полученным данным о волне прорыва во всех створах строится график движения волны прорыва.

4. МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА ЗАТОПЛЕНИЯ В СЛУЧАЕ РАЗРУШЕНИЯ ИНГУРСКОЙ АРОЧНОЙ ЖЕЛЕЗО-БЕТОННОЙ ПЛОТИНЫ

Основными поражающими факторами катастрофического затопления являются: волна прорыва (высота волны, скорость движения) и длительность затопления. Волна прорыва – волна, образующаяся во фронте устремляющегося в пролом потока воды, имеющая, как правило, значительную высоту гребня и скорость движения и обладающая большой разрушительной силой.

Волна прорыва, с гидравлической точки зрения, является волной перемещения, которая,

в отличие от ветровых волн, возникающих на поверхностях больших водоемов, обладает способностью переносить в направлении своего движения значительные массы воды. Поэтому волну прорыва следует рассматривать как определенную массу воды, движущуюся вниз по реке и непрерывно изменяющую свою форму, размеры и скорость.

Схематично продольный разрез такой сформировавшейся волны показан на рис. 3.

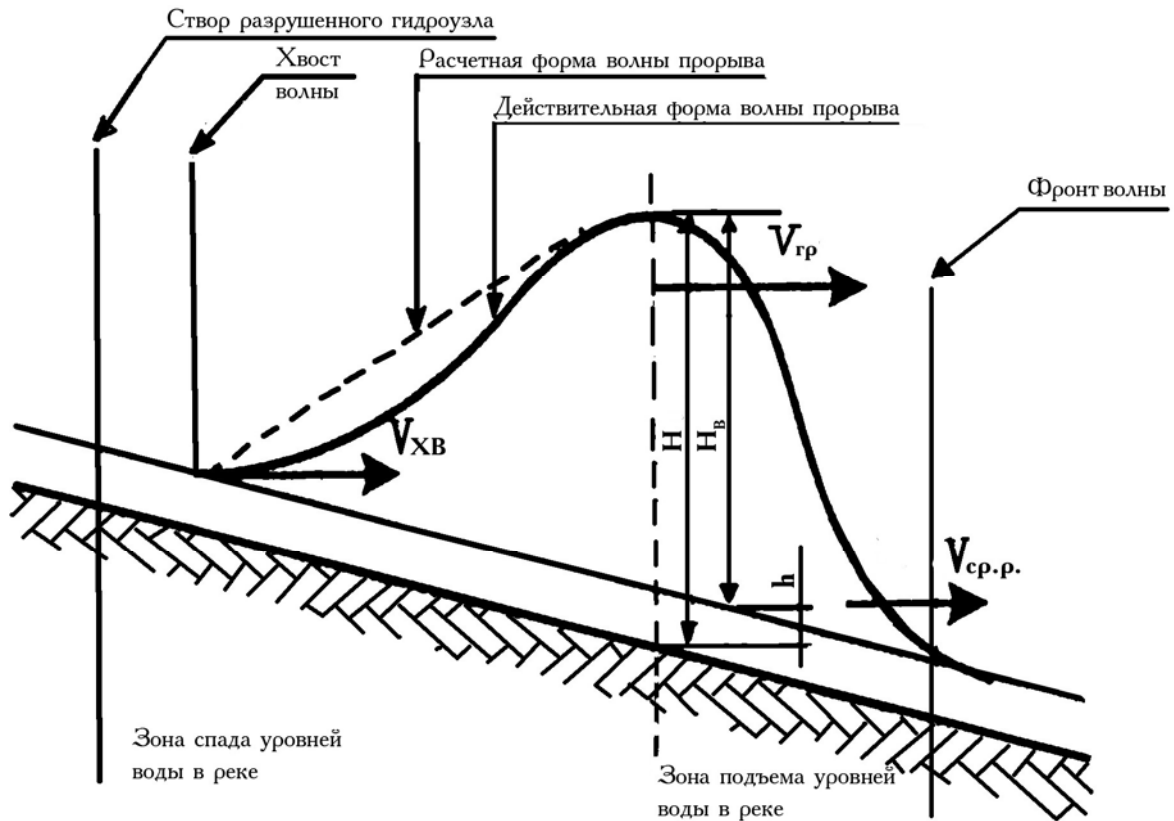


Рис. 3. Схематический продольный разрез волны прорыва
 h - бытовой уровень воды в реке; H_B - высота волны; H - высота потока

Волна прорыва является основным поражающим фактором при разрушении гидротехнического сооружения, для определения инженерной обстановки необходимо определить ее параметры: высоту волны – (H_B), глубину потока – (H), скорость движения и время добегания различных характерных точек волны (фронта, гребня, хвоста) до расчетных створов, расположенных на реке ниже гидроузла ($V_{фр}$, $V_{гр}$, V_{XB} и $t_{фр}$, $t_{гр}$, t_{XB}), а также длительность прохождения волны через указанные створы – (T), равной сумме времени подъема уровней – ($T_{под}$) и времени спада – ($T_{сп}$) или разницы между (t_{XB} и $t_{гр}$) [11].

Исходными данными для расчетов параметров волны прорыва являются:

объем водохранилища (W_B):

$$W_B = \frac{H_B S_B}{3} \text{ млн м}^3, \quad (4.1)$$

где H_B – глубина водохранилища у плотины, м;
 S_B – площадь зеркала водохранилища (площадь затопления), м²; ширина водохрани-

лища перед плотиной – B_W , м; глубина водохранилища перед плотиной – H_B , м; глубина реки ниже плотины – h_σ , м; отметка уровня воды водохранилища перед плотиной – U_n , м; отметка уровня воды в реке ниже плотины – U_p , м; уклон дна реки – i равен:

$$i = \frac{B_{ср} h_\sigma^2}{WM(M+1)}, \quad (4.2)$$

где W – объем водохранилища; h_σ – глубина реки ниже плотины; M – параметр, характеризующий форму поперечного сечения реки, который принимается по рисунку 3; $B_{ср}$ – средняя ширина реки на высоте h_σ ; B – ширина бреша, м; n – коэффициент шероховатости реки.

Исходные значения Ингурской плотины даны в таблице 1.

Прогнозирование аварии Ингурской плотины было проведено с 0,75% вероятностью, для чего были выбраны сечения в населенных пунктах, перечень которых приведен в табл. 4.

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ НАВОДНЕНИЯ
В СЛУЧАЕ РАЗРУШЕНИЯ ИНГУРСКОЙ ПЛОТИНЫ**

Таблица 1

Исходные данные гидроузла

№	Ингульская плотина	ед. изм.	количество
1	Объем водохранилища при нормально подпертом уровне (НПУ)	млн м ³	1110
2	Глубина водохранилища при НПУ	м	250
3	Площадь поверхности зеркала при НПУ	млн м ²	10,13
4	Ширина плотины при НПУ	м	660
5	Глубина реки в нижнем бьефе плотины	м	1,4
6	Ширина реки в нижнем бьефе плотины	м	75
7	Скорость реки в нижнем бьефе плотины	м/сек	1,5
8	Глубина водохранилища в момент аварии плотины	м	250
9	Качество разрушения плотины		0,75
10	Высота разрушения берега русла реки	м	1
11	Отметка нормально подпертого уровня воды водохранилища	м	510
12	Количество расчетных сечений в русле реки	шт	8

Таблица 2

Статистические и расчетные показатели волны прорыва

№	Населенные пункты	Дальность сечения от плотины (км)	Время подхода фронта волн (мин.)
1	с. Джвари	5,0	7
2	с. Зеда Лиа	9,0	13
3	с. Саберико	18,5	39
4	с. Зени	23,0	51
5	с. Рике	25,5	58
6	Мост г. Зугдиди	28,5	67
7	с. Чубурхинди	30,5	74
8	Пространство Зугдиди - Гали	33,0	83

При аварии Ингульской плотины в населенных пунктах слева и справа от оси р. Ингури геометрические размеры затопленной территории, скорость фронта волны прорыва и высота волны в соответствующих сечениях приведены в табл. 3. и на рисунке 4.

Таблица 3

Расчетные значения затопленных территорий

№	Населенные пункты	Длина затопленной площади (м) от оси р. Ингури		Высота волны (м)	Скорость волны (м/сек)	Время затопления территории (сек)
		Слева	Справа			
1	с. Джвари	795	498	46	19	75
2	с. Зеда Лиа	470	765	37	16	113
3	с. Саберико	1046	1146	18	11	210
4	с. Рике	1493	1586	11	8	269
5	с. Чубурхинди	1818	1864	9	7	310
6	с. Зени	1590	1010	14	9	249
7	Мост г. Зугдиди	1701	596	13	9	293
8	Пространство Зугдиди – Гали	1964	15838	4	3	329

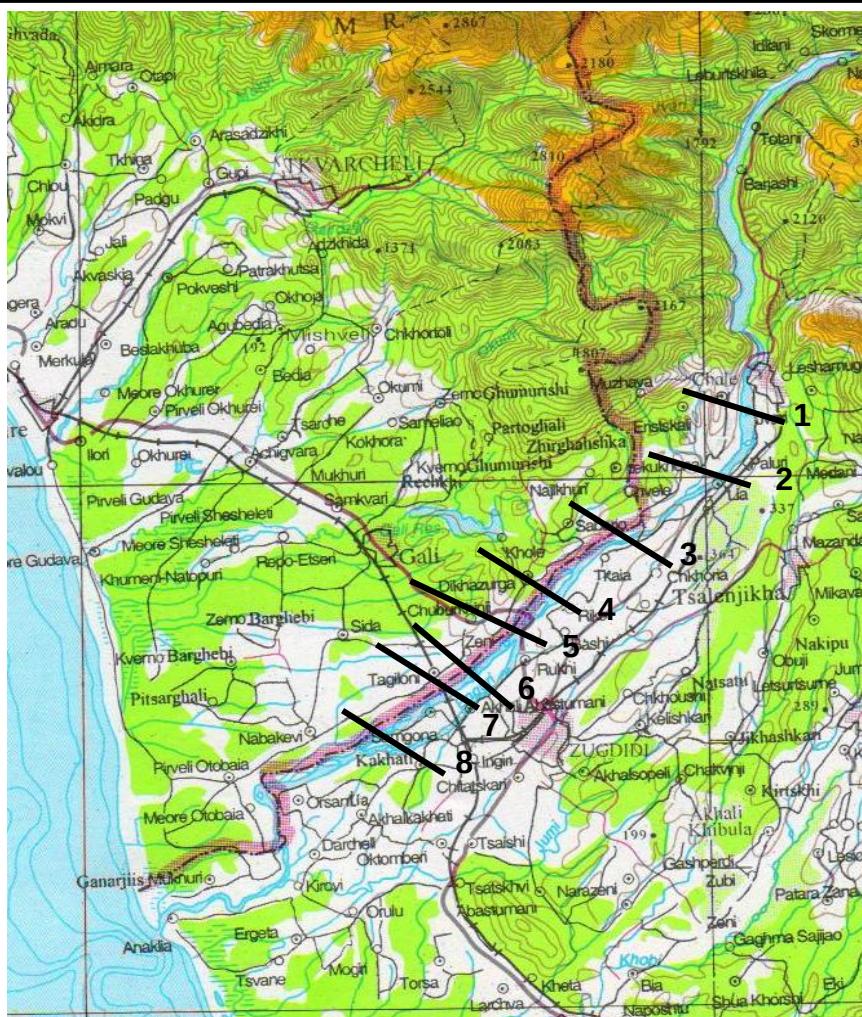


Рис. 4. Расчётные створы

При разрушении Ингурской плотины в Зугдиди-Гальском пространстве и при его прохождении, в акватории Черного моря объем воды достигнет $27\,802\text{ м}^3$, что касается качества распространения воды, она протекает как в восточном, так и в западном направлении.

С использованием полученных данных на основе компьютерной имитации процесса построены контуры затопленной территории в правом и левом направлении от оси реки. Соответствующий графический материал приведен на рисунках (рис.5; 6; 7; 8; 9; 10; 11, 12 и 13).



Рис. 5

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ НАВОДНЕНИЯ
В СЛУЧАЕ РАЗРУШЕНИЯ ИНГУРСКОЙ ПЛОТИНЫ**

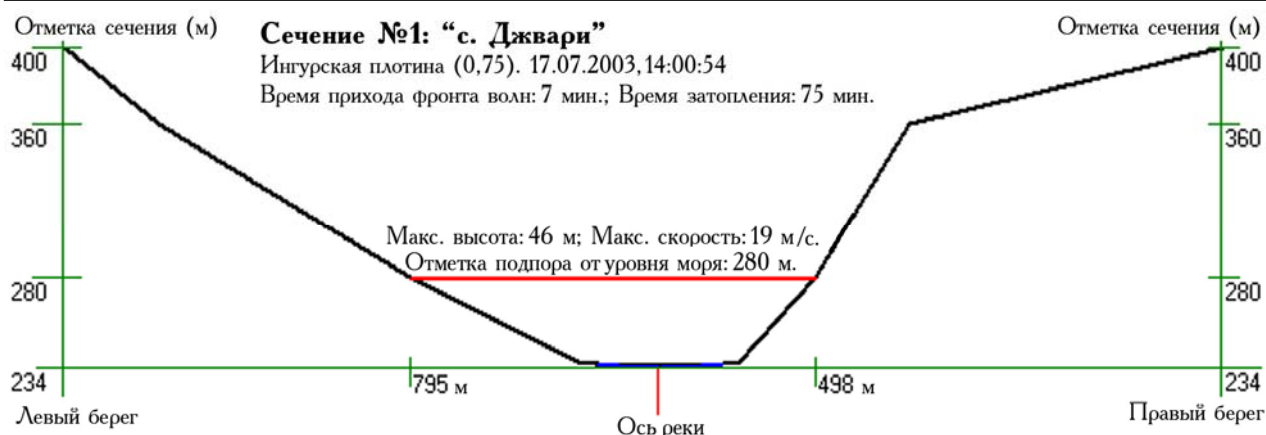


Рис. 6

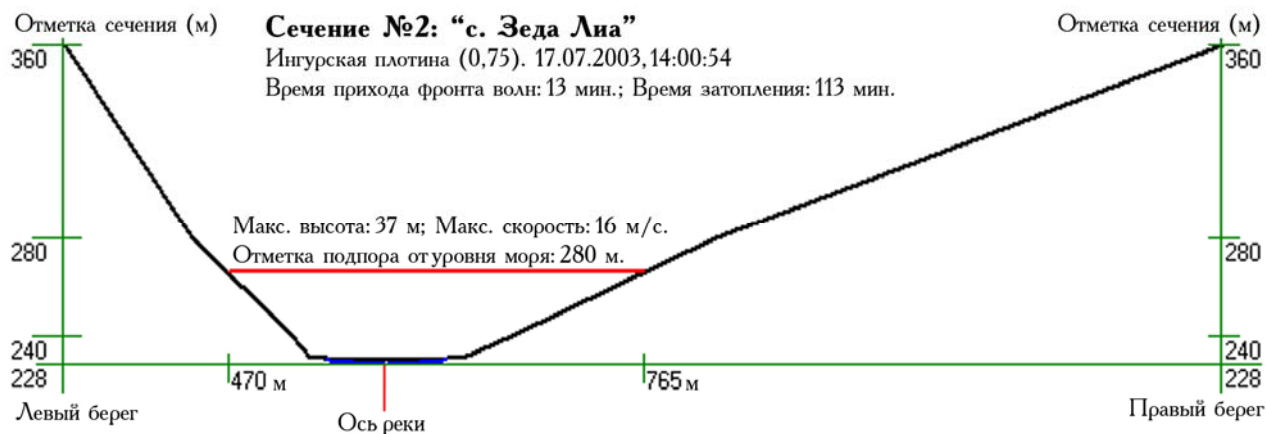


Рис. 7

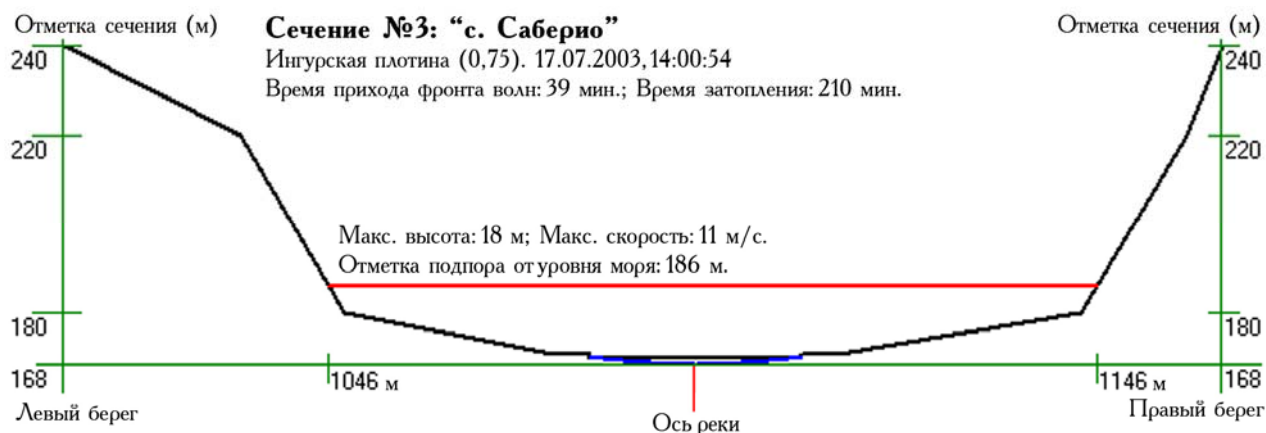


Рис. 8

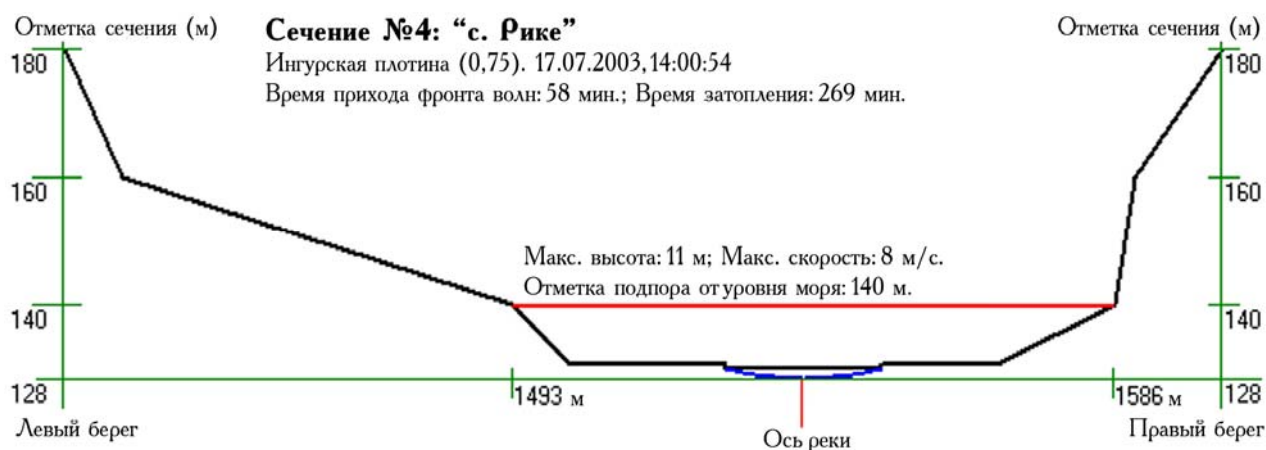


Рис. 9



Рис. 10



Рис. 11

КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ НАВОДНЕНИЯ В СЛУЧАЕ РАЗРУШЕНИЯ ИНГУРСКОЙ ПЛОТИНЫ



Рис. 12

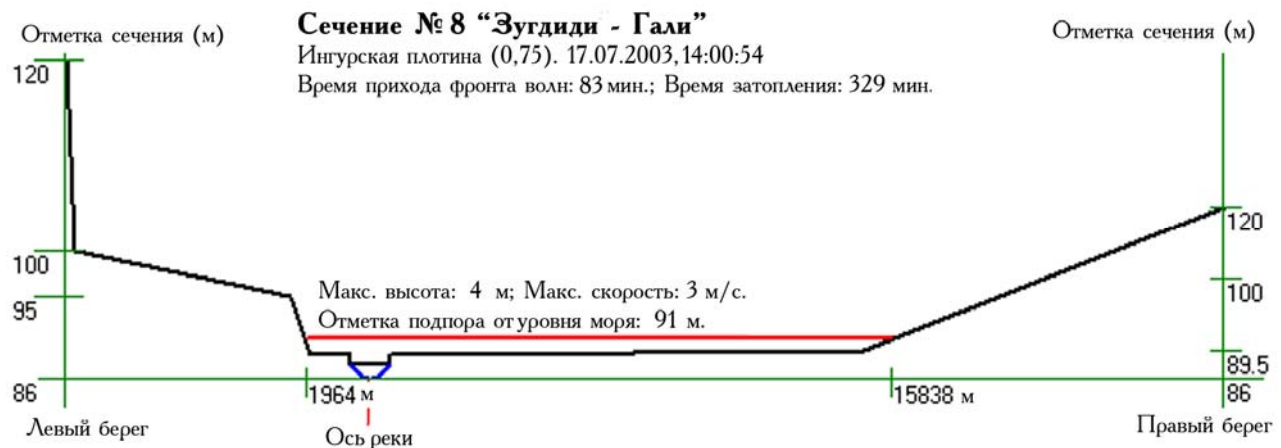


Рис. 13

ВЫВОДЫ

Итак, на основе существующей научной литературы рассмотрены статистические данные, которые дают возможность анализа происшедших в мире техногенных катастроф.

В случае разрушения Ингульской плотины серьезная опасность угрожает населению, проживающему как вдоль р. Ингури, так и на расстоянии 20-25 км, где высота волны наводне-

ния колеблется в пределах 4-46 м.

Представленный прогноз наводнения дает возможность руководству департамента управления чрезвычайными ситуациями МВД запланировать проведение соответствующих спасательных, предупреждающих и другого рода работ с целью защиты населения.

Литература

1. **Ayyub B.M.** Risk Analysis Engineering and Economics. A CRC Press Company. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C., 2003, 571 p.
2. **Gavardashvili G.V.** Assessment of the ecological reliability of rivers of mudflow character of Georgia //Material of an 13th International Conference on Transport and Sedimentation. September 18-20. Tbilisi, 2006, pp. 86-96 (in English).
3. **Gavardashvili G.V., King L., Schaifer M.** Debris Flows at the river Mletis-khevi (Greater Caucasus

- Mountains, Georgia) and its Assessment. Methods. //Center for International Development and Environmental Research. Giessen University. № 32, Giessen, 2007, Germany. 15 p. (in English). www.unigiessen.de/zeu.
4. **Gavardashvili G.V.** Prediction of river-bed deformations of mudflow character water courses. //The Tenth International Symposium of River Sedimentation. Moscow, 1-4 August, 2007, pp 194-202. (in English).
 5. **Gavardashvili G.V.** New designs of spring-board type drift-trapper and the methodology for their calculation. //Material of an 14th International Conference on Transport and Sedimentation. June 23-27. Saint Petersburg, Russia, 2008, pp. 128-136 (in English).
 6. **Gavardashvili G.V.** Ecological equilibrium of the mudflow water courses along the Georgian Military Road (methods of reliability and risk). //Engineering Ecology, №2, Moscow, 2002, pp. 11-17 (in Russian).
 7. **Gavardashvili G.V., Ayyub B. M., Sobota J., Bournaski E., Arabidze V.** Simulation of Flood and Mudflow Scenarios in Case of Failure of the Zhinvali Earth Dam. //International Symposium (With the support of UNESCO) on Floods and Modern Methods of Control Measures. 23-28 September 2009, Tbilisi, Georgia, pp.148-163
 8. **Гидроэлектростанции Грузии.** Энергомашэкспорт, Москва, 1989, 50 с.
 9. **Mirtskhoulava Ts.E.** Hazards and Risk(at some water and other systems. Types, Analysis, Assessment) , 2 Books. Tbilisi, Metsniereba", 2003, 807 p. (in Russian)
 10. **Мицхулава Ц.Е.** Экологические нарушения(предсказание риска нарушения, меры по снижению опасности). Тбилиси, 1993, 432 с.
 11. **Шойгу С.К.** Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях. (Книга 2). М. 1998, 176 с.
 12. **Штеренлихт Д.В.** Гидравлика, Энергоатомиздат, Москва 1984, 494 с.

მცენარეული საფარის ბავშვთა ნიადაგის ეროზიულ პროცესებზე

გამარტივებული დონაზე, გურამ ჩიტიშვილი, ლენა კეკელიშვილი

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

შეჯამება

ბუნების დაცვა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება ყველა ქვეყნის სახელმწიფოებრივ პრობლემას წარმოადგენს.

ადამიანის არსებობისათვის აუცილებელ ამოწურვად რესურსებს შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობისაა ნიადაგი, იგი წარმოადგენს ბუნებრივ წარმონაქმნს, რომლის ნაყოფიერების შენარჩუნებაზე დიდადაა დამოკიდებული მოსახლეობის მზარდი მოთხოვნილების დაკმაყოფილება საკვებ პროდუქტებზე.

კლიმატის მიმდინარე ცვლილებებით გამოწვეულმა ატმოსფერული ნალექების გლობალურმა გადანაწილებამ, მთიან რეგიონებში გამოიწვია სხვადასხვა სახით გამოვლინებადი ეროზიული პროცესების გააქტიურება, რამაც გაზარდა ფერდობებზე ნიადაგის საფარის განადგურების ალბათობა.

აღნიშნულ პრობლემასთან დაკავშირებით, მოსალოდნელი ნეგატიური შედეგების თავიდან ასაცილებლად, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ეროზიული პროცესების შემდგომი სიღრმისეული შესწავლა და შესაბამისი ეროზიის საწინააღმდეგო პრევენციული ღონისძიებების დაგეგმვა-რეალიზაცია.

ზედაპირული ჩამონადენის, როგორც ჰიდრაულიკური პროცესის ფორმირებაში მონა-

წილობას ღებულობს ფიზიკურ-გეოგრაფიული ფაქტორების რთული კომპლექსი. არსებული გეოსიტუაციური ფონის შესაბამისად, ეროზიული კერების ფორმირების ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში, ამა თუ იმ ფაქტორს, დროის გარკვეული მონაკვეთისათვის, უყალიბდება დომინირებული ზემოქმედების უნარი.

გამოცდილების მიხედვით ფერდობული ჩამორეცხვების ერთ-ერთი ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორია მცენარეული საფარი, რომელიც ჩამონადენის სიდიდეზე მოქმედებს, როგორც უშუალოდ, ასევე ნიადაგის საფარის მეშვეობით. უშუალო ზემოქმედება მდგომარეობს წვიმის წვეთების კინეტიკური ენერგიის შემცირებაში (მცენარის ფოთლებზე და ღეროებზე დაცემის შედეგად) და ტრანსპირაციაში, რომელიც წარმოადგენს ტერიტორიის წყლის ბალანსის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ელემენტს. მცენარეული საფარის ირიბი ზემოქმედება ეროზიული პროცესების ინტენსივობაზე კი გამოიხატება ნიადაგის ჰუმუსოვანი ფენის არმირებაში, ფერდობის ზედაპირის სიმკისის (ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის) კოეფიციენტის ცვლილებაში, ინფილტრაციის და ფერდობული ჩამონადენის გარბენის დროის (სინქარის) შემცირებაში.

ფერდობული ეროზიის სავალე გამოკვლევები

თეორიული და ლაბორატორიული მეცნიერული კვლევების პარალელურად მიზანშეწონილია მოვლენების ბუნებრივ პირობებში მიმდინარეობის სურათის დაკვირვება და დაფიქსირება, რომლის დროსაც შეიძლება განხორციელდეს არა მარტო ჩამოყალიბებული მოდუსების ვერიფიკაცია, არამედ დადგინ-

დეს ცალკეულ განმსაზღვრელ ფაქტორებს შორის კაუზალური კავშირები და ბოლომდე გაიხსნას პროცესის ფიზიკური არსის ზოგიერთი ფრაგმენტი.

ნიადაგის ფერდობული ჩამორეცხვა წარმოადგენს რთულ დინამიკურ პროცესს, რომელიც განიცდის გარემო პირობების

ცვალებადობის მნიშვნელოვან გავლენას. ამიტომ ბუნებრივ პირობებში სავსელე ცდების ორგანიზაციის ძირითად პრინციპს უნდა წარმოადგენდეს საკითხისადმი სისტემური მიდგომა, რომელიც გულისხმობს განმსაზღვრელი ფაქტორების ზეგავლენის დაფიქსირებას, შესწავლას და შეფასებას.

სხვადასხვა რეალობისათვის ჩატარებულია რიგი სავსელე ექსპერიმენტებისა, როგორც სტაციონარულ, ასევე ექსპედიციურ პირობებში (სურ. 1, 2, 3, 4). ცდები განხორციელებულია მდელოებზე და სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურებზე, რომელთა ჩატარების მეთოდოლოგია აღწერილია ნაშრომში [1]. სავსელე ექსპერიმენტის ჩატარების სწორად დაგეგმვის გარეშე წარმოუდგენელია საიმედო და უტყუარი შედეგების მიღება, ამიტომ ჩატარებული სამუშაოები გათვლილი იყო საინჟინრო ექსპერიმენტის თეორიის [2] გათვალისწინებით. ბუნებრივი და ხელოვნური წვიმის პირობებში ეროზიული პროცესების განვითარების შესწავლის მიზნით, მდელოებზე ჩატარებულია ცდების სერია სხვადასხვა დახრილობის (0,24; 0,20; 0,16; და 0,12) ფერდობისათვის, რომლის შედეგები მოყვანილია ცხრილში №1.



სურ. 1. სტაციონარული ეროზიული მოედანი მშენებლობის პროცესში



სურ. 2. ცდის დამთავრების მომენტი ინტენსიური წვიმის შემდეგ

მდელოზე ჩატარებული ცდების შედეგები

№	უბნის დახასიათება	დახრილობა	უბნის სიგრძე (მ)	საწყისი სინოტივე %	წვიმის ინტენსივობა მწმ	ჩამონადენის ხანგრძლივობა (წმ)	ჩამონადენის კოეფიციენტი	დროის მონაკვეთი წვიმის დაწყებდან ჩამონადენის დაწყება- მდე (წთ)	დროის მონაკვეთი წვიმის შეწყვეტიდან ჩამონადენის შეწყვეტამდე (წთ)	ჩამორეცხილი ნიადაგი (ტ/ჰა)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	მდელო, მოთიბული ბაღის სიმაღლე - 3-8 სმ, მოყვასფერო თიხნარი	0,24	10	21,9	$0,32 \cdot 10^{-4}$	2700	0,09	9	2წთ.30წმ.	0,066
2		0,24	10	32,3	$0,36 \cdot 10^{-4}$	1140	0,13	3	2წთ.45წმ	0,063
3		0,24	10	32,3	$0,28 \cdot 10^{-4}$	1260	0,11	5	2წთ.45წმ.	0,020
4		0,24	10	30,3	$0,31 \cdot 10^{-4}$	600	0,12	5	2წთ.30წმ.	0,016
5		0,24	10	29,9	$0,13 \cdot 10^{-4}$	1440	0,08	10	2წთ.10წმ.	0,007
6		0,20	10	29,9	$0,25 \cdot 10^{-4}$	1440	0,08	11	2წთ.30წმ.	0,016
7		0,20	10	38,0	$0,20 \cdot 10^{-4}$	660	0,10	6	3წთ	0,006
8		0,20	10	31,5	$0,33 \cdot 10^{-4}$	900	0,10	5	3წთ	0,019
9		0,20	10	31,5	$0,38 \cdot 10^{-4}$	1620	0,10	7	3წთ.	0,031
10		0,20	10	27,2	$0,30 \cdot 10^{-4}$	1260	0,07	11	2წთ45წმ	0,016
11		0,16	10	28,5	$0,26 \cdot 10^{-4}$	1380	0,06	16	3წთ5წმ	0,014
12		0,16	10	33,9	$0,25 \cdot 10^{-4}$	900	0,03	10	3წთ15წმ	0,009
13		0,16	10	35,5	$0,23 \cdot 10^{-4}$	1080	0,09	6	3წთ.20წმ.	0,014
14		0,16	10	39,4	$0,25 \cdot 10^{-4}$	900	0,11	7	3წთ.20წმ.	0,010
15		0,16	10	29,9	$0,17 \cdot 10^{-4}$	1140	0,06	12	2წთ.45წმ.	0,004
16		0,12	10	29,9	$0,16 \cdot 10^{-4}$	1200	0,04	26	3წთ.40წმ.	0,002
17		0,12	10	38,4	$0,29 \cdot 10^{-4}$	960	0,08	8	3წთ.45წმ.	0,006
18		0,12	10	39,9	$0,29 \cdot 10^{-4}$	1200	0,09	7	3წთ.45წმ.	0,008
19		0,12	10	36,2	$0,42 \cdot 10^{-4}$	1140	0,05	11	3წთ.30წმ.	0,010
20		0,12	10	24,1	$0,30 \cdot 10^{-4}$	1920	0,05	24	3წთ.25წმ.	0,008



სურ. 3. ღროებითი ეროზიული მოედანი მდელოზე



სურ. 4. დროებითი ეროზიული მოედანი სიმინდის ყანაში

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ მცენარეული საფარის არსებობა იწვევს ზედაპირული ჩამონადენის დამუხრუჭებას, ზრდის ფერდობის სიმქისის კოეფიციენტის (n_0) მნიშვნელობას, რომელიც ახასიათებს გაშიშვლებულ ნიადაგს.

მცენარეული საფარის ზეგავლენით ფერდობის ძირითადი სიმქისის გაზრდის საანგარიშოდ ვ.დ. გონჩაროვი [3] გვთავაზობს შემდეგ დამოკიდებულებას:

$$n_b = \frac{n_0}{\beta \left(\frac{\alpha}{2} \right)^{\frac{2}{3}} + (1-\beta)^{\frac{5}{8}}}, \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{l_1}{H}, \quad \beta = \frac{l_2}{H}$$

სადაც n_b არის სიმქისის კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობა; l_1 – მანძილი მცენარის ღეროებს შორის; l_2 – მცენარის წყალში ჩაძირული ნაწილის სიმაღლე; H – ზედაპირული ჩამონადენის ფენის სიმაღლე.

$\frac{n_b}{n_0}$ -ის რიცხვითი მნიშვნელობები სხვადასხვა α და β –სათვის (1) დამოკიდებულე-

ბის მიხედვით მოყვანილია №2 ცხრილში.

ჩატარებული ცდებისათვის (1) ფორმულის გამოყენებით მიღებულია ფერდობის გაზრდილი სიმქისის კოეფიციენტის (n_b) მიახლოებითი მნიშვნელობები სხვადასხვა კულტურისათვის (ცხრილი 3).

განსხვავებული კულტურის შემთხვევაში, შიშველ ნიადაგთან შედარებით, გაზრდილი სიმქისის კოეფიციენტი სხვადასხვა ხარისხით ცვლის ზედაპირული ჩამონადენის პარამეტრებს [4].

№3 ცხრილში დაფიქსირებული სიმქისის კოეფიციენტის n_b მნიშვნელობები თანხვედრითაა ვ.გ. ჩოუს მიერ ჩატარებული ცდების შედეგებთან [5].

ცხრილი 2

სიმქისის მნიშვნელობების თანაფარდობა სხვადასხვა კოეფიციენტებისათვის

$\alpha \backslash \beta$	0	0,25	0,50	0,75	1,0
0,5	1,0	1,32	1,95	2,50	2,50
0,1	1,0	1,54	2,68	5,00	7,36
0,01	1,0	1,60	3,00	8,20	34,2

სიმქისის კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობა
სხვადასხვა კულტურისათვის

№	მცენარეულობის დახასიათება, განვითარების ფაზა	ნათესის ღეროებს შორის მანძილი	n_b	შენიშვნა
1	მდელო, მოთიბული ბალახი, საშუალო სიმაღლით 3-8სმ	0,3H	0,089	მიღებულია, რომ ყველა შემთხვევაში მცენარეთა სიმაღლე მეტია ზედაპირული ჩამონადენის ფენაზე, ე.ი. $\beta=1$. მცენარის ღეროებს შორის მანძილად ჭარხლის, სიმინდის და კარტოფილის შემთხვევაში მიღებულია რიგებს შორის არსებული ბალახის ღეროებს შორის მანძილი.
2	ჭარხალი, მეორე კულტივაციის შესაბამისი ფაზა	1,5 H	0,030	
3	ჭარხალი, კულტივაციის შემდეგ	—	0,025	
4	სიმინდი, საშუალო სიმაღლე 100სმ. რიგებს შორის ამოსულია ბალახი. ცდა ჩატარებულია კულტივაციამდე	1,0H	0,040	
5	სიმინდი კულტივაციის შემდეგ	—	0,025	
6	კარტოფილი, სიმწიფის ფაზა, რიგები გაერთიანებულია, მათ შორის ამოსულია ბალახი, ცდა ჩატარებულია კულტივაციამდე	0,08H	0,046	
7	კარტოფილი კულტივაციის შემდეგ	—	0,025	
8	ხორბალი, საშუალო სიმაღლე 70-75 სმ.	0,5 H	0,063	
9	ესპარცეტი ორწლიანი	0,4 H	0,074	

დასკვნა

- ჩატარებულმა კვლევებმა კიდევ ერთხელ დაადასტურა, საველე ექსპერიმენტების დადებითი როლი ბუნებრივი პროცესების შესწავლაში. ამ დროს შესაძლებელია დაზუსტდეს თეორიული გათვლებისათვის საჭირო ცალკეული კოეფიციენტის რიცხვითი მნიშვნელობა და მეტი სიცხადით წარმოჩინდეს პროცესის განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორების ურთიერთდამოკიდებულების მიზეზ-შედეგობრივი კავშირები;
- მდელოზე ჩატარებული კვლევის შედეგები (ცხრილი 1) გამოხატავენ წვიმის ინტენსივობის, ფერდობის დახრილობის და ნიადაგის საწყისი სინოტივის ხარისხობრივ და რაოდენობრივ გავლენას ეროზიული პროცესების მიმდინარეობაზე, აგრეთვე ჩამონადენის ფორმირებასა და ფერდობის წყალშეკავების უნარზე;
- ჩატარებული ცდების მიხედვით, სხვადას-

- ხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის (სიმინდი, კარტოფილი, ჭარხალი, ხორბალი, ესპარცეტი), დადგენილია სიმქისის კოეფიციენტის გაზრდილი მნიშვნელობები (ცხრილი 3), რაც შესაბამისობაშია სხვა ავტორების მიერ მიღებულ მონაცემებთან;
- მიზანშეწონილად მიგვაჩნია მსგავსი საველე-კვლევითი სამუშაოების ჩატარება ს/ს კულტურების განვითარების სხვადასხვა სტადიებისათვის. არსებული და მომავალში მიღებული შედეგების ერთობლიობა საშუალებას მოგვცემს შევადგინოთ მონაცემთა სრული ბაზა, რომლის მიხედვითაც, რიცხობრივი ექსპერიმენტის მეთოდის გამოყენებით, შესაძლებელი გახდება ეროზიული პროცესების პროგნოზირების მეთოდოლოგიის შემდგომი სრულყოფა.

ლიტერატურა

1. **Дохнадзе Г.П.** Полевые исследования склоновой эрозии. //Сб. Эрозионные и селевые процессы и борьба с ними, вып. 4, ВНИИГиМ, 1975, с. 20-25.
2. **Шенк Х.** Теория инженерного эксперимента. "Мир", М., 1972, 381 с.
3. **Гончаров В.Н.** Основы динамики русловых потоков. Гидрометеиздат, Л., 1954, с. 198-200.
4. **Львович М.И.** Человек и воды. Гос. издат. географической литературы. М., 1983, 568с.
5. **Чугаев Р.Р.** Гидравлика, Энергоиздат, Л., 1982, с. 174-175.

НЕКОТОРЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА МОРСКОГО ПОРТА В КАНЬОНЕ Р. ЧОРОХИ

Вартанов М.В., Джавахишвили Л.Г.

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

Институт Водного Хозяйства
пр. И. Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт – одна из узловых отраслей материального производства, существенная часть материально-технической базы общества. Важнейшей составной частью транспортного хозяйства является морской транспорт, как правило, имеющий стратегическое значение для экономического и социального развития страны, ее экономических и культурных связей с зарубежными государствами. В настоящее время наиболее крупным грузопассажирским морским портом Грузии является порт Поти, имеющий принципиальное значение для интеграции страны в мировую экономику. Однако, следует отметить, что порт Поти, в силу его природно-географических особенностей не может обслуживать океанские суда с осадкой

более 12 метров. В этой связи возникает необходимость изыскать возможность строительства нового порта, не имеющего такого рода ограничения. Предварительные исследования показали, что в Грузии существуют условия для строительства порта в каньоне р. Чорохи, где возможно принимать и обрабатывать суда с осадкой до 29 метров. Строительство порта в каньоне р. Чорохи решит проблему приема океанских судов, станет важным геополитическим фактором дальнейшего развития страны. Следует отметить, что строительство нового порта потребует многомиллионных инвестиций, правильная оценка экономической эффективности которых в значительной мере определит возможности реализации столь масштабной задачи.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Портовые гидротехнические сооружения подразделяют на три основные группы: внешние оградительные сооружения (молы, волноломы, ледорезы), причальные сооружения (набережные, пирсы и причалы специальных типов) и сооружения судоремонтных предприятий (эллинги, слипы, доки и др.).

В зависимости от эксплуатационных требований и сроков службы морские сооружения разделяются на постоянные и временные. Капитальные морские сооружения относятся к постоянным сооружениям. Временные сооружения, главным образом, используются в процессе строительства основных сооружений. К ним относятся перемычки для ограждения котлованов возводимых частей сооружений, вре-

менные причалы для приема строительных материалов, эллинги для спуска на воду наплавных конструкций (например, железобетонных оболочек массивов-гигантов) и др.

В свою очередь, постоянные морские гидротехнические сооружения, в зависимости от их значения в общем комплексе портовых или иных морских сооружений, подразделяют на основные и второстепенные.

Основными сооружениями называются сооружения, выход из строя которых существенно нарушает работу всего объекта (порта, судостроительного завода и др.) или важной его части. Это внешние оградительные сооружения, грузовые и пассажирские причалы для крупных судов, судоподъемные сооружения,

обслуживающие ведущие категории транспортных судов, наиболее ответственные берегоукрепительные сооружения и т.д.

К второстепенным сооружениям относятся причалы и судоподъемные сооружения, обслуживающие местное сообщение, служебный и технический флот, берегоукрепительные сооружения, частичное разрушение которых не отражается на работе основных сооружений и т.д.

При всем многообразии морских сооружений их объединяет ряд общих характерных особенностей, отличающих их от прочих инженерных сооружений, и в частности гидротехнических сооружений речных гидроузлов. К числу основных отличительных особенностей морских сооружений относятся следующие положения:

– большинство морских сооружений возводится непосредственно на акватории без использования временного ограждения перемычками и без водоотлива. Более того, внешние оградительные сооружения, причалы на открытых морских побережьях и берегоукрепительные сооружения приходится возводить на незащищенных акваториях, подверженных действию волн, течений и т.д. Этим, главным образом, и обуславливаются специфические типы конструкций и приемы производства работ.

С условиями производства работ неразрывно связана и другая важная особенность морских сооружений – максимальное использование крупноблочных, сборных конструктивных элементов. Именно в портовом строительстве сборные конструкции из заранее заготовленных элементов появились раньше всего и получили наиболее широкое применение. Молы и волноломы, образуемые укладкой блоков из естественного или искусственного камня, являются, по существу, сборными конструкциями и применяются уже в течение многих столетий.

Морские сооружения подвержены чрезвычайно интенсивным нагрузкам динамического характера. Например, интенсивность ударов волн может исчисляться несколькими десятками тонн на квадратный метр. Причальные сооружения подвержены навалу и ударам от швартующихся судов, действию крановых на-

грузок, а в некоторых случаях также волновым воздействиям.

Особенно неблагоприятным фактором следует считать большие горизонтальные нагрузки от давления волн, распора грунта и судовых нагрузок.

Разрушительное действие агрессивной морской среды также заставляет предъявлять особые требования к стойкости материала морских конструкций. Вопросы обеспечения стойкости к трещинам и нормирования их образования тесно связано с перспективами применения относительно тонкостенных сборных железобетонных элементов в морском строительстве.

Перечисленные выше обстоятельства обуславливают повышенные требования к капитальности морских сооружений, разрушение которых может вызвать катастрофические последствия [1].

Показатели оценки экономической эффективности капитальных вложений в строительство морского порта рассматриваются на всех стадиях инвестиционного процесса. Они представляют практический интерес, как на стадии предварительной разработки инвестиционного проекта, так и на стадии ввода в действие порта с его инфраструктурой. При проектировании строительства порта обосновывают выбор основных направлений грузовых и пассажирских перевозок, тип и осадку обслуживаемых кораблей, определяют сметную стоимость строительства. В ходе строительства порта – экономическую эффективность внедрения новой техники, механизации строительно-монтажных работ, применения новых материалов, конструкций, совершенствования технологии и организации строительного производства и т.д.

Эффективность капитальных вложений является при сопоставлении полученного эффекта и произведенных затрат. При этом необходимо обязательно обеспечить сравнение результатов и затрат не только в портовом хозяйстве, но и в других связанных с ним отраслях и подотраслях национального хозяйства. Например, при обосновании экономической целесообразности строительства порта необходимо учитывать не только экономические показатели

НЕКОТОРЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА МОРСКОГО ПОРТА В КАНЬОНЕ Р. ЧОРОХИ

обслуживания грузопотока в порту, но и затраты и результаты на автомобильном и железнодорожном транспорте, являющимся продолжением технологической цепи в транспортировании грузов.

Общую эффектность капиталовложений в строительство порта и его инфраструктуры усугубляют как отношение общей годовой прибыли Π к капитальным вложениям:

$$\Xi = \Pi / K = (\Pi - C) / K,$$

где Π – стоимость обработки годового объема груза в портовом хозяйстве (погрузка, выгрузка, хранение); C – годовые эксплуатационные затраты портового хозяйства.

При определении общей экономической эффективности рассчитываются также сроки окупаемости капитальных вложений. Под сроком окупаемости понимается время (в годах), в течение которого портовое хозяйство обеспечивает накопление прибыли в размерах равных осуществленным капитальным вложениям. Сроки окупаемости капитальных вложений рассчитывают по формулам:

$$T = K / \Pi; T = K / (\Pi - C).$$

Вопросы выбора строительства объектов портовой инфраструктуры решаются путем анализа показателей сравнительной экономической эффективности.

Сравнительная экономическая эффективность капитальных вложений имеет целью выявить наиболее экономичный вариант решения конкретных хозяйственных и технических задач.

При сравнении вариантов должны соблюдаться следующие условия:

варианты должны быть сопоставимы по мощности и объему производства, номенклатуре и качеству обработки грузов и т.п.;

все разновременные затраты необходимо привести к одному моменту времени (начальному и конечному сроку строительства);

варианты должны быть сопоставимы как по социальным, так и экологическим факторам;

сопоставлять необходимо показатели себестоимости обработки грузов (текущие затраты) и капитальные вложения (единовременные затраты), приведенные к одной размерности;

вариант, выбранный по показателям сравнительной экономической эффективности, необходимо проверить на его рентабельность. К единовременным затратам относятся капитальные вложения на строительство или реконструкцию объектов, приобретение машин, механизмов, оборудования, создание производственной базы строительства. Текущие затраты – это себестоимость строительно-монтажных работ или эксплуатационные расходы.

При сопоставлении различных вариантов могут иметь место два случая:

– капитальные вложения K и себестоимость обслуживания морских судов оказываются меньше, чем по другому ($K_1 < K_2$ и $C_1 < C_2$ или $K_2 < K_1$ и $C_2 < C_1$). В этом случае выбирают вариант с лучшими денежными показателями:

– большим капитальным вложениям по одному из вариантов соответствует более низкая себестоимость обслуживания судов ($K_1 > K_2$, но $C_1 < C_2$ или $K_2 > K_1$, но $C_2 < C_1$). В этом случае требуется сопоставить дополнительные капитальные вложения $K_1 - K_2$ с экономией текущих затрат $C_2 - C_1$.

Во всех этих случаях встает вопрос о соизмерении дополнительных капитальных вложений с экономией текущих затрат. Для этого определяют срок окупаемости дополнительных капитальных вложений за счет годовой экономии от снижения себестоимости продукции (обслуживания судов) как отношение:

$$T = (K_1 - K_2) / (C_2 - C_1).$$

Соизмерение капитальных вложений и текущих затрат на обслуживание судов может быть произведено также путем исчисления коэффициента сравнительной эффективности капитальных вложений E , представляющего собой обратную величину срока окупаемости:

$$E = 1/T = (C_2 - C_1) / (K_1 - K_2).$$

При сопоставлении нескольких вариантов капитальных вложений сравнение производят по минимуму приведенных затрат. Приведенные затраты исчисляют по формулам, полученным в результате преобразования формул определения срока окупаемости и коэффициента эффективности. Вариант с большими капитальными вложениями является эффективным,

если $(K_1 - K_2)/(C_2 - C_1) < T_n$. Преобразуем это выражение: $K_1/T_n + C_1 < K_2/T_n + C_2$. Поскольку $1/T_n = E_n$, условие предпочтительности варианта будет иметь вид: $E_n K_1 + C_1 < E_n K_2 + C_2$. Следовательно, эффективный вариант должен отвечать условию:

$$E_n K_i + C_i \rightarrow \min,$$

где K_i – капитальные вложения по i – тому варианту; C_i – годовые эксплуатационные расходы по i – тому варианту;

Сумма $E_n K_i + C_i$ носит название годовых приведенных затрат.

Приведенные затраты можно также рассчитать по формуле: $T_n C_i + K_i$.

Выбор вариантов по минимуму приведенных затрат удобен при решении задач с большим числом вариантов, в частности, при расчетах, связанных с выбором оптимальных технических параметров проектируемого объекта (например, технического оснащения порта), конструкций и материалов сооружений, способов производства работ и типов механизмов, схем организации строительства.

При расчетах сравнительной экономической эффективности можно сравнивать, как полную сумму капитальных вложений и себестоимости обслуживания судов, так и удельные величины: себестоимость погрузки и выгрузки тонны груза, удельные капитальные вложения на единицу мощности или на единицу годового грузооборота.

Подходя к определению экономической эффективности столь значительного, как морской порт, объекта необходимо установить значение, проектируемого мероприятия для других отраслей национальной экономики. Для этого следует выяснить, какие затраты потребуются в смежные (сопряженные) отрасли. Учет затрат в сопряженные отрасли дает возможность более точно определить потребные объемы капитальных вложений, а также полнее выявить общенациональную ценность объекта.

К числу сопряженных со строительством порта отраслей относятся: промышленность строительных материалов, строительных конструкций и деталей, железная и автомобильная дороги, энергетика и др.

Если при сравнении вариантов текущие затраты изменяются по годам, а капитальные вложения осуществляются в различные периоды (очередями), сравнение вариантов строительства осуществляется с учетом фактора времени [2].

В этих случаях нужно учитывать меньшую значимость затрат, производимых в более поздние годы, по сравнению с затратами ближайших лет, т.е. необходимо рассчитать дополнительный для экономики страны эффект, который образуется в результате того, что отсрочка капитальных вложений в объект строительства высвобождает ресурсы (денежные и материальные) для выполнения работ на других объектах.

При учете разновременности затрат необходимо иметь в виду, что если капитальные вложения можно отсрочить на t лет, то это дает возможность производительно использовать эти средства на другом объекте, где они ежегодно будут приносить эффект или снижать себестоимость работ на некоторую величину (E_{nn}) [3].

Отложенные средства K на один год, будучи производительно использованные, к концу первого года, дадут эффект KE_{nn} , что составит вместе с отложенной суммой K , эффект равный $K + KE_{nn}$, или $K(1 + E_{nn})$. В конце второго года эта сумма увеличится до $K(1 + E_{nn})(1 + E_{nn})$, т.е. $K(1 + E_{nn})^2$, а в конце t – го она составит $K(1 + E_{nn})^t$.

Если K через t лет превращается по формуле сложных процентов в величину $K(1 + E_{nn})^t$, то справедливо и обратное приведение величины $K(1 + E_{nn})^t$ t – года к начальному году путем деления этого значения на $(1 + E_{nn})^t$, в результате чего получается исходное значение вложенных средств, т.е. $K(1 + E_{nn})^t / (1 + E_{nn})^t = K$.

Таким образом, сопоставимость вариантов по фактору времени обеспечивается приведением затрат и результатов к одному моменту времени (базисному году) с помощью коэффициента приведения:

$$\alpha = (1 + E_{nn})^t,$$

где E_{nn} – коэффициент приведения разновременных затрат; t – период времени приведения затрат в годах.

При оценке эффективности проектных решений строительства морского порта все разновременные затраты приводятся, как правило, к году начала строительства (к первому году). При расчетах эффективности проектов организации строительства порта, при определении потерь, связанных с «замораживанием ресурсов» в незавершенное производство, за базисный год принимается, как правило, год ввода объекта в эксплуатацию или год освоения проектных экономических показателей.

В зависимости от принятого момента отсчета коэффициент приведения разновременных затрат будет иметь различные показатели степени. Так, если базисным годом является год начала строительства (первый год), то все затраты делятся на коэффициент приведения:

$$\alpha_n = (1 + E_{\text{ин}})^{t-1}.$$

Если базисным годом является год ввода объекта в эксплуатацию, то все затраты, произведенные до момента ввода объекта, умножаются на коэффициент приведения:

$$\alpha_k = (1 + E_{\text{ин}})^{T+1-t},$$

где T – продолжительность строительства, годы; t – порядковый номер года, затраты в котором приводятся к базисному.

Разновременными могут быть затраты по обслуживанию морских судов (эксплуатационные затраты порта), т.е. они тоже могут изме-

няться во времени (по годам), что обычно происходит из-за роста грузооборота порта или изменения скорости обслуживания судов. Для решения таких задач предлагается применить к текущим затратам тот же метод приведения, что и к капитальным вложениям. При сравнении вариантов строительства морского порта с растущими эксплуатационными расходами и капитальными вложениями, осуществленными по этапам, суммируют за ряд лет произведения затрат каждого года на соответствующий коэффициент $1/\alpha_n$.

При сравнении вариантов необходимо обеспечить их сопоставимость, для чего, в первую очередь, принимают одинаковый период сравнения. Кроме того, должна быть обеспечена для каждого года заданная пропускная способность порта, а к концу периода примерно одинаковая техническая вооруженность. Начало расчетного периода должно соответствовать наиболее раннему моменту осуществления будущих затрат по сравниваемым вариантам или одному из них, реализацию которого предусмотрено начать раньше, чем другие. Конец расчетного периода устанавливается таким образом, чтобы сравниваемые варианты имели к этому моменту примерно одинаковые показатели возможных объемов производства или перевозок.

ВЫВОДЫ

Предварительные исследования показали, что в Грузии существуют условия для строительства порта в каньоне р. Чорохи, где возможно принимать и обрабатывать суда с осадкой до 29 метров. Строительство порта в каньоне р. Чорохи решит проблему приема океанских судов, станет важным геополитическим фактором дальнейшего развития страны.

Предлагаемая методика оценки экономической эффективности инвестиций в строительство нового морского порта, а также в создание его инфраструктуры позволит с общенациональных позиций достаточно надежно оценить эффективность соответствующих затрат, оценить реальные сроки их окупаемости.

Литература

1. Джунковский Н.Н. Порты и портовые сооружения. Часть II, М., 1967 с. 18
2. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. «Финансы и статистика», М., 1998 с. 25
3. Vartanov M.V. Efficiency of engineering flood protection measures for the Rioni River, Georgia. International Symposium on Floods and Modern Methods of Control Measures, Tbilisi, 2009 p. 499.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЛЕЙ В ГОРНЫХ ДОЛИНАХ КЫРГЫЗСТАНА (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО СКЛОНА ТЕРСКОЙ-АЛАТОО)

Загинаев В.В.

E-mail: zagivit@mail.ru

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

ВВЕДЕНИЕ

Сель – это грязевые или грязекаменные потоки, внезапно возникающие в руслах горных рек вследствие резкого паводка [1]. Участки речных долин, где водные потоки трансформи-

руются в селевые, называются селевыми очагами, а факторы, обуславливающие образование селевого потока – селеформирующими.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

По генезису формирования они разделяются на три типа:

ливневые – образуются при интенсивных ливневых дождях. Повторяемость их зависит от частоты выпадения ливней и составляет от одного в 2 года до более одного ежегодно; 70% селей имеют ливневое происхождение.

перигляциальные – в их образовании участвуют: снеготаяние, ливневые дожди и размыв древних моренных отложений.

гляциальные – образуются при прорывах высокогорных озер [2].

На общем фоне широкого распространения селевых потоков по территории Кыргызстана прослеживаются их некоторые особенности.

Сели ливневого типа формируются в предгорной и горной зонах до высот 3200-3300 м. Выше интенсивность ливней резко убывает, их не хватает для зарождения селеформирующих потоков. Не способствует селеформированию и состояние высокогорных склонов, покрытых осыпным грубообломочным материалом, препятствующим поверхностному стоку дождевых вод. Известен случай, когда интенсивный ливень, выпавший на леднике Голубина (бассейн р. Ала-Арча, Кыргызский хребет, высота

3400 м) 07.08.1962 г. вызвал селеформирующий поток [2]. Однако в этом случае дождь лишь способствовал активизации таяния ледника, что привело к сбросу с ледника большого объема талых вод, т.е. сель был перигляциальным. Сели снежно-ледово-талого типа формируются и развиваются в гляциальной и редко в перегляциальной зонах, на высотах свыше 3200-3300 м.

Гляциальные сели прорывного типа чаще всего образуются на высотах свыше 3500 м. Значительно реже они проявляются в среднегорной зоне в интервале высот 2000-3000 м при прорыве завальных озер. Своим действием прорывные селевые потоки охватывают всю нижележащую часть горной долины, включая равнинную.

Грязекаменные селевые потоки образуются на горных территориях, сложенных трещиноватыми, сильно разрушенными скальными породами протерозоя, палеозоя и мезозоя, а также на участках, выполненных грубообломочными, слабосцементированными отложениями плиоцен-нижнего плейстоцена и плейстоцен-голоцена. Горные породы вышеназванного возраста имеют в своем составе достаточное количество глинистых, пылеватых и грубообломочных

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЛЕЙ В ГОРНЫХ ДОЛИНАХ КЫРГЫЗСТАНА
(НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО СКЛОНА ТЕРСКОЙ-АЛАТОО)**

частиц, необходимых для насыщения водного потока обломочным материалом. Такие потоки не образуются на горных территориях развития мезозойских и палеоген-неогеновых полускальных неразрушенных пород.

Грязевые селевые потоки образуются на горных склонах, покрытых чехлом лессовидных суглинков мощностью до нескольких метров. Обычно селевые потоки этого типа формируются в предгорной и низкогорной, реже среднегорной зонах на высотах от 1000 до 2000 м.

Селевые очаги по своим размерам и потенциальным возможностям селеформирования отличаются большим разнообразием. Для оценки опасности селевых очагов и их прогноза нами использован коэффициент мощности селевого очага S , который определяется по формуле Ю.Б. Виноградова [3]:

$$S = 1 + k L (1 + \xi) \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \varphi} \sin \alpha, \quad (1)$$

где L – длина селевого очага, м; k – коэффициент, отражающий приращение твердого вещества по мере продвижения селевого потока вдоль селевого очага, $1/\text{м}$; $\xi = \frac{Q}{1 - \varepsilon}$ – относительная влажность; Q – объемная влажность; ε – пористость селеформирующих грунтов; α – угол наклона селеформирующих отложений (в среднем равен углу наклона днища долины); φ – угол внутреннего трения селеформирующих отложений.

Длина селевого очага определяет поступление обломочного материала в селевой поток. Однако на скальных участках селевого очага такие поступления почти отсутствуют, поэтому они должны быть исключены из L , иначе величина S окажется завышенной.

Чтобы учесть влияние скальных участков, нами вводится коэффициент скальности селевого очага:

$$n = \frac{l_{\text{ск.}}}{l_{\text{общ.}}}, \quad (2)$$

где $l_{\text{ск.}}$ – длина скальных участков в селевом очаге; $l_{\text{общ.}}$ – общая длина селевого очага.

Селеформирование и его проявление в реч-

ных долинах северного склона Терской-Алатау имеет широкое распространение. Ежегодно там проходят селевые потоки разной мощности по долинам следующих рек:

Долина р. Тосор. Широкое развитие мощных моренных комплексов и наличие современных ледников предопределило здесь образование озер, как временных, так и постоянных. К разряду озер с коротким периодом существования следует отнести озеро образовавшееся в середине прошлого века у ледника № 89 [4]. Его размеры невелики: длина 100 м; ширина 50-60 м. Особенностью этого водоема является то, что накопление воды происходит не только на поверхности, но и в подморенных ёмкостях, поэтому судить об объемах накопленной воды достаточно сложно. Накопление воды на поверхности и под мореной приводит к потенциальной возможности прорыва и усилению активности селя. Это озеро считается селеопасным после его прорыва в 1995 г. [5]. Прорыв произошел утром 8 июля и за 4 часа волна потока достигла озера Иссык-Куль. Своеобразие продольного профиля долины – чередование пологих и крутых участков и поперечного – расширение и сужение долины обусловило пульсационный характер продвижения селевого потока. После прорыва обогащенный грязекаменной массой поток выплеснулся на расширенную пологую часть долины и, оставив твердую составляющую на протяжении 6 км, стал наносоводным. Дойдя до сужения речной долины со значительными уклонами, сел за счет увеличения эрозионной деятельности вновь обогатился твердой составляющей и устремился вниз. После вторичного отложения твердой массы в районе притока Тексу сел, подойдя к новому сужению, врезался в русло, образовав каньон глубиной до 10 м, шириной 5 м и длиной вреза – 800 м. Сел повредил полотно дороги, связывающей Иссык-Кульскую котловину с верховьями малого Нарына. В целом ущерб сводился к полному разрушению одного моста, выведению из строя 500 м автодороги Бишкек – Каракол, разрушению трех жилых домов и кошары [5].

В таблице приведены селеопасные реки северного склона Терской-Алатау и зарегистрированные даты прохождения по ним в прошлом

разрушительных селевых потоков.

В прогнозе селевых потоков ливневого генезиса важную роль играет метеорологический прогноз осадков. Все сели, причиной которых являются осадки, хорошо коррелируют по времени и мощности с максимальными количествами последних (июнь-июль-август текущего года). Поэтому в задачу временных прогнозов входит определение селеопасного сезона. Селеопасным сезоном называется время, в течение которого возможно проявление селей.

В селеопасном сезоне необходимо выделять период наиболее вероятного проявления селей (ПВС), то есть время (1-2 месяца), характеризующееся наибольшей (более 15-20%) вероятностью проявления селей. Селеопасный сезон может определяться как для инженерно-геологических регионов и областей, так и для административных районов. В настоящее время селеопасный сезон может быть определен для всех крупных районов. Вероятность проявления селей рассчитывается для каждого месяца, в которых отмечены случаи прохождения селевых потоков. В тех случаях, когда в регионе развито несколько групп очагов зарождения селей, следует определять вероятность формирования селей, связанных с различными генетическими

группами очагов. Расчет вероятности (частности) проявления селей различных генетических типов производится по формуле:

$$P_i = \frac{n_i}{N}, \quad (3)$$

где P_i – экспериментальная вероятность проявления селей данного генетического типа в данном месяце; n_i – число случаев проявления (активизации) селей одного генетического типа в данном месяце; N – общее число селей в ряду наблюдений.

Вероятность проявлений (экзогенных геологических процессов) селей в данном регионе всех генетических типов в интересующем нас месяце будет составлять:

$$P_{ir} = P_{li} + P_{2i} + \dots + P_{ni} = \sum_1^n P_{mi}, \quad (4)$$

где P_{li} , P_{2i} и т.д. – вероятности проявления селей отдельных генетических типов в данном месяце.

Вероятность прохождения селей в период наиболее вероятного их проявления определяется как сумма вероятностей по месяцам с наибольшими значениями вероятностей:

$$P^i = \sum_1^q P_{ir},$$

Таблица 1

Селеопасные бассейны рек северного склона Терской Алатау

Водоток	Длина водотока, км	Площадь водосбора, км ²	Абсолютная высота, м		Даты прохождения селей	Тип селя	Генезис
			исток	устье			
р. Тосор	30	304	3810	1610	11.08.1963 26.07.1965 08.07.1965 12.07.1966 09.07.1995	Грязекаменный	Ливневый дождь Прорыв озера
р. Чон-Кызылсу	48	340	3200	1610	08.07.1953 14.08.1954 14.07.1956 05.06.1959 11.07.1968	Грязекаменный	Ливневый дождь Прорыв озера
р. Барскаун	45	352	3900	1610	27.07.1964 22.05.1970	Грязекаменный	Ливневые осадки
р. Тамга	27	162	4000	1610	30.07.1963 16.07.1964 12.08.1964 12.07.1966	Грязекаменный	Ливневый дождь Прорыв озера

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЛЕЙ В ГОРНЫХ ДОЛИНАХ КЫРГЫЗСТАНА (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО СКЛОНА ТЕРСКОЙ-АЛАТОО)

где q – число месяцев с наибольшим количеством (проявлений активизации процесса) селей; P^i – вероятность прохождения селей в период наиболее вероятного их проявления.

Для северного склона Терской-Алатау характерны два периода наиболее вероятного прохождения селевых потоков – в первой половине июня и в июле – августе. В первый период сели формируются, в основном, за счет таяния снега и выпадения дождей в среднегорной и низкогорной зонах, а во второй период это связано с ледниковыми процессами в высокогорных областях [6].

По мере накопления данных сроки селеопасных сезонов должны уточняться и определяться в зависимости от генетических особенностей очагов зарождения.

Существующие методы оценки и последующего прогноза селевой и паводковой опасности не позволяют решить наиболее востребованную практическую задачу – заблаговременно от одного до 24 часов предупредить о возникновении этих явлений на конкретной реке.

Наблюдениями, описанными в литературе [1-6] и выполненными нами, установлено, что развитию селевого потока обычно предшествует увеличение расхода воды до некоторого характерного для данной реки критического значения. Это может быть вызвано метеорологическими условиями, а также запруживанием

русла реки оползнем, прорывом накопленной массы воды в полости ледника или прорывом ледникового озера. Для заблаговременного предупреждения об опасности развития паводка и селя предлагается осуществлять мониторинг расхода воды в выбранном или искусственно обустроенном створе русла реки, расположенном выше по течению относительно защищаемого объекта.

При приближении расхода воды в реке к критическому значению, при которой возникают условия для развития селевого потока или превышения пропускной способности русла возле защищаемого объекта можно констатировать наступление паводковой и селевой опасности.

Метод постоянных наблюдений за расходом воды очень трудоёмок, если замеры делают наблюдатели, и очень дорог, если устанавливать приборы для регистрации критического расхода и передачи этих данных в штаб МЧС. Прогнозирование, опирающееся на такие факторы, как характеристика селевого очага, определение селеопасного сезона, метеопрогнозы не может давать высокой точности, но к территории северного склона Терской Алатау наиболее применимо. Из-за быстрой динамики развития высокогорных озёр необходимы регулярные аэровизуальные наблюдения и использование космоснимков.

ВЫВОДЫ

На северном склоне Терской-Алатау наиболее опасные селевые очаги образовались в долинах Тон, Тоссор, Барскаун, Кичи-Кызылсу. В

этих долинах возможно формирование мощных селевых потоков после ливневых дождей и прорывов горных озёр.

Литература

1. Советский Энциклопедический словарь. Издание третье. М., 1984, с. 1185.
2. Прогноз на 2010 год. Департамент мониторинга МЧС КР. Бишкек 2009, с. 52-56.
3. **Виноградов Ю.Б., Осипова Н.А.** Транспортно-сдвиговый селевой процесс. Модель с сосредоточенными параметрами. Селевые потоки. Сборник 5. Гидрометеиздат. Л., 1980, с. 10-12.
4. **Крошкин А.Н., Талмаза В.Ф.** О селевых явлениях в Киргизии. //Изв. АН Кирг. ССР. Сер. естеств. и технич. наук, т.2, вып. 4, 1960.
5. **Ерохин С.А.** Инженерно-геологическое изучение плотин (моренно-ледниковых комплексов) высокогорных селеопасных озёр, селевых очагов и селеопасных горных долин Киргизии. /Отчет по работам 1991-2000 гг. Фонды Госгеолагентства КР. – Б., 2000. – 131-151 с.
6. Руководство по изучению селевых потоков. Л. Гидрометеиздат, 1976, 144с.

კოლხეთის დაბლობის დახურული დამშრობი
მარეგულირებელი ქსელის ზოგიერთი საკითხი

ივანე ზაქაიძე, შორენა რობაქიძე

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

შესავალი

ნოტიო სუბტროპიკების ზონაში დამშრობი ღონისძიებებისა და ექსპლუატაციის საკითხები მოითხოვს ექსპერიმენტალურ-თეორიულ დასაბუთებას, რომლის გადაწყვეტა უზრუნველყოფს კოლხეთის ჭარბტენიანი ნიადაგების დამშრობისა და ათვისების პრობლემას.

კოლხეთის დაბლობის უხვი ატმოსფერული

ნალექები და დაჭაობების მიზეზები გვიჩვენებს, რომ მისი დამშრობისა და ათვისებისათვის საჭიროა დასაბუთებული მელიორაციული ღონისძიებების გამოყენება. მათ შორის მნიშვნელოვანია დახურული დამშრობი მარეგულირებელი ქსელი, განსაკუთრებით იმ რეგიონისათვის, სადაც გრუნტის წყლების დონეების მაღალი ჰორიზონტია.

ძირითადი ნაწილი

კოლხეთის დაბლობის ხანგრძლივი ნალექების ზონა, რომელიც არსებითად განსხვავდება სხვა მსგავსი ზონებისგან, მოითხოვს პრინციპულად ახალ დიფერენციალურ მიდგომას მისი დამშრობის გადაწყვეტაში.

აღნიშნული ზონის მელიორაციული თავისებურებების სპეციფიკა აისახება უხვი და ხანგრძლივი ატმოსფერული ნალექების ხასიათში. ხშირ შემთხვევაში წვიმების მოსვლის ხანგრძლივობა ერთიდან ექვსი საათის ინტერვალით წლის ყველა სეზონში შეიძლება გაგრძელდეს 6-7 დღე-ღამე და მეტი [1], რომლის დროსაც ფესვთა სისტემის გავრცელების ზონა ხასიათდება სრული გატენიანებით. დატბორვის შემთხვევაში მცენარის ფესვთა სისტემის გავრცელების არეში ჟანგბადის მიწოდება შესაძლებელია მხოლოდ ფილტრაციული ნაკადის მეშვეობით, ვინაიდან წვიმის წყალი ჟანგბადის დიდი შემცველობით ხასიათდება.

ტენიანი სუბტროპიკების პირობებში დრენაჟის დაპროექტების ძირითადი ამოცანაა მისი ისეთი პარამეტრების დადგენა, რომლებიც კრიტიკულ პერიოდში უზრუნველყოფს გრუნტის წყლის ისეთი ინტენსივობით გაყვანას, რომლის დროსაც გარანტირებული იქნება ფესვთა სისტემის ჟანგბადით მომარაგე-

ბა მათი გავრცელების სიღრმეზე. ამ სიღრმეს „ინტენსიური დამშრობის ნორმას“ უწოდებენ.

გრუნტის წყლების რეგულირებისათვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ღონისძიებას დახურული დრენაჟი წარმოადგენს. სწორედ აღნიშნული ღონისძიება აღმოფხვრის ნიადაგში ჭარბ ტენს, იწვევს გრუნტის წყლების დონეების შემცირებას და უზრუნველყოფს სინოტივის რეგულირებას ნიადაგ-გრუნტებში ვეგეტაციის დროს.

დახურული დრენაჟის ეფექტური მუშაობა უზრუნველყოფილია იმ შემთხვევაში, როდესაც დამაკმაყოფილებელია პირობა [2]:

$$K = K_{კრ} = 1,6 P$$

სადაც K – ფილტრაციის კოეფიციენტი.

დამშრობის ყველა შესაძლო სქემის გათვალისწინებით დამშრობის საანგარიშო ინტენსივობა P – განისაზღვრება სამი პირობის საფუძველზე:

პირველი პირობა მთლიანად გამორიცხავს გრუნტის წყლების დონეების აწევას „ინტენსიური დამშრობის ნორმის ზევით“.

მეორე პირობა ითვალისწინებს წვიმის შედეგად აწეული გრუნტის წყლის დონის დაწევას დროის გარკვეულ მონაკვეთში

„ინტენსიური დაშრომბის ნორმად“.

მესამე პირობა კი გულისხმობს ხანგრძლივი წვიმიანი ზონების სპეციფიკას – სასოფლო-სამეურნეო კულტურების შენარჩუნებას ხანგრძლივი დატბორვის დროს.

პირველი და მეორე პირობით შეიძლება ვისარგებლოთ კოლხეთის პერიფერიული მაღალნიშნულიანი ტერიტორიისათვის. თუ ამოცანა წყდება პირველი პირობის საფუძველზე, მაშინ გრუნტის წყლების გაყვანის საანგარიშო ინტენსივობა განისაზღვრება ინფილტრაციული მრუდების ან ლიზიმეტრული მონაცემების საფუძველზე.

მეორე პირობის გათვალისწინებით გრუნტის წყლების გაყვანის საანგარიშო ინტენსივობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$P = \mu \Delta H \text{ მ/დღე-ღამეში,}$$

სადაც μ - დასაშრომბი გრუნტის წყალგაცემის კოეფიციენტი, ΔH - გრუნტის წყლის საანგარიშო დღე-ღამური დაწვევა, რომლის განსაზღვრა დამოკიდებულია საპროექტო კულტურების აგრო-ეკოლოგიურ მოთხოვნილებაზე.

იმ შემთხვევაში თუ დატბორებაში მონაწილეობს დაწვევიანი წყლები მაშინ,

$$P = \mu \Delta H + K_{\phi} J_{\phi} \text{ მ/დღე-ღამეში,}$$

სადაც K_{ϕ} - დაწვევიანი ჰორიზონტის ზემოთ განლაგებული გრუნტების დაყვანილი ფილტრაციის კოეფიციენტი, J_{ϕ} - წყლის აღმავალი დენის გრადიენტი.

მესამე პირობა ემყარება ფესვთა სისტემის მომარაგებას ფილტრაციული ნაკადით მიწოდებული ჟანგბადით და უნდა გამოვიყენოთ უშუალოდ კოლხეთის დაბლობის ზონისათვის. ამ შემთხვევაში გრუნტის წყლის გაყვანის საშუალო ინტენსივობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$P = 0,00K + 0,007 \text{ მ/დღე-ღამეში.}$$

ამ შემთხვევაში დაშრომბის ნორმად დე-

ბულობენ ნიადაგის იმ ფენას, სადაც განლაგებულია ფესვთა სისტემის ძირითადი მასა 0,25 მ ერთწლიანი კულტურებისათვის და 0,5 მ მრავალწლიანებისათვის.

თეორიული ძიებისა და კოლხეთის სამ მახასიათებელ ზონაში (ხობი, აბაშა, გალი) ექსპერიმენტული სამუშაოების ანალიზის საფუძველზე მიღებული იქნა დამოკიდებულება დახურული დრენაჟის პარამეტრების განსაზღვრისათვის [3]. ამ ფორმულაში ერთ-ერთ მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ისეთი მელიორაციული მაჩვენებელი, როგორცაა ფილტრაციის კოეფიციენტი, რომლის შეფასებასა და რიცხვითი მნიშვნელობის დადგენას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

კოლხეთის ჭარბტენიან თიხნარ ნიადაგზე ჩატარებულმა ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა საშუალება მოგვცა მიგველო ფილტრაციის კოეფიციენტის საანგარიშო ფორმულა [4]:

$$K = \alpha \frac{nd^2 \gamma \sqrt{J}}{\mu} \text{ მ/დღე-ღამეში,}$$

სადაც γ - წყლის მოცულობითი წონა, J - წნევის გრადიენტი; n - ნიადაგის ფორიანობა, μ - წყლის სიბლანტე, α - კოეფიციენტი, რომლის ექსპერიმენტული მნიშვნელობა მძიმე თიხნარი ნიადაგებისათვის 0.0085 ტოლია.

აქტიური ფორების ეფექტური დიამეტრის (d) განსაზღვრისათვის გამოყენებული იქნა კოხენის ფორმულა [4, 5].

აღსანიშნავია, რომ წნევის გრადიენტი გავლენას ახდენს ფილტრაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობაზე. ვიდრე ყველა ის ფორები, რომლებიც დაკავებულია აფსკისებული წყლით, მოძრაობაში არ მოვა. ეს მომენტი დგება მაშინ, როდესაც წნევის გრადიენტი ერთის ტოლი ხდება, რის შედეგად ფილტრაციის კოეფიციენტი თავის მუდმივ მნიშვნელობას ინარჩუნებს.

დასკვნები და რეკომენდაციები

1. უხვი ატმოსფერული ნალექების დროს კაპილარული ამოწვევის სიმაღლე და სახნავი ფენის ქვედა ჰორიზონტის მცირე წყალგამტარობა იწვევს ნიადაგის ხან-

გრძლივ დატბორვას.

2. ასეთი ხანგრძლივი დატბორვის დროს მცენარეთა ფესვთა სისტემის ჟანგბადით მომარაგება მხოლოდ ფილტრაციულ

ნაკადს შეუძლია, რომელიც მდიდარია ჟანგბადით და რომელიც ატმოსფეროდან მოსული ნალექებიდან ჩაედინება გრუნტში.

3. კოლხეთის დაბლობის ხანგრძლივი ნალექების ზონისათვის გრუნტის წყლის საშუალო ინტენსივობა უნდა ვიანგარიშოთ ნაშრომში მოცემული ფორმულით.

ლიტერატურა

1. **ზაქაძე ი.გ.** კოლხეთის ხანგრძლივი ნალექების ზონაში დაშრობითი მეღიორაციის საკითხები. //საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდროეკოლოგიის ინსტიტუტი. თბილისი, 2001, გვ. 76-78
2. მეღიორაციის ცნობარი, ო. ნათიშვილის საერთო რედაქციით. თბილისი, 1986, 234 გვ.
3. **Пхакадзе П.С.** Определение междренних расстояний в условиях почв Колхиды. //Вопросы гидромелиорации в Грузии, вып.30; Тбилиси, 1973, с. 50-62.
4. **Пхакадзе П.С, Закаидзе И.Г.** К вопросу фильтрационных расчётов в глинистых почвах Колхиды. //Вопросы гидромелиорации в Грузии, вып. 2, М., 1974, с. 80-90.
5. **Чертоусов М.Д.** Специальный курс гидравлики. Госэнергоиздат, 1949, 407 с.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ РЫБАЧЬЕ–ТАМЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОГО ПРИИССЫКУЛЬЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Иванова Н.И., Фролова Г.П.

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

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость использования подземных вод для орошения в Кыргызстане продиктована тем, что в условиях аридного климата не всегда достаточно поверхностной воды для орошения

территорий, возможных для размещения сельскохозяйственных. Не является исключением и Иссык-Кульская область.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исследуемое Рыбачье–Тамчинское месторождение подземных вод находится в северо-западной части Иссык-Кульской впадины и располагается на северном побережье оз. Иссык-Куль между городом Балыкчи и поселком Тамчы. На западе оно разведано до восточной окраины города Балыкчи, а на востоке – до поселка Тамчы. Южной границей месторождения является озеро Иссык-Куль (Высота над уровнем моря $H = 1600$ м), северной – предгорья хребта Кунгей Ала-Тоо ($H = 2700$ м). Протяженность разведанного месторождения вдоль оз. Иссык-Куль составляет 42 км (Рис. 1).

Основные элементы рельефа района представлены неотектоническими структурами, мо-

делированными эрозийной деятельностью четвертичного периода. В общем виде район месторождения четко подразделяется на две области: Иссык-Кульскую впадину и ее северное горное обрамление. Первая является типично альпийской структурой синклинального строения с высотами 1600 м и ниже. На площади исследования она представлена своим северным крылом и в современном рельефе соответствует предгорному шлейфу хребта Кунгей-Алатао. Вторая область соответствует горному сооружению, обрамляющему впадину с севера. Она представлена хребтом Кунгей-Алатао с его южными отрогами с крутыми склонами.

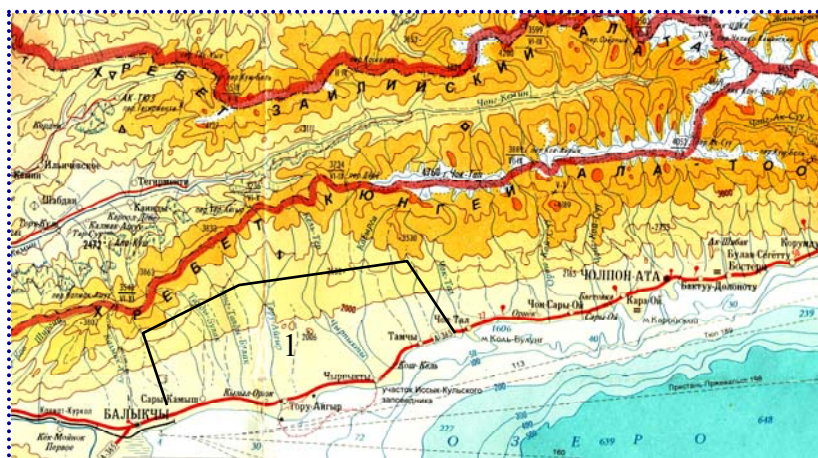


Рис. 1. Фрагмент топографической карты К-43-57.

1 – расположение месторождения подземных вод

Согласно агроклиматическому справочнику Кыргызстана, рассматриваемая территория относится к зоне пустынь умеренного пояса, но наличие незамерзающего озера Иссык-Куль, значительная приподнятость котловины над уровнем моря и орографическая замкнутость – придают климату котловины черты горного и морского одновременно. Климат в районе месторождения умеренно теплый, засушливый. Среднемесячная температура июля–августа $18,5^{\circ}\dots 18,8^{\circ}\text{C}$ сменяется сравнительно мягкой зимой (средняя месячная температура января – $1,8^{\circ}\text{C}$) [1].

Для геологической характеристики территории месторождения разделена на участки, одноименные с названиями рек территории: Сары-Камыш, Торуайгыр, Чарпыкты, Тамчи. Для обоснования расположения опытных кустов скважин и последующих эксплуатационных ярусных водозаборов из прибрежной опресненной зоны оз. Иссык-Куль было отобрано 119 проб воды на определение сухого остатка и гидрокарбоната, как наиболее характерного катиона подземных вод. По результатам определения сухого остатка выделены различные по степени опреснения прибрежные участки озера, которым соответствует подток подземных вод, питающих озеро. Это и легло в основу разделения всей территории месторождения на участки [2].

Южный склон хребта Кунгей Алатао в основном сложен интрузивными породами. На эту часть территории приходится до 600 мм в год атмосферных осадков. Резко выраженный эрозионный рельеф с наличием густой сети глубоко врезаемых горных долин создает благоприятные условия для оттока поверхностных вод. Трещинные воды зоны выветривания интрузивных пород, благодаря глубоко интенсивной расчлененности рельефа, выклиниваются на поверхность еще в пределах горного склона, питают поверхностные водотоки. Лишь незначительная часть атмосферных осадков уходит по зонам разлома на незначительные глубины.

По мере приближения к предгорьям и предгорной равнине, мощность рыхлообломочных отложений увеличивается, а, следовательно, возрастает роль подземного потока, питающе-

гося путем инфильтрации поверхностных вод.

Аллювиальные, аллювиально-пролювиальные рыхлообломочные отложения, заполняющие предгорную равнину, сравнительно быстро поглощают поверхностный сток. При этом большая часть поверхностного стока (в пределах $3 \text{ м}^3/\text{с}$) разбирается на орошение. Разветвленная оросительная сеть способствует более интенсивному питанию подземного потока.

Основной водоносный комплекс разведанного месторождения, приуроченный к аккумулятивной предгорной равнине, имеет сплошное распространение и характеризуется, за редким исключением, средней и высокой водообильностью. Большая площадь распространения водоносного комплекса, значительная его мощность – $300\dots 600 \text{ м}$ [2] способствует тому, что он является мощным регулятором подземного стока и практически является постоянным, в то время как амплитуда сезонных колебаний расхода рек исключительно велика ($0,2\dots 20 \text{ м}^3/\text{с}$) [1].

Ширина предгорной равнины разведанного месторождения составляет $15\dots 16 \text{ км}$, уклоны от 25° до 5° . В нижней части предгорной равнины естественный расход подземного потока, подсчитанного методом Дарси, составляет $7,2 \text{ м}^3/\text{с}$ [2].

В пределах озерной и периферической части предгорной равнины происходит частичная разгрузка подземных вод путем выклинивания в виде родников, мочажин, испарения в зоне аэрации и транспирации растениями. Большая же часть подземного потока, приуроченного к рыхлообломочным отложениям, идет на питание озера Иссык-Куль.

Питание основного водоносного горизонта месторождения осуществляется, в основном, за счет инфильтрации поверхностных вод рек и ручьев, стекающих с южного склона хребта Кунгей Алатао. Источником питания последних, в свою очередь, служат атмосферные осадки, выпадающие в горной части района, и частично – трещинные воды коры выветривания интрузивных пород.

Общие запасы воды категории А Рыбачье-Тамчинского месторождения приведены в таблице 1 по опытным данным [2].

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ РЫБАЧЬЕ-ТАМЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОГО ПРИИССЫКУЛЬЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Химический состав подземных вод охарактеризован по данным 61 сокращенного и 44 полных химических анализов проб воды, отобранных при пробных и опытных откачках [2].

Минерализация воды не зависит от глубины залегания водоносного горизонта и находится в пределах 0,13...0,29 г/л, редко доходя до 0,54 г/л. Увеличение минерализации до 0,54 г/л отмечается на участках Торуайгыр и Чирпыкты, что объясняется близостью выходов загипсованных неогеновых отложений, заключающих подземные воды с сухим остатком 0,74...0,75 г/л [2].

Тип воды по участкам гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевый, гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевый.

Общая жесткость подземных вод изменяется в пределах 1,3...5,3 мг-экв/л, однако, в основном воды мягкие – жесткость не превышает

3 мг-экв/л. Увеличение жесткости до 3,7...5,3 мг-экв/л отмечается на участках Торуайгыр и Чирпыкты. Воды в основном нейтральные и слабощелочные с pH от 7,0 до 7,4, местами отмечаются слабокислые воды с $pH=6,8...6,9$ [2].

По физическим свойствам воды пресные, прозрачные, без вкуса, цвета и запаха. Температура их находится в пределах 9,4...16,6°C [2].

Изменение качества подземных вод во времени характеризуется по данным 46 сокращенных анализов проб воды, отобранных из разведочно-наблюдательных скважин в процессе режимных наблюдений. Каких-либо закономерностей в изменении химического состава и минерализации подземных вод в зависимости от времени года не наблюдается. Максимальное содержание отдельных микрокомпонентов в воде представлено в таблице 2.

Таблица 1

Эксплуатационные запасы подземных вод месторождения по участкам

Участок	Опытно-эксплуатационные кусты скважин	Возраст водовмещающих пород	Эксплуатационные запасы подземных вод по участкам. Дебит, Q л/с	Коэффициент фильтрации, K_f , м/сут
Сары-Камыш	1, 2, 3, 4	alQ _{IV} , plQ _{III}	295	29,8
Торуайгыр	5, 6	al-pl Q _{IV} , plQ _{III-IV}	217	30
Чирпыкты	7, 8	al – plQ _{IV} , plQ _{III-IV}	150	17,7
Тамчи	9,10	plQ _{III-IV} , al – plQ _{IV} , plQ _{III}	165	23

Таблица 2

Содержание микрокомпонентов в подземной воде

Микрокомпонент	Количество, мг/л	Микрокомпонент	Количество, мг/л	Микрокомпонент	Количество, мг/л
аммиак	0,1 (только в одной скважине, на участке Сары-Камыш)	медь	0,010	никель	0,001
бериллий	0,0001	молибден	0,008	нитрат	5
бор	0,02	титан	0,003	свинец	0,001
ванадий	0,001	фтор	0,060	стронций	0,02
галлий	0,001	хром	0,006	радий	$6,3 \cdot 10^{-3} \dots 1,34 \cdot 10^{-11}$
железо окисное	0,2 (куст скважин на территории участка Тамчи)	цинк	0,015	уран	$1,3 \cdot 10^{-6} \dots 8,2 \cdot 10^{-6}$
марганец	0,05	мышьяк	0,002	фенолы, образующие хлорфенольные запахи, отсутствуют	

На основании вышеприведенной характеристики подземных вод Рыбачье-Тамчинского месторождения перейдем к оценке качества воды, пригодной для орошения.

Основными показателями при оценке подземных вод с точки зрения пригодности их для целей орошения являются [3]: 1) температура, 2) общее содержание растворенных солей, 3) их состав, 4) ирригационный коэффициент.

Температура подземных вод основного водоносного горизонта, расположенного на глубинах 7...29 м от поверхности земли, колеблется в пределах 9,4° ... 16,6°С, составляя в основном 13° ... 15°С [2], что будет способствовать росту большинства сельскохозяйственных культур, возделываемых в рассматриваемом регионе.

С точки зрения общей минерализации, воды вполне пригодны для целей орошения. Как указано выше, минерализация их в основном меньше 0,3 г/л, редко достигает до 0,54 г/л. По А.Н. Костякову [3] пригодной для орошения считается вода, содержащая не более 1000-1500 мг/л растворенных солей.

Среди солей, присутствующих в подземной воде, наиболее вредными являются соли натрия. Степень вредности этих солей характеризуется приблизительно следующим отношением весовых величин: $\text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{NaCl} : \text{Na}_2\text{CO}_3 = 1 : 3 : 10$ [4]. Наличие этих солей и их соотношение в подземной воде месторождения приведе-

но в таблице 3.

В соответствии с [5], присутствие соды в поливной воде является наиболее вредным. По результатам исследований в водах оцениваемого месторождения она отсутствует. Содержание поваренной соли и гипса намного меньше допустимых значений. Таким образом, по количеству растворенных солей подземные воды вполне пригодны для целей орошения.

Для оценки качества воды применяется эмпирически выведенный ирригационный коэффициент, выражаемый высотой столба воды (в дюймах), который при испарении дает количество щелочей, достаточное для того, чтобы почва стала вредной до глубины 1,2 м для большинства культурных растений. В зависимости от химического состава подземных вод в пределах месторождения ирригационный коэффициент вычисляется по следующим зависимостям [4]:

– при содержании иона Na меньше содержания иона Cl' ирригационный коэффициент:

$$K_a = \frac{288}{5r\text{Cl}'}; \quad (1)$$

– если содержание иона Na больше содержания иона Cl' , но меньше общего содержания эквивалентов сильных кислот, т.е. $r\text{Cl}' + r\text{SO}_4'' > r\text{Na} > r\text{Cl}'$:

$$K_a = \frac{288}{r\text{Na} + 4r\text{Cl}'}; \quad (2)$$

Таблица 3

Концентрация солей натрия

Соли натрия	Содержание в воде, мг/л	Соотношение солей	Предельно допустимое	
			содержание солей для хорошо водопроницаемых почв, мг/л	соотношение солей
Na_2SO_4 гипс	2,0-210,9 (макс. содержание на участке Чирпыкты, на остальной территории не превышает 50 мг/л)	2 : 1 : 0	4000	1 : 3 : 10
NaCl поваренная соль	5,8...116,3 (в основном содержание ее менее 30мг/л)		2000	
Na_2CO_3 сода	0		1000	

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ РЫБАЧЬЕ–ТАМЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОГО ПРИИССЫКУЛЬЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

– при содержании иона Na больше содержания ионов сильных кислот, т.е. $rNa > rCl' + rSO_4''$, ирригационный коэффициент:

$$K_a = \frac{288}{10rNa - 5rCl' - 9rSO_4''} \quad (3)$$

В таблице 4 приведены результаты расчетов по репрезентативным скважинам участков месторождения.

Таблица 4

Расчет ирригационного коэффициента K_a

№ скважины	Местоположение/участок	Содержание, %мг-экв.			K_a
		Na	Cl	SO_4	
50	Сары-Камыш	4,83	2,69	9,88	18,47
150	Тору-Айгыр	5,24	2,87	12,12	17,22
162	Чырпыкты	2,78	3,21	6,19	18,0
368	Тамчи	2,82	3,12	6,45	18,46

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Как известно [3], водно-солевой режим почвенных слоев, в основном, обуславливается интенсивностью испарения, глубиной залегания и степенью минерализации грунтовых вод.

В пределах рассматриваемого месторождения подземных вод развиты незасоленные, рыхлые, хорошо дренированные почвы. Подземные воды хорошего качества, вполне благоприятные для целей орошения, глубина их залегания превышает, в основном, 20 м (при глубине залегания подземных вод более 3 м они не оказывают существенного влияния на водный

качество воды для ирригационных целей хорошее – ирригационный коэффициент по большинству определений превышает 18. Лишь для воды, откачиваемой из скважины №150 (куст 7), значение ирригационного коэффициента составляет 17,22. Однако и в этом случае нет необходимости в особых мероприятиях, необходимых для исключения постепенного накопления щелочей, т.к. повсюду в пределах месторождения развиты рыхлые почвы со свободным дренажем.

режим почвенных слоев). Поэтому нет оснований опасаться явлений вторичного засоления почв. Кроме того, весь орошаемый земельный массив характеризуется благоприятными естественными условиями дренирования – участки расположены на наклонной равнине в предгорной области, водоносными являются хорошо проницаемые галечники, через толщу которых инфильтрующиеся с поверхности поливные и атмосферные воды своевременно будут отводиться, главным образом, в сторону основной естественной дрены – в озеро Иссык-Куль.

Литература

1. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Водные ресурсы Кыргызстана на современном этапе. Бишкек, Илим, 2006. 265 с.
2. Отчет Балыкчинской гидрогеологической партии. Геологическое строение, гидрогеологические условия и подсчет эксплуатационных запасов подземных вод четвертичных отложений северо-западного побережья оз. Иссык-Куль. Тома I-VI – текстовые, графические табличные приложения. – Бишкек, 1967. – 96 с.
3. Костяков А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.
4. Кац Д.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. МГУ, 1981. 290 с.
5. Константинов В.М., Галушин В.М., Жигарев И.А., Челидзе Ю.Б. Рациональное использование природных ресурсов и охрана природы. М.: Академия, 2009. – 272 с.

ზემო სამგორის სარწყავი სისტემის მოწყობალობის შეფასება

კონსტანტინე იორდანიშვილი

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

შეშავალი

გასული საუკუნის პირველი ნახევრიდან დაიწყო საქართველოს მელიორაციული სისტემების ინტენსიური შექმნა, რომელთა დიდი ნაწილი ამჟამად უახლოვდება ფიზიკურად და მორალურად “დაძველებულ” ობიექტებს, რაც განპირობებულია მათი მოწყობრიდან გამოსვლით. ამიტომ ახალი სარწყავი

სისტემების მშენებლობის და დაზიანებული სისტემების რეაბილიტაციის აუცილებლობის მეცნიერული დასაბუთება, მათი მოწყობრიდან გამოსვლის მიზეზების შესწავლა, ფუნქციონირების ოპტიმიზაცია და ხანგრძლივობის გაზრდა – მეცნიერების უმნიშვნელოვანესი ნაწილია.

ძირითადი ნაწილი

ზემო სამგორის სარწყავი სისტემა (შემდგომში ზ.ს.ს.) საქართველოს უმნიშვნელოვანეს სარწყავ სისტემებს განეკუთვნება. ამ სისტემის მშენებლობით, რომელიც განხორციელდა გასული საუკუნის 40-50-იან წლებში, გადაწყდა უშუალოდ ქალაქ თბილისის სასმელი წყლით მომარაგების, სამგორის ველის გვალვიანი მიწების მორწყვის და ენერგეტიკის უმნიშვნელოვანესი პრობლემები.

ზემო სამგორის სარწყავ სისტემაში შედის პალდოს სათავე ნაგებობა, ზემო მაგისტრალური არხი გამანაწილებლებით, თბილისის წყალსაცავი და ქვემო მაგისტრალური არხი.

სარწყავი სისტემის ტერიტორიის რელიეფის საკმაოდ რთულმა პირობებმა განაპირობა სარწყავ სისტემაზე დიდი რაოდენობის, რთული ჰიდროტექნიკური ნაგებობების, რთული ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მოწყობის აუცილებლობა. ზემო მაგისტრალური არხის ტრასაზე, რომელიც საკმაოდ რთულ რელიეფურ პირობებში გადის, მოწყობილია 9 გვირაბი, საერთო სიგრძით 8585,1 მ; 2 გაღერვა, საერთო სიგრძით 306,0 მ; 5 დიუკერი – საერთო სიგრძით 1818,0 მ; 3 აკვედუკი საერთო სიგრძით 219,4 მ; 3 სწრაფმდენი საერთო სიგრძით 1778 მ, რომლებიც

მდებარეობს ზემო სამგორის სარწყავი სისტემის ზემო მაგისტრალურ არხზე არსებულ ჰიდროელექტროსადგურებთან (საცხენისის, მარტყოფის და თეთრხევის); 7 მილი არხის ქვეშ; 8 ღვარსაში; 16 ხიდი; გარდა ამ 16 ხიდისა არის კიდევ 15 პრიმიტიული ხიდი, მოწყობილი არხის პირას განთავსებული კერძო სახლების მფლობელების მიერ, საკუთარი სახლების ეზოებში შესასვლელად; ერთი შემტბორავი ნაგებობა; წყალგამყოფი კვანძი; 2 საფეხურებიანი წყალგარდნილი და 39 წყალგამშვები (მათგან ორი გამშვები ამჟამად გაუქმებულია). აღსანიშნავია ამ ნაგებობების დაპროექტებისა და მშენებლობის მაღალი დონე და ხარისხი, რაც ქართული საინჟინრო სკოლის, დამპროექტებლებისა და მშენებლების მიღწევად უნდა ჩაითვალოს.

ოთხ ათეულ წელზე მეტი ხნის განმავლობაში ექსპლუატაციის მანძილზე სისტემის ცალკეულ კვანძებზე დაგროვდა რიგი დაზიანებები. ჩატარებული საველე სამუშაოების თანახმად და არსებული მონაცემების მეშვეობით შედგენილია ზსსს-ის არხებზე ბეტონის ფილების მოწყობრიდან გამოსვლის სტატისტიკური მონაცემები (ცხრ. 1).

*) ნაშრომი შესრულდა ავტორის მიერ მიღებული გრანტის GNSF/PRES 09-124-7-105-ის ფინანსური მხარდაჭერით.

ზსსს-ის ბეტონით მოპირკეთებულ არხებზე მონიტორინგის მონაცემები

№	უბანი
1	ღია არხის მონაკვეთი „კოპტაის“ გვირაბიდან „ჩანჩქერებისა“ და „გორგასლის“ გვირაბამდე. $\ell - 1386\text{მ}$; სულ 447 ც ფილა, დაზიანებულია 200 ფილა
2	ღია არხის მონაკვეთი „ჩანჩქერებისა“ და „გორგასლის“ გვირაბებიდან „უჯარმის“ გვირაბამდე. $\ell - 314\text{მ}$; სულ 102 ც ფილა, დაზიანებულია 50 ფილა
3	ღია არხის მონაკვეთი „უჯარმის“ გვირაბიდან „მუხროვანის“ გვირაბამდე. $\ell - 1110\text{მ}$; სულ 358 ც ფილა, დაზიანებულია 180 ფილა
4	ღია არხის მონაკვეთი „მუხროვანის“ გვირაბიდან „სამგორის“ გვირაბამდე. $\ell - 1914\text{მ}$; სულ 617 ც ფილა, დაზიანებულია 300 ფილა
5	ღია არხის მონაკვეთი „სამგორის“ გვირაბიდან „საცხენისის“ გვირაბამდე. $\ell - 4239\text{მ}$; სულ 1367 ც ფილა, დაზიანებულია 60 ც ფილა
6	ღია არხის მონაკვეთი „საცხენისის“ გვირაბიდან საცხენისის ჰესის სწრაფმდენამდე. $\ell - 200\text{მ}$; სულ 64 ც ფილა, დაზიანებულია 30 ც ფილა
7	ღია არხის მონაკვეთი „საცხენისის“ დიუკერიდან მარტყოფის ჰესის სწრაფმდენამდე. $\ell - 2115\text{მ}$; სულ 682 ც ფილა, დაზიანებულია 300 ც ფილა
8	ღია არხის მონაკვეთი „მარტყოფის“ დიუკერიდან „ნორიოს“ დიუკერამდე. $\ell - 824\text{მ}$; სულ 265 ც ფილა, დაზიანებულია 120 ც ფილა
9	ღია არხების მონაკვეთი „ნორიოს“ დიუკერიდან თეთრიხევის ჰესის სწრაფმდენამდე. $\ell - 9031\text{მ}$; სულ 2913 ც ფილა, დაზიანებულია 1520 ც ფილა
10	ღია არხის მონაკვეთი თეთრიხევის ჰესის სწრაფმდენიდან თეთრიხევის აკვედუკამდე. $\ell - 648\text{მ}$; სულ 209 ც ფილა, დაზიანებულია 102 ც ფილა
11	ღია არხის მონაკვეთი „თეთრიხევის“ აკვედუკიდან „თბილისის“ გვირაბამდე. $\ell - 3479\text{მ}$; სულ 1122 ც ფილა, დაზიანებულია 505 ც ფილა
12	ღია არხის მონაკვეთი „თბილისის“ I გვირაბიდან „თბილისის“ გვირაბამდე. $\ell - 1543\text{მ}$; სულ 500 ც ფილა, დაზიანებულია 250 ც ფილა
13	ღია არხის მონაკვეთი „თბილისის“ II გვირაბიდან თბილისის წყალსაცავში ჩამდებ კვანძამდე. $\ell - 860\text{მ}$; სულ 277 ც ფილა, დაზიანებულია 150 ც ფილა
სულ 8923 ც ფილა, დაზიანებულია 4308 ც ფილა	

ზემო სამგორის სარწყავი სისტემის ბეტონის არხების ფუნქციონირების საიმედოობის გაანგარიშებისათვის გამოყენებულია არატრადიციული, გამარტივებული მათემატიკური სტატისტიკის ბუდსტრებ-მეთოდი, რომელიც შემუშავებულია ჰიდრონაგებობების დაბერების შეცნობადობის დაგროვილი გამოცდილების საფუძველზე [2]. ფონური კომპონენტის განსაზღვრა უძველესი ამოცანაა, ამიტომ მტყუნების ინტენსივობის მაჩვენებლების შესაფასებლად გამოვიყენოთ გომპერც-მეიკჰემისა და ტილეს მოდიფიცირებული ფორმულა [3]:

$$\lambda(t) = ae^{bt}, \quad (1)$$

სადაც $\lambda(t)$ არხების მტყუნების (მწყობრიდან გამოსვლის) ინტენსივობაა:

$$\lambda(t) = \frac{2g_t}{1 + P_t}. \quad (2)$$

აქ t ასაკია; $g_t - (t)$ -დან $(t+1)$ -მდე სიკვდილის ალბათობა; $P_t - (t)$ -დან $(t+1)$ -მდე სიცოცხლის ალბათობა.

ამ მეთოდის გამოყენებით შედგენილია ზემო სამგორის სარწყავი სისტემის არხების ბეტონით მოპირკეთებული ფილების მტყუნების ცხრილი 2.

ზსსს-ის არხების ბეტონის ფილების მტყუნების ცხრილი

№	წლები	დაკვირვებების წლების ინტერვალის საერთო რაოდენობა	ფუნქციონირებადი ბეტონის ფილების რაოდენობა (t) ასაკამდე (l_t)	მწკობრიდან გამოსული ბეტონის ფილების რაოდენობა (t) ასაკიდან (t+1) ასაკამდე, (d_t)	მწკობრიდან გამოსული ბეტონის ფილების საერთო რაოდენობა (t) ასაკიდან (t+2) ასაკამდე, Σd_t	მტყუნების (მწკობრიდან გამოსვლის) ალბათობა $g_t = l_t$	ფუნქციონირების ალბათობა (t) ასაკიდან (t+2) ასაკამდე $P_t = (l_t - d_t) / l_t$	მტყუნების (მწკობრიდან გამოსვლის) ინტენსივობა, $\lambda = 2g_t / (1 + P_t)$	მწკობრიდან გამოსვლის (მტყუნების) ინტენსივობის ფორმულა, $\lambda(t) = ae^{bt}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1972	2	$l_0 = 500$	16	16	0.0320	0.968	0.0325	$\lambda(t) = ae^{bt}$
2	1974	4	484	18	34	0.037	0.9628	0.0377	$\lambda(t) = 0.0306e^{0.0372}$
3	1976	6	466	19	53	0.0407	0.9592	0.0415	$\lambda(t)_{საშ} = 0.0372$
4	1978	8	427	21	74	0.0491	0.9508	0.0503	$\lambda(t) = ae^{bt}$
5	1980	10	426	21 ^{*)}	95	0.0492	0.9507	0.0504	$\lambda(t) = 0.0354e^{0.0398}$
6	1982	12	405	22	117	0.0543	0.9456	0.0558	$\lambda(t)_{საშ} = 0.055$
7	1984	14	383	24	141	0.0626	0.9373	0.0646	
8	1986	16	359	26 ^{*)}	167	0.0724	0.9276	0.0752	$\lambda(t) = ae^{bt}$
9	1988	18	333	28 ^{*)}	195	0.0841	0.9159	0.0878	$\lambda(t) = 0.0416e^{0.0515}$
10	1990	20	305	31 ^{*)}	226	0.1016	0.8984	0.1070	$\lambda(t)_{საშ} = 0.101$
11	1992	22	274	34 ^{*)}	260	0.1241	0.8759	0.1323	
12	1994	24	240	39	299	0.1625	0.8375	0.1769	$\lambda(t) = ae^{bt}$
13	1996	26	201	47 ^{*)}	346	0.2338	0.7662	0.2648	$\lambda(t) = 0.0558e^{0.0863}$
14	1998	28	154	65	411	0.4221	0.5779	0.5350	$\lambda(t)_{საშ} = 0.325$
15	2000	–	$l_0 = 8923$	–	–	–	–	–	–
16	2002	2	8059	861 ^{*)}	861	0.0965	0.8932	0.1019	$\lambda(t) = ae^{bt}$ $\lambda(t)_{საშ} = 0.1331$
17	2004	4	7198	861 ^{*)}	1722	0.1068	0.8804	0.1136	
18	2006	6	6337	861 ^{*)}	2583	0.1196	0.8641	0.1283	
19	2008	8	5476	861 ^{*)}	3444	0.1359	0.8428	0.1475	
20	2010	40	4612	861 ^{*)}	4308	0.1578	0.8127	0.1741	

*) ჩავთვალოთ, რომ 2000-2010 წწ. დაკვირვებების უქონლობის გამო მწკობრიდან გამოსული ბეტონის ფილების ყოველწლიური რაოდენობა ტოლია

**) №1-14 დაკვირვებების მონაცემები [4] -ის მიხედვითაა, ხოლო №15-20 კიორდანიშვილის დაკვირვებების მონაცემები (2010)

მოპირკეთების ცვეთის სისქის (h)-ს გათვალისწინებით მოპირკეთების დაცულობა იქნება:

$$\Pi = 1 - h, \quad \Pi = \frac{H}{H_0} = e^{-at}. \quad (6)$$

(6)-ის გამოყენებით შეიძლება იმ პერიოდის გაანგარიშება, რომლის განმავლობაშიც მოპირკეთების სისქე (H) გაცვდება საანგარიშო მნიშვნელობებამდე. ამ განტოლების გამოყენებით შეიძლება დავადგინოთ რემონტის შორის პერიოდის ხანგრძლივობა, თუ გვეცოდინება, რომ მოპირკეთებას დასჭირდება რემონტი წინასწარ განსაზღვრული მისი სისქის ცვეთის შემდეგ. თუ გვეცოდინება მოპირკეთების დასაშვები სისქის მნიშვნელობა, მაშინ (6)-ის გამოყენებით შეიძლება დადგინდეს ის საშუალო პერიოდი, რომელიც საჭიროა მისი ცვეთისთვის ზღვრულ სისქემდე.

მაგალითი. გამოვიანგარიშოთ არხის მტყუნება მისი მწყობრიდან გამოსვლის ალბათობის გათვალისწინებით.

საველე სამუშაოების მეშვეობით, რომელიც ჩატარდა ზ.ს.ს.ს.-ზე დადგინდა, რომ 60 (1951 წლიდან) წლის ექსპლუატაციის მანძილზე მოპირკეთებული ბეტონის ფილების 50%-ის თავდაპირველი სისქე $H_0 = 15$ სმ შემცირდა 12 სმ-მდე. რემონტის შორის პერიოდის დასადგენად (თუ ვიცით, რომ რემონტი აუცილებელია მოპირკეთების 0.8 სმ-ით შემცირების შემდეგ) გამოვიყენოთ ფორმულა (4):

$$H = H_0 e^{-at} \quad 12 = 15 e^{-a60}, \quad (7)$$

საიდანაც მივიღებთ, რომ 60 წლის ექსპლუატაციის შემდეგ ფორმულა (7)-იდან მაჩვენებელი $a = 0.0035$. მაშინ $t_{\text{საანგ}} = \frac{1}{a} \ln \frac{H_0}{H_{\text{საანგ}}}$,

ხოლო რემონტის შორის პერიოდი:

$$t_{\text{საანგ}} = \frac{1}{0.00373} \ln \frac{15.0}{14.2} = 13 \text{ წელი. მაშასადამე}$$

არხების საიმედო ფუნქციონირებისათვის საჭიროა სარემონტო სამუშაოების ჩატარება ყოველი 13 წლის შემდეგ მაინც.

ზ.ს.ს.ს.-ის სარეაბილიტაციო დისკრეტული სამუშაოები იყო ჩატარებული 25 წლის წინ (გასული საუკუნის 80-90 წლებში). ნათელია, რომ 25 წლის შემდეგ არხები და სისტემის სხვა ელემენტები აღმოჩნდა ავა-

რიულ მდგომარეობაში. უდავოა, რომ ყველა ელემენტის დროული, პერიოდული რემონტის ჩატარება – აუცილებელია, წინააღმდეგ შემთხვევაში ზ.ს.ს.ს.-ის კაპიტალური რემონტის ჩატარება მოითხოვს მნიშვნელოვან თანხებს. ბეტონში „მიკროსილიკას“ დამატებისას შესაძლებელია ბეტონისაგან დამზადებული კონსტრუქციების და კერძოდ ფილების ნორმალური ფუნქციონირების პერიოდის გაგრძელება.

ნორვეგიაში მივიღინების დროს (2010 წ.) წინამდებარე ნაშრომის ავტორმა მოიპოვა და გაანალიზა „მიკროსილიკას“ დამზადების ტექნოლოგია და მისი ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში გამოყენების შესაძლებლობა. „მიკროსილიკა“ – ნივთიერებაა, რომელიც ბეტონში დამატებისას ამადლებს მის სიმტკიცეს და ამცირებს მის წყალგამტარობას. ამის გამო სხვადასხვა დანიშნულების უმსხვილესი ნაგებობების (ხიდები, გზები, ჰიდრონაგებობები, ცათამბჯენები, ატომური და ჰიდროელექტროსადგურები და სხვ.) მშენებლობაში მისი გამოყენება ძალზე ეფექტურია, განსაკუთრებით ნაგებობებზე, რომლებიც ფუნქციონირებს აგრესიულ გარემოში. თანამედროვე პერიოდში „მიკროსილიკას“ გამოყენების მოცულობა 7.5 მლნ მ3-ია წელიწადში. მისი სტანდარტები მოყვანილია ცხრ. 3-ში. Elkem „მიკროსილიკას“ ფართო წარმოება დაიწყო ნორვეგიაში 85 წლის წინ ქარხანა „Fickaa“-ში. მიკროსილიკას სახეობებია: არაშემჭიდროებული ფორმა (150-350 კგ/მ3); შემჭიდროებული ფორმა (500-700 კგ/მ3); გრანულირებული ფორმა (700-1000 კგ/მ3); სუსპენზია (1400 კგ/მ3).

„მიკროსილიკას“ თვისებებია: ამორფული ფორმა; ფერი – ღიადან მუქ ნაცრისფერამდე; ნაწილაკების ფორმა – გლუვი სფერული; ნაწილაკების ზომა – საშ. დიამეტრი 0,15 მკრ (ცემენტის ნაწილაკზე 100-ჯერ ნაკლები); კუთრი ზედაპირი – 15.0 ± 30.0 მ²/კგ. ბეტონში „მიკროსილიკას“ დამატებით ბეტონის თვისებები უმჯობესდება: სილიკანარევი უფრო ხარისხიანია; ბეტონი თვითშემჭიდროებადია; შესაძლებელია დაბეტონება წყალქვეშ. ბეტონში „მიკროსილიკას“ დამატებით არ შეიმჩნევა წყლის გამოყოფა და მცირდება წყლის გამტარუნარიანობა. „მიკროსილიკას“ დამატებით ბეტონის სიმტკიცე იზრდება 60 ± 150 მგპა-მდე, რის გამოც შესაძლებელია

კონსტანტინე იორდანიშვილი

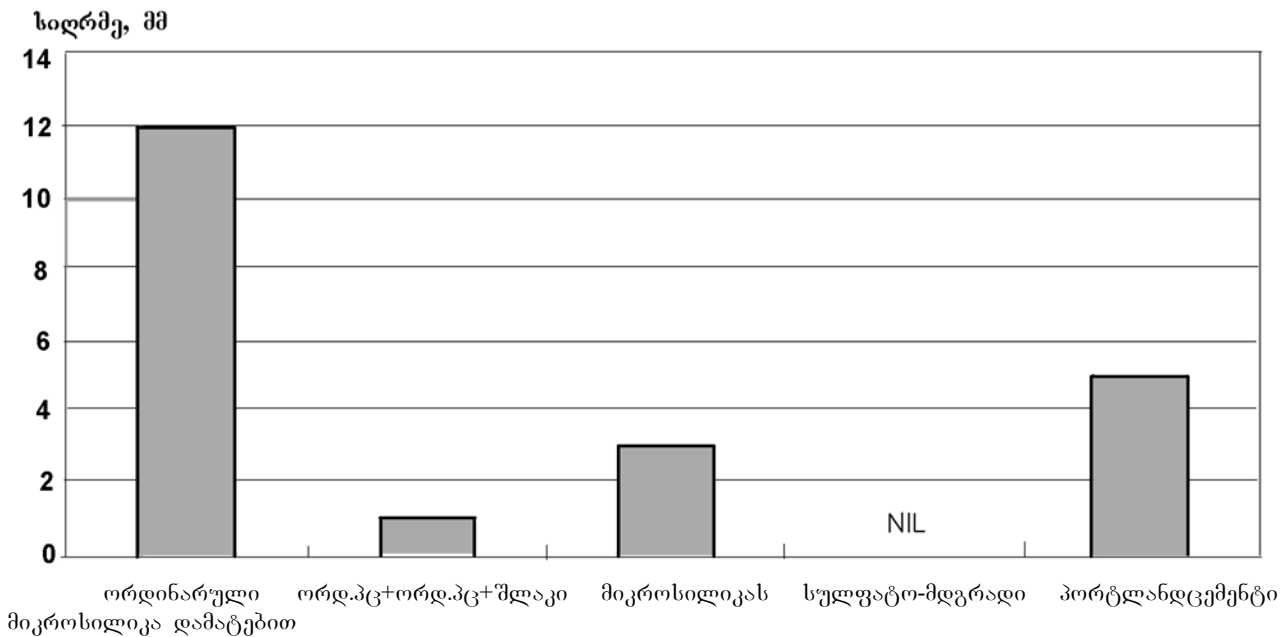
კონსტრუქციების სიმაღლის გაზრდა, სვეტების და გადახურვების კვეთების შემცირება, ხიდების მალეების კვეთების შემცირება, ხოლო მალეების სიგრძის გაზრდა. იზრდება მდგრადობა ფიზიკური დაზიანებების მიმართ. ბეტონში „მიკროსილიკას“ დამატებით ბეტონის ნარევის ექსპლუატაციური თვისებები უმჯობესდება: შეკუმშვის სიმკვრივე – $f_{ck} = 60$ მპა; გაჭიმვის სიმკვრივე – $f_{st} = 3.87$ მპა; წყალგამტარობა – 5 მმ; კონუსის ჯდენა – 175 ± 25 მმ. ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში სილიკანარევი ბეტონი გამოიყენება წყალ-

საგდების, ჰიდროელექტროსადგურების და სხვა მნიშვნელოვანი ობიექტების გასამაგრებლად. მისი გამოყენებით შესაძლებელია ბეტონის და არმატურის ეკონომია და, რაც მთავარია, ნაგებობის გამძლეობის, სიმტკიცის, ხანგრძლივობის გაზრდა. ჩვეულებრივი (ორდინარული – M-300) და სილიკანარევი ბეტონის (M-500, M-600, M-700) კომპრესიული სიმტკიცის მაჩვენებლები მოყვანილია ცხრ. 4-ში, ხოლო მისი წყლის გამტარუნარიანობა – ნახ. 1-ზე.

ცხრილი 3

„მიკროსილიკას“ სტანდარტები

ქვეყანა	აშშ	ნორვეგია	კანადა	ავსტრალია	ევროპა	საფრანგეთი	იაპონია	რუსეთი
	ASTMC	NS 3045	CSA	AS 3582	CENprEN	NFP	JIS	TY5743-048
	1240XX		A23 5-98		13263. 1999	18-902. 0992	A6207 2000	02495332-96
SiO ₂ %>	85,0	85,0		85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
SO ₃ %<			1	3	2	2,5	3	0,6
Cl%<					0,3	0,2	0,1	
CaO%<					1	1,2	1	3
MgO							5	
Si (free)%<					0,4		0,4	
ტუტეები						4		
ნახშირბადი						4		
ტენიანობა	3			2		1	3	10
დანაკარგები გახურებისას	6	5	6	6	4		5	3
კუთრი ფართობი, მ²	15	12			15-35	20-35	15	12
პუცოლანური აქტივობა	85%-7დლ	95%-28დლ	85%-7დლ		100%-28დლ		95%-7დლ	95
ნარჩენი 45 მკრ საცერზე	10		10					
სიმკვრივე, კგ/მ³						2100-2300		280-500
ავტოკლავური გამოკვლევა, % <			0,20%					
გამოკვლევა აქაფებაზე			ქაფი არ არის					



ნახ.1. წყლის გამტარუნარიანობის სტანდარტი DYN 1048

ცხრილი 4

ბეტონის კომპრესიული სიმტკიცის კვლევების შედეგები

ბეტონის კომპრესიული სიმტკიცე	M-300 ჩვეულებრივი	M-500 სილიკანარევი	M-600 სილიკანარევი	M-700 სილიკანარევი
3 დღის შემდეგ	20.89	29.33	43.29	51.16
7 დღის შემდეგ	28.13	43.82	56.49	60.85
28 დღის შემდეგ	35.73	56.18	68.23	75.40
3360 ბრუნვა/წუთში	6.26	3.06	2.88	2.75
1100 ბრუნვა/წუთში	1.33	1.10	1.05	0.94

საქართველოში, მიკროსილიკა “2008 წელს გამოყენებულ იქნა პირველად სიონის წყალსაცავის კაშხალზე ბეტონით მოპირკეთებული საფარის სარეაბილიტაციო სამუშაოებისათვის. ზემო სამგორის სარწყავი სისტემის ელემენტების სარეაბილიტაციო სამუშაოების ჩატარების დროს მიზანშეწონილად მიგვაჩნია „მიკროსილიკას“ გამოყენება ბეტონის არხებზე, წყალგამშვებებზე, გვირა-

ბებში, დიუკერებზე და სხვ. (ცხრ. 4).

მიუხედავად იმისა, რომ „მიკროსილიკას“ ღირებულება (1 ტ – 2600 ლარი) ~ 13-ჯერ მაღალია ცემენტის ღირებულებაზე (1 ტ – 200 ლარი), მისი გამოყენების ეკოლოგიური და ტექნოლოგიური უპირატესობა ბევრად აჭარბებს მასალების ღირებულების დანახარჯებს, თანაც მისი რაოდენობა ბეტონში 10-12%-ია.

შედეგები

ამრიგად, დემოგრაფიის და კაშხლების „დაძველების“ (დაბერების) საიმედოობის თეორიის გამოყენება სრულიად შესაძლებელია არხების შესწავლისათვის. არხების „დაძველების“ პროცესის ასეთი წარმოდგენა ხელს შეუწყობს ღონისძიებების დროულ დამუშა-

ვებას, რომლებიც შეაფერხებს „დაძველების“ (დაბერების) მექანიზმს და ამით გაზრდის არხების უმტყუნო ფუნქციონირების ხანგრძლივობას. მიკროსილიკიანი ბეტონი ხელსაყრელი მასალაა მაღალი ეროზიული მდგრადობის ჰიდროტექნიკური ნაგებობების

შესაქმნელად: არხების, სალექარის, კაშხლების ზედა ნაპირის, გვირაბების, დიუკერების, წყალსაშვის, ბეტონით მოპირკეთებული არხების ფერდების და სხვა მოპირკეთების

ასაგებად და სარეაბილიტაციო სამუშაოების ჩასატარებლად. „მიკროსილიკა“ ამაღლებს ბეტონის სიმტკიცეს და ახანგრძლივებს ნაგებობების ექსპლუატაციის ხანგრძლივობას.

ლიტერატურა

1. იორდანიშვილი კ., იორდანიშვილი ი., ჯუღელი ზ., ვართანოვი მ. სარწყავი მედიორაციის განვითარება საქართველოში, //„მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №1-3, თბილისი, 2006, გვ 134-140.
2. Эфрон Б. Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа. М.: Финансы и статистика, 1988.
3. იორდანიშვილი კ., კიკნაძე ხ. არხების საიმედოობის შეფასება დაძველების ინტენსივობის გათვალისწინებით. //წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის შრ. კრებული, №63, თბილისი, 2007, გვ 95-101.
4. ტულუში პ. მიწის კალაპოტიანი არხების მდგრადობის უზრუნველყოფა რთული რელიეფის პირობებში. //საქჰიდროეკოლოგიის შრომათა კრებული, თბილისი, 2001, გვ 209-212.
5. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. М.: Колос, 1974, 278 с.

**КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ ВНУТРИВОДОЕМНЫХ ПРОЦЕССОВ
ГОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ**

Иорданишвили И.К., Вартанов А.М., Вартанов М.В.

Email: *irinaord 48@ mail.ru*

Институт Водного Хозяйства
пр. И.Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Условия эксплуатации горных водохранилищ и их взаимодействие с окружающей средой показали значительные отличия горных водохранилищ от других водных объектов. Эти отличия, в основном, проявляются в ином генезисе гидрологических явлений, специфике их проявления, особенностях формирования водных масс и их динамики, а также в сложной взаимосвязи гидрологических природных процессов.

Именно эти условия определяют необходимость решения задач по развитию внутриводоемных процессов, среди которых проблема формирования волн, трансформация их в прибрежной зоне и возможные последствия их развития в условиях горных регионов является доминирующей [1, 2].

Водохранилища горных регионов существенно отличаются от других водоемов по характеру и интенсивности развития внутриводоемных процессов. Основные условия и факторы, обуславливающие это положение, могут быть сведены к следующему:

– относительно небольшие размеры акватории и объемы водных масс, создающие условия для быстрого возникновения, развития и затухания волн, что определяет значительную изменчивость параметров волн во времени, отсутствие зыби и сложность прогноза их развития;

– нестационарность уровенного режима

водоема, определяющая резкую изменчивость режима волнения во времени и циклическое перемещение границы трансформации волнового режима;

– резкая смена глубин в прибрежной зоне, определяющая интенсивность развития трансформации волн;

– специфика ветрового режима, определяющая изменчивость во времени и направлении основных характеристик волнения.

В области изучения гидравлики волн горных водохранилищ к настоящему времени накоплено много противоречивых решений. Распространены противоположные взгляды на природу самих процессов, нет единства в количественной оценке, определяющих факторов, растет число расчетных формул. Практически нет попыток синтеза накопленных знаний с применением компьютерных технологий. Между тем современный уровень развития науки уже требует такого решения проблем.

Решение проблемы дает системный анализ с применением метода экспертных оценок, методов факторного анализа, теории образов и корреляционного анализа [3].

Системная методология характеристики факторов, действующих на изменение элементов волновой гидравлики, включает их априорную оценку раздельного влияния факторов с учетом региональных особенностей водоемов [1, 2].

*) Проект выполнен с помощью финансовой поддержки национального научного фонда Грузии (проект №GNSF/STO7/5 – 205). В публикации освещенные проблемы принадлежат авторам и не отражают мнение национального научного фонда Грузии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

С начала XX столетия весьма интенсивно стала развиваться новая область статистических исследований – факторный анализ[4].

Исследование систем признаков, проведенное факторным анализом, позволяет вскрыть сущность сложного явления, определить взаимозависимые признаки от независимых, существенные от несущественных. Основное предположение факторного анализа можно сформулировать следующим образом: явления в определенной области исследований, несмотря на свою разнородность и изменчивость, могут быть описаны относительно небольшим числом функциональных единиц, параметров или факторов.

Метод факторного анализа предоставляет возможности выявить зависимости между признаками, установить их значимость, степень влияния на результаты наблюдений. Исследование данных методом факторного анализа предполагает изучение внутренней структуры корреляционных матриц. Оно позволяет выявить зависимости данных от некоторых латентных, скрытых факторов. Говоря формально, у нас есть (n) переменных (признаков) и (N) объектов исследования, которые мы можем представить в виде матрицы (X) из (N) строк и (n) столбцов:

$$X = \{ \{x_{ij}\} \}. \quad (1)$$

Цель факторного анализа представить (x_{ij}) через линейную комбинацию меньшего числа некоторых других переменных – факторов.

Приведем основные таксоны использования факторного анализа для расчета трансформации элементов ветровых волн на горных водохранилищах. Обозначим одну из них – высоту наката волны на откос через (X_9). Величина (X_9) зависит от многих факторов, которые не всегда можно учесть в связи с ограниченным количеством данных, неточности сведений и т.д.

Эту задачу можно решить имея банк данных о зависимости высоты наката волн h_{runup} (X_9) от следующих восьми переменных:¹ высо-

ты исходной волны – $X_1(h_d)$, крутизны откоса – $X_2(m)$, пологости волн – $(X_3)(\lambda_d/h_d)$, шероховатости и пористости откоса – $X_4(K_r)$, обеспеченности волн – $X_5(n\%)$, угла подхода волны к берегу – $X_6(\alpha)$, скорости ветра – $X_7(v_w)$, глубины на подходе к откосу – $X_8(d)$.

Задача о влиянии ряда факторов на изменение высоты наката волны на откосы была решена с помощью центроидного метода [4]. В геометрической интерпретации метод состоит в расчете центра масс векторов - строк матрицы и в последующем переносе в него начала координат системы векторов.

Процесс выделения факторов производится путем последовательных преобразований матрицы коэффициентов корреляции. Полученные факторные нагрузки имеют форму коэффициента и представляют собой меру, в соответствии с которой данный фактор зависит от соответствующей переменной.

Алгоритм расчета факторов центроидным методом

1. Производится расчет корреляционной матрицы размерности ($n \times n$):

$$R = \{ \{r_{ij}\} \}, \text{ где } r_{ij} = \frac{\text{cov}(x_i, x_j)}{\sqrt{\text{cov}(x_i, x_i) * \text{cov}(x_j, x_j)}}, \quad (2)$$

$$\text{cov}(x, y) = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

2. Проводится ее редукция:

$$r_{ii} = \left| \text{Max}_j \{r_{ji}\} \right|, \quad (3)$$

т.е. элементы на диагонали замещаются максимальными в столбце.

3. Считаются суммы по столбцам (без учета диагонали):

$$S_j = \sum_{\substack{i=1, \\ i \neq j}}^n r_{ij}. \quad (4)$$

4. Если не все суммы положительные, то переходим к п. 5 иначе к 6.

5. Обращаем знаки матрицы:

¹ Количество исходных факторов определено на основе метода экспертных оценок.

5.1 Ищем минимальную сумму столбцов:

$$S_m = \min \{ S_i \} \quad (5)$$

5.2 Если $S_m > 0$, то переходим к п. 6.

5.3 Изменяем значения S_i :

$$S_i = S_i - 2 * (-1)^{k_i} * r_{mi}, \quad \text{для } j \neq m$$

$$S_i = -r_{mi}, \quad \text{для } i = m$$

5.4. Увеличиваем счетчик изменений строки r_m :

$$k_m = k_m + 1, \quad (7)$$

5.5 Переходим к п. 5.1

6. Проводим расчет факторных нагрузок:

$$f_i = \frac{S_i}{\sqrt{\sum \sum r_{ij}}} \quad (8)$$

7. Обращаем знаки факторных нагрузок:

$$f_{ij} = (-1)^{k_j} f_{ij} \quad (9)$$

8. Вычитаем значение полученного фактора из матрицы:

$$x'_{ij} = x_{ij} - f_i \cdot f_j \quad (10)$$

9. Переходим к шагу 2, используя полученную матрицу $\{ \{x'_{ij}\} \}$.

Реализация алгоритма

Алгоритм факторного анализа был реализован в виде программы. Программа представляет собой приложение Microsoft Windows.

Интерфейс программы составлен из минимального количества кнопок:

“n” – открыть файл с исходными данными;

“>” – перейти к расчету следующего фактора;

“s” – сохранение расчетов для текущего фактора в файл.

В качестве формата файла для ввода/сохранения данных был выбран формат CSV (comma delimited values), поскольку этот формат поддерживается программой Microsoft Excel, в которой могут быть обработаны как исходные данные, так и результаты.

Программа дает возможность получить как итоговые расчеты, так и промежуточные. В таблице 1 представлена редуцированная корреляционная матрица первого шага алгоритма,

суммы столбцов полученные в ходе изменения знаков матрицы и итоговые факторные нагрузки.

В ходе работы алгоритм был применен к собранному (99) данным о высоте наката волны. Из этих данных построена таблица, состоящая из 99 строк и 9 столбцов, была рассчитана корреляционная матрица R (табл. 2).

В полученной редуцированной корреляционной матрице число столбцов определяет, сколько общих факторов необходимо для отражения всех корреляций между переменными изучаемой серии, а каковы нагрузки каждого фактора для разных переменных (нагрузки всех факторов для одной переменной) – определяют строки факторной матрицы. Затем устанавливается природа полученных факторов с использованием всех сведений о переменных, подвергшихся факторному анализу.

На практике при инженерных расчетах не всегда есть возможность учесть влияние всех вышеперечисленных факторов. Достаточно иметь набор первых трех – четырех активных факторов, чтобы с точностью, достаточной для практики рассчитать величину высоты наката волн.

Количество активных факторов определено по формуле Терстоуна:

$$m = \frac{2n + 1 - \sqrt{8n + 1}}{2}, \quad (11)$$

где n – общее число действующих факторов.

В нашем случае количество активных факторов равно: $m = \frac{2 \cdot 8 + 1 - \sqrt{8 \cdot 8 + 1}}{2} \approx 4$

После проведенных операций окончательная факторная матрица восьми действующих факторов имеет вид (таблица 3).

Из факторной матрицы (таблица 3) видно, что все четыре теста практически характеризуются наибольшими нагрузками четвертого фактора (K_4). Т.е. первая нагрузка – от шероховатости поверхности откоса (K_1), вторая – от высоты исходной волны (h_d), третья – от крутизны откоса (m), четвертая – от пологости волны (λ_d/h_d), (таблица 4).

Таблица 1

Программа факторного анализа высоты наката волны на откос (интерфейс)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	
1	0,543	-0,194	0,005	-0,067	0,111	-0,091	0,215	0,096	0,543	
2	-0,194	0,447	-0,32	0,224	-0,122	0,262	-0,121	0,143	-0,447	
3	0,005	-0,32	0,422	-0,422	-0,168	0,01	-0,081	-0,274	0,163	
4	-0,067	0,224	-0,422	0,422	-0,049	0,069	-0,271	0,296	0,244	
5	0,111	-0,122	-0,168	-0,049	0,168	-0,103	0,152	-0,137	-0,103	
6	-0,091	0,262	0,01	0,069	-0,103	0,371	-0,042	-0,371	-0,163	
7	0,215	-0,121	-0,081	-0,271	0,152	-0,042	0,271	-0,044	0,032	
8	0,096	0,143	-0,274	0,296	-0,137	-0,371	-0,044	0,371	0,145	
9	0,543	-0,447	0,163	0,244	-0,103	-0,163	0,032	0,145	0,543	
Sum(X)	0,618	-0,576	-1,087	0,023	-0,419	-0,429	-0,16	-0,146	0,413	-1,7629411
Col3	0,607	0,064	1,087	0,867	-0,082	-0,449	0,002	0,402	0,086	2,58551449
Col6	0,789	-0,46	1,106	0,73	0,123	0,449	0,087	1,144	0,412	4,37991439
Col2	1,178	0,46	0,466	0,282	0,368	0,973	0,329	0,858	1,307	6,22189824
factor	0,55	-0,29	-0,284	0,225	0,172	-0,43	0,192	0,393	0,591	1,11887768

Таблица 2

Исходная корреляционная матрица

Тесты	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
X ₁	1	-0.194	0.005	-0.067	0.111	-0.091	0.215	0.096	0.543
X ₂	-0.194	1	-0.32	0.224	-0.122	0.262	-0.121	0.143	-0.447
X ₃	0.005	-0.32	1	-0.422	-0.168	0.01	-0.081	-0.274	0.163
X ₄	-0.067	0.224	-0.422	1	-0.049	0.069	-0.271	0.296	0.244
X ₅	0.111	-0.122	-0.168	-0.049	1	-0.103	0.152	-0.137	-0.103
X ₆	-0.091	0.262	0.01	0.069	-0.103	1	-0.042	-0.371	-0.163
X ₇	0.215	-0.121	-0.081	-0.271	0.152	-0.042	1	-0.044	0.032
X ₈	0.096	0.143	-0.274	0.296	-0.137	-0.371	-0.044	1	0.145
X ₉	0.543	-0.447	0.163	0.244	-0.103	-0.163	0.032	0.145	1

Таблица 3

Окончательная факторная матрица всех восьми действующих факторов

Факторы	Нагрузки действующих факторов								
	$h_d(X_1)$	$m(X_2)$	$\lambda_d/h_d(X_3)$	$K_r(X_4)$	$n_0(X_5)$	$\alpha(X_6)$	$v_w(X_7)$	$d(X_8)$	$h_{run}(X_9)$
F1	0,55	-0,29	-0,284	0,225	0,172	-0,43	0,192	0,393	0,591
F2	-0,382	0,523	-0,491	0,481	-0,111	-0,075	-0,307	0,509	-0,296
F3	0,266	0,084	0,156	0,33	-0,42	0,2	-0,269	0,122	0,515
F4	0,189	0,39	-0,479	0,17	0,23	0,435	0,155	-0,215	-0,192

КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ ВНУТРИВОДОЕМНЫХ ПРОЦЕССОВ ГОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Таблица 4

Действующие факторы на величину
наката волн, расположенных
в порядке их значимости

Порядок значимости	Действующие факторы
1	Шероховатость и пористость откоса - K_r
2	Исходная высота волны - h_d
3	Крутизна откоса - $m = \text{ctg}\alpha$
4	Пологость волны - λ_d/h_d
5	Обеспеченность волн - $n_{\%}$
6	Угол подхода волн к берегу - α
7	Скорость ветра - v_w
8	Глубина на подходе к откосу - d

Выборка активных факторов для остальных элементов волн, трансформирующихся на склонах, аналогичная результату компьютерных расчетов, будут приведена в дальнейших наших исследованиях. Следует отметить, что факторный анализ – качественный и не дает количественной оценки каждого действующего фактора.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в прибрежной зоне для прогноза высоты наката волн на откосы горных водохранилищ набор учитываемых факторов ограничивается четырьмя активными факторами: шероховатостью поверхности откоса, величиной исходной высоты волны, крутизной от-

коса и пологостью волны.

Решение поставленной задачи получено использованием компьютерной программы с приложением Microsoft Windows. Аналогично можно выполнить ранжирование факторов других многофакторных процессов.

Литература

1. **Иорданишвили И.К.** Возможности оптимального использования системного анализа при изучении гидрологических процессов в горных водохранилищах. //Энергия, №1(13), 2000 , с.105 – 107.
2. **Иорданишвили И.К.** Системный подход к параметризации волновых процессов на горных водохранилищах. //Гидротехническое строи-
3. **Мирцхулава Ц.Е.** О возможности и перспективах системного анализа при оценке устойчивости почв и эрозии. //Доклады ВАСХНИЛ, № 12, М.,1975.
4. **Окунь Я.** Факторный анализ. М., Статистика, 1976.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФАСОННЫХ МАССИВОВ НА РАЗМЫВАЕМЫХ БЕРЕГАХ АДЖАРИИ

Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т., Хосрошвили Е.З., Джавахишвили Л.Г.

Email: irinaior48@mail.ru

Институт Водного Хозяйства
пр. И.Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

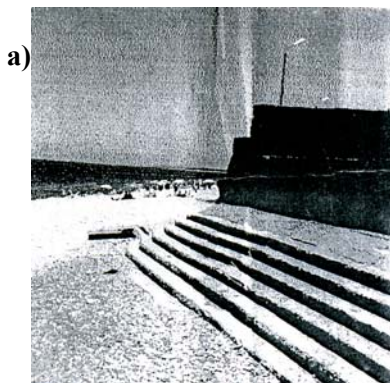
Укрепленное в середине прошлого столетия различными типами берегозащитных сооружений побережье Аджарии, которое славится прекрасными пляжами и субтропическим климатом и привлекает все большее количество отдыхающих - в плачевном состоянии, рис.1. В районе размываемой морем окраины Батумского порта проводится отсыпка пляжного материала, которая носит разовый характер. Процессы размыва в районе дельты р. Чорохи усилились в связи с созданием каскада водохранилищ на территории Турции. По проведенным нами исследованиям объем снесенного рекой Чорохи наносов составляет 1,06 млн м³/год (до возведения каскада турецких водохранилищ сносилось наносов 5,3 млн м³/год). Понятно,

что этим вызван дефицит наносов и море размывает берег. Поэтому исследование возможности эффективного использования различных типов берегозащиты и их применимость к специфическим условиям Аджарского побережья - весьма важно. Известные берегоукрепительные сооружения, расположенные в приглубых берегах, где высота волн достигает до 10 м, представляют собой мощные устойчивые конструкции из различных типов фигурных массивов, эти сооружения, как правило, имеют вес 0,5-50 т. Такие конструкции откосных креплений выполняют, как волногасящую роль, так и облегчающую технологическую задачу сборки сооружения; они изготавливаются на берегу или в заводских условиях.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Фигурные массивы, широко применяемые при возведении волногасящих берм (в приустьевой зоне), покрытий откосов гидротехниче-

ских сооружений, молов, портовых волноломов и дамб можно подразделить на типы, рис. 2÷6, [1,2,3,4].



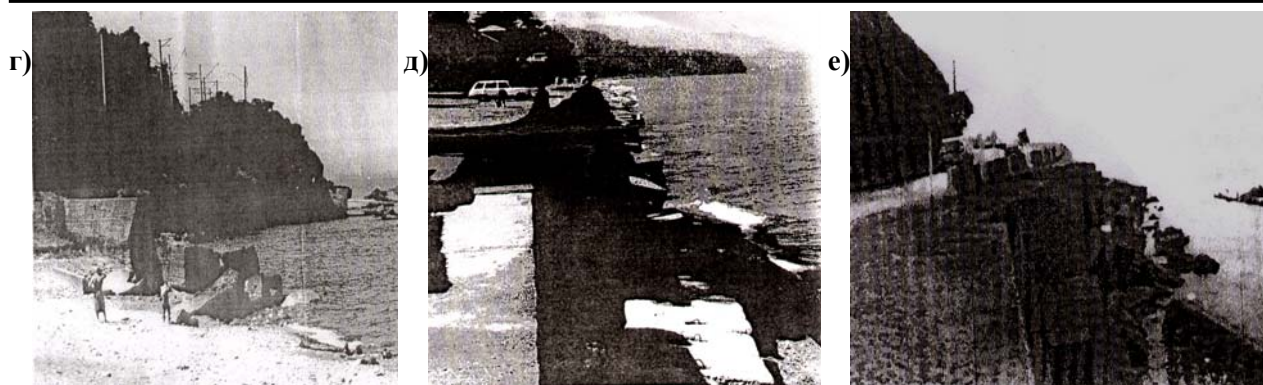


Рис.1. Берегозащитные сооружения в приморской зоне Аджарии

а) ступенчатая бетонная стенка перед вертикальной стеной (Кобулет); б) сплошные наклоненные бетонные полузанесенные блоки (Бобоквати); в) криволинейная сплошная стена (Бобоквати); г) сплошная криволинейная стена (Цихис-дзири); д) сплошная бетонная вертикальная стена перед бетонными кубами (Букнари); е) вертикальная бетонная стена перед наброской из бетонных полузатопленных блоков (Зеленый мыс).

1. Волнозащитные покрытия в виде массивов – "коб", гексалеги, трибари, трилеги, тетраподы, стабиты, долосы, свиблоки – укладываются на каменную наброску, верхний слой которой выполняется из камней таких размеров, чтобы они не вымывались через отверстия в массивах;
2. Дамбы в виде массивов – куб, тетраэдр, гексалеги и др.;
3. Волноломы и молы в виде массивов – гексалеги, тетраэдрон, эро-джек-массив, стапод, трибар и др.;
4. Буны в виде массивов-гексалеги, стабит, эро-джек массив;
5. Стены и бермы в виде массивов, укладываемых на абразионные берега – гексалеги, тетраэдрон, стабит, тетрапод, дипод и др.;
6. Берегозащитные стенки в виде массивов-триуны, салеги, тетраподы, уложенные встык и внахлестку.

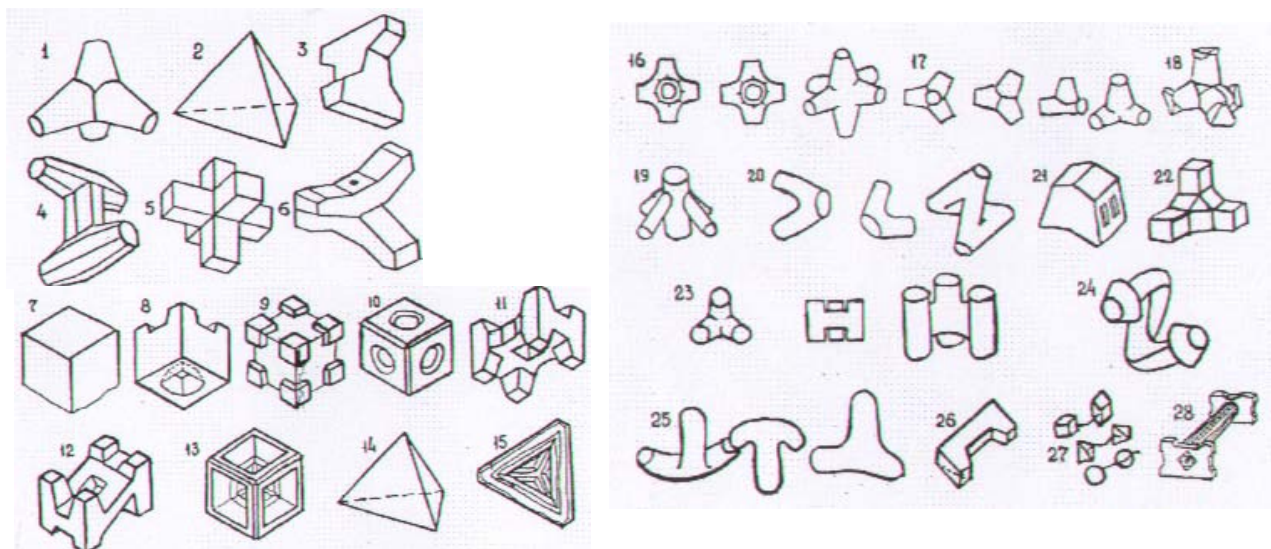


Рис. 2. Основные типы фигурных массивов

- 1 – тетрапод; 2 – тетраэдр; 3 – дипод; 4 – долос; 5 – гексалеги; 6 – тип МЦ; 7 – кубус;
8 – модифицированный кубус; 9 – блок ВНЗ; 10 – столбик; 11 – Н-образный блок;
12 – И-образный блок; 13 – КОБ; 14 – тетраэдр; 15 – пустотелый тетраэдр; 16 – гексапод;
17 – квадрипод; 18 – стаилопод; 19 – стапод; 20 – стабит; 21 – свиблок; 22 – трипод; 23 – трибар; 24 – динозавр; 25 – "артилис"; 26 – П-блок; 27 – связанные блоки; 28 – гантеллообразный блок

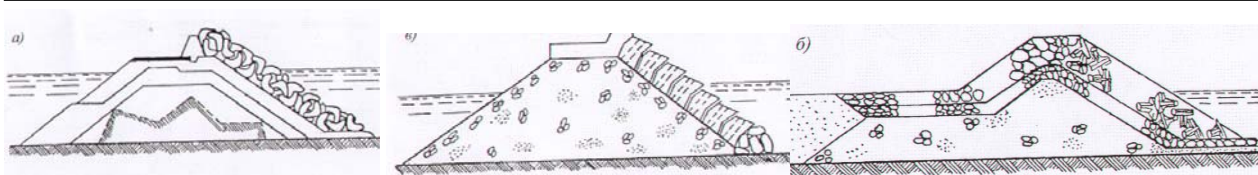


Рис. 3. Волнозащитные покрытия откосов оградительных сооружений
а – покрытие из стабитов; б – покрытие долосов; в – покрытие из свиблоков

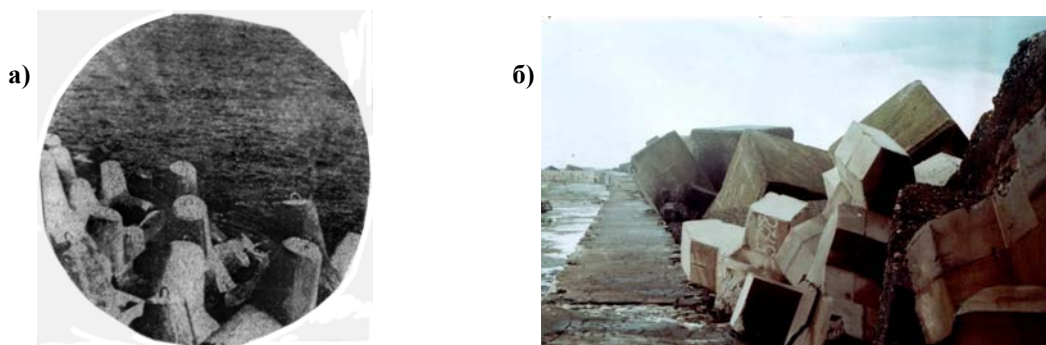


Рис. 4. Наброска из тетраподов на откосе мола
а – Калифорния; б – Потийский порт (Грузия)

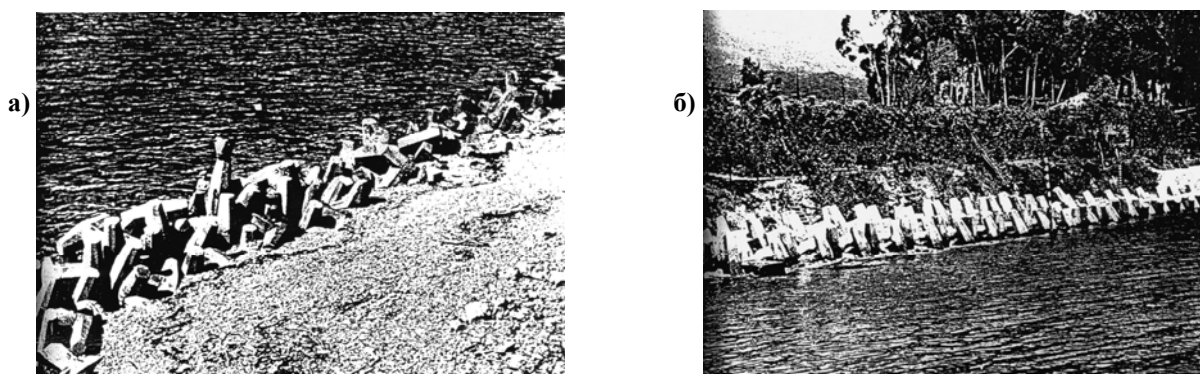


Рис. 5. Защита абразионного берега от размыва с помощью наброски (а)
и специальной укладки долосов (б), (Россия)

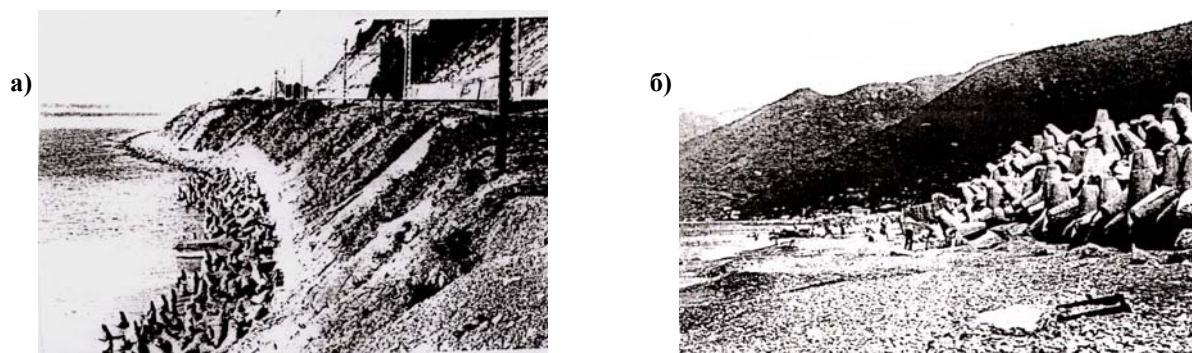


Рис. 6. Защита подпорной стенки наброской из тетраподов (Россия)

Одно бесспорно-фигурные массивы в морской берегозащите – практически не имеют конкурентов. Кавказское побережье (в районах Пицунда и объектов железнодорожного полотна севернее дельты р.Ингури), укрепленное

различными типами фигурных массивов в середине прошлого столетия –надежно защищено от воздействия волн и ныне. На Грузинском побережье лишь Потийский портовой мол защищен наброской из тетраподов (рис.4,б).

Основное достоинство фигурных массивов в практике морского берегоукрепления – способность их к хорошему взаимосцеплению и высокий эффект гашения энергии волн за счет большого количества пустот. Расчет фасонных блоков для морской берегозащиты должен состоять из 2-х частей:

- 1) Подбор формы фасонных блоков, способных обеспечить максимальное волногашение;
- 2) Расчет массы блока, способного противостоять выворачивающему и перемещающему воздействию волн.

1) Подбор формы фасонных блоков

На основе анализа существующих немногочисленных проработок по выявлению эффективности различных типов фасонных блоков нами выбран тип «тетрапод», рис.7. Для выявления наиболее эффективного типа фасонных блоков необходимо проведение специальных лабораторных исследований с учетом особенностей берегового склона и гидродинамической обстановки региона, что и намечено авторами данной работы.

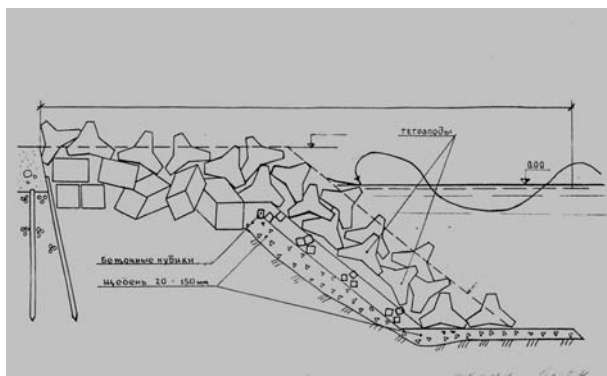


Рис. 7. Схема обрушения морских волн на откос укрепленный тетраподами

Основные задачи защиты особо опасного абразионного морского побережья Аджарии основываются на уменьшении волновых нагрузок и величины высоты наката волн на береговой откос. Для прогнозирования волновых нагрузок и величины высоты наката волн на укрепленный откос принимается наиболее неблагоприятная для этого региона ситуация [5]: угол между направлением фронта волн и берегом $\beta = 90^\circ$; коэффициент 0,1%-ой обеспеченности высот волн $K_i = 1,1$; заложение волно-

опасного укрепляемого откоса $\alpha = 2^\circ \div 5^\circ$ ($\text{ctg}\alpha = 30 \div 10$); максимальная скорость ветра наблюдаемая в расчетном регионе – $w = 20$ м/сек; расчетная пологость волн $\lambda/h = 10$; максимальная высота волн $h_{\text{max}} = 10$ м.

Правильно подобранный тип фасонных блоков способствует резкому увеличению "тормозного эффекта" трансформирующихся на откосе волн в результате чего волны, достигнув более раннюю критическую высоту, обрушиваются на берегу. Теоретическая задача определения эффективности таких фасонных блоков с максимальным волногашением основывается на прогнозировании высоты наката и нагона волн на укрепленный фасонными блоками откос берега.

Прогнозирование верхней границы отсыпки производится с учетом величины высоты наката волн на откосы, укрепленные фигурными массивами в виде долов для наиболее неблагоприятной (аварийной) ситуации. На основании ряда существующих исследований, а также ранних проработок авторов данной работы установлена зависимость вида:

$$h_{\text{runup}}^{\text{temp}} = k_{\text{temp}} \cdot k_w \cdot k_{\text{runup}}^{\text{ГЛ}} \cdot h_{0.1\%} \quad (1)$$

где $k_{\text{temp}} = 0.7$ (коэффициент формы тетрапода); $k_w = 1.5$ (коэффициент, зависящий от скорости ветра и заложения откоса); $k_{\text{runup}}^{\text{ГЛ}} = 2.5$ (коэффициент, зависящий от высоты наката волн на откос). Тогда высота наката волн на укрепленный тетраподами откос будет:

$$h_{\text{runup}}^{\text{temp}} = 0.7 \cdot 1.5 \cdot 0.5 \cdot h_{0.1\%} \approx 5 \text{ м}.$$

Расчет верхней и нижней границы отсыпки

На основе анализа многолетних исследований по размыву откосов для практических расчетов можно принять значение нижней (a_2) и верхней (a_1) границы отсыпки для откосов из несвязных грунтов:

$$a_2 = 0.03(h\lambda/d^{1/2})^{2/3}, \quad a_1 = 0.5h, \quad (2)$$

где d – диаметр частиц размываемого откоса.

Для **связных** грунтов:

$$a_2 = 3.3h\varepsilon^{1/2}, \quad a_1 = 0.5h, \quad (3)$$

где ε – коэффициент пористости размываемого откоса.

Если принять во внимание, что максимальные значения расчетных волновых параметров у Черноморских берегов Колхиды $h = 10$ м, $\lambda = 70$ м, тогда **на связных** грунтах ($d = 0,5-1,5$ мм, $\varepsilon = 0,7$) нижняя граница отсыпки фасонных блоков равна $a_2 = 3,3 \cdot 10 \cdot 0,7^{1/2} \approx 2,8$ м; верхняя граница отсыпки фасонных блоков $a_1 = 0,5h$, т.е. $a_1 = 5$ м. **На несвязных** грунтах ($d = 0,1-4,0$ мм) нижняя граница (a_2) отсыпки фасонных блоков будет:

$$a_2 = 0.03 \left(\frac{10 \cdot 70}{0.004^{1/2}} \right)^{2/3} = 13.5 \text{ м.}$$

2) Расчет массы фасонного блока крепления

Расчет производится на основе стабилизирующих и возбуждающих факторов с использованием теории подобия при принятых определяющих параметрах: m – масса элемента крепления; ρ_m – плотность материала блока; φ – угол заложения откоса; h – высота волны; λ – длина волны; θ – угол подхода волн к сооружению (в радианах); $\rho = 1.012$ т/м³ плотность черноморской воды; g – ускорение свободного падения; μ – кинематическая вязкость воды, рис.8.

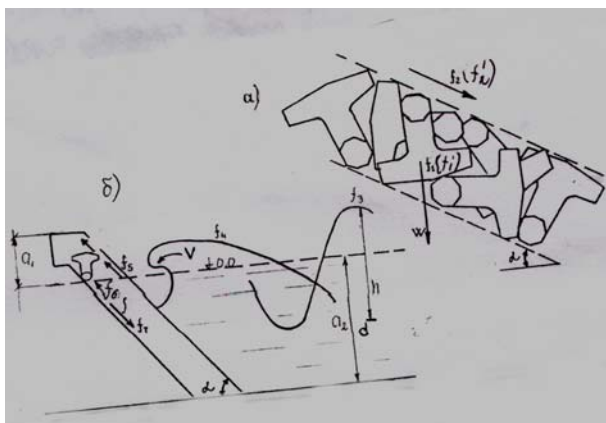


Рис.8 Факторы, определяющие устойчивость конструкции из фигурных массивов.

а) стабилизирующие факторы: $f_1(f_1')$ – фактор от веса блока соответственно при скате и накате волн; $f_2(f_2')$ – фактор от

защемления блоков соответственно при скате и накате волн; б) возбуждающие факторы: f_3 – факторы от волнового воздействия $\left(h, \lambda, t, \frac{h}{\lambda}\right)$; f_4 – фактор от скорости набегающих волн на поверхность блоков; f_5 – фактор формы блока; f_6 – скорость наката на защитном подстилающем слое; f_7 – скорость ската на защитном подстилающем слое.

Система определяющих параметров записывается в виде:

$$f(m, \rho_m, \rho, \varphi, h, \lambda, \theta, g, \mu) = 0, \quad (4)$$

Если параметры представить в безразмерном виде:

$$\frac{m}{\rho_m h^3}, \operatorname{ctg} \varphi, \frac{\rho_m}{\rho}, \frac{h}{\lambda}, \theta, \frac{h^2}{(\lambda/g)^{0.5} \mu}, \quad (5)$$

то с учетом безразмерных параметров уравнение (4) можно переписать в виде:

$$f\left(\frac{m}{\rho_m h^3}, \operatorname{ctg} \varphi, \frac{\rho_m}{\rho}, \frac{h}{\lambda}, \theta, \frac{h^2}{(\lambda/g)^{0.5} \mu}\right) = 0. \quad (6)$$

Число безразмерных параметров в (6) может быть сокращено до четырех, т.к. можно пренебречь слабым влиянием кинематической вязкости, а направление распространения волн принимается по нормали к откосу. С учетом этих ограничений:

$$f\left(\frac{m}{\rho_m h^3}, \operatorname{ctg} \varphi, \frac{\rho_m}{\rho}, \frac{h}{\lambda}\right) = 0, \quad (7)$$

или в адекватной форме:

$$\frac{m}{\rho_m h^3} = f\left(\operatorname{ctg} \varphi, \frac{\rho_m}{\rho}, \frac{h}{\lambda}\right) = 0. \quad (8)$$

Использование условия разделения переменных $\frac{\rho_m}{\rho}, \operatorname{ctg} \varphi, h/\lambda$ приводит к конкретизации уравнения (8):

$$\frac{m}{\rho_m h^3} = f_1\left(\frac{\rho_m}{\rho}\right) \cdot f_2\left(\operatorname{ctg} \varphi, \frac{h}{\lambda}\right), \quad (9)$$

откуда:

$$\psi = \frac{m}{\rho_m \cdot f_1\left(\frac{\rho_m}{\rho}\right)} = f_2\left(\operatorname{ctg} \varphi, \frac{h}{\lambda}\right) h^3. \quad (10)$$

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФАСОННЫХ МАССИВОВ НА РАЗМЫВАЕМЫХ БЕРЕГАХ АДЖАРИИ

Следовательно, масса элемента крепления зависит от угла заложения откоса (φ), высоты (h) и крутизны волн (h/λ). Тот же методический подход реализован в ВСН 98-64, СНиП 2.06.04.82: масса элемента крепления зависит от угла заложения откоса (φ) и от крутизны волны (h/λ); в нормах проектирования США указана зависимость массы элемента крепления только от высоты волны (h), [6]. Следовательно, задача определения массы элемента крепления сводится к нахождению функции $f_2\left(\operatorname{ctg} \varphi, \frac{h}{\lambda}\right) h^3$. Достаточно апробированную зависимость по определению массы элементов крепления [6], если учесть величину плотности воды Черного моря $\rho = 1.02 \text{ т/м}^3$, можно привести к виду:

$$m \approx \frac{a \rho_m h_{1\%}^3}{(\rho_m - 1.02)^3 \operatorname{ctg} \varphi} \sqrt{\frac{\lambda_{1\%}}{h_{1\%}}}. \quad (11)$$

Соотношение (11) можно представить в виде:

$$\frac{m \operatorname{ctg} \varphi}{h^3} = a_s \left(\frac{\lambda_{1\%}}{h_{1\%}} \right)^{0.5}, \quad (12)$$

откуда:

$$a_s = \frac{m \operatorname{ctg} \varphi}{h_{1\%}^3} \sqrt{\frac{h_{0\%}}{h_{1\%}}}. \quad (13)$$

Подставив значение (m) по формуле (12) в выражение (13) и, произведя преобразования в

пределах изменения функции, имеем:

$$a = \frac{a_s (\rho_m - 1.02)^3}{\rho_m} = 0,0165, \quad (14)$$

откуда

$$a_s = \frac{a \cdot \rho_m}{(\rho_m - 1.02)^3} = \frac{0,0165 \rho_m}{(\rho_m - 1.02)^3}. \quad (15)$$

Таким образом, значения коэффициента (a) в формуле (14), определенные для камней и долосов, почти совпадают, что подтверждает универсальный характер формулы (11) и ее можно представить в виде:

$$m = \frac{0,0165 \rho_m h_{1\%}^3}{(\rho_m - 1.02)^3 \operatorname{ctg} \varphi} \sqrt{\frac{\lambda_{1\%}}{h_{1\%}}}. \quad (16)$$

Так, в случае крепления откоса типа "Макафер", примененного на Сионской плотине, при плотности камней в "Макафере" $\rho_m = 2,7 \text{ т/м}^3$, с учетом (4) имеем:

$$a_s = \frac{0,0165 \cdot 2,7}{(2,7 - 1.02)^3} = 0.0091.$$

Аналогично рассчитаем значение (a_s) для фасонных бетонных блоков (долосов) с верхней оценкой $a = 0,02$ при $\rho_m = 2,3 \text{ т/м}^3$:

$$a_s = \frac{0,02 \cdot (2,3 - 1)^3}{2,3} = 0.0191.$$

Значение $a = 0,02$ принято по табл. 1 для сооружений с покрытием из долосов.

Таблица 1

Данные по подбору массы (m) элементов откосных ограждающих сооружений, укрепленными фасонными блоками в виде долосов, тетраподов, трибаров, стебидов, макафера

	Место/тип ограждения	Фактические значения								Расчетные значения т, т		
		$D_{м},$ м	$h, \text{ м}$	$\lambda, \text{ м}$	$\sqrt{\frac{\lambda}{h}}$	$\operatorname{ctg} \varphi$	$m, \text{ т}$	a_s	K_{tr}	СНиП 2.06.04.82		Ф-ла (16)
										n_{pu} $h=h_{2\%}$	n_{pu} $h=h_{1\%}$	n_{pu} $h=h_{1\%}$
1	Гумбольт (США) /долос	14,0	12,2	244	4,47	4,0	43,0	0,021	0,008	25	31	41
2	Ричард-Бей (ЮАР) /долос	17,9	9,0	134	3,86	2,0	30,0	0,021	0,008	23	29	29
3	Хей-Пойнт (Австралия) /долос	10,0	6,1	90	3,84	2,0	10,0	0,023	0,008	7	9	9
4	Мина-Райсун (Оман) /долос	13,0	7,0	140	4,47	1,5	20,0	0,020	0,008	18	22	21
5	Гансбей (ЮАР) /долос	11,8	6,0	153	5,05	1,5	13,5	0,019	0,008	13	16	15
6	Тейбл-Бей (ЮАР) /долос	8,8	4,5	130	5,38	1,5	6,0	0,018	0,008	6	7	7
7	Кришент-Сити (США) /тетрапод						25,0			20	22	24
8	Гавайа /трибар						17,8			14	16	17
9	Англия /стебид						25,0			10	23	24
10	Сионское в-ще (Грузия) /макафер	0,2	1,0	6,0	2,45	2,1	0,008	0,0091				0,008÷0,01

Результаты сравнения значений массы элементов крепления, рассчитанных по формуле СНиП 22.06.04.82 при $h=h_{1\%}$, по формуле (16) и по фактическим сооружениям, показали завы-

шенные значения фактических данных (табл.1). Очевидно, это и являлось причиной безотказной работы существующих сооружений.

ВЫВОДЫ

Предлагаемые расчетные зависимости для назначения параметров фасонных блоков (диаметр и их масса) на размываемых берегах Аджарии находятся в соответствии с параметрами элементов крепления существующих безотказно работающих сооружений, а по нормативным зависимостям – параметры наброски (диаметр и

масса) – значительно занижены. Очевидно, это и являлось причиной повреждений многих откосных креплений, в которых значения массы элементов крепления были недостаточны для противостояния от вырывающего, выворачивающего и перемещающего воздействия волн.

Литература

1. Елисеев Д.А., Елисеев Г.И. Берегоукрепление из тетраподов в г. Ялта. //Транспортное строительство №5, 1968. с.34-36.
2. Оградительные сооружения зарубежных морских портов. М. Союзморниипроект 1969, 223с. (Обзор литературы).
3. Офицеров А.С. Серпуховитина Н.И. Устойчивость фасонных массивов в сооружениях, испытывающих волновые воздействия. //Тр. Водгео, вып. 60, 1976,с.117-123.
4. Bruun P. Design and construction of mounds for breakwaters and coastal protection. Elsevier. Ams.-Oxford-N.York-Tokyo, 1985.
5. Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т. Низкочастотные волны в Приколхидской зоне Черного моря. //Ж. «Экологические системы и приборы», №4, М., 2009, с.60-65.
6. Литвиненко Г.И., Стрекалов С.С. Расчет массы элементов крепления откосов оградительных сооружений морских берегов. М., //ГТС, №3, 2000, с. 18-22.

**ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
В ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ**

Иманов Ф.А., Раджабов Р.Ф.

E-mail: *farda@azdata.net* *rajabov_r_f@mail.ru*

Бакинский государственный университет
ул. З.Халилова 23, AZ 1148, г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

В гидрологии для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых обеспеченностей используются аналитические функции распределения вероятностей. Гидрологи называют их аналитическими кривыми обеспеченностей. В бывшем СССР и в настоящее время в России для строительного проектирования рекомендуются кривые обеспеченности Крицкого-Менкеля [Определения..., 2004]. Другие кривые обеспеченности допускается использовать только при надлежащем обосновании. Грузинские ученые Г.Г. Сванидзе и Г.Л. Григолия рекомендуют использовать кривые распределения Джонсона [Сванидзе и Григолия, 1973]. В западных странах в практических расчетах и научных исследованиях используются, в основном, кривые обеспеченности Пирсона III типа, логарифмически нормальные кривые и кривые обеспеченности Гумбеля. Кривые обеспеченности Крицкого-Менкеля там признание не получили.

После выбора типа аналитической кривой обеспеченности следующая важная задача - это

оценка выборочных параметров распределения. Для этой цели используются метод моментов, метод наибольшего правдоподобия и метод квантилей. В последние два десятилетия в западных странах для оценки параметров распределения используется новый метод L-моментов [Hosking, 1990; Hosking and Wallis, 2007].

Если уже известен тип аналитической кривой обеспеченности и рассчитаны параметры распределения, то необходимо выполнить оценку случайных погрешностей этих параметров. Формулы, используемые для этой цели в бывшем СССР и западных странах, отличаются.

Учитывая вышесказанное, в данной статье исследованы возможности лог-нормальных кривых обеспеченностей, L – метода и новых формул для оценки случайных погрешностей параметров распределения на примере годового стока взвешенных наносов притоков реки Куры выше Мингечаурского водохранилища в пределах Азербайджана.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МЕТОДОВ

Для вероятностного описания и расчета гидрологических величин, которым свойственна повышенная асимметрия, может быть применено лог-нормальное распределение. Подробное изложение теоретических основ и приемов практического использования этого закона распределения содержится в ряде работ [Алексеев, 1971; Блохинов, 1974; Рождественский, 1977 и др.]. Здесь же, лишь отметим, что

если значения исходного ряда $x_1, x_2, \dots, x_n$ имеет область изменения от 0 до $+\infty$ ($0 \leq x \leq +\infty$) (т.е. ряд заведомо асимметричен), то преобразованные значения $u = \ln x$ будут уже находиться в пределах от $-\infty$ до $+\infty$ ($-\infty < x < +\infty$), т.е. область существования будет приближаться к нормальному закону распределения.

Метод моментов, метод наибольшего правдоподобия и метод квантилей подробно

рассмотрены в специальной гидрологической литературе, посвященной статистическим методам [Chin 2007; Сикан, 2007; Шелутко, 1991 и др.]. Отметим, что в западных странах метод квантилей практически не применяется.

Ниже излагаются основы метода L-моментов.

Обычно гидрологические ряды наблюдений бывают короткими и поэтому их третий и более высокие моменты не оцениваются. По этой причине для оценки параметров распределений случайных величин разработан альтернативный метод, который называется методом L-моментов.

Вероятностно-весовой момент порядка $r(\beta_r)$ распределения определяется по формуле:

$$\beta_r = \int_{-\infty}^{+\infty} x [F_X(x)]^r f_X(x) dx, \quad (1)$$

здесь, F_X и f_X – соответственно интегральная (кумулятивная) функция распределения и плотность распределения вероятности случайной величины X .

L-моменты (λ_r) являются линейными комбинациями весовых моментов порядка $r(\beta_r)$. Первые четыре L-моменты рассчитываются по нижеприведенным формулам

$$\lambda_1 = \beta_0, \quad (2)$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0, \quad (3)$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0, \quad (4)$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0. \quad (5)$$

Поскольку вероятностно-весовые моменты и L-моменты гораздо менее чувствительны к имеющимся в ряду наблюдениям нескольким большим и малым значениям, то следовательно, при расчете моментов для оценки параметров распределения гидрологических величин предпочтительнее использование L-моментов.

Рассмотрим ряд (выборку) случайной величины X , длиной в N лет. Для оценки L-моментов распределения вероятностей вначале значения ряда располагаются в возрастающем порядке $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots x_N$, а потом определяются вероятностно – весовые моменты по формулам [Hosking and Wallis, 2007]:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (6)$$

$$b_1 = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=2}^N (i-1)x_i, \quad (7)$$

$$b_2 = \frac{1}{N(N-1)(N-2)} \sum_{i=3}^N (i-1)(i-2)x_i, \quad (8)$$

$$b_3 = \frac{1}{N(N-1)(N-2)(N-3)} \sum_{i=4}^N (i-1)(i-2)(i-3)x_i. \quad (9)$$

При оценке параметров аналитических кривых обеспеченностей гидрологических величин по методу L-моментов вначале оцениваются вероятностно – весовые моменты (b_0, b_1, b_2 и b_3), а потом L-моменты ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ и λ_4).

Как уже отмечалось, для описания многолетних колебаний годового стока взвешенных наносов правобережных притоков реки Куры в пределах Азербайджана использовалась лог-нормальная кривая обеспеченности. Известно, что эта кривая имеет два параметра – математическое ожидание (μ_y) и среднее квадратическое отклонение (σ_y) (где, $Y = \ln R$). Аналитические выражения первых двух L-моментов (λ_1 и λ_2) с этими параметрами приводятся ниже:

$$\lambda_1 = \exp\left(\mu_y + \frac{\sigma_y^2}{2}\right), \quad (10)$$

$$\lambda_2 = \exp\left(\mu_y + \frac{\sigma_y^2}{2}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma_y}{2}\right), \quad (11)$$

где, $\operatorname{erf}\left(\frac{\sigma_y}{2}\right)$ – функция ошибок, значения которой приводятся, например, в книге [David A.Chin (Chin, 2007)].

Практические расчеты проводятся по следующей последовательности:

1. По имеющемуся ряду наблюдения по уравнениям (6) и (7) определяются эмпирические значения вероятностно – весовых моментов b_0 и b_1 , соответственно.

2. Эти эмпирические значения вероятностно-весовых моментов приравниваются к их теоретическим значениям, т.е., $b_0 = \beta_0$ и $b_1 = \beta_1$.

3. По уравнениям (2) и (3) определяются значения первых двух L-моментов, т.е., λ_1 и λ_2 , соответственно.

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ

4. Используя выражение

$$\lambda_2 = \lambda_1 \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma_y}{2}\right), \quad (12)$$

находится значение σ_y .

5. Из уравнения (10) определяется значение μ_y .

В бывшем СССР случайные средние квадратические погрешности выборочных средних коэффициентов вариации и асимметрии определялись по нижеприведенным формулам, соответственно:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_Q}{\sqrt{n}}, \quad (13)$$

$$\sigma_{Cv} = \frac{Cv\sqrt{1+Cv^2}}{\sqrt{2n}}, \quad (14)$$

$$\sigma_{Cs} = \sqrt{\frac{6}{n}(1+6Cv^2+5Cv^4)}. \quad (15)$$

В США для оценки случайных погрешностей выборочных средних также используется формула (13). А случайные погрешности выбо-

рочных среднеквадратических отклонений (S_σ) и коэффициентов асимметрии (S_g) определяются по другим формулам:

$$S_\sigma = \sigma \sqrt{\frac{1+0.75g}{2n}}, \quad (16)$$

$$S_g = \left[10^{A-B\log_{10}(n/10)}\right]^{0.5}, \quad (17)$$

где, параметры A и B устанавливаются как

$$A = \begin{cases} -0.33 + 0.08|g|, & |g| \leq 0.90 \\ -0.52 + 0.30|g|, & |g| > 0.90 \end{cases} \quad (18)$$

и

$$B = \begin{cases} 0.94 - 0.26|g|, & |g| \leq 1.50 \\ 0.55, & |g| > 1.50 \end{cases}. \quad (19)$$

Из формул (14)–(19) видно, что σ_{Cv} и σ_{Cs} зависят от длины ряда и выборочной оценки коэффициента вариации, S_σ зависит еще и от коэффициента асимметрии (g), а S_g определяется по длине ряда и от коэффициента асимметрии.

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как уже отмечалось, выполнен статистический анализ рядов годового стока взвешенных наносов притоков реки Куры выше Мингечаурского водохранилища. Для аппроксимации эмпирических кривых обеспеченностей использовалось лог-нормальное распределение, так как исходные ряды характеризуются повышенной асимметрией.

Статистические параметры (среднее, коэффициенты вариации и асимметрии) исходных рядов рассчитаны двумя методами: методом моментов и методом L-моментов.

Всего для анализа привлекались данные по 28 гидрологическим пунктам. Для части из них значения статистических параметров приведены в табл. 1.

Таблица 1

Статистические параметры и их погрешности стока взвешенных наносов

№	Река, пункт	n, лет	Метод моментов							Погрешности (метод моментов)						Погрешности коэффициента асимметрии	
																Абсолютный	Относительный, %
			Ror	Cv	Cs	μ_γ	σ_γ	μ_γ	σ_γ	σ_{Ror}	σ_{Cv}	σ_{Cs}	E_Q	E_{Cv}	E_{Cs}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Кура-Хулуф	29	460	0,59	0,73	5,95	0,64	5,95	0,61	85,4	0,09	0,87	11,0	16,6	119	0,49	67,0
3	Агстафачай-Бархударлы	11	1,5	0,71	1,13	0,11	0,93	0,15	0,72	0,45	0,19	1,70	21,4	27,9	150	0,79	69,6
5	Гасансу-Цахкаван	15	0,11	0,83	0,79	-2,68	1,09	-2,63	0,87	0,03	0,20	1,73	21,4	24,7	218	0,63	79,9

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6	Товузчай-Берд	16	0,13	2,27	3,71	-3,39	1,68	-3,5	1,7	0,03	0,99	7,86	56,8	32,0	212	1,74	46,9
7	Ахынджачай-Айгедзор	12	0,58	0,77	0,83	-0,86	0,86	-0,88	0,82	0,17	0,20	1,78	22,2	27,2	213	0,69	83,0
8	Асрикчай-Асрикджардахан	14	0,12	0,73	0,87	-2,41	0,82	-2,41	0,75	0,03	0,17	1,55	19,5	24,9	178	0,66	75,2
9	Шамкирчай-Барсум	38	3,08	1,11	1,94	0,48	1,24	0,55	1,07	0,50	0,19	1,59	18,0	16,7	82,0	0,74	38,4
12	Гянджачай-Зурнабад	41	0,64	0,62	1,87	-0,65	0,75	-0,61	0,57	0,10	0,08	0,77	9,68	14,1	41,1	0,71	38,0
13	Зивланчай-Гедамыш	15	0,031	0,71	1,29	-3,7	0,69	-3,73	0,71	0,01	0,16	1,46	18,3	23,9	112,8	0,76	58,8
15	Дастафюрчай-Дастафюр	15	0,09	0,88	1,26	-2,89	1,16	-2,82	0,89	0,02	0,21	1,86	22,7	25,0	147,6	0,75	59,5
17	Ганых (Алазани)-Агричай	38	220	0,56	0,58	5,22	0,63	5,22	0,59	35,7	0,07	0,73	9,1	14,3	126,0	0,43	73,6
18	Белоканчай-Белокан	25	3,57	0,89	1,82	0,93	0,88	0,93	0,83	0,71	0,17	1,46	17,8	19,4	80,3	0,83	45,7
20	Курмухчай-Илису	22	10,5	0,76	1,26	1,95	1,13	2,07	0,75	2,24	0,14	1,29	16,2	20,0	102,6	0,67	52,9
21	Кунахайсу-Сарыбаш	23	0,89	0,86	1,08	-0,55	1,04	-0,51	0,89	0,19	0,17	1,46	17,9	20,1	135,2	0,61	56,2
22	Гамамчай-Илису	19	0,2	1,06	3,04	-2	0,99	-1,98	0,88	0,05	0,25	2,11	24,3	23,3	69,3	1,32	43,3
23	Агчай-Агчай	14	0,48	0,65	0,14	-1,13	1,2	-0,99	0,7	0,13	0,15	1,38	17,4	24,3	984	0,60	425
24	Агричай-Баш Дашагыл	29	5,30	0,82	2,25	1,38	0,8	1,39	0,74	0,98	0,14	1,23	15,2	17,7	54,6	0,89	39,6
26	Дамарчик-устье	40	2,93	0,84	1,72	0,75	0,83	0,74	0,82	0,46	0,12	1,08	13,3	15,2	62,6	0,68	39,5
27	Чходурмаз-устье	27	0,75	1,14	2,41	-0,76	1	-0,79	1	0,14	0,24	1,96	21,9	19,9	81,2	0,96	39,9
28	Кайнар-устье	27	0,67	0,12	1,58	-0,91	0,98	-0,96	1,05	0,13	0,02	0,49	2,31	14,4	31,1	0,72	45,7

Как следует из этой таблицы значения параметров исходных рядов (μ_y , σ_y), рассчитанные по методом моментов и L-моментов, достаточно близкие.

Оценка случайных погрешности коэффициентов асимметрии выполнена по формулам (15)

и (17) (табл. 1.).

На рис. 1 показан график связи между абсолютными случайными погрешностями коэффициента асимметрии, рассчитанные по этим формулам.

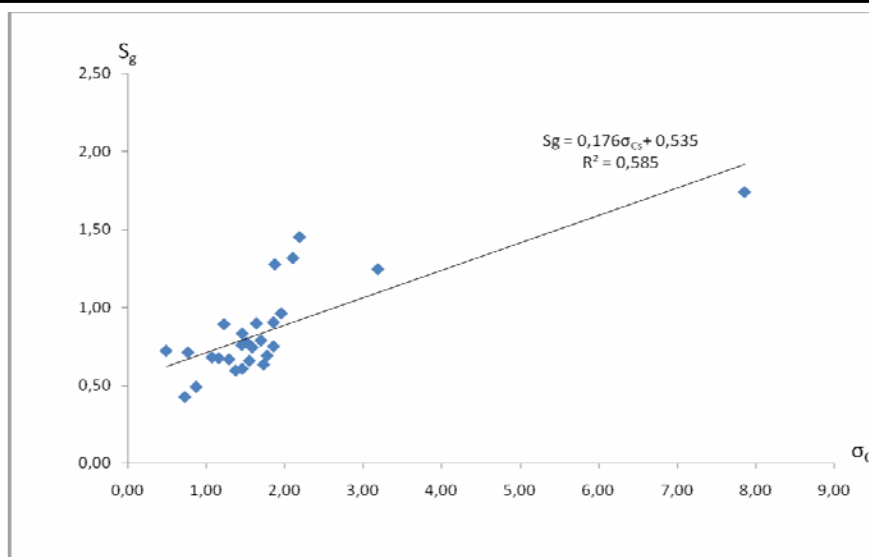


Рис. 1. Связь между абсолютными погрешностями коэффициентов асимметрии, вычисленные формулами (17) (S_g) и (15) (σ_{Cs})

По всех 28 рядам наблюдений средняя относительная ошибка коэффициента асимметрии, установленная по формуле (15) составляет 142%, а по формуле (17) 67,3%.

Таким образом, относительные случайные погрешности коэффициента асимметрии, установленные по формуле (17) почти в два раза меньше соответствующих значений, полученных по формуле (15). Это подтверждает ранее

полученные выводы Е.Г. Блохинова [Блохинов, 1974], А.В.Рожественского [Рожественский, 1977] и др. о том, что случайные погрешности оценок σ_{Cs} в действительности существенно меньше, чем их соответствующие значения, полученные по известной формуле (15) Крицкого-Менкеля.

ВЫВОДЫ

1. Для вероятностного описания многолетних колебаний гидрологических характеристик, в частности, взвешенного стока может быть применено лог-нормальное распределение.

2. Для оценки параметров распределения гидрологических величин по эмпирическим

данным может быть использован метод L-моментов.

3. Оценку погрешностей коэффициента асимметрии целесообразно производить по формуле (17), так как использование известной формулы (15), существенно завышает эти погрешности.

Литература

1. Определения основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003.-М.: Стройиздат, 2004. 72с.
2. Сванидзе Г.Г., Григолия Г.Л. О выборе подходящего закона распределения вероятностей для расчёта речного стока //Водные ресурсы, 1973, №6, с. 73-81.
3. Hosking J.R.M. L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. J.R.Statist.Soc. (1990), 52, N1, pp. 105-124/
4. Hosking J.R.M. and J.R.Wallis. Regional Frequency Analysis. Cambridge University Press, New York, 1997.
5. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей.

- Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 362 с.
6. **Блохинов Е.Г.** Распределение вероятностей величин речного стока. М.: Наука, 1974. – 170 с.
 7. **Рожественский А.В.** Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик.- Л.: Гидрометеиздат, 1977.-268с.
 8. **David A. Chin.** Water-resources Engineering (Second edition). Pearson education International, USA, New Jersey, 2006.- 572 pp.
 9. **Сикан А.В.** Статистические методы в гидрологии. СПб.: изд. РГГМУ, 2007, 279с.
 10. **Шелутко В.А.** Численные методы в гидрологии.- Л.: Гидрометеиздат, 1991.-238с.

**ქვათაცვენის მოვლენა ევრაზიის სატრანსპორტო ღერეშანში
და მისი საწინააღმდეგო საინჟინრო ღონისძიებების შერჩევა**

**ინგა ირემაშვილი, ირაკლი ფირცხალაიშვილი,
ხათუნა კიკნაძე, ფერიდე ლორთქიფანიძე**

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

შეშავალი

ბუნებათსარგებლობის მეცნიერებაში არსებულ პრობლემებს შორის განსაკუთრებით მწვავედ დგას ტერიტორიების გეოეკოლოგიური სიტუაციების შესწავლისა და პროგნოზის საკითხი. ბოლო პერიოდში გახშირებული ეგზოდინამიკური პროცესები, განსაკუთ-

რებით ქვათაცვენა, დიდი საშიშროების წინაშე აყენებს, როგორც ტერიტორიების, ასევე საინჟინრო ნაგებობათა მდგრადობას და ნორმალური ექსპლუატაციის შესაძლებლობას.

ძირითადი ნაწილი

ქვათაცვენა – მთის ლანდშაფტებში საავტომობილო და სარკინიგზო გზებისთვის მთავარი საშიშროებაა, გარდა იმისა, რომ მსხვილი, მეარდნი ბელტებისა და ბლოკების დიდი დამანგრეველი ძალის გამო იღუპებიან ადამიანები, ამასთანავე ის არის ეკონომიკური რისკის საფუძველი: მისი მიზეზით მრავალი დღის განმავლობაში შესაძლოა დაიკეტოს მთავარი სატრანსპორტო მარშრუტები, მუხრუჭდება ტვირთების გადამტანი მძიმეწონიანი ავტომანქანებისა და სხვადასხვა დანიშნულების მატარებლების მოძრაობა, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ევროპასა და აზიას შორის ტვირთების შეუფერხებელი გადაზიდვებისათვის.

ქვათაცვენა მიეკუთვნება გრავიტაციული გეოლოგიური მოვლენების ჯგუფს, მასში იგულისხმება ცალკეული ძირითადი ქანების ნატეხებისა და ლოდების უცარი მოწყვეტა ან ვარდნა. ასეთი პროცესები ძირითადად დამახასიათებელია ვერტიკალური ან მაღალი დახრილობის კუთხის მქონე ფერდობე-

ბისათვის, იქ სადაც დიდია მექანიკური გამოფიტვის პროცესი. ქვათაცვენის ჩამოყალიბებაზე უდიდეს გავლენას ახდენს ქანების ტექტონიკური და არატექტონიკური წარმოშობის ნაპრალოვნება. იმ შემთხვევებში, როდესაც ქანები გაშიშვლებებში დასერილია იშვიათი ნაპრალებით, ქვათაცვენის საშიშროების შეფასებისათვის ქანების ნაპრალოვნების დადგენა ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა. ქანების ნაპრალოვნების ხარისხის შესაფასებლად რეკომენდებულია კლასიფიკაცია, რომლის თანახმად გამოიყოფა ოთხი კატეგორიის ზონა ან უბანი:

1. ქანები მნიშვნელოვნად დამსხვრეული და ნაპრალოვანია – შეიმჩნევა საშუალოდ 5-8 მკვეთრად გამოხატული ნაპრალი ქანების გაშიშვლებული ზედაპირის 1მ სიმაღლეზე ან სიგრძეზე (ფოტო 1);

2. საშუალოდ ნაპრალოვანი ქანები – შეიმჩნევა 2-3 მკვეთრად გამოხატული ნაპრალი (ნაპრალების საშუალო სიხშირე) (ფოტო 2);

*) პროექტი განხორციელდა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (გრანტი №GNSF/STO9-977-5-250) ფინანსური მხარდაჭერით. წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული ნებისმიერი მოსაზრება ეკუთვნის ავტორს და შესაძლოა არ ასახავდეს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ინტერესებს.



ფოტო 1. რიკოთის უღელტეხილზე სოფ. შროშასთან



ფოტო 2. რიკოთის უღელტეხილზე სოფ. ვერტყვიჭალასთან

3. სუსტად ნაპრალოვანი ქანები – შეიმჩნევა 1-2 ნაპრალი ქანების გაშიშვლებული ზედაპირის 2-3 მ-ზე (ნაპრალების მცირე სიხშირე);

4. არანაპრალოვანი (მონოლითური) ქანები, როდესაც მკვეთრად გამოხატული ნაპრალები არ აღინიშნება. ასეთ უბნებზე ქვათაცვენა არ შეიმჩნევა.

ქვათაცვენის წარმოშობის 3 მიზეზი არსებობს: მექანიკური (მშენებლობა, მიწისძვრა, მძიმე ტექნიკის მოძრაობა, ცხოველების მოძრაობა), კლიმატური (თავსხმა წვიმები, ნაპრალებში წყლის გაყინვა საღამოს, მთის ქანების დაშლა ყინულის გაფართოებისას და მიყინული ქვების გამოდნობა ფერდობის მზით გახურებისას) და ბიოლოგიური (მცენარეთა ფესვებით).

ქვათაცვენა იწვება სხვადასხვა კლიმატური და ბიოლოგიური ფაქტორებიდან, რომლებიც იწვევს კლდეზე მოქმედი ძალების ცვალებადობას. ეს მოვლენა შეიძლება გამოიწვიოს ფორებში წნევის მომატებამ თავსხმა წვიმების, ცივი კლიმატის დროს, ყინვების, კლდის ქანობის ქიმიური დეგრადაციის, აგრეთვე მასზე არსებული მცენარეული საფარის ფესვების ზრდის, ძლიერი ქარების დროს მცენარეების ტანის ძვრადობის საფუძველზე წარმოშობილი ეროზიის შედეგად.

საგზაო და სარკინიგზო მშენებლობა ქვათაცვენის მექანიკური ინიცირების ყველაზე აქტიური საფუძველია და იგი 1-2-ჯერ სჭარბობს კლიმატური და ბიოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედებას.



ფოტო 3. რიკოთის უღელტეხილზე,
სოფ. უბისასთან

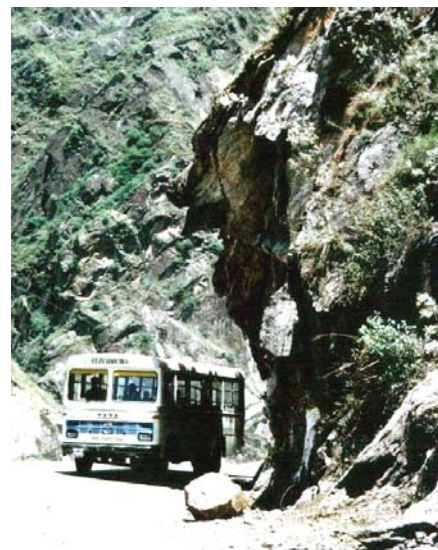


ფოტო 4. რიკოთის უღელტეხილზე,
სოფ. გედსამანიასთან

ქანის მოწყვეტისას დახრილ ზედაპირზე ვარდნის ტრაექტორიის მართვის არანაკლებ მნიშვნელოვანი ფაქტორია დახრის გეომეტრია. გრანიტის ფურცლოვანი ქანების შედგენილობის დახრილ ზედაპირზე დავარდნილ ქვას ისინი გადასცემენ პორიზონტალურ სიჩქარეს მას შემდეგ, რაც ის გადაახტება ქანობის ზედაპირის სკამური ფორმის ჩადრმავეებს, მოქმედებს ტრამპლინის პრინციპით, ცვენისას ქვები ეხეთქება ფერდობს, მკვეთრად იცვლის მოძრაობის მიმართულებას, ხშირად დიდი კუთხითაც და ვარდება არა კლდის ფუძესთან – ძირში, არამედ კლდისგან მოშორებით – გზაზე.

ყველაზე საშიშია დაუშლელი, მკვრივი კლდის სუფთა ზედაპირი, რადგან იგი ვერ აკავებს ვარდნის მოძრაობას მანამდე, სანამ რამე წინაღობა არ შეხვდება. მეორე მხრივ,

კლდის ზედაპირზე თუ ღორღის ბარიერი შეხვდა, იგი შთანთქავს ვარდნის ენერგიის მნიშვნელოვან ნაწილს და შესაძლოა ჩამოცურება შეაჩეროს კიდევ. ფერდობის შეკაფების ეს თვისება მათემატიკურად გამოიხატება, როგორც რესტიტუციის კოეფიციენტი. ამ კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია მასალის შედგენილობაზე, რომელიც აყალიბებს ზედაპირის მოქმედებას. მასიური, მძიმე კლდის გლუვ ზედაპირიან ფერდობებს აქვს რესტიტუციის კოეფიციენტის მაღალი მნიშვნელობა, ხოლო ნიადაგიან, ღორღიან და დაშლილ გრანიტის ზედაპირიან ფერდობს კი – დაბალი, რაც ღორღით ამოვსებულ ფერდობულ სკამებში ჩავარდნილ კლდეს უშლის შორს გადატყორცნას და ამცირებს მასში ჩახტომა-ამოხტომის საშუალებას. გარდა ამისა დიდი მნიშვნელობა აქვს ჩაყრილი მასალის ფორმასაც: შვერილებიანი კარგად აჩერებს დავარდნილ ქანს, ხოლო გლუვი – ნაკლებად. თუ სწორად დავგეგმავთ ჩაყრას, მაშინ ადვილად განისაზღვრება ქვათაცვენის ტრაექტორია.

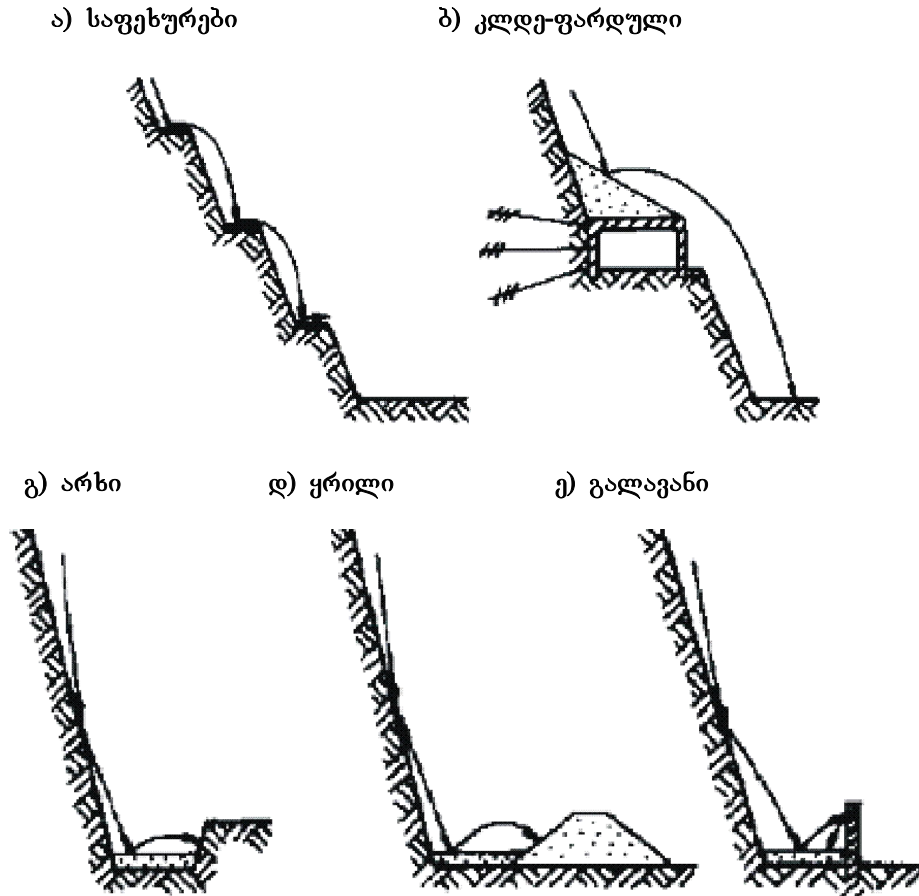


ფოტო 5. მთის დახრილობა მთიანი რეგიონის
მაგისტრალზე

ქვათაცვენის ფიზიკური შეკაფება, როგორც ცნობილია, შეუძლებელია ყველა ადგილზე, რისთვისაც არსებობს მისი თავიდან ასაცილებელი სხვადასხვა მეთოდები, მაგ. აფეთქებით – მყარი, ქანობიანი მთის აფეთქების ტრადიციული მეთოდით – ასაფეთქებელი ნივთიერებების გამოყენებით, რადგან ჩამოვარდნის საშიშროების ქვეშ მყოფი ღორღები

და შეერილები (ფოტო 3) საშიშროებას უქმნის გზაზე მოძრავ ტრანსპორტს და აუცილებელია მათი მოცილება კლდისგან, ხოლო ჩამოვარდნილისგან თავდაცვის უზ-

რუნველსაყოფად და ვარდნის ძალის შემცირების მიზნით არსებობს სხვადასხვა მეთოდი, მაგ: საფეხურების, კლდე-ფარდულის, არხის, ყრილის ან გალავანის მოწყობა (ნახ. 1).



ნახ. 1. ქვათაცვენის დაზიანებების შესამცირებელი შესაძლო ღონისძიებები

საფეხურები – ქვათაცვენის დასაჭერი ყველაზე ეფექტური საშუალებაა (ნახ.1-ის ა) და ხშირად გამოიყენება მუდმივ ქანობზე, თუმცა საფეხურების გათხრა უნდა შესრულდეს ზემოდან ქვემოთ და მათ აქვთ შეზღუდული შესაძლებლობა მშენებლობის დროს ქვათაცვენის რისკის შემცირებაში.

კლდე-ფარდული (ნახ. 1ბ) – ხშირად გამოიყენება ძალიან ვიწრო სამანქანო გზებისა და რკინიგზების თავზე მდებარე ძლიერ დახრილ კლდეებზე. ეფექტური თავშესაფარი საჭიროებს კარგად გადახურვას, სასურველია ფარდულის სახურავზე დაიყაროს ღორღი ან მიწა, რომლებიც ქვათაცვენაზე იმოქმედებს, როგორც დამხშობ – დეფლექტორი.

კლდედამჭერი ღონისძიებებიდან ქვათაცვენის კარგი დამჭერია კლდის ძირში საკმა-

რისი ფართობის ოთახის მოწყობა, რათა გზის გადაღობვა თავიდან იქნეს აცილებული. მაგრამ კლდის ძლიერი დახრის პირობებში შესაძლოა მიღებული დამცავი მოწყობილობა არ იყოს საკმარისი ქვების დასაჭერად და ჩამოცვენილი მასა ჩაეარდეს არა შემოღობილ არხში (ნახ. 1გ), არამედ მის გარეთ, გზაზე. ეს შემოღობვა შეიძლება იყოს ან მიწის (ნახ. 1დ) ან ბეტონის კედელი (ნახ. 1ე).

ქვათაცვენის საწინააღმდეგო ღონისძიებების შერჩევა უნდა მოხდეს ადგილმდებარეობის პირობების, მდგომარეობისა და ცვენის ხარისხის გათვალისწინებით. ჩატარებული ღონისძიებები არ უნდა იწვევდეს არსებული ეკოლოგიური პირობების შეცვლას.

ქვათაცვენის საწინააღმდეგო ღონისძიებები

შედგება პროფილაქტიკური რიგის და სპეციალური ქვათაცვენის საწინააღმდეგო ნაგებობების მშენებლობის სამუშაოებისაგან. პროფილაქტიკური ღონისძიებებია:

- ქვათაცვენის უბნების პერიოდული გამოკვლევა (ასეთი გამოკვლევის შედეგად ხდება რუკისა და საშიში ბელტების და ბლოკების განლაგების სპეციალური უწყისის შედგენა და მათი მარკირება).

- ავტომატური სიგნალიზაციის ორგანიზაცია (შუქის, ხმოვანი), მოსალოდნელი ქვათაცვენის წინასწარი შეტყობინების მიზნით.

- ქვათაცვენის საწინააღმდეგო ნაგებობების ნორმალურ მუშაობაზე დაკვირვება და მათი რემონტი.

სპეციალურ ქვათაცვენის საწინააღმდეგო ნაგებობებს მიეკუთვნება:

- დამჭერი მოედნები და კედლები ღრმულებისა და ნახევრად ღრმულების ფერდობის ფუძეში.

- დამჭერი ზვინულები, თხრილები და კედლები ფერდობის ზედა მხარეს.

- ქანების არამდგრადი ბლოკების გამაგრება ლითონის ღეროების ანკერებით, მიღებისა და ტროსების საშუალებით (ფოტო 6, 7).

- ნაპრალების ცემენტაცია ფერდობებსა და გაშიშვლებებში ქანებისათვის მონოლითურობის და მდგრადობის მისანიჭებლად.

- გაღერეები ღრმულებისა და ნახევრად ღრმულების ფერდობებთან საავტომობილო და რკინიგზის ვაკისის ქვათაცვენისაგან დაცვის მიზნით.

- მოსაპირკეთებელი კედლები ფერდობებზე და ფერდობის ზედა მხრის გაშიშვლებებში ქანების გამოფიტვისაგან დაცვის მიზნით.



ფოტო 6

- დამჭერი პორიზონტალური, ვერტიკალური და ელასტიური ბადეების მოწყობა კლდეზე ან მის ძირში (ფოტო 8, 9, 10).



ფოტო 7



ფოტო 8



ფოტო 9

დამჭერი გალავანი ან ბარიერი – შთანთქავს 100 კნმ ძალის ენერგიას, რაც 20 მ/წმ სიჩქარით მოძრავი 250 კგ-იანი ლოდის

ექვივალენცია. უფრო მასიურ ბარიერ-ღობებს, რომლებიც გამოყენებულია ევროპის ალპებში, აქვს 2500 კმ ენერგიის აღსორბირების უნარი, რაც ნიშნავს, რომ მათ შეუძლია შეაჩეროს 20 მ/წმ სიჩქარით მოძრავი 6250 კგ-იანი ლოდი. ტიპური მაღალი დამჭერი ბადე გამოსახულია ფოტო 9-ზე.



ფოტო 10



ფოტო 11

ყოველივე ზემოაღნიშნული მიმართულია ქვათაცვენისგან გზის დასაცავად და არა მის შესაჩერებლად. ფერდობების ადგილობრივი მდგრადობის შენარჩუნების მხრივ ძირითად სამოქმედო ღონისძიებად შეიძლება ჩაითვალოს მათი ზედაპირების გამაგრება. არჩეულმა და გატარებულმა ზომებმა უნდა შეაჩეროს ან შეწყვიტოს (ან ჰქონდეს ორმაგი

ეფექტი) დეფორმაციის, ლოკალური ჩამოხეთქვა-მოხლეჩვის, ჩამოცოცება-ჩამოწოლის, ეროზიის განვითარება.

ჩატარებულმა დამცავმა და იზოლაციურმა ღონისძიებებმა უნდა უზრუნველყოს ფერდობის ზედაპირული ფენის იზოლირება ტემპერატურული ზემოქმედების, ატმოსფერული ნალექების შეწოვისა და გრუნტის წყლების გატარებისაგან. ყველა გასამაგრებელი ღონისძიების გამოყენების ძირითადი პრინციპია – აქტიური ზონის ფარგლებში უზრუნველყოს გრუნტის მდგრადობა და სტაბილურობა. ამისათვის მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის, რომ ღონისძიების არჩევა და შემდგომ მისი განხორციელების ტექნოლოგია მიმართული უნდა იყოს გამოფიტვის და ეროზიის გამოსარიცხი პირობების შესაქმნელად.

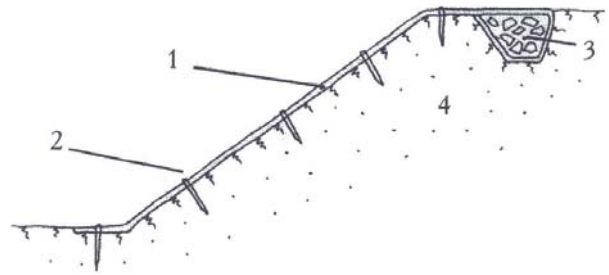
ფერდობების დაცვის უფრო პერსპექტიული და რაციონალური მეთოდია დამცავი ფენის მოწყოლა ან კონსტრუქცია, შესრულებული პნემონაშხეფი მასალისგან, მაგალითად ტორკრეტბეტონით ან შპრიცბეტონით. მათ უმეტესად გამოიყენებენ კლდოვანი ფერდობების ეროზიისგან დასაცავად.

ტორკრეტირების ხსნარის ბეტონის ზედაპირზე დასატანად იყენებენ 400 და მეტი მარკის პორტლანდცემენტს, უკეთესია სწრაფად გამყარებადი ან ქიმიურ დანამატებიანი (დამაჩქარებელით) ბეტონი. ტორკრეტის ფენის გარე ზედაპირს საჭიროების შემთხვევაში დატანის შემდეგ მაშინვე ამუშავებენ (გამყარებამდე), გადააფარებენ ბრეხენტს და რწყავენ წყლით. ასეთი ხერხით დატანილი ბეტონის სიმტკიცე კუმშვაზე და ჭიმვაზე იზრდება 2-3-ჯერ, მატულობს შეჭიდულობა არმატურასთანაც.

დაბეტონება ხორციელდება შემდეგნაირად: მასიური ტორკრეტბეტონის საფარველის მოწყობამდე აუცილებელია ფერდო გაიწმინდოს მტვერისა და ნაშალი ქანებისაგან, ფერდობის ნათხარისაგან გაწმენდის შემდეგ ბურღავენ შპურებს სიღრმით 0.5-7.0 მ-მდე გამოქარული ფენის სისქესთან დამოკიდებულებაში ერთმანეთისგან ყოველი 0.7-1.0 მ-ის დაშორებით. მასში ამაგრებენ ანკერებს – პერიოდული პროფილის არმატურის ლითონისაგან, დიამეტრით 16-18 მმ. ჩასმა – ცემენტის დუღაბში. ანკერებზე მაგრდება ლითონის ბადე, რომელიც არის 2-4 მმ სისქის და 100×100 მმ ზომის უჯრედით და დაიტანენ მასზე 2-ჯერ ბეტონის თანაბარ ფენას 3-5 სმ-ის სისქით.

დაბეტონებული ზედაპირი ირწყვება და

შემდეგ მასზე ეწეობა მარტივი ჰელიოდანადგარი – პოლიეთილენის აფსკი ბეტონის იზოთერმული პროცესების დაჩქარების მიზნით. მარტივი ჰელიოდანადგარი საშუალებას იძლევა მთელი დღის განმავლობაში (მზიან და უმზეო დღეებშიც, საღამოს და ღამის პერიოდში) ეაწარმოოთ ბეტონის და რკინაბეტონის ნაკეთობების თბური დამუშავება. ჰელიოდანადგარი მოიხსნება 24 სთ-ის შემდეგ და ხორციელდება ბეტონის მოვლა: მოირწყება ბეტონის ზედაპირი მზისა და ქარების გამო მისი ადრე გამოშრობისა და სტრუქტურული ცვლილებების თავიდან აცილების მიზნით.



ნახ. 2. ტორკრეტირებით გამაგრებული მიწის ფერდობის კონსტრუქციული სქემა

1. ტორკრეტის საფარველი ლითონის ბადეზე;
2. ანკერის ღეროები; 3. უკუსაჩეხი – ფერდოს ქერქქეშა დრენაჟი წვრილი შემვსებით;
4. სამუშაო ზედაპირი

ღასკვნა

ლიტერატურული მონაცემების მიმოხილვის, ჩატარებული კვლევების და დაკვირვებების საფუძველზე დადგინდა, რომ უფრო მდგრადი, რადიკალურად დამცავი და ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიება ავტოსატრანსპორტო მაგისტრალზე ინტენსიურად განვითარებადი ეროზიული პროცესებისას არის ტორკრეტბეტონით მოწყობილი დამცავი საფარი.

საქართველოში არსებულ მძიმე ეკონომიკურ პირობებში მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის გამოყენებით ტორკრეტბეტონის დამცავი საფარის გამოყენება ეფექტურია წარმოების

სას ტექნოლოგიური ოპერაციების სიმარტივით, ეკონომიკურ-ტექნიკური ხელმისაწვდომობით, მაღალი მობილურობით და ტექნიკური წარმოების კომპლექსურობით.

ჩატარებული კვლევების ანალიზით შეიძლება დავასკვნათ, რომ გამოყენებული მასალები, დანადგარის მარტივი ტექნოლოგია და დამცავი ტორკრეტბეტონის ფენის მიღებული კონსტრუქციული სქემა ამართლებს ეროზიის საწინააღმდეგო საფარველის საკმარის მდგრადობას.

ლიტერატურა

1. ლომთაძე ვ. საინჟინრო გეოლოგია, საინჟინრო გეოლინამიკა. გამ. „განათლება“, თბილისი, 2000.
2. ჟორდანიას თ., მსხილაძე ნ. რკინაბეტონის სამუშაოთა წარმოება. გაეროს განვითარების

- პროგრამა – (USAID). სტუ, თბილისი, 2009.
3. ირემაშვილი ი. მშენებლობაში მარტივი ჰელიომოწყობილობების გამოყენება ბეტონის გამყარებისათვის. სტუ, თბილისი, 2006.

**ПЕРСПЕКТИВЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ
ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЮ ПОЧВОГРУНТОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУЗИНСКИХ ТОРФОВ**

Итриашвили Л.А., Шавлакадзе М.С., Кикнадзе Х.Л., Супаташвили Т.

Институт Водного Хозяйства
пр. И. Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение природной среды нефтью – острейшая экологическая проблема. Загрязнение почвенного покрова происходит практически на всех стадиях технологического процесса добычи, переработки, хранения и транспортировки. Негативное воздействие обусловлено, как непосредственной деградацией почвенного покрова на участках разлива нефти, так и воздействием ее компонентов на сопредельные среды, вследствие чего продукты трансформации нефти обнаруживаются в различных объектах биосферы.

Последствия нефтяного загрязнения природной среды определяются совокупностью следующих факторов: количеством и составом загрязняющих веществ, интенсивностью механических повреждений. От совместного действия этих факторов будет зависеть приспособится ли экосистема к новым условиям и начнет восстанавливать свои функциональные звенья или она перейдет от нестабильного состояния к полной деградации.

При попадании нефти и нефтепродуктов в почву происходят глубокие и часто необратимые изменения физических, морфологических, физико-химических, микробиологических свойств, а иногда и существенная перестройка почвенного профиля, что приводит к потере плодородия и отторжению загрязненных территорий из хозяйственного использования. Загрязнение нефтью почвенной массы приводит к изменениям в химическом составе, свойствах и структуре почв. Прежде всего, это сказывается на

гумусовом горизонте: количество углерода в нем резко увеличивается, но битуминозные вещества значительно ухудшают свойства почвы как питательного субстрата для растений. Кроме того, вследствие гидрофобности нефти, затрудняется поступление влаги к корням растений, что приводит к физиологическим изменениям последних. Углеводороды нефти способны образовывать в процессе трансформации токсичные соединения, обладающие канцерогенными свойствами, характеризующимися стойкостью к микробиологическому расщеплению и способностью переходить в растения, что создает угрозу для здоровья человека. Зачастую даже небольшие разливы нефти могут носить характер экологического бедствия, особенно в предгорных и горных ландшафтах территории вертикальной зональности, к которым относится Грузия.

Обретение страной функции транзита энергоносителей (нефтепровод Баку-Джейхан, железнодорожные перевозки, нефтеперерабатывающие предприятия, нефтехранилища, буровые поисковые установки) с учетом перспектив дальнейшего развития, а также возможных терактов (инцидент в Скра), настоятельно требуют наличия методов и технологий эффективной ликвидации последствий попадания нефти в почво-грунты и реабилитации загрязненных нефтью участков, завершающей стадией которых должна стать биорегенерация и максимальное восстановление безопасного экологического состояния.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Самой большой и опасной ошибкой, допускаемой при рекультивации земель, является засыпка разлитой нефти привозным грунтом (особенно песком), так как разлитая нефть выводится из процесса микробиологического окисления, а “рекультивируемый” подобным образом участок на многие годы становится источником постоянного загрязнения грунтовых и подземных вод.

Подобная “рекультивация” приводит к длительной консервации углеводородов нефти без доступа воздуха, в результате чего создается “мины замедленного действия”, являющиеся очагами длительного загрязнения.

Складирование уже загрязненных нефтью почво-грунтов в биомодулях, превращает их в весьма опасные промышленные отходы, так как их хранение происходит непосредственно в окружающей среде.

Технологии рекультивации загрязненных нефтью земель должны основываться на понимании последствий попадания нефти в почву и стимуляции конкретных физических процессов ее регенерации.

Большинство технологий по реабилитации загрязненных нефтью площадей основаны на внесении органических веществ, подвергающихся ферментации. К таким технологиям относятся промывка почв синтетическими и биологическим сурфатантами, внесение сорбентов из отходов растениеводства и животноводства, органических мелиорантов (гуминовые и минеральные концентраты и др.), микробных препаратов на органических носителях, ферментных препаратов и т. п. Успешная, экологически безопасная рекультивация этими методами возможна лишь при применении микробиологического вмешательства с использованием активных культур нефтеокисляющих микроорганизмов, жизнедеятельность которых может осуществляться только в условиях оптимальной для них экологической ниши. А для этого необходимо создание препаратов нефтеокисляющих микроорганизмов для каждой почвенно-климатической зоны отдельно, гарантирующее их адаптацию к конкретной среде обитания.

Более альтернативным и перспективным направлением очистки почв от нефтяных за-

грязнений является использование методов деструкции нефти и ее компонентов микроорганизмами торфов.

Способ реабилитации загрязненных нефтью почв с использованием торфяных мелиорантов безупречен с экологической точки зрения и экономически выгоден, так как не требует осуществления операции выделения из почвы, выращивания и нанесения на носитель нефтеусваивающих культур микроорганизмов.

Торф, вследствие развитой поверхности и наличия углеводородо-окисляющих микроорганизмов, может служить как сорбентом нефтяных компонентов, так и их деструктором. Сорбционная емкость торфа зависит от степени его разложения и составляет для верховых торфов 8-10, для низменных – 3-6 г нефти на 1 г абсолютно сухого вещества (АСВ) торфа. Гидрофобизация торфа повышает сорбционную емкость мелиоранта, помещенного в естественные условия : водно-нефтяную среду.

Численность углеводородоокисляющих микроорганизмов в торфах в 4-5 раз превышает аналогичный показатель для почв. После физико-химической активации торфа количество исследуемых микроорганизмов возрастает в 20-100 раз и составляет в среднем 5-10 клеток/1г АСВ. Углеводородоокисляющее сообщество торфа весьма разнообразно в видовом отношении, основу его составляют мезофильные бациллы, актиномиценты и проактиномиценты.

Очистка почвы от нефтяных загрязнений с использованием активированного торфа способствует экологическому оздоровлению загрязненных нефтью почв, обогащению их биологически активными веществами, стимулирующими процессы гумусообразования в почве, и позволяет значительно сократить сроки реабилитации деградированных почв.

Микрофлора торфа обладает сильной деструктивной функцией и не требует адаптационного периода при загрязнении нефтью. Даже в свежезагрязненном нефтью торфе происходит 10-13 кратное увеличение численности углеводородоокисляющих бактерий.

Кроме того, микрофлора торфа, развивающаяся в условиях полуразрушенной органики, обладает сильной деструктивной активностью

и не требует длительного адаптационного периода.

Нами были проведены рекогносцировочные исследования по установлению возможности использования грузинских торфов для рекультивации загрязненных в результате разлива нефти почво-грунтов, в качестве которых были использованы среднесуглинистые грунты Восточной Грузии (регион Самгори).

Таблица 1

**Физико-технические показатели
исследуемого грунта**

Объемная масса г/см ³		Уд. масса г/см ³	Пористость %	Пластичность число	ММВ %	K _ф см/сек
влажного	скелета					
1,80	1,59	2,69	40,0	22,0	18,0	6·10 ⁻⁴

В качестве биологического мелиоранта был использован грузинский торф (месторождение в окрестностях г. Поты), имеющий следующие характеристики:

– химический состав: углерод 50-60%, водород 5-6%, кислород 30-40%, азот 1-3%, сера 0,1-1%;

– компонентный состав: растворимые в воде вещества 1-5%, битумы 3-6%, легкогидролизуемые соединения 25-35%, целлюлоза 5-10%, гуминовые кислоты 30-50%, лизинг 10-15%.

– теплотворная способность (при 40% влажности): 2600-3000 ккал/кг;

– степень разложения: 25-35% (среднеразложившийся); плотность: до 0,3 г/см³; пористость: 90-95%; объемная усадка: 40-50%; водопоглощение: 90-95% от объема пор; влажность: 900-1300% от веса; содержание воды: связанная 90-94%, гравитационная 6-10%;

Проведенные исследования позволяют сделать ряд предварительных заключений.

Грузинские торф обладает высокой способностью к поглощению (сорбированию) нефти. Один грамм сухого торфа способен сорбировать 7-8 г нефти. Прочность сорбирования высокая, проникновение нефти из нефтесодержа-

щего торфа в нижележащий слой практически не происходит.

В начальной стадии, сразу после насыщения торф представляет собой вязкую нефте-торфяную массу, которая в течении 6-8 дней трансформируется в сухую комковатую структуру с практическим отсутствием нефтяного запаха и следов жидкой нефти, которая легко поддается измельчению до мелко-дисперсного состояния.

Загрязненный нефтью суглинок (25 мл нефти на 100г грунта - сильное загрязнение) представляет собой вязкую нефте-торфяную массу с явными визуальными следами жидкой нефти и резким нефтяным запахом. Такое состояние имеет длительный характер и сохраняется в течении долгого времени (длительность наблюдения 60 суток).

После вынесения измельченного сухого торфа (30 г торфа на 100 г грунта) в течении 6-7 суток визуальные следы нефти и специфический запах полностью исчезают. Грунт приобретает практически сухую мелкоагрегатную рассыпчатую структуру. При помещении его на фильтровальную бумагу следов нефти на ней практический нет.

Содержание остаточной нефти после 60 суток, определенная гравиметрическим (весовым) методом, резко снижается, как в чистом торфе (37,5 %), так и в смеси торфа и суглинка (32,0 %), тогда как в чистом суглинке (контроль) этот показатель составляет лишь 80 % (таблица 2), что указывает на резкое повышение интенсивности разложения нефти под влиянием торфяной среды.

Таблица 2

Снижение содержания нефти через 60 суток

Образец	Исходное содержание г/г	Остаточное содержание г/г	Остаточное содержание % массы нефти
торф	8,0	3,0	37,5
суглинок (контроль)	0,25	0,20	80,0
суглинок + торф	0,25	0,08	32,0

ВЫВОДЫ

Полученные предварительные результаты указывают на перспективность применения грузинских торфов для решения задачи рекультивации загрязненных нефтью площадей.

Литература

1. **Итриашвили Л.** Целевое управление свойствами грунтов, Монография, Тбилиси, «Мецниереба», 387 стр.
2. **Итриашвили Л.** Искусственные грунты (образование и экологическая оценка), Тбилиси, «Мецниереба», 42 стр.
3. **Бурмистрова Т.** Перспективы использования торфа для очистки нефтезагрязненных почв, //«Биотехнология», №12000. стр.58-64

ბრუნტაის სტრუქტურების წარმოქმნისა
და რეზულირების ფიზიკურ-ქიმიური მექანიზმი

ლევან იტრიაშვილი, ელენე ხოსროშვილი, ნინო ნიბლაძე,
მარინა შავლაყაძე, ლია მაისაია

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

შეჯავალი

ნიადაგ-გრუნტების თვისებების რეგულირებას საფუძვლად უდევს მათი ზედაპირული თვისებების და მათზე მიმდინარე პროცესების მიზანმიმართული და აქტიური გამოყენების თეორიული პრინციპი.

აღნიშნული თვისებები და პროცესები, ძირითადად, დამოკიდებულია გრუნტების კოლოიდურ-ქიმიური შემადგენლობაზე და წვრილ-

დისპერსული ნაწილის მდგომარეობაზე.

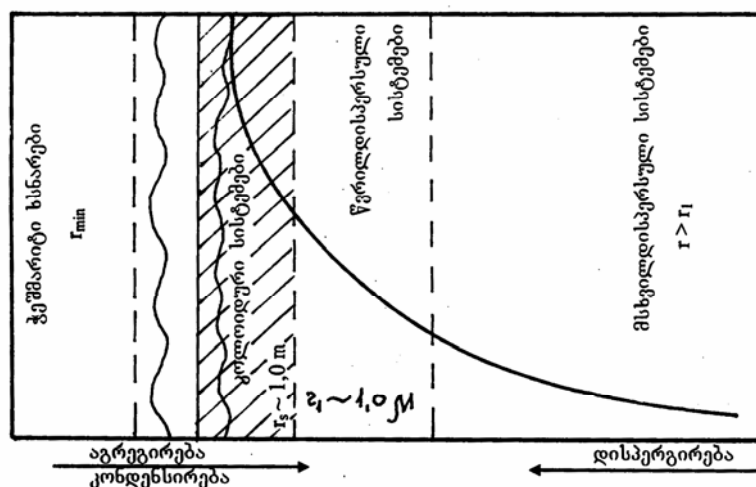
ამიტომ, გრუნტების თვისებების რეგულირების მეცნიერული საფუძვლები უნდა ეყრდნობოდეს ფიზიკურ-ქიმიური მექანიკის თეორიულ პრინციპებს, ვინაიდან ისინი აერთიანებს კოლოიდური ქიმიის, მოლეკულური ფიზიკისა და დისპერსული სხეულების მექანიკის შეხედულებებს.

ძირითადი ნაწილი

ამ შეხედულებების მიხედვით, გრუნტები განიხილება, როგორც კოლოიდური სისტემები. აქედან გამომდინარე, ამ სისტემებისათვის დამახასიათებელი ყველა თავისებურებით. დისპერსულ სისტემებში ზედაპირების ხარისხობრივი განვითარებისა და კოლოიდური არეს მდგომარეობა გრაფიკულად შეიძლება გამოისახოს ფაზებს შორის ზედაპირისა და დისპერსული სისტემის ნაწილაკ-

თა რადიუსებს შორის დამოკიდებულების სახით (ნახ. 1).

ზღვრულად განვითარებული შიდა გაყოფის ზედაპირის მქონე სისტემებიდან, რომლებშიც დისპერსულობა მაქსიმუმს აღწევს, ანუ კოლოიდურ-დისპერსულ სისტემებიდან, დისპერსული ფაზის ნაწილაკების მოლეკულური ზომის მქონე სისტემებზე გადასვლისას, სისტემა ხდება ერთფაზოვანი.



ნახ. 1. კუთრი ზედაპირის დამოკიდებულება დისპერსული ფაზის ნაწილაკების რადიუსზე დისპერსულობის მრუდს $S_1=f(r)$ აქვს ტოლგვერდა პიპერბოლის ფორმა

გრუნტებში, განსაკუთრებით თიხოვანებში, დისპერსული ფაზა წარმოდგენილია სხვადასხვა ზომის ნაწილაკებით, რომლებსაც გააჩნია რთული ქიმიურ-მინერალოგიური შემადგენლობა. დისპერსულ არეს ასევე ახასიათებს შემადგენლობის ფართო დიაპაზონი – სუსტი ერთგვაროვანი ხსნარებიდან რთულ ორგანულ-მინერალურ და მარილ-ხსნარებამდე. ყოველივე ზემოაღნიშნული განაპირობებს გრუნტების, როგორც კოლოიდურ-დისპერსული სისტემების, თვისებების დიდ ნაირფეროვნებას.

გრუნტები, განსაკუთრებით კი ბმულები, წარმოადგენს პოლიმინერალურ და პოლი-დისპერსულ სისტემებს, სადაც ნაწილაკების ზედაპირების უშუალო კონტაქტების ზონა ფაქტობრივად ამ ზედაპირების ფართობის ტოლია. ამიტომ გრუნტებში ფიზიკურ-ქიმიური და ქიმიური ურთიერთქმედების მოვლენები თამაშობს განმსაზღვრელ როლს.

კოლოიდურ-დისპერსულ თიხოვან მინერალებს, რომლებიც ხასიათდება უზარმაზარი ხვედრითი ზედაპირებით, ახასიათებს ფაზათა შორის გამყოფ ზედაპირებზე მოქმედი ზედაპირული ძალები და აქტიური პროცესები, ეს პროცესები ვლინდება ელექტროკინეტიკური და ადსორბციული მოვლენების, კოაგულაციის და პეპტიზაციის სახით.

ზედაპირული ენერგიის არსებობას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს გრუნტების თვისებების რეგულირების და მიზანმიმართული გასტრუქტურების პროცესების მართვისათვის. ხვედრითი ზედაპირის (S) და ზედაპირული ენერგიის (E) ცვლილებასთან ერთად მკვეთრად იცვლება გრუნტების უმეტესი თვისებები და მათთან ერთად ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები. გრუნტების ფაზების და მათში შეტანილ ნივთიერებებთან ურთიერთქმედების ძირითად პროცესს წარმოადგენს მყარი ფაზის მიერ შეტანილი ნივთიერებების შთანქმად (სორბცია).

გრუნტების თვისებების ხელოვნური რეგულირებისათვის გადამწყვეტი როლი ენიჭება ფიზიკურ, ქიმიურ და, განსაკუთრებით, ფიზიკურ-ქიმიურ სორბციას. ამ თვალსაზრისით, დიდ ინტერესს წარმოადგენს ატომების ზომებთან შედარებით უფრო დიდ მანძილზე ურთიერთმოქმედი მიკრობიექტებისაგან (ნაწილაკებისაგან) შემდგარი პერიოდული კო-

ლოიდური სისტემები. ამ სისტემებს მიეკუთვნება ბევრი ბუნებრივი და ხელოვნური პეტროგენული სისტემები და მათ შორის გრუნტები და ნიადაგები. პერიოდული კოლოიდური სისტემებისათვის დამახასიათებელია სტრუქტურული ელემენტების განლაგების მაღალი ხარისხი. მათი სიმტკიცე დამოკიდებულია ნაწილაკებს შორის არსებულ კავშირების ენერგიაზე, რომელიც თავის მხრივ, განპირობებულია ადსორბციული შრეების თვისებებით.

ადსორბცია და მის შედეგად ზედაპირულად-აქტიური მოლეკულების არჩევითი ორგანიზაცია ფაზების გაყოფის ზედაპირზე, იწვევს სისტემის თავისუფალი ენერგიის შემცირებას და მინიმიზაციას, რაც, საბოლოო ჯამში, მთლიანად ცვლის ზედაპირების ენერგეტიკულ აქტივობას და, მაშასადამე, მათ ბუნებას.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ქიმიური ადსორბცია (ქემოსორბცია), რომლის დროსაც ადსორბენტსა და ადსორბტის შორის მყარდება ძალიან ძლიერი ქიმიური კავშირები, რომლების გაწყვეტისათვის საჭიროა ძალიან დიდი ძალები. ამ შემთხვევაში დესორბცია წარმოებს არა ადსორბენტის ზედაპირიდან ადსორბტის მოლეკულების მოწყვეტის ხარჯზე (როგორც ეს ახასიათებს ფიზიკურ ადსორბციას), არამედ ზედაპირზე ქემოსორბციის შედეგად წარმოქმნილი ნაერთების დაშლის გზით, რაც ძალიან ძნელია.

დასახული მიზნებიდან გამომდინარე, განსაკუთრებით დიდ ინტერესს იწვევს ადსორბცია, რომელიც მიმდინარეობს მყარი სხეულის და ხსნარის საზღვარზე, რადგანაც ის საფუძვლად უდევს უმეტესი მოდიფიცირებული დისპერსული სტრუქტურების ფორმირებას.

ხსნარებიდან ადსორბციისას ადსორბტის და ადსორბენტის მოლეკულები კონკურენტულ მდგომარეობაშია და, შედეგად, რაც უფრო ცუდად ადსორბირდება გარემო ადსორბენტზე, მით უფრო კარგად მიმდინარეობს გახსნილი ნივთიერების ადსორბცია მყარი სხეულის ზედაპირზე. ამიტომ ადსორბცია მყარი სხეულის ზედაპირზე, როგორც წესი, ყველაზე კარგად მიმდინარეობს წყალ-ხსნარებიდან და მცირე ზედაპირული დაჭიმულობის მქონე სითხეებიდან. ზემოთქმული

წარმოადგენს ერთ-ერთ მთავარ პირობას გრუნტების თვისებების სხვადასხვა ნივთიერების გამოყენებით რეგულირების დროს.

ნებისმიერი დისპერსული სისტემის, მათ შორის გრუნტების, განსაკუთრებულ თავისებურებას წარმოადგენს მაღალგანვითარებული ზედაპირების არსებობა. სწორედ ამ ზედაპირებზე მიმდინარეობს ადსორბციული ზედაპირული პროცესები, რომლებიც საბოლოო ჯამში განაპირობებს მათ სტრუქტურულ-მექანიკურ და სხვა თვისებებს. აქედან გამომდინარე ამ პროცესების მიზანმიმართული მართვის საშუალებით შეიძლება დისპერსული სისტემების, და ცხადია, გრუნტების თვისებების მიზნობრივი რეგულირება.

ეს პრობლემა უნდა განიხილებოდეს როგორც სხვადასხვა ნივთიერებების და ტექნოლოგიური ღონისძიებების ერთობლივი ზემოქმედება, რომლის საბოლოო მიზანია გრუნტების დასახული სტრუქტურულ-მექანიკური თვისებების ფორმირება.

ნებისმიერი დისპერსული სისტემის, მათ შორის გრუნტების, მნიშვნელოვან თავისებურებას წარმოადგენს მაღალგანვითარებული ზედაპირები, რომლებზედაც მიმდინარეობს ამ სისტემების სტრუქტურულ-მექანიკური თვისებებით განსაზღვრული ზედაპირული პროცესები.

ამიტომ მაღალდისპერსული კოლოიდური სისტემებისათვის დამახასიათებელი პროცესების (ადსორბცია, ჰიდრატაცია, კოაგულაცია, შეუქცევადი შეჭიდულობა და ა.შ.) მაქსიმალური გამოყენება წარმოადგენს გრუნტების თვისებების მიზნობრივი რეგულირების საყრდენ პრინციპს.

ფიზიკურ-ქიმიური მექანიკის პრინციპები და დებულებები [1, 2, 3, 4] იძლევა არა მარტო დისპერსული სისტემების (მათ შორის გრუნტების) თვისებების შესწავლის, არამედ მათი სტრუქტურების ჩამოყალიბების პროცესების და თავისებურებების ფორმირების მართვის საშუალებას.

ფიზიკურ-ქიმიური მექანიკის წარმოდგენების მიხედვით გრუნტების (როგორც კოლოიდურ-დისპერსული სისტემების) დისპერსულობის, ქიმიურ-მინერალოგიური შემადგენლობის, კოლოიდურ-ქიმიური ბუნების და ფორმირების პირობების გათვალისწინებით, დისპერსულ სისტემებში არსებობს სამი ძირითადი ტიპის სტრუქტურა: კოაგულაციური,

კონდენსაციური და კრისტალიზაციური.

კოაგულაციური სტრუქტურები წარმოადგენს უმარტივესი ტიპის სტრუქტურებს, რომელშიც ბროუნის მოძრაობაში მყოფი დისპერსული ფაზის ნაწილაკები ქმნის მოუწყვრეგებელ სივრცულ ბადეს.

კოაგულაციური სტრუქტურების წარმოქმნა დამახასიათებელია ტენიანი და წყალგაჯვრებული გრუნტებისათვის და მით უფრო ინტენსიურია, რაც უფრო მეტია მათში კოლოიდურ-დისპერსული თიხოვანი ნაწილაკების შემცველობა.

კოაგულაციური სტრუქტურების სიმტკიცე იზრდება ნაწილაკების დაახლოების და მათი სიმკვრივის ზრდასთან ერთად, მოცულობის ერთეულში კონტაქტების რაოდენობის გაზრდის გამო. ამიტომ, ნიადაგ-გრუნტების სიმტკიცის რეგულირებისათვის ფართოდ არის გამოყენებული ისეთი მარტივი მეთოდი, როგორიცაა შემჭიდროება დატკეპნით.

კონდენსაციური სტრუქტურები წარმოიქმნება შებმულობის ყველაზე დიდი – ქიმიური ძალების მოქმედების შედეგად.

ასეთი სტრუქტურები ხასიათდება მაღალი სიმტკიცით, მსხვრევადობით, დრეკადობით, ტიქსოტროპული თვისებების და ნარჩენი დეფორმაციების უქონლობით. მათი პლასტიურობა განპირობებულია მხოლოდ თვით სტრუქტურული ელემენტების თვისებებით. კონდენსაციური სტრუქტურების ჩამოყალიბება წარმოებს კოაგულაციურიებიდან მათი კომპრესიული შემჭიდროებით და ვაკუუმიერებით დეჰიდრატაციისას, ქიმიური ცვლილებების გარეშე. ამ დროს წარმოებს სიმტკიცის ასჯერ და ათასჯერ გაზრდა, პლასტიურობის, ტიქსოტროპულობის და ცოცხადობის მთლიანად გაქრობა.

კონდენსაციური სტრუქტურები ხასიათდება დაბალი წყალგამძლეობით, ამიტომ წყლით გაჯერების შემთხვევაში წარმოებს მათი თვითდაშლა, სიმტკიცე კი ხდება ნულის ტოლი – მიმდინარეობს სწრაფი მთლიანი დაშლა პირველად დისპერსულობამდე.

კრისტალიზაციური სტრუქტურები წარმოადგენს ყველაზე უფრო მტკიცე და წყალმდგრად სისტემებს.

ისინი წარმოიქმნება გადაჯერებული ხსნარებიდან წარმოშობილი ახალი მყარი ფაზების კრისტალების შეზრდის შედეგად.

კრისტალიზაციური სტრუქტურების განვითარების პროცესში მათი სიმტკიცე თანდათან აღწევს მაქსიმუმს, შემდეგ კი განსაზღვრულ პირობებში, მცირდება [2] კონტაქტების ზონაში ნაწილაკების თანდათანობით გახსნის გამო.

კრისტალიზაციური სტრუქტურების თვითდაშლის პროცესის შეჩერება ან სრული აცილება შესაძლებელია ძლიერი გაშრობის, ახალი წარმონაქმნების წყალში უხსნადობის, დაბალი ფორიანობის და მეკრივი სტრუქტურების პირობებში.

სხვადასხვა ტიპის სტრუქტურების სიმტკიცის (P_m) განვითარების კინეტიკა ნაჩვენებია ნახ. 2-ზე.

ნახაზიდან ნათლად ჩანს, თუ როგორ მიმდინარეობს კოაგულაციური, კონდენსაციური და კრისტალიზაციური სტრუქტურების განვითარება მაქსიმუმამდე, მათი მდგრადობის შემცირება და გარკვეულ პირობებში ერთმანეთში გადასვლა.

ზემოთ მოყვანილი სტრუქტურები, კოლოიდურ-ქიმიური ბუნების, მინერალური და გრანულომეტრული შემადგენლობის, ჰიდროგეოლოგიური და კლიმატური ფაქტორებისაგან დამოკიდებულებით, შეიძლება არსებობდეს ცალ-ცალკე ან ერთდროულად და დროის განმავლობაში გადადიოდეს ერთიმეორეში.

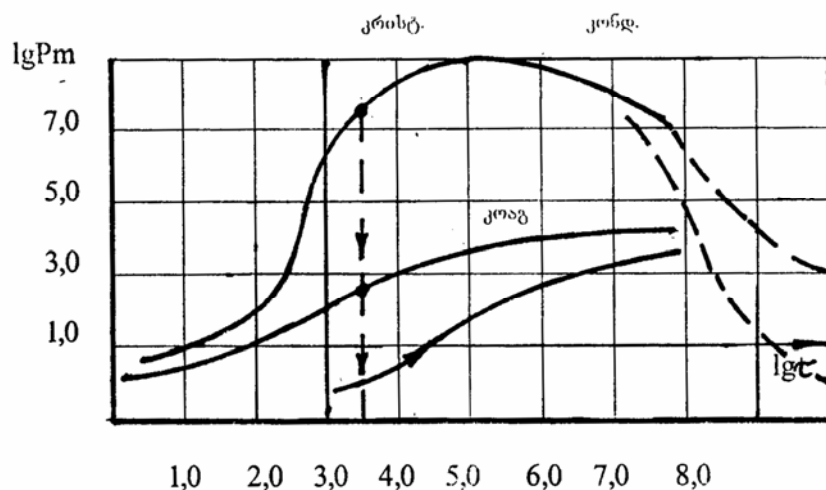
ბუნებრივ გრუნტებს იშვიათად ახასიათებს რომელიმე ტიპის სტრუქტურა სუფთა სახით. როგორც წესი, მათი სტრუქტურები

ატარებს შერეულ ხასიათს, თვისებებს კი განაპირობებს ჭარბი სტრუქტურა. ამავე დროს მრავალსტრუქტურეობა ხშირად ახასიათებს გრუნტების არა მარტო დიდ მასივებს, არამედ მის მცირე მოცულობებსაც. მაგალითად შავმიწა ნიადაგ-გრუნტებში მთელი მასივი წარმოადგენს კოაგულაციურ-კონდენსაციურ სტრუქტურას, მისი ნაწილაკები კი (მიკრო- და მაკროაგრეგატები), ცემენტაციური კავშირების გამო, ხასიათდება ტიპური კრისტალიზაციური სტრუქტურით.

ცხადია, რომ ბუნებრივ გრუნტებთან მიმართებაში საჭიროა მათი შერეული სტრუქტურების დიფერენცირება, რაც იძლევა საშუალებას უფრო სწორად შეფასდეს მათი თვისებები და დაისახოს მათი რეგულირების ოპტიმალური გზები.

ზემოთ მოყვანილიდან გამომდინარე, ჩვენს მიერ გამოყოფილი იყო ბუნებრივ პირობებში გრუნტების შემდეგი რეალურად არსებული სტრუქტურები:

1. კოაგულაციური: თიხა, თიხნარი, ქვიშნარი;
2. კოაგულაციურ-კონდენსაციური: თიხა, თიხნარი, ქვიშნარი;
3. კონდენსაციური: თიხა, თიხნარი, ქვიშნარი მშრალ მდგომარეობაში;
4. კონდენსაციურ-კრისტალიზაციური: მშრალი დამარილიანებული და თაბაშირიანი გრუნტები;
5. კრისტალიზაციური: ძლიერ დამარილიანებული გრუნტები.



ნახ.2. კოაგულაციური, კონდენსაციური და კრისტალიზაციური სტრუქტურების სიმტკიცის (P_m დინი/სმ²) განვითარების კინეტიკა. ისრებით ნაჩვენებია სტრუქტურების დაშლა და აღდგენა.

ზემოთ ჩამოთვლილ სტრუქტურებს, როგორც ძირითადებს, ისე შერეულებს, მათი სტრუქტურულ-მექანიკური და მინერალოგიური სხვადასხვაობის მიუხედავად, აერთიანებს ერთი საერთო თვისება – ჰიგროტიქსოტროპულობა, ანუ ცვალებადობა წყალთან ურთიერთობის შემდეგ, რომელიც განპირობებულია სტრუქტურული კავშირების დაბალი წყალმდგრადობით.

ამიტომ გრუნტების თვისებების ჩამოყალიბებაში განსაკუთრებული როლი აქვს წყალს და წყალხსნარებს. წყალი და წყალხსნარები, მათი სათანადო რაოდენობის, შემადგენლობის და კონცენტრაციის შემთხვევაში, უზრუნველყოფს გრუნტების დატკეპნას მაქსიმალურ სიმკვრივემდე, მასში სტრუქტურირების პროცესის ოპტიმალურ მიმდინარეობას და მყარი კავშირების წარმოქმნას ნაწილაკებს შორის.

გრუნტების ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელი – შებმულობა – წარმოადგენს მათ უნარს, დასველების და შემდგომი გაშრობის შემდეგ წარმოქმნას კომპაქტური მასა, რომელიც არ იშლება ცალკეულ ელემენტარულ ნაწილაკებად. სწორედ ამ ნიშნით იყოფა გრუნტები ბმულ (თიხები, თიხნარები), მცირედ ბმულ (ქვიშნარები) და არაბმულ (ქვიშები, ხრეშები) კატეგორიებად.

გრუნტების მაღალი სიმტკიცე მშრალ მდგომარეობაში აიხსნება ნაწილაკების შორის ძლიერი შეჭიდულობის ძალებით, კოაგულაციური სტრუქტურის თანდათანობითი შემჭიდროვებით და მისი გადასვლით კონდენსაციურში. შეჭიდულობა წარმოადგენს ზედაპირული დაჭიმულობის ფუნქციას და განპირობებულია მოლეკულური მიზიდულობის ძალებით, რომლებიც წარმოიქმნება ნაწილაკების ზედაპირების კონტაქტების ადგილზე.

სწორედ ამიტომ, გრუნტების წყალდაშლა ყოველთვის არ ხასიათდება შეჭიდულობის კარგვით ყველა ელემენტარულ ნაწილაკს შორის, რაც მიგვანიშნებს, რომ დაღობობილ გრუნტებში შესაძლებელია შერეული კოაგულაციური (აგრეგატშორისი) და კრისტალიზაციურ-კონდენსაციური (შიდა მიკროაგრეგატული) სტრუქტურის არსებობა. გრუნტების ნაწილაკების შეწებება წყალგამძლე აგრეგატების წარმოქმნით, ხორციელდება წებოვანი ნივთიერებებსა და ნაწილაკების ზედაპირებს შორის კონტაქტების ადგილებზე.

ში ფიზიკურ-ქიმიური და ქიმიური ურთიერთქმედების შედეგად, წებოვანი ნივთიერებების – გელების შემდგომი გამყარებით და კონტაქტების ზონებში გრუნტის მიკროხონალური გაქვავებით.

გრუნტების შეჭიდულობა პირდაპირ არის დამოკიდებული მათ ტენიანობაზე. დატენიანებისას გრუნტების ტიქსოტროპია და პლასტიკური დეფორმაციები აიხსნება იმით, რომ ნაწილაკების ურთიერთკავშირები ხორციელდება არა უშუალოდ მათ შორის, არამედ წყლის შრეების მეშვეობით. ეს ასუბტებს ნაწილაკებს შორის შეჭიდულობას და იწვევს ნაწილაკებს შორის სრიალს. ტიქსოტროპიის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს შემდეგი ფაქტორები:

– სტრუქტურის არასაკმარისი სიმტკიცე და მისი მიდრეკილება ნარჩენი დეფორმაციებისადმი;

– დისპერსული ფაზის ნაწილაკების კოლოიდური ფრაქციის არსებობა, რომელიც ასრულებს მსხვილი დისპერსული ნაწილაკების ერთიან სტრუქტურულ ბადეში გაერთიანებისათვის საჭირო კოაგულაციური შემწვებლის როლს;

– დისპერსული ფაზის მოცულობის ერთეულში დისპერსული ფაზის ნაწილაკების საკმარისად დიდი რაოდენობა, რაც აადვილებს სივრცობრივი ბადის აგებას.

გრუნტების სტრუქტურის განვითარების ხარისხი და კინეტიკა განპირობებულია პირველ რიგში მისი დატენიანების ხარისხით. პ. რებინდერის [4, 5] მიხედვით გრუნტების გაშრობისას წარმოიქმნება კონდენსაციური სტრუქტურები, რომლებიც ხასიათდება მაღალი სიმტკიცით, მსხვრევადობით და შეუქცევადი დაშლით. ამიტომ შეჭიდულობის შეუქცევადობისათვის საჭიროა არა მარტო მოლეკულური ძალების გამოვლინება, არამედ გრუნტების ნაწილაკთა კონტაქტის ზონებში წებოვანი ან მაცემენტებელი ხიდების არსებობა.

გრუნტებში არსებული შეჭიდულობა ორი სახისაა: მუდმივი – შიდააგრეგატული და ცვალებადი – აგრეგატშორისი (ნაწილაკშორისი).

შიდააგრეგატული შეჭიდულობა ძირითადად წარმოადგენს წვრილი ნაწილაკების სტრუქტურულ აგრეგატებად შეწებებას მაღალი გამძლეობის კავშირების საშუალებით

(მაგალითად შავმიწა ნიადაგ-გრუნტები). აქ ძირითად როლს თამაშობს ფიზიკურ-ქიმიური ფაქტორები - ადსორბცია, პიკრატაცია, კოაგულაცია, გაცვლითი რეაქციები, გამყარების პროცესები და ა.შ. უშუალოდ ფიზიკური ფაქტორები - მოლეკულური მიზიდულობა, კაპილარული წნევა - თამაშობს მხოლოდ დამხმარე როლს. აგრეგატშორისი შე-

ჭიდულობა ნათლად მჟღავნდება მყარი, კარგად გამოხატული სტრუქტურების მქონე გრუნტებში. წყალთან ურთიერთობისას ასეთ გრუნტებში წარმოებს აგრეგატშორისი კაფშირების სწრაფი რღვევა, რის გამოც ისინი იშლება ცალკეულ სტრუქტურულ ერთეულებად.

დასკვნა

იმისათვის, რომ გრუნტებში მიღწეული იყოს სტაბილური და დროში მდგრადი სტრუქტურა, აუცილებელია გრუნტების ნაწილაკების პიკროფილური ზედაპირების გარდაქმნა პიკროფობურ ზედაპირებად, წყალში მდგრადი აგრეგატების ჩამოყალიბება და წყალგამძლე აგრეგატშორისი შეჭიდულობის მიღწევა. აღნიშნული ამოცანების ეფექტური გადაწყვეტა ხორციელდება გრუნტებში სხვადასხვა აქტიური დანამატების შეტანით.

დღეისათვის, სხვადასხვა მიზნებისათვის პრაქტიკაში წარმატებით გამოიყენება ასეთი დანამატების მრავალი ნაირსახეობა: ზედაპირ-

რულად აქტიური ნივთიერებები, ბითუმები, ცემენტი, კირი, სილიკატები, არაორგანული მჟავები, ტუტეები, მარილები და ა.შ. მაღალი შედეგების მიუხედავად მათ ახასიათებს საერთო ნაკლოვანება - თითოეული მათგანი განკუთვნილია ერთი კონკრეტული ამოცანის გადასაწყვეტად, და არ გააჩნია უნივერსალური მოქმედების უნარი.

ამ მიმართულებით ყველაზე პერსპექტიულს წარმოადგენს სინთეტიკური პოლიმერული ნაერთების გამოყენება, რომელმაც ბოლო ხანებში ფართო გავრცელება ჰპოვა მსოფლიოში.

ლიტერატურა

1. **Круглицкий Н.Н.** Физико-химические основы регулирования свойств дисперсий глинистых минералов. Киев: "Наукова думка", 1968, 320 с.
2. **Ребиндер П.А.** Физико-химическая механика как основа укрепления грунтов. М.: Изд-во МГУ, 1961, 180 с.
3. **Ребиндер П.А.** Структурно-механические свойства глинистых пород и современное представление физикохимии коллоидов. /Тр. сов. по инж-геол. свойствам горных пород и методам их изучения. Т.1, из-во АН СССР, М., 1950, 360 с.
4. **იტრიაშვილი ლ.** ნიადაგ-გრუნტების თვისებების მიზნობრივი მართვა. მონოგრაფია, თბ.: „მეცნიერება“, 2005, 322 გვ.
5. **Ребиндер П.А.** Физико-химическая механика дисперсных структур. М.: Наука, 1966, 186 с.

**წყალმოვარდნის პერიოდის ჩამონადენის რეკვადრის
სტოქასტური მოდელი**

**დავით კერესელიძე, გურამ გრიგოლია,
ვაჟა ტრაპაიძე, გიორგი ბრეგვაძე**

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ი. ჭავჭავაძის პრ. 1, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

წყალმოვარდნის პერიოდის ჩამონადენის გაანგარიშების ტრადიციულ მეთოდებში იყენებენ წლიური მაქსიმუმების მნიშვნელობებს, ასეთ შემთხვევაში ინფორმაციის კარ-

გვა თვალსაჩინოა და ჩამონადენის რეკვადრის რეალური სტოქასტური მოდელის შესაქმნელად მნიშვნელოვანია გამოვიყენოთ დღემური ან მყისიერი მაქსიმუმები.

ძირითადი ნაწილი

წყალმოვარდნის პერიოდის უმნიშვნელოვანეს მახასიათებელს წარმოადგენს წყლის მაქსიმალური ხარჯი $Q_{\max}$ – შემდგომში განხილული იქნება დღე-ღამური მაქსიმუმები, რადგან დღე-ღამური მაქსიმუმებიდან მყისიერ მაქსიმუმებზე გადასვლა შესაძლებელია კარგად გამოცდილი სტანდარტული მეთოდებით [1-5]. თუ i რიგის დაკვირვებებში ($i=1,2,...,n$) დაფიქსირებულია K_i წყალმოვარდნები Q_{ij} მაქსიმალური ხარჯებით, $j=1,...,K_i$, მაშინ i წყლის მაქსიმალური ხარჯი $Q_{\max}^{(i)}$ წარმოადგენს უდიდესს K_i მნიშვნელობიდან. n წელიწადში მივიღებთ $\sum K_i = \bar{K}_n$ მნიშვნელობების მაქსიმალური ხარჯების წყალმოვარდნათა პიკებს. ($\bar{K}$ არის წყალმოვარდნის პერიოდში პიკების საშუალო რიცხვი) მიუხედავად ამისა, გაანგარიშების ტრადიციულ მეთოდებში იყენებენ წლიური მაქსიმუმების $Q_{\max}^{(1)}, ..., Q_{\max}^{(n)}$ n მნიშვნელობებს. ასეთ შემთხვევაში ინფორმაციის კარგვა თვალსაჩინოა, რადგან ზოგიერთ წლებში შესაძლებელია დაკვირვებული იყოს რამდენიმე წყალმოვარდნა, რომელთა სიდიდეც გაცილებით მეტი იყოს ვიდრე სხვა წლების მაქსიმუმის მნიშვნელობები. წყალმოვარდნის პირობებში ჩამონადენის რეჟიმზე ასეთ მიდ-

გომას გააჩნია მნიშვნელოვანი ნაკლოვანებები. პირველ რიგში ეს დაკავშირებულია დაკვირვებათა მონაცემებთან. უმრავლეს შემთხვევაში მდინარეებზე დაკვირვების მონაცემები არ აღემატება 40-50 წელს, ამასთან წყალმოვარდნის მაქსიმალური ხარჯების რიგი შეადგენს არა უმეტეს n წელს. ასეთი დაკვირვებული რიგის დროს $F(x)$ განაწილების ფუნქციის პარამეტრების შეფასება დამოკიდებულია $Q_{\max}$ სიდიდეების ექსტრემალურ მნიშვნელობებზე. განსხვავება შემოთავაზებულ და რეალურ განაწილების ფუნქციებს შორის მცირე უზრუნველყოფის არეებში სტატისტიკურად არაკონტროლირებადია [6]. წყალმოვარდნის ჩამონადენის წლიური მაქსიმუმების გათვალისწინება იწვევს არა მარტო ინფორმაციის რაოდენობრივ კარგვას, არამედ ხარისხობრივსაც. ეს დაკავშირებულია წვიმის წყალმოვარდნების პირობების ალბათურ ხასიათზე: ცალკეული წვიმის წყალმოვარდნის პარამეტრები დამოკიდებულია ქვეფენილი ზედაპირისა და მეტეოროლოგიური ფაქტორების ერთიან მოქმედებაზე. წყალმოვარდნის მაქსიმალური ხარჯი ფორმირდება სწორედ მეტეოროლოგიური და ქვეფენილი ზედაპირის პარამეტრების შემთხვევით თავსებადობაზე. თუ წლიური მაქსიმუმები დაკვირვებულია წყალმცირობის ფონზე, მისი სიდიდე ძირითადად

ატმოსფერული ნალექების ხასიათით და რაოდენობით განისაზღვრება. საწინააღმდეგო შემთხვევაში იზრდება წყალმოვარდნის წინა პერიოდის წყლიანობის როლი და წარმოიქმნება წყალმოვარდნის ზედდების ეფექტი წინა წყალმოვარდნის დაცემის პერიოდზე. წლიური მაქსიმალური ჩამონადენის უზრუნველყოფის მრუდის ასაგებად, დაკვირვებული წლიური მონაცემების გაზრდილი რაოდენობის გამოყენებაზე დღეს მუშაობს მრავალი მეცნიერი. ასეთ მიდგომას პრაქტიკაში იყენებენ აშშ-ს, დიდი ბრიტანეთის, რუსეთის და სხვა ქვეყნის მეცნიერები [7÷9,12]. ასეთი მიდგომის საფუძველია შემდეგი მოსაზრებები:

1. ყველა ლოკალური მაქსიმუმი $Q_{ij} = (i = 1, \dots, K; j = 1, \dots, n)$ ექვემდებარება ერთი და იგივე განაწილების ფუნქციას;

2. ერთობლიობაში Q_{ij} სიდიდეები დამოუკიდებელია;

3. წყალმოვარდნათა პიკების K_i ყოველწლიური რიცხვი ექვემდებარება პუასონის განტოლებას;

პირველი მოსაზრება ნიშნავს წყალმოვარდნის ჩამონადენის ფორმირების ერთგვაროვნობას თითოეული წლის წყალმოვარდნის მთელი პერიოდისათვის, რომელიც გარკვეულ შემთხვევებში ძლიერ ირღვევა. მეორე პირობის – (ერთი წლის წყალმოვარდნის მაქსიმუმების სტატისტიკური დამოკიდებულების) დარღვევას იწვევს წყალშემკრები აუზის ტენიანობის გავლენა წყალმოვარდნის წინა პერიოდის ჩამონადენის კოეფიციენტზე, აგრეთვე წყალმოვარდნის პერიოდის ზედდება წინა წყალმოვარდნების დაცემის პერიოდზე. მაქსიმუმების პიკების რიცხვების განაწილების აღბათობა შესაძლებელია განსხვავდებოდეს პუასონის განაწილებისაგან. მაგალითად წყალმოვარდნის პერიოდის ხანგრძლივობის ცვალებადობით.

თუ ირღვევა მხოლოდ მესამე მოსაზრება, ხოლო პირველი ორი აკმაყოფილებს მოთხოვნას, მაშინ ემპირიული უზრუნველყოფის მრუდის $(Q_{\max}^{(1)}, \dots, Q_{\max}^{(n)})$ მაგივრად შესაძლებელია გამოვიყენოთ რიგის უფრო ზუსტი შეფასება, რომელიც ყველა $N = \bar{K} \cdot n$ დაკვირვებულ ლოკალურ მაქსიმუმებს იყენებს:

$$F_n^*(x) = \frac{1}{n} \sum [F_n^*(x)]^{K_i}, \quad (1)$$

სადაც, $F_n^*(x)$ – განაწილების ემპირიული ფუნქციაა, რომელიც მიიღება $Q_{ij} (j = 1, \dots, K; i = 1, \dots, n)$ მაქსიმუმების რიგით. ასეთი შეფასება პრაქტიკულად არ იძლევა $Q_{\max}$ დაზუსტებას ექსტრემალური მნიშვნელობის არეებში, მაგრამ გაცილებით ზუსტ შედეგებს იძლევა საშუალო და მცირე უზრუნველყოფის არეებში. სწორედ ამ მიზეზით და უზრუნველყოფის მრუდის $Q_{\max}$ აპროქსიმაციით, რომელიც თეორიული ფუნქციით ის საშუალებას იძლევა გავზარდოთ განაწილების ფუნქციის პარამეტრების სიზუსტე. მაგალითად რიგის მათემატიკური ლოდინი, ვარიაციისა და ასიმეტრიის კოეფიციენტები.

ამრიგად, მათი სტატისტიკური ანგარიშის დროს სამი მოსაზრებიდან ერთ-ერთის დარღვევის შემთხვევაში წყალმოვარდნების ყველა დაკვირვებული მაქსიმუმის გამოყენება დაკავშირებულია გარკვეულ სიძნელეებთან. ამ სიძნელეების გადალახვა შესაძლებელია სტოქასტური მოდელის საშუალებით, რომელიც წყალდიდობის პერიოდში დღე-ღამური ხარჯების აღბათურ ცვალებადობას მრავალწლიურ ჭრილში აღწერს.

სტოქასტური მოდელი წყალდიდობის პერიოდში წყლის ხარჯის რეგულაციას აღწერს, როგორც შემთხვევითი პროცესის რეალიზაციას $Q(t)$. ცნობილია, რომ გაზომილი ხარჯები შეიცავს მნიშვნელოვან შემთხვევით შეცდომებს, განსაკუთრებით წყლის ხარჯის მაღალი მნიშვნელობები. ამ შეცდომების ბუნება და გათვალისწინება წყალსამეურნეო და ჰიდროლოგიურ გაანგარიშებებში დეტალურად არის შესწავლილი [1÷5]. თეორიული ანალიზი რომ არ გავართულოთ შემდგომში განხილულ იქნება გაზომილი ხარჯების რეგულაცია დროში. არა რეალური ხარჯების, არამედ წყალმოვარდნის პერიოდის ხანგრძლივობა, თუ იგი არ მოიცავს მთელ წელს, ვარირებს წლიდან წლამდე. მოდელში გათვალისწინებულია მდინარისათვის მაქსიმალური წყალმოვარდნის პერიოდები. $t=0$ მიღებულია წყალმოვარდნის პერიოდის დასაწყისი, ხოლო $t=T$ მისი დამთავრება. T არის მისი ხანგრძლივობა. აქედან გამომდინარე გაზომილი წყლის ხარჯების

$Q(t)$ რევეადობის პროცესი განხილულია $T \supset [0, T]$. მოდელი დაფუძნებულია თითოეული წლის (სეზონის) აპროქსიმაციით შემდეგი ფუნქციის სახით:

$$Q(t) = q_0 \varphi_0(t) + \sum_{j=1}^k q_j \varphi_j(t - t_j), \quad (2)$$

სადაც, q_0 -მოცემული წლის ბაზისური ჩამონადენის საშუალო მნიშვნელობაა; K - ამ წლის წყალმოვარდნათა პიკების რიცხვია; $t_1, \dots, t_K$ - პიკების გავლის თარიღებია; $q_1, \dots, q_K$ - მაქსიმალური ხარჯების მნიშვნელობებია, რომლებიც დამოუკიდებლად ფორმირდება; $\varphi_0(t)$ - ბაზისური ჩამონადენის ჰიდროგრაფის ფორმის უგანზომილებო ფუნქციაა; $\varphi(t - t_j)$ - j -რი წყალმოვარდნის ფორმის უგანზომილებო ფუნქციაა, რომელიც აღწერს დონის აწევას, როცა $t \leq t_j$ და კლებას, როცა $t > t_j$.

$\varphi_j(t - t_j)$ j -ი წყალმოვარდნების ფორმის უგანზომილებო ფუნქციაა. იგი წრფის მონაკვეთის სახით აღწერს წყლის დონის აწევის ძირითად ტოტს τ_j დროში (დღე-ღამე), ხოლო წყლის დონის დაწევის ტოტს ექსპონენტის სახით, წყლის დონის დაწევის ინტენსივობის კოეფიციენტით α_j აღემატება.

$$\varphi(t - t_j) = \begin{cases} 0, & \text{როცა } t \leq t_j \leq \tau_j \\ 1 + \frac{1}{\tau_j}(t - t_j), & \text{როცა } t_j - \tau_j < t \leq t_j \\ \exp[-\alpha_j(t - t_j)] & \text{როცა } t > t_j \end{cases} \quad (3)$$

წყლის დონის ინტენსიური აწევის დრო შეესაბამება $t \leq t_j - \tau_j$; ხოლო სწორხაზოვანი აწევის დრო კი მოიცავს დროის მონაკვეთს $[t_j - \tau_j, t_j]$ τ_j ხანგრძლივობით; წყალმოვარდნის პიკის გავლის დროა t_j (დღე-ღამის რიცხვია წყალმოვარდნის პერიოდის დაწყებიდან $t = 0$); შემდგომ წყალმოვარდნის პერიოდის ბოლომდე, როცა $t = T$, იწყება წყლის დონის ექსპონენციალური დაცემა, რომლის ფაქტიური ხანგრძლივობა იმ წყლის ხარჯამდეა, რომელიც შეადგენს q_j -ის 1%-ს და ტოლია $(1/\alpha_j) \ln 100 = 4.3/\alpha_j$ დღე-ღამის.

ბაზისური ჩამონადენის ზემოთ მოცემული მარტივი აღწერა და წყალმოვარდნის წყლის დონის აწევისა და დაწევის აპროქსიმაციისათვის (3) ფორმულის გამოყენება არ წარმოადგენს სტოქასტურ მოდელში აუცილებელ პირობას.

სტოქასტურ მოდელში ყველაზე მნიშვნელოვან და რთულ ეტაპად ითვლება წყალმოვარდნათა პიკების (II) შემთხვევითი ვარიაციების აღწერა და მათი განაწილება წყალმოვარდნის პერიოდში ე.ი. (II) რიცხვებში. პრაქტიკულად ყველა ამოცანაში, რომელიც დაკავშირებულია ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების ანალიზსა და მოდელირებასთან, გამოიყენება პუასონის თეორია. ბოლო წლებში ასეთი მიდგომა ფართოდ დაინერგა სხვადასხვა სინოპტიკური პროცესების აღსაწერად, რომლებიც განსაზღვრავს ჩამონადენის ფორმირების პირობებს [11] და ატმოსფერულ ნალექებს [14]. პირველად იგი გამოყენებულ იქნა პ. ივლსონის [10] მიერ წყალმოვარდნათა შორის ინტერვალების ხანგრძლივობის აღსაწერად.

პუასონის სტაციონარული მოდელი ითვალისწინებს ხდომილობის (წყალმოვარდნათა პიკები) გავლის თანმიმდევრობის შემდეგ თვისებებს [10]:

1. K ხდომილობის რიცხვი დროის $[t_0, t_0 + T]$ ინტერვალში ექვემდებარება პუასონის განაწილებას:

$$P(K) = \frac{(\lambda T)^K}{K!} e^{-\lambda T}, \quad \text{ნებისმიერი } K = 0; 1; 2; \dots \quad (4)$$

მათემატიკური ლოდინით $M(K) = \lambda T = K$ და დისპერსიით $D(K) = \lambda T$. ინტენსივობის (λ) კოეფიციენტი (ხდომილობის საშუალო რიცხვია დროის ერთეულში) ტოლია $\lambda = (1/T)K$.

2. ათვლის (t_0) ნებისმიერი დაწყების და ნებისმიერი K -ს ხდომილობის დაწყების ინტერვალები მეზობელ მომენტებს შორის $\Delta_1 = t_1 - t_0$, $\Delta_2 = t_2 - t_1$, $\Delta_K = t_K - t_{K-1}$, წარმოადგენს დამოუკიდებელ შემთხვევით სიდიდეებს, რომლებიც ექვემდებარება ერთიან განაწილების ალბათურ ფუნქციას (სტაციონარული პროცესის აღდგენის თვისება).

3. Δ_j სიდიდეები ექვემდებარება ალბათობების მაჩვენებლიან განაწილებას

$$p = (\Delta_j < X) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x}, & \text{როცა } x \geq 0 \\ 0, & \text{როცა } x < 0 \end{cases}, \quad (5)$$

პარამეტრებით $\Delta = 1/\lambda$, $Cv = 1$, $Cs = 2$.

4. ხდომილობის საშუალო რიცხვი ინტერვალში t_0 -დან $t_0 + t$ წარმოადგენს წრფივ ფუნქციას

$$K(t) = \lambda t. \quad (6)$$

5. ნებისმიერი K , t_0 და T ხდომილობის დადგომის მომენტები $t_1, \dots, t_K$ ექვემდებარება ალბათურ განაწილებას სიმკვრივით:

$$f(t_1, \dots, t_K) = \begin{cases} K! / T^K, & \text{თუ } t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_K \leq t_0 + T \\ 0, & \text{საწინააღმდეგო შემთხვევისთვის} \end{cases}. \quad (7)$$

ე.ი. $t_1, \dots, t_K$ მნიშვნელობები წარმოადგენს K სიდიდეების ვარიაციულ რიგს, რომელიც $[t_0, t_0 + T]$ მონაკვეთზე ექვემდებარება ალბათობის თანაბარ განაწილებას.

რადგან წყალმოვარდნის პერიოდის მეტეოროლოგიური პირობები არაერთგვაროვანია, ამიტომ მიზანშეწონილია განვიხილოთ პუასონის არასტაციონარული მოდელი, რომელშიც ინტენსივობის λ კოეფიციენტი იცვლება დროში [5]. (4) ფორმულაში λ კოეფიციენტის ნაცვლად ვიყენებთ $\lambda(t)$ ინტეგრალურ საშუალო მნიშვნელობას ინტერვალში $[t_0, t_0 + T]$. უცვლელი რჩება $\Delta_1, \Delta_2, \dots$ თანმიმდევრობის დამოუკიდებლობა, ყველა სხვა პირობა ირღვევა. პუასონის არასტაციონარული პროცესი ადვილად შეიძლება გავამარტივოთ დროის მასშტაბის შეცვლით, თუ $t = K(t)$, სადაც $\bar{K}(t)$ წარმოადგენს ხდომილობათა რიცხვის მატების ინტეგრალურ ფუნქციას t დროის მომენტისათვის

$$\bar{K}(t) = \int_{t_0}^t \lambda(u) du. \quad (8)$$

არასტაციონარული პროცესის დროს $\bar{K}(t)$ ფუნქცია არაწრფივია. ტრანსფორმირებული t დრო იცვლება $t_0 = \bar{K}(t_0) = 0$ $t_0 + T = \bar{K}(t_0 + T) = \bar{K}$. ტრანსფორმირებული დროის მასშტაბში საწყისი პროცესი ხდება სტაციონარული. ინტენსივობის კოეფიციენტი კი $\lambda = 1$ მაშასადამე $\bar{K}(t)$ ფუნქცია მთლიანად განსაზღვრავს პუასონის ნებისმიერ პროცესს.

წყალდიდობის პიკების თარიღებზე გადასვლისას აუცილებელია შემდეგი პირობები:

ა. T პერიოდში მაქსიმალურად შესაძლებელი პიკების რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს $[T/2 + 1]$ ამასთან t_j და Δ_j დამრგვალებული უნდა იქნეს დღე-ღამემდე.

ბ. მინიმალური ინტერვალი მეზობელ დღე-ღამურ მაქსიმუმებს შორის უნდა იყოს 2 დღე-ღამე; ე.ი. $\min \Delta_j = 2$, ხოლო მაქსიმალური არ უნდა აღემატებოდეს T -ს. ე.ი. $\max \Delta_j \leq T < \infty$ აქედან გამომდინარე Δ_j უკვე აღარ ექვემდებარება მაჩვენებლიან განაწილებას.

გ. წყალმოვარდნის პერიოდის დაწყებისა და დამთავრების ყოველწლიურმა ვარიაციამ შესაძლებელია გამოიწვიოს პიკების საშუალო რიცხვის $K(t)$ ფუნქციის დამახინჯება t რიცხვის ახლობლობაში, 0 და Q -სთან ახლოს.

დ. წყალმოვარდნის პერიოდის ხანგრძლივობის ვარიაციამ შესაძლებელია დამახინჯოს ყოველწლიური წყალმოვარდნათა პიკების პუასონის განაწილება, კერძოდ პუასონის განაწილებისაგან განსხვავებით წყალმოვარდნათა პიკების რიცხვის დისპერსია შესაძლებელია აღემატებოდეს მათ საშუალო მნიშვნელობას ე.ი. $D(K) > \bar{K}$.

ნაშრომი დაფუძნებულ იქნა საქართველოს შავიზღვისპირა მდინარეთა ჩამონადენის რეგულაციის სტატისტიკურ ანალიზზე. დეტალურად გამოკვლეულ და შესწავლილ იქნა მდინარე ნატანები. მდინარის სიგრძე 60 კმ-ია, წყალშემკრები აუზის ფართობი 657 კმ², აუზის საშუალო სიმაღლე 830 მ. აუზში კარგადაა განვითარებული მდინარის ქსელი, განსაკუთრებით მარცხენა სანაპიროზე და ზემო წელში.

მდინარის დონეების რეჟიმი ძირითადად ხასიათდება მძლავრი და ინტენსიური წყალდიდობებით მთელი წლის განმავლობაში. მდინარის ზემო წელში, 1000-1500 მ სიმაღლეზე და ზემოთ, ფორმირდება გაზაფხულის წყალდიდობა, რომელიც გრძელდება მარტიდან აპრილამდე და თან სდევს ხშირი წვიმის წყალმოვარდნები. წყალდიდობები უფრო მკვეთრად გამოხატული აპრილ-მაისში და განაპირობებს მაღალ დონეებს მდინარის მთელ სიგრძეზე.

მდ. ნატანებისათვის წყალმოვარდნის მაქსიმალური პერიოდი გრძელდება მთელი წლის განმავლობაში, 1 იანვრიდან 31 დეკემბრის ჩათვლით. ე.ი. T ტოლია 365 დღის, განსახილველ წელიწადში აღინიშნა $K=9$ წყალმოვარდნის პიკი, სადაც ბაზისური ჩამონადენი წყალმოვარდნის ჩამონადენთან შედარებით უმნიშვნელო სიდიდეა, ამიტომ ბაზისური ჩამონადენის ჰიდროგრაფის ფორმა შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივად: $\phi(t)=1$, როცა $q_0=9,8$ მ3, ჰიდროგრაფის პარამეტრები მოცემულია ცხრილში 1.

ზემოთ გაკეთებული დაშვებების გათვალისწინებით მდ. ნატანებზე წყალმოვარდნათა გავლის პიკებს დამაკმაყოფილებლად აღწერს კუასონის სტაციონარული მოდელი. 30 წლიანი დაკვირვებული რიგის მიხედვით წელიწადში საშუალოდ გადის $K=12,3$ წყალ-

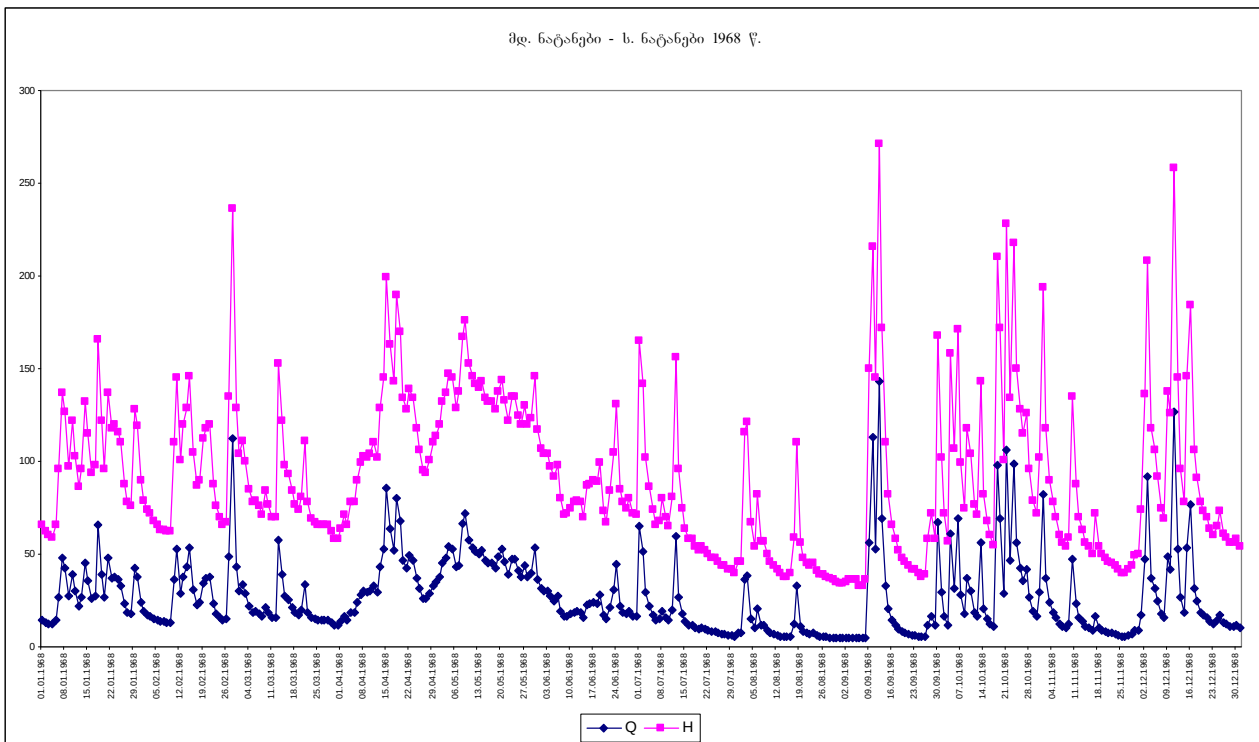
მოვარდნის პიკი, თვეების მიხედვით ეს რიცხვი მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 1

მდ. ნატანების 1968 წლის ჰიდროგრაფის პარამეტრები

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_j	59	106	254	256	292	295	297	338	346
q_j	112	85.4	113	143	97.9	106	98.6	91.6	127
τ_j	2	3	2	1	1	1	2	3	2
α_j	0.13	0.20	0.16	0.13	0.20	0.11	0.17	0.25	0.09

ჩვენი მიზანი იყო ასევე მდ. ნატანებისათვის გამოგვეთვალა 0.1%, 1%, 5% და 10%-იანი უზრუნველყოფისათვის შესაბამისი საშუალო მრავალწლიური მაქსიმალური ხარჯები და დონეები. (იხ ცხრ.3).



ნახ.1. მდ. ნატანების 1968 წლის წყალმოვარდნის პერიოდის ჰიდროგრაფი

ცხრილი 2

წყალმოვარდნის პიკების გავლის ალბათობა და სიხშირე

ინტერვალი	$K < 9$	$9 \leq K < 11$	$11 \leq K < 13$	$13 \leq K < 15$	$15 \leq K < 17$	$K \geq 17$
ალბათობა	0.136	0.181	0.225	0.202	0.137	0.119
სიხშირე P	2/30	7/30	6/30	7/30	3/30	5/30

ცხრილი 3

მდ. ნატანების საშუალო მრავალწლიური
მაქსიმალური ხარჯები და ღონეები

0.1%		1%		5%		10%	
Q (მ ³ /წმ)	H (სმ)	Q (მ ³ /წმ)	H (სმ)	Q (მ ³ /წმ)	H (სმ)	Q (მ ³ /წმ)	H (სმ)
487	546	349	441	253	357	211	316

HEC-FDA სისტემაში, MIKE11 GIS-FAT

პროგრამების გამოყენებით შევქმენით მაქსიმალური ხარჯების გავლის სრულყოფილი და ამომწურავი სურათი, იგი საშუალებას იძლევა პოტენციურად დასაბრუნებელ ზონების (მდინარის მიმდებარე ტერიტორიის ცალკეული ნაკვეთების) დადგენას, რომელიც მოდელირების შემდეგ, ექსპერიმენტული ფუნქციით “სიღრმე-ხარაღი” ფასდება შესაძლო ფარდობით ერთეულებში, მაგალითად პროცენტებში.

დასკვნა

ჰიდროლოგიაში ცნობილი სხვა მეთოდებისაგან განსხვავებით, ამ თეორიული მოდელით მდინარე ნატანების წყალმოვარდნის პერიოდის სტატისტიკურმა ანგარიშმა შესაძლებელი გახდა შეგვექმნა მდინარე ნატანების წყალმოვარდნის ტალღის ტრანსფორმაციის და დატბორვის რეალურ სიტუაციასთან

მიახლოებული სურათი. ჰიდროგრაფის პარამეტრებით უფრო ზუსტი და საიმედო, რეალურ სიტუაციასთან მიახლოებული მოდელის შექმნა კი მდინარის ტალღების ინტენსიური გამოყენების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წინაპირობაა.

ლიტერატურა

1. **Круглицкий Н.Н.** Физико-химические основы регулирования свойств дисперсий глинистых минералов. Киев: "Наукова думка", 1968, 320 с.
2. **Бееран А.Н.** Вопросы региональной гидрологии. Паводочный сток. Киев, УМКВО, 1989, 131 с.
3. **Кучмент Л.С., Гельфан А.Н.** Динамико-стохастические модели формирования речного стока. М., Наука, 1993, 103 с.
4. **Кучмент Л.С., Демидов В.Н., Мотовилов Ю.Г.** Формирование речного стока. Физико-математические модели. М., Наука, 1983, 216 с.
5. **Михайлов В.Н., Добровольский А.Д.** Общая гидрология. М., "Высшая школа", 1991, 368 с.
6. Определение расчетных гидрологических характеристик. СНИП 2.01.14-83, М., Стройиздат, 1985, 37 с.
7. **Христофоров А.В.** Надежность расчетов речного стока. М., Изд. МГУ, 1993, 168 с.
8. **Larry W. Mays.** Water Resources Engineering, John Wiley & Sons, Inc, 2005.
9. **Larry W. Mays.** Water Resources Handbook, Mc CRAW-HILL, 1996.
10. **Maidment D.R.** Handbook of Hydrology. McGraw-Hill, New York, 1993, 978 pp.
11. **Eagleson P.S.** Dynamic Hydrology. NY, 1970, 462 pp.
12. **Eagleson P.S., Qinliang Wang.** The role of uncertain catchments storm size in the moments of peak stream flow. //J. Hydrology, #1-4, pp. 329-344.
13. **Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W.** Applied hydrology, Mc Graw-Hill, NY, 1988, 575 pp.
14. **Choulahian V., El-Jabi N., Moussi G.** On the distribution of flood volume in partial duration series analysis of flood phenomena. //Stohast. Hydrol. and Hydraul., 1990, #3, p. 217-226.
15. **Cunene C.** Statistical distributions for flood frequency analyze. //Operational Hydr. Report #33, WMO #718, Geneva, 1989, pp. 136.

წყალდიდობის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ეკონომიკის ზოგიერთი საკითხი

ერეკლე კეჩხოშვილი

საქართველოს სახელმწიფო აგარული უნივერსიტეტი,
დ. აღმაშენებლის ხეივანი, 12-ე კმ., ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ადამიანის ეკონომიკური საქმიანობა ხშირად უარყოფითად აისახება გარემოზე. XX საუკუნის ბოლო მეოთხედამდე არსებულმა ბუნებისადმი მომხმარებელურმა დამოკიდებულებამ, ტექნოგენური პროცესებისა და სა-

ზოგადობის სამეურნეო საქმიანობის გარემოზე ზემოქმედების უგულებელყოფამ გამოუსწორებელი ზიანი მიაყენა დედამიწას და ზოგ შემთხვევაში შეუქცევადი ხასიათი მიიღო.

ძირითადი ნაწილი

აღნიშნულმა მოვლენებმა მნიშვნელოვანი გავლენა იქონია სოფლის მეურნეობაზე. ასევე ათასობით ჰექტარი სასოფლო-სამეურნეო სავარგული ქარისმიერი და წყლისმიერი ეროზიის შედეგად გამოსულია მოხმარებიდან და თუ გავითვალისწინებთ, რომ ნაყოფიერი ნიადაგის წარმოქმნას სჭირდება საუკუნეები, ეს მიწები პრაქტიკულად სამუდამოდაა დაკარგული. ეს პრობლემა განსაკუთრებით მწვავედ დგას ისეთი მცირემიწიანი ქვეყნის წინაშე, როგორიცაა საქართველო.

ამასთან, თუ გავითვალისწინებთ სავარაუდოდ, გლობალური დათბობით გამოწვეულ კლიმატის ცვალებადობასთან დაკავშირებულ მოვლენებს, როგორიცაა ნალექების რეჟიმის ცვლილებით გამოწვეული გახშირებული თავსხმა წვიმები, მთებში მყინვარების დნობა, ზამთრის პერიოდში თოვლის სახით ნალექების რაოდენობის ზრდა და ა.შ., ბოლო ოც-ოცდაათ წელიწადში გახშირებული ბუნებრივი კატასტროფების მიზეზები საკმაოდ თვალნათელია. საქართველოს პირობებში ამას თან ერთვის ბოლო ოცწლეულში განვითარებული, ცნობილი მოვლენებით განპირობებული ტყეების მასობრივი ჭრა, უნებართვო მშენებლობები და სხვ. ამის გამო, მარტო 2008 წლის განმავლობაში მეწერებისა და წყალდიდობების გამო გარეცხილი და დაკარგულია ასობით ჰექტარი მიწა, მათ შორის დიდი ნაწილი სასოფლო-სამეურნეო სა-

ვარგულები, დაზიანებულია ინფრასტრუქტურა, დანგრეულია და მწყობრიდანაა გამოსული ათეულობით საცხოვრებელი სახლი; სამწუხაროდ არის მსხვერპლი. საერთო ზარალმა შეადგინა რამდენიმე ასეული მილიონი ლარი.

მდგომარეობას ართულებს აგრეთვე ისიც, რომ XX საუკუნის ოთხმოციანი წლების მიწურულიდან ნაპირსამაგრი და ნაპირდამცავი ნაგებობების*) დაპროექტება და მშენებლობა, უმნიშვნელო გამოწვევის გარდა, პრაქტიკულად შეჩერებული იყო და განახლდა 4-5 წლის წინ. ამის გამო ნაგებობათა დიდი ნაწილი ამორტიზებულია და თხოულობს სასწრაფო შეკეთებას.

ვინაიდან წყალდიდობის საწინააღმდეგო ღონისძიებების განხორციელება დაკავშირებულია საკმაოდ დიდ ხარჯებთან (1 გრძივი კილომეტრის ღირებულება შეადგენს საშუალოდ 0,8-1,0 მლნ. ლარს), ხშირ შემთხვევაში აუცილებელი ხდება ღონისძიებების მიზანშეწონილობის წინასწარი ეკონომიკური შედარების ჩატარება. ბუნებრივია, თუ ლაპარაკია

*) კონსტრუქციული მსგავსების მიუხედავად, ნაპირდამცავი ნაგებობები ეწოდება ნაგებობებს, რომლებიც იცავს მდგრად, გაურეცხავ ნაპირებს დატბორვისაგან. თუ ნაპირი მდინარის მიერ ირეცხება, დამცავ ნაგებობას ეწოდება ნაპირსამაგრი.

დასახლებულ პუნქტზე და შესაძლებელია იყოს მსხვერპლი, ყოველგვარი შედარება ზედმეტია. მიზანშეწონილობის განსაზღვრა აუცილებელია მხოლოდ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებისა და საწარმოო ობიექტებით დაკავებული ტერიტორიისთვის.

ზოგადად, წყალდიდობის საწინააღმდეგო ღონისძიებების, ისევე, როგორც გარემოს დაცვის სხვა საინჟინრო საშუალებების, განხორციელების მიზანშეწონილობის კრიტერიუმად შეიძლება მიღებულ იქნეს ხარჯებისა და მოსალოდნელი ზარალის ურთიერთშედარება [1, 2]. იმისათვის, რომ ეს თვისობრივად განსხვავებული ღირებულებები მოყვანილ იქნეს ერთ სისტემაში, ანგარიში ტარდება დაყვანილი ხარჯების საშუალებით. ცხადია, რომ ნაგებობის მშენებლობა მიზანშეწონილია, თუ ხარჯები არ აღემატება მოსალოდნელ ზარალს, ანუ

$$\sum Ex \leq \sum D$$

სადაც $\sum Ex$ – დასაცავ ტერიტორიაზე დაყვანილი ხარჯების ჯამია, იანგარიშება დამოკიდებულებით

$$Ex_i = E_n K_i + C_i.$$

E_n – ეკონომიკური ეფექტურობის ნორმატიული კოეფიციენტი; ნაპირსამაგრი (ნაპირდამცავი) ნაგებობებისთვის, მეცხოველეობაში და საწარმოო ობიექტებისთვის 0,15, მემცენარეობაში – 0,12 [3];

K – მოცემული ობიექტის კაპიტალური დაბანდების სიდიდე; არსებული ობიექტებისთვის – საბალანსო ღირებულება;

C – მოცემულ ობიექტზე ყოველწლიური საექსპლუატაციო ხარჯები;

$\sum D$ – ნაპირსამაგრი (ნაპირდამცავი) ღონისძიებების ჩაუტარებლობის შემთხვევაში მოსალოდნელი ზარალი, იანგარიშება დამოკიდებულებით:

$$D_i = [(E_n K_i + C_i) + B_i](1 + r)^t;$$

B – მოცემული ობიექტის წლიური მოგება;

$(1 + r)^t$ – დროის მოცემული მომენტი-სათვის ხარჯების დაყვანის კოეფიციენტი ($r = 0.08$);

t – ობიექტის აღდგენის საშუალო ხანგრძლივობა წლებში.

წყალდიდობის საწინააღმდეგო ღონისძიე-

ბების ეკონომიკური ეფექტიანობა განისაზღვრება, როგორც მოსალოდნელი ზარალისა და დაყვანილი ხარჯების სხვაობა:

$$Ef = \sum D - \sum Ex$$

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, თუ წყალდიდობის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ხარჯები აღემატება მოსალოდნელ ზარალს, განსაკუთრებით ნაპირდამცავი ნაგებობების შემთხვევაში, ზოგჯერ უფრო ხელსაყრელია ობიექტის გადატანა უსაფრთხო, დაუტბორავ ტერიტორიაზე; სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების შემთხვევაში კი – კულტურების სახეობის შეცვლა ისე, რომ ზარალი თავიდან იყოს აცილებული ან მინიმუმამდე დაყვანილი (დატბორვადი ტერიტორიის ათვისება ერთწლიანი კულტურებით, ან სათიბად და სხვ.). რაც შეეხება ნაპირსამაგრი ნაგებობებს, ასეთ შემთხვევებში საბოლოო გადაწყვეტილება შესაძლებელია მიღებულ იქნეს სხვა მოსაზრებების გათვალისწინებით, მაგალითად, კულტურული ან ისტორიული ძეგლების, ინფრასტრუქტურის, სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის ობიექტის დაცვა დაზიანებისგან და ა.შ.

როდესაც დასაცავ ტერიტორიაზე განლაგებულია სხვადასხვა მესაკუთრის ან სახელმწიფო უწყების ობიექტები, ხშირად დგება წყალდიდობის საწინააღმდეგო ღონისძიებების დაფინანსებაში წილობრივი მონაწილეობის საკითხი. დაკავებული ფართობის, კაპიტალური დაბანდების, ან მოგების სიდიდის მიხედვით წილობრივი მონაწილეობის განსაზღვრის სამშენებლო პრაქტიკაში მიღებული მეთოდები ამ შემთხვევაში ნაკლებადია მისაღები. გაცილებით უფრო შედეგიანია გაანგარიშების საფუძველად შესაძლო ზარალის მიღება. ამ შემთხვევაში თითოეული მონაწილისთვის განისაზღვრება მოსალოდნელი ზარალის წილი ტერიტორიის მთლიანი ზარალიდან, დამოკიდებულებით:

$$k_i = D_i / \sum D$$

და შესაბამისად, წილობრივი მონაწილეობის სიდიდე:

$$K_i = k_i \times \sum K$$

მაგალითი 1. განისაზღვროს დაზიანებული ნაპირდამცავი ნაგებობის აღდგენის ეკონომიკური ეფექტიანობა, თუ დასაცავი ტერიტორიის 30 ჰა-ზე გაშენებულია მსხმოიარე ბაღი; დაზიანებული ნაგებობის სიგრძე

შეადგენს 1300 მ, აღდგენის ღირებულება 940 ლ/1გრძ.მ; ხარჯები ბაღზე: გაშენება – 15 500 ლ/ჰა, დამატებითი ყოველწლიური ხარჯები მსხმოიარობაში შესვლამდე (6 წელი) – 4000 ლ/ჰა, ყოველწლიური საექსპლუატაციო ხარჯები – 4565 ლ/ჰა; საშუალო მოსავლიანობა 15 ტ/ჰა, შემოსავალი – 400 ლ/ტ.

ნაპირდამცავი ნაგებობის საექსპლუატაციო ხარჯები შეიძლება წარმოიქმნას მხოლოდ მისი დაზიანების შემთხვევაში, ამიტომ გაანგარიშებისთვის ყოველწლიურ ხარჯებზე გადაანგარიშებით არ აღემატება საწყისი ღირებულების 4-5%.

დაყვანილი ხარჯები ნაგებობის აღდგენაზე:

$$Ex_1 = (0,15 \cdot 940 + 940 \cdot 0,05) \cdot 1300 = 244400 \text{ ლ}$$

დაყვანილი ხარჯები ბაღის მოწვობაზე:

$$Ex_2 = [0,12 \cdot (15500 + 4000 \cdot 6) + 4565] \cdot 30 = 279150 \text{ ლ}$$

დაყვანილი ხარჯების ჯამი:

$$\Sigma Ex = 244400 + 279150 = 523550 \text{ ლ}$$

წლიური მოგება:

$$B = 15 \cdot 400 - 4565 = 1435 \text{ ლ/ჰა}$$

მოსალოდნელი ზარალი:

$$D = \{ [0,12 \cdot (15500 + 4000 \cdot 6) + 4565] \cdot 30 + 1435 \cdot 30 \} (1 + 0,008)^6 = 511052,88 \text{ ლ}$$

მიზანშეწონილობის კრიტერიუმი:

$$523550 \text{ ლ} > 511052,88 \text{ ლ}$$

ეკონომიკური თვალსაზრისით ნაპირდამცავი ნაგებობების აღდგენა მიზანშეუწონელია და ვინაიდან მდინარის ნაპირს გარეცხვა არ ემუქრება, ეკონომიკურად უფრო ხელსაყრელია ბაღის გადატანა დაუტბორავ ტერიტორიაზე, ხოლო არსებული ადგილი შესაძლებელია გამოყენებული იქნას სათიბად.

მაგალითი 2. განისაზღვროს ნაპირსამაგრი ნაგებობის ეკონომიური ეფექტიანობა, თუ დასაცავი ტერიტორიის 40 ჰა-ზე გაშენებულია მსხმოიარე ვენახი, ხოლო 10 ჰა გამოიყენება სათიბად; ნაგებობის სიგრძე შეადგენს 1200 მ, ღირებულება 1000 ლ/1გრძ.მ; ხარჯები ვენახზე: გაშენება – 16900 ლ/ჰა, დამატებითი ყოველწლიური ხარჯები მსხმოიარობაში შესვლამდე (4 წელი) – I წელი – 830 ლ/ჰა, II–IV წელი – 1125 ლ/ჰა, ყოველწლიური საექსპლუატაციო ხარჯები – 3585 ლ/ჰა;

საშუალო მოსავლიანობა – 10 ტ/ჰა, შემოსავალი – 650 ლ/ტ; სათიბი (მრავალწლიანი ბალახი) ყოველწლიური საექსპლუატაციო ხარჯები – 1500 ლ/ჰა; საშუალო მოსავლიანობა 4,5 ტ/ჰა, შემოსავალი – 500 ლ/ტ.

დაყვანილი ხარჯები ნაპირსამაგრი ნაგებობის მოწვობაზე:

$$Ex_1 = (0,15 \cdot 1000 + 1000 \cdot 0,05) \cdot 1200 = 240000 \text{ ლ}$$

დაყვანილი ხარჯები ვენახის მოწვობაზე:

$$Ex_2 = [0,12 \cdot (16900 + 830 + 1125 \cdot 3) + 3585] \cdot 40 = 244704 \text{ ლ}$$

დაყვანილი ხარჯები სათიბზე:

$$Ex_3 = 1500 \cdot 10 = 15000 \text{ ლ}$$

დაყვანილი ხარჯების ჯამი:

$$\Sigma Ex = 240000 + 244704 + 15000 = 499704 \text{ ლ}$$

წლიური მოგება ვენახიდან:

$$B_1 = 10 \cdot 650 - 3585 = 2915 \text{ ლ/ჰა}$$

წლიური მოგება სათიბიდან:

$$B_2 = 4,5 \cdot 500 - 1500 = 750 \text{ ლ/ჰა}$$

მოსალოდნელი ზარალი:

$$D = \{ [0,12 \cdot (16900 + 830 + 1125 \cdot 3) + 3585] \cdot 40 + 2915 \cdot 40 \} (1 + 0,008)^4 + (15000 + 750 \cdot 10) \times (1 + 0,08)^1 = 515850,10 \text{ ლ}$$

მიზანშეწონილობის კრიტერიუმი:

$$499704 \text{ ლ} < 515850,10 \text{ ლ}$$

ნაპირსამაგრი ნაგებობის მშენებლობა მიზანშეწონილია და მისი ეკონომიური ეფექტიანობა ტოლი იქნება:

$$Ef = 515850,10 - 499704 = 16146,10 \text{ ლ}$$

მაგალითი 3. განისაზღვროს ნაპირსამაგრი ნაგებობის ეკონომიური ეფექტიანობა და მისი მშენებლობის ღირებულებაში წილობრივი მონაწილეობის სიდიდე შემდეგი მონაცემებით: ნაგებობის სიგრძე – 600 მ, ღირებულება 950 ლ/1გრძ.მ; დასაცავი ტერიტორია ათვისებულია სამი მეწარმის მიერ: I მეწარმე – 20 ჰა-ზე გაშენებულია მსხმოიარე ვენახი, და 5 ჰა გამოიყენება სათიბად; II მეწარმე – 30 ჰა-ზე გაშენებულია მსხმოიარე ბაღი; III მეწარმე – საწარმო, საბალანსო ღირებულებით 115 360 ლარი, ყოველწლიური საექსპლუატაციო ხარჯები 56 240 ლ, მოგება – 18 350 ლ. მონაცემები სასოფლო-სამეურნეო ათვისებაზე – წინა მაგალითების მიხედვით.

დაყვანილი ხარჯები ნაპირსამაგრი ნაგებობის მოწყობაზე:

$$Ex_1 = (0,15 \cdot 950 + 950 \cdot 0,05) \cdot 600 = 114000 \text{ ლ}$$

დაყვანილი ხარჯები ვენახის მოწყობაზე:

$$Ex_2 = [0,12 \cdot (16900 + 830 + 1125 \cdot 3) + 3585] \cdot 20 = 122352 \text{ ლ}$$

დაყვანილი ხარჯები სათიბზე:

$$Ex_3 = 1500 \cdot 5 = 7500 \text{ ლ}$$

დაყვანილი ხარჯები ბაღის მოწყობაზე:

$$Ex_4 = [0,12 \cdot (15500 + 4000 \cdot 6) + 4565] \cdot 30 = 279150 \text{ ლ}$$

დაყვანილი ხარჯები საწარმოზე:

$$Ex_5 = 0,15 \cdot 115360 + 56240 = 73544 \text{ ლ}$$

დაყვანილი ხარჯების ჯამი:

$$\Sigma Ex = 114000 + 122352 + 7500 + 279150 + 73544 = 596546 \text{ ლ}$$

მოსალოდნელი ზარალი:

I მეწარმის:

$$D_1 = \{[0,12 \cdot (16900 + 830 + 1125 \cdot 3) + 3585] \times 20 + 2915 \cdot 20\} (1 + 0,008)^4 + (7500 + 750 \cdot 5) \times (1 + 0,08)^1 = 257925,05 \text{ ლ}$$

II მეწარმის:

$$D_{II} = \{[0,12 \cdot (15500 + 4000 \cdot 6) + 4565] \cdot 30 +$$

$$+ 1435 \cdot 30\} (1 + 0,008)^6 = 511052,88 \text{ ლ}$$

III მეწარმის:

$$D_{III} = [(0,15 \cdot 115360 + 56240) + 18350] (1 + 0,008)^3 = 115759,97 \text{ ლ}$$

მოსალოდნელი ზარალის ჯამი:

$$\Sigma D = 257925,05 + 511052,88 + 115759,97 = 884737,90 \text{ ლ}$$

მიზანშეწონილობის კრიტერიუმი:

$$596546 < 884737,90 \text{ ლ}$$

ზარალის წილის კოეფიციენტი თითოეული მეწარმისთვის შეადგენს:

$$I \text{ მეწარმე} - k_1 = 257925,05 / 884737,90 = 29,15\%$$

$$II \text{ მეწარმე} - k_2 = 511052,88 / 884737,90 = 57,76\%$$

$$III \text{ მეწარმე} - k_3 = 115759,97 / 884737,90 = 13,09\%$$

ნაპირსამაგრი ნაგებობის მშენებლობის ღირებულება შეადგენს 570 000 ლ. შესაბამისად, თითოეული მეწარმის წილი მშენებლობაში ტოლი იქნება

$$I \text{ მეწარმე} - 570000 \cdot 0,2915 = 166155 \text{ ლ}$$

$$II \text{ მეწარმე} - 570000 \cdot 0,5776 = 329232 \text{ ლ}$$

$$III \text{ მეწარმე} - 570000 \cdot 0,1309 = 74613 \text{ ლ}$$

დასკვნა

ამრიგად, წარმოდგენილი მეთოდით საშუალებას იძლევა საკმარისი საიმედოობით შეფასდეს წყალდიდობის საფრთხეზე მდებარე ღონისძიებების განხორციელების მიზანშე-

წონილობა და ობიექტურად განისაზღვროს მათი მშენებლობის დაფინანსებაში სხვადასხვა უწყვეტის წილობრივი მონაწილეობის სიდიდე.

ლიტერატურა

1. **Vartanov M.** Efficiency of Engineering Flood Protection Measures for the Rioni Rivers, Georgia, Floods and Modern Methods of Control measures, Tbilisi, 2009, 499 p.
2. **Варганов М.В.** Экономическая эффективность

- реабилитации земель Колхидской низменности, //Труды Грузводэкология, Тбилиси, 2001, с. 60.
3. **Ковалев В.В.** Методы оценки инвестиционных проектов, М.: "Финансы и статистика", 1998, 142 с.

არხებში მოძრავი ტალღების ჰიდრავლიკა

რევაზ კილაძე

E-mail: nana.morbedadze@tns-global.ge

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

შესავალი

ტალღები, რომლებიც არღვევს არხებში წყლის დამყარებულ მოძრაობას, წარმოიშობა არხის სათავეში ან ბოლოში წყლის ხარჯის შეცვლისას, ფარების რეგულირების ან სხვა მიზეზთა გამო. ეს ტალღები ვრცელდება დინების (ან საწინააღმდეგო) მიმართულე-

ბით და იწვევს არხის წყლის დონის რყევას, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს არხის წყლით გადავსება ან მისი დაშრობა. ამიტომ საჭიროა ამ ტალღების წარმოშობის, გავრცელების და ტრანსფორმაციის შესწავლა შესაბამისი თეორიული ბაზის გამოყენებით

ძირითადი ნაწილი

ტალღების ჰიდრავლიკის შესასწავლად შეიძლება გამოვიყენოთ ღია არხებში ნაკადის დაუმყარებელი მოძრაობის განტოლებათა სისტემა [1]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{g} \left(u \frac{\partial u}{\partial s} + \frac{\partial u}{\partial t} \right) + \frac{1}{B} \frac{\partial F}{\partial s} &= i_0 - i_T \\ \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial(uF)}{\partial s} & \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

სადაც $i_T = \frac{u^2}{c^2 R}$.

$$\left. \begin{aligned} ds &= \left(u \pm \sqrt{\frac{gF}{B}} \right) dt, \\ du \pm \sqrt{\frac{g}{BF}} dF &= g(i - i_T) dt \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

ზედა ნიშნები შეესაბამება დინების მიმართულებით მოძრავ ტალღებს, ხოლო ქვედა ნიშნები – დინების საწინააღმდეგოდ მოძრავ ტალღებს.

თუ (1) სისტემაში დამოუკიდებელ ცვლადებად მივიღებთ F და t , ხოლო საძიებელ ფუნქციებად u და s , (1) სისტემის პირველი

განტოლება დაიყვანება შემდეგ სახეზე (სიმარტივისათვის, ჯერ-ჯერობით, განიხილება სწორკუთხოვანი კვეთი):

$$\left(\frac{\partial u}{\partial H} \right)^2 - \frac{g}{H} = \frac{1}{H} \frac{\partial u}{\partial t} \frac{\partial s}{\partial H} - \frac{g}{H} (i - i_T) \frac{\partial s}{\partial H}. \quad (3)$$

თუ დავუშვებთ, რომ $\frac{\partial u(H,t)}{\partial t} = 0$, მივიღებთ:

$$\frac{\partial u}{\partial H} = \pm \sqrt{\frac{g}{H}} \cdot \sqrt{1 - (i - i_T) \frac{\partial s}{\partial H}}. \quad (4)$$

განტოლების მარჯვენა მხარე არის F და u -ს ფუნქცია, ხოლო t პარამეტრის როლს ასრულებს. ამიტომ (4) შეიძლება განვიხილოთ, როგორც არაწრფივი ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლება.

საწყის პირობად მივიღოთ ნაკადის უთანაბრო დამყარებული მოძრაობა სიღრმით h და საშუალო სიჩქარით v . მაშინ (4) საწყისი პირობით $H = h$, $u = v$, ტოლფასია შემდეგი განტოლებისა:

$$u = v \pm \int_h^H \sqrt{\frac{g}{h}} \sqrt{1 - (i - i_T) \frac{\partial B}{\partial H}} dH, \quad (5)$$

*) სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით (გრანტი №GNSF/ST09-799-7-109)

ან რაც იგივეა,

$$u = v \pm \int_h^H \sqrt{\frac{g}{H}} \sqrt{1 - \frac{i - i_T}{\frac{\partial H}{\partial s}}} dH, \quad (6)$$

$$\text{სადაც } \frac{\partial s(H, t)}{\partial H} = \frac{1}{\frac{\partial H(st)}{\partial s}}.$$

(6) განტოლება, თანახმად მიღებული საწყისი პირობისა, შეესაბამება ტალღას, რომელიც არღვევს დამყარებულ მოძრაობას და განსაზღვრავს u -ს ცვლილებას H -ის ცვლილების გამო. ასეთ ტალღას, რომელიც წყლის ღონის მარტივ აწევას ან დაწევას შეესაბამება, ეწოდება ერთი მიმართულების ტალღა.

ტალღის პროფილის იმ ნაწილს, რომლის ფარგლებში სიღრმე საგრძნობლად იცვლება h -დან H -მდე და შესაბამისად ცოცხალი კვეთი f -დან F -მდე, ვუწოდოთ ტალღის შუბლი.

მაშინ $\left| \frac{\partial H}{\partial s} \right|$ (6) განტოლებაში განსაზღვრავს ტალღის შუბლის ქანობს.

როდესაც ტალღის შუბლის ქანობი $\left| \frac{\partial H}{\partial s} \right|$ საგრძნობლად აღემატება სიდიდეს $|i - i_T|$, (6) განტოლებაში შემავალი მეორე რადიკალი შეიძლება დაახლოებით ერთის ტოლად ჩავთვალოთ, რის შემდეგ მივიღებთ:

$$u = v \pm \int_h^H \sqrt{\frac{g}{H}} dH, \quad (7)$$

თუ მიღებულ დაშვებას გავაგრძელებთ ნებისმიერ კვეთზე, (7)-ის ნაცვლად მივიღებთ:

$$u = v \pm \int_f^F \sqrt{\frac{g}{BF}} dF. \quad (8)$$

ეს განტოლება, რომელიც u -ს და F -ს აკავშირებს საწყისი მოძრაობის პარამეტრების საშუალებით, სამართლიანია დროის ნებისმიერ მომენტში.

გამოვრიცხავთ რა dt -ს (2) განტოლებიდან და შემდეგ du -ს (8) გამოსახულების საშუალებით, მივიღებთ:

$$dv \mp \sqrt{\frac{g}{B_1 f}} df \pm 2 \sqrt{\frac{g}{BF}} dF = g(i - i_T) \frac{ds}{u \pm \sqrt{\frac{gF}{B}}}. \quad (9)$$

სწორკუთხა, სამკუთხა და პარაბოლური კვეთის შემთხვევაში (8) გამოისახება ელემენტარული ფუნქციებით და აქვს სახე:

$$u = v \pm \mu \sqrt{gH} \mp \mu \sqrt{gh}, \quad (10)$$

სადაც:

$\mu = 2$ – სწორკუთხა კვეთისათვის,

$\mu = 2\sqrt{2}$ – სამკუთხა კვეთისათვის,

$\mu = 2\sqrt{p}$ – პარაბოლური კვეთისათვის (კვადრატული პარაბოლისათვის $p = 1,5$).

ტრაპეციული კვეთის შემთხვევაში (8) გამოისახება ელიპტიკური ინტეგრალებით და თუ ამ გამოსახულებას დავიყვანთ (10)-ს სახეზე, მივიღებთ:

$$\mu = 2 \left\{ \sqrt{\frac{1+2\beta}{1+\beta}} + \frac{2}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{\beta}} [E(\varphi, 45) - (E90, 45) + \frac{1}{2} E(\varphi, 45)] \right\}, \quad (11)$$

სადაც: $\beta = \frac{mH}{b}$, $\sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\beta}}$, m – არხის

ფერდობის კოეფიციენტი, b – სიგანე ფსკერზე.

როდესაც β იცვლება ნულიდან (სწორკუთხა კვეთი) უსასრულობამდე (სამკუთხა კვეთი), μ იცვლება 2-დან $2\sqrt{2}$ -მდე. ასეთი სუსტი ცვალებადობის გამო μ შეიძლება განვიხილოთ როგორც მუდმივი სიდიდე.

განვიხილოთ დადებითი ტალღა სიმაღლით z , რომელიც ვრცელდება ტრაპეციულ არხში. (9) განტოლებაში შემავალი სიდიდეები გამოვსახოთ შემდეგნაირად:

$$H = h + z, \quad dF = B(dh + dz), \quad B = B_1 \left(1 + \frac{2mz}{B_1} \right)$$

$$df = B_1 dh, \quad dv = -\frac{Q_0 B_1}{f^2} dh,$$

$$F = f \left(1 + \frac{z}{h} \right) \left(1 + \frac{mz}{b + mh} \right)$$

(12) (10) და (12) გამოსახულების საშუალებით (9) განტოლება შეიძლება დავიყვანოთ სახეზე:

$$2 \frac{dz}{dh} = \Phi(h, z), \quad (13)$$

$$\text{სადაც } \Phi = \left(1 \pm \sqrt{Fr} \right) \varphi_1 - 2 + \frac{i - i'_T \varphi_2}{\left(1 \pm \sqrt{Fr} \cdot \varphi_s \right) \frac{dh}{ds}},$$

$$\varphi_1(h, z) = \sqrt{1 + \frac{z}{h}} \sqrt{1 + \frac{mz}{b + mh}} \left(1 + \frac{2mz}{B_1}\right)^{-1/2},$$

$$\varphi_2(h, z) = \frac{\left[1 \pm \frac{\mu}{v} \sqrt{gh} \left(\sqrt{1 + \frac{z}{h}} - 1\right)\right]^2}{\left(1 + \frac{z}{h}\right)^{4/3} \left(1 + \frac{mz}{b + mh}\right)^{4/3} \left(1 + \frac{2\sqrt{1 + m^2}}{x} z\right)},$$

$$\varphi_3(h, z) = \frac{1 \pm \frac{\mu}{v} \sqrt{gh} \left(\sqrt{1 + \frac{z}{h}} - 1\right)}{\varphi_2^{-1}}, \quad Fr, x, i'_T, \frac{dh}{ds}$$

– შესაბამისად, არის ფრუდის რიცხვი, სველი პერიმეტრი, ხახუნის ძალების ქანობი და თავისუფალი ზედაპირის ქანობი დამყარებული მოძრაობის დროს.

როდესაც $z = 0$, გვაქვს $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 1$.

თუ საწყის დამყარებულ მოძრაობას არღვევს უარყოფითი ტალღა, (13)-ში z -ის ნაცვლად უნდა ვიგულისხმოთ $-z$.

მაშინ მივიღებთ:

$$-2 \frac{dz}{ds} = \Phi(h, -z). \quad (14)$$

თუ ტალღა არღვევს თანაბარ მოძრაობას $\left(\frac{dh}{ds} = 0, i = i'_T\right)$, მაშინ (13)-ს $\frac{dh}{ds}$ -ზე გამრავლების შემდეგ მივიღებთ:

$$2 \frac{dz}{ds} = \Phi_1(z), \quad (15)$$

$$\text{სადაც } \Phi_1 = \frac{i \cdot [1 - \varphi_2(z)]}{1 \pm \sqrt{Fr_0} \cdot \varphi_3(z)}.$$

(15)-ის ინტეგრირების შემდეგ საწყისი პირობით $s = 0, z = z_1$, მივიღებთ (აღვნიშნოთ, რომ უკუტალღები ვრცელდება s -ის უარყოფითი მნიშვნელობების მიმართულებით),

დადებითი ტალღებისათვის:

$$\eta(z) - \eta(z_1) = \pm \frac{s}{2}, \quad (16)$$

უარყოფითი ტალღებისათვის:

$$\eta_1(z) - \eta_1(z_1) = \pm \frac{s}{2}, \quad (17)$$

η, η_1 არ გამოისახება ელემენტარული ფუნქციებით, ამიტომ ისინი უნდა განისაზღვროს მიახლოებითი ინტეგრირების გზით.

(13) განტოლება, რომელიც ასახავს უთანაბრო მოძრაობის დამრღვევი ტალღების ტრანსფორმაციას, საწყისი პირობით $h = h_1, z = z_1$, ტოლფასია შემდეგი განტოლებისა:

$$z = z_1 + \frac{1}{2} \int_{h_1}^h \Phi(h, z) dh. \quad (18)$$

ამ განტოლების ამოხსნა შეიძლება ვეძიოთ მიმდევრობით მიახლოების მეთოდით, მაგრამ რადგან ინტეგრალი არ გამოისახება ელემენტარული ფუნქციებით, ამ მეთოდის გამოყენება არ არის მიზანშეწონილი.

თუ მივიღებთ მხედველობაში იმ ფაქტს, რომ $|h - h_1|$ პრაქტიკული თვალსაზრისით მცირე სიდიდეა, მაშინ (13)-ის ამოხსნა შეიძლება წარმოვადგინოთ ხარისხოვანი მწკრივის სახით:

$$z(h) = z_1 + c_1(h - h_1) + c_2(h - h_1)^2, \quad (19)$$

$$\text{სადაც } c_1 = \frac{1}{2} \Phi(h_1, z), \quad c_2 = \frac{1}{4} \left(\frac{d\Phi}{dh} \right)_{h=h_1}.$$

პრაქტიკული მიზნებისათვის (13) განტოლების ამოხსნა შეიძლება გავამარტივოთ, თუ Φ -ს განვიხილავთ, როგორც მუდმივ სიდიდეს, რომელიც უდრის $\Phi(h_c, z(h_c))$,

$$\text{სადაც } h_c = \frac{1}{2}(h + h_1).$$

მაშინ (18)-დან მივიღებთ:

$$z = z_1 + \frac{1}{2}(h - h_1) \cdot \Phi(h_c, z(h_c)). \quad (20)$$

Φ -ის მუდმივ სიდიდედ განხილვა იგივეა, რაც z -ის წრფივად ცვალებადობის დაშვება, რის გამოც:

$$z(h_c) = \frac{1}{2}(z_1 + z).$$

მაშინ (20) მიიღებს სახეს:

$$z = z_1 + \frac{1}{2}(h - h_1) \Phi\left(h_c, \frac{z_1 + z}{2}\right). \quad (21)$$

ეს განტოლება იძლევა z -ის განსაზღვრის საშუალებას h -ის ნებისმიერი ფიქსირებული მნიშვნელობისათვის.

დასკვნა

1. მიღებული საანგარიშო დამოკიდებულებები იძლევა ტალღის ტრანსფორმაციის განსაზღვრის საშუალებას;
2. (15) განტოლების ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ ტალღის სიმაღლე მცირდება მისი გავრცელებისას. ეს დასკვნა, ვ. ვედერნიკოვის [2] გამოკვლევისაგან განსხვავებით, მიიღება ნებისმიერი კვეთისათვის, ტალღის ნებისმიერი სიმაღლის დროს, როცა $Fr < 1$;
3. თუ თანაბარი მოძრაობის დამრღვევი ტალღის ტრანსფორმაცია დამოკიდებულია ფრუდის რიცხვის, ფსკერის ქანობისა და ტალღის სიმაღლისაგან, არათანაბარი მოძრაობის დამრღვევი ტალღის ტრანსფორმაცია, გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორებისა, დამოკიდებულია $\frac{dh}{ds}$ -ის ნიშნისა და სიდიდისაგან.

ლიტერატურა

1. **Христианович С.А.** Неустановившееся движение в каналах и реках. //В сборнике „Некоторые новые вопросы механики сплошной среды“, М.,-Л., 1988.
2. **Ведерников В.В.** Волны попусков реальной жидкости. //В сборнике: „Неустановившееся движение водного потока в открытом русле“, М.,-Л., 1977.

ГИДРАВЛИКА ПОЛИВОВ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ЧЕКАМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ (НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИМИТАЦИИ ПРОЦЕССА)

Киладзе Р. М.

E-mail: nana.morbedadze@tns-global.ge

Институт Водного Хозяйства
пр. И. Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая статья в определенном смысле является продолжением наших двух предыдущих публикаций [1-4] и, в то же время, завершением предпринятого исследования проблемы оптимизации поверхностных способов орошения *на основе их компьютерной имитации с использованием полной теоретической базы и численных методов.*

Рассматривается задача оптимизации поливов *при горизонтальной поверхности чеков*, когда продвижение воды происходит медленно, только за счет уклона свободной поверхности водного потока, в результате чего меняется как гидравлика потока, так и метод оптимизации

таких поливов.

При оптимизации этих поливов следует учитывать как экономические, так и экологические интересы (как хозяйствования, так и природопользования). Однако одновременное и полное удовлетворение этих интересов, выражаемых различными критериями оптимальности, невозможно и эти решения приходится искать *в разумном компромиссе между экономическими и экологическими требованиями.*

Поиску таких форм и средств компромисса на основе компьютерной имитации поливов и посвящена настоящая статья.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Формулировка задачи оптимальных поливов по горизонтальным чекам

Качество поверхностного орошения, в том числе и полива по чекам, зависит от степени удовлетворения предъявленных к поливу *эколого-экономических* требований [1-7]:

а) увлажнение активного слоя почвы с приемлемой равномерностью увлажнения, как в направлении полива, так и в направлении фронта водоподдачи;

б) эффективное использование оросительной воды (минимизация потерь воды на фильтрацию и сброс);

в) недопущение подъема уровня грунтовых вод, заболачивания и засоления почвы;

г) предотвращение ирригационной эрозии;

д) максимизация производительности труда и механизмов;

е) максимизация скорости орошения (га/сут) и др.

Часть этих требований можно выразить через определенные критерии оптимальности:

1. Эффективность использования воды:

$$E_b = W_t / W_{\text{под}}, \quad (1)$$

где W_t и $W_{\text{под}}$ – требуемая и поданная поливные нормы в м³/га ($E_b \leq 1$).

*) Работа выполнена при финансовой поддержке национального научного фонда Грузии

2. Производительность полива (га/сут):

$$E_{\text{п}} = Q_{\text{пт}} / W_{\text{под}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{пт}}$ – поливной ток в м³/сут, которым поливают одновременно нескольких чеков.

3. Производительность труда и механизмов

$E_{\text{м}}$:

$$E_{\text{м}} = f(l), \quad (3)$$

где l – длина чеков.

Если $E_{\text{м}}$ представить в долях от единицы (приняв максимальное значение $E_{\text{м}}$ за единицу, то зависимость (3), согласно данных наблюдений, можно представить в виде таблицы 1 [13].

Таблица 1

Производительность труда и механизмов

$l, \text{ м}$	100	200	300	400	600
$E_{\text{м}}$	0,79	0,89	0,92	0,95	1,0

Другую часть требований можно выразить через следующие ограничения:

$$\omega \geq \omega_{\text{м}}, \quad (4)$$

$$U \leq U_{\text{м}}, \quad (5)$$

$$H \leq H_{\text{м}}, \quad (6)$$

где ω – площадь, орошаемая за одни сутки, $\omega_{\text{м}}$ – площадь механизированной обработки почвы после полива за одни сутки, U и $U_{\text{м}}$ – наблюдаемая и максимально допустимая скорость потока, H и $H_{\text{м}}$ – наблюдаемая и максимально допустимая глубины воды.

При планировании поливов по чекам всегда имеется определенная свобода выбора таких элементов техники полива, как удельный поливной расход q , длина чеков l , время подачи воды, граничные условия (наличие преграды в конце, ее высота P , закон подачи расхода) и др. Перечисленные элементы при компьютерной имитации поливов играют роль *входных параметров*, тогда как *выходные данные* (увлажнение почвы по длине, наблюдаемые скорости и глубины потока, время полива, потери воды на фильтрацию и сброс и др.) определяют качество полива.

Теоретическая база для компьютерной имитации поливов

Для построения алгоритма оптимизации поливов по горизонтальным чекам в качестве основы использован разработанный нами метод компьютерной имитации гидравлического процесса полива, который подробно изложен ранее в наших работах [1-4]. Здесь приведены лишь *основные положения* этого метода.

Математическое описание гидравлики поверхностного полива основывается на адекватном рассмотрении этого явления (как неустановившегося движения водного потока переменной массы вследствие впитывания воды в почву), которое описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений динамики и неразрывности. Если рассматривать единицу ширины при поливе по горизонтальным чекам (нулевой уклон дна $i = 0$), эти уравнения имеют вид [5,6]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + g \frac{\partial H}{\partial x} &= -g \frac{U^2}{C^2 H} + \frac{VU}{H} \\ U \frac{\partial H}{\partial x} + H \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial t} + V &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

где H – глубина воды, U – средняя по глубине скорость потока, $q = U \cdot H$ – удельный расход воды, g – ускорение силы тяжести, C – коэффициент Шези, x – расстояние, t – время, $V = V(x, \tau)$ – отъемный расход на единице ширины и длины вследствие впитывания воды в почву (скорость инфильтрации), для определения которой использована формула А.Н. Костякова [4]:

$$V = \frac{dy}{d\tau} = K \cdot b \cdot \tau^{-\alpha} + K, \quad (9)$$

где $\tau = t - t(x)$, t – время, отсчитываемое с момента подачи воды; $t(x)$ – время пробега фронтом поливного потока длины x ; τ – время присутствия воды в произвольном створе x ; K , b , α – эмпирические (идентификационные) параметры инфильтрации, которые определяются на основе опытных данных по инфильтрации методом заливаемых площадей [7]; y – высота слоя воды, впитавшегося в почву.

Интегрируя (9), имеем:

$$y = m \cdot \tau^{1-\alpha} + K \cdot \tau, \quad (10)$$

где $m = K \cdot b / (1 - \alpha)$.

Зависимость (10) часто используется и в упрощенном виде [7]:

$$y = m \cdot \tau^{1-\alpha}. \quad (11)$$

Система (8) решается без каких-либо упрощений численным (конечно-разностным) методом путем применения устойчивой неявной схемы с центральной разностью [18, 19]. Получаемые при этом системы алгебраических уравнений для определения искомых точечных функций (глубины и скорости воды) на каждом верхнем слое времени решаются методом матричной прогонки.

В качестве входных параметров модели приняты: q – удельный поливной расход на метр ширины в л/сек или в м³/час, длина чека l в метрах, время подачи расхода t_n в часах, высота ограждающих земляных валиков чека P в метрах, требуемое увлажнение в конце чека $W_{тр}$ в м³/га и параметры инфильтрации α , K , b .

Выходные данные, определяющие качество полива: поданная поливная норма $W_{под} = q \cdot t_n$ в м³/га, которая должна обеспечить требуемое увлажнение в конце чека, время добегания поливного потока до конца чека t_d в часах, время присутствия воды в начальном створе τ_0 и в конечном створе τ_l , фактически впитавшиеся поливные нормы в начальном W_0 и конечном W_l створах, максимальные глубины и скорости и др.

Объединение различных этапов полива в процессе его имитации и смена одних граничных условий другими достигается автоматически, путем проверки выполнимости определенных условий на каждом шаге времени.

Проверка результатов имитации поверхностных способов орошения как балансовым методом (равенство поданного объема воды впитавшемуся и сброшенному), так и путем их сопоставления с многочисленными опытными данными, дало вполне удовлетворительные результаты [3].

Непосредственный поиск аппроксимирующих формул на основе статистической обработки упомянутых таблиц затруднителен ввиду большого числа входных параметров и нелинейности их связей с выходными данными. Поэтому в качестве основы для поиска структуры таких формул использованы балансовые уравнения.

В конце первой стадии полива, когда подача воды прекращается, балансовое уравнение с использованием зависимости (11) приближенно можно записать в следующем виде:

$$qt_n = H \cdot S + mt_n^{1-\alpha} \cdot S, \quad (12)$$

где q – удельный поливной расход на метр ширины, t_n – время подачи воды, H и S – глубина воды в начальном створе и длина поливного потока к моменту прекращения подачи воды на чек.

Левая часть балансового уравнения (12) выражает поданный объем воды на единицу ширины чека, а правая часть приближенно выражает составные части этого объема – соответственно надземный объем воды (первый член) и впитавшийся в почву объем воды (второй член). Следует заметить, что на практике всегда выполняется неравенство $S < l$ (где l – длина чека). Причем, чем больше q , тем меньше величина S/l .

В конце второй стадии полива, когда поданный объем воды $q \cdot t_n$ после растекания полностью впитывается в почву, эпюру впитавшегося объема воды можно представить следующим образом:

Высота слоя воды, впитавшегося в почву, согласно зависимости (10), будет:

$$\text{в начальном створе} - y_1 = m \tau_0^{1-\alpha} + K \tau_0, \quad (13)$$

$$\text{в конечном створе} - y_2 = m \tau_l^{1-\alpha} + K \tau_l, \quad (14)$$

где τ_0 и τ_l – время присутствия воды, соответственно, в начальном и конечном створах.

Принимаем, что эпюра впитавшегося в почву объема воды будет иметь форму трапеции с ординатами y_1 и y_2 , прямой линией сверху (горизонтальное дно) и наклонной линией снизу.

Объем поданной воды на единицу ширины чека $q \cdot t_n$ приравняем к соответствующему объему впитавшейся воды^{*)} или, что тоже самое, к площади эпюры в форме трапеции $l(y_1 + y_2)/2$. В результате, соответствующее балансовое уравнение с учетом выражений (13) и (14) можно записать в виде:

$$m(\tau_0^{1-\alpha} + \tau_l^{1-\alpha}) + K(\tau_0 + \tau_l) = 2qt_n/l, \quad (15)$$

где l – длина чека.

В условиях горизонтального дна и наличия преград в начальном и конечном створах допускаем, что накопленная между этими преградами вода при впитывании в почву также будет иметь горизонтальную свободную поверхность, а ее полное впитывание произойдет одновременно по всей длине чека. В результате можно написать очевидное равенство:

$$\tau_0 = t_d + \tau_l, \quad (16)$$

где τ_0 и τ_l – время присутствия воды, соответственно, в начальном и конечном створах, а t_d – время добегания водного потока до преграды в конечном створе.

Строго говоря, на самом деле, при впитывании накопленной между преградами воды будет иметь место несколько иная картина. Дело в том, что в конечном створе интенсивность впитывания, согласно выражения (9), будет значительно превышать интенсивность впитывания воды в почву в начальном створе, вследствие чего на этом участке будет иметь место слабое движение воды в сторону конечного створа и соответствующий малый уклон свободной поверхности воды. Тем не менее, использование зависимости (16) при выводе аппроксимационных формул, когда их неточности сглаживаются введением поправочных коэффициентов, является вполне допустимым.

Подставляя значение τ_0 из (16) в формулу (15), получим:

$$m[(t_d + \tau_l)^{1-\alpha} + \tau_l^{1-\alpha}] + K(t_d + 2\tau_l) = 2qt_n/l. \quad (17)$$

Кроме того, на основе обработки многочис-

ленных данных компьютерных экспериментов по поливу и использования зависимости (12), получены:

1. Аппроксимационная формула для времени добегания потока до конечного створа:

$$t_d = 0.91 \frac{l^2}{q^2} \frac{(H + mt_n^\gamma)^2}{t_n}, \quad (18)$$

где q – поливной расход на метр ширины чека, H – максимальная глубина воды в начальном створе (достигается в момент прекращения подачи воды), t_n – время подачи воды на чек, t_d – время пробега водным потоком длины чека l (время добегания), $\gamma = 1 - \alpha$, $m = Kb/(1 - \alpha)$.

2. Графики зависимости H от q и l (рис. 1), как для невегетационных ($n_0 = 0.03$), так и для вегетационных ($n_0 = 0.06$) поливов для двух длин чеков $l = 100$ м и $l = 300$ м. Для промежуточных значений l с целью определения соответствующего значения H можно использовать метод линейной интерполяции (где n_0 – коэффициент шероховатости дна).

Вид полива (вегетационный или не вегетационный) в формуле (18) учитывается через величину H , которая определяется с помощью соответствующих кривых на рис. 1.

Применение предлагаемого метода расчета поливов по горизонтальным чекам проиллюстрируем на конкретных примерах, а полученные результаты сравним с табличными данными компьютерных экспериментов (табл. 2 и 3) для проверки приемлемости полученных аппроксимирующих формул и графиков. Идея такой проверки заключается в следующем: исходные данные берем из какой-либо строки таблиц 2 и 3, а полученное предлагаемым методом расчета значение t_n сравним с табличным значением t_n этой же строки.

Расчеты проведены в условиях *слабопроницаемых* почв ($\alpha = 0.75$, $\gamma = 1 - \alpha = 0.25$, $m = Kb/(1 - \alpha) = 0.028$, $K = 0.0015$ м/час) как для невегетационных ($n_0 = 0.03$), так и для вегетационных ($n_0 = 0.06$) поливов по три примера для каждого из них.

^{*)} Подразумевается, что в результате удовлетворения обязательных требований оптимальности поливов перелив воды через ограждающие земляные валики не имеет места.

**Рассмотрим случай
вневегетационных поливов**

Пример 1. В качестве исходных данных из табл. 2 берем максимальные значения

$q = 4$ л/сек, $l = 300$ м, $\tau_l = 33.4$ час. С помощью кривой (рис. 1) $n_0 = 0.03$, $l = 300$ м при $q = 4$ л/сек определяем $H = 0.21$ м.

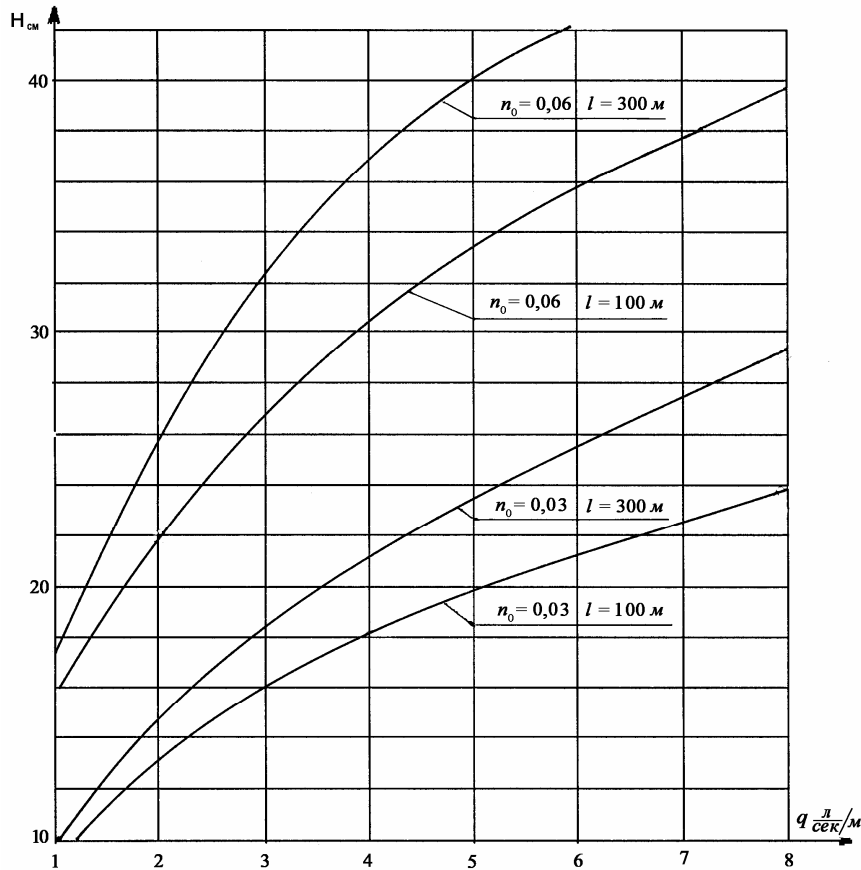


Рис. 1. Графики зависимости H от q и l

Таблица 2

**Вневегетационный полив чеками на слабоводопроницаемых почвах
(Результаты компьютерной имитации квази-оптимальных поливов)**

Входные параметры: $n_0 = 0.03$, $\alpha = 0,75$, $K = 0,0015$ м/час, $b = 4,7$									
Входные параметры			Результаты счета, определяющие качество полива						
Длина чека $l_{\text{м}}$	Поливной расход q на метр ширины чека		Увлажнение м ³ /га в створах		Время в часах				Длина добегания в момент прекращения подачи
	л/сек	м ³ /час	начальном W_0	конечном W_l	добегания $t_{\text{д}}$	подачи воды $t_{\text{п}}$	присутствия воды в створах		
							начальном τ_0	конечном τ_l	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	1	3,6	1124	1053	3,44	2,98	30,72	27,28	90,28
200	1	3,6	1175	1018	7,67	5,89	33,24	25,58	167,11
300	1	3,6	1199	938	12,52	8,69	34,40	21,89	241,09

**ГИДРАВЛИКА ПОЛИВОВ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ЧЕКАМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ
ОПТИМИЗАЦИИ (НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИМИТАЦИИ ПРОЦЕССА)**

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	2	7,2	1262	1213	2,48	1,69	37,59	35,10	77,85
200	2	7,2	1328	1218	5,63	3,41	40,99	35,36	146,41
300	2	7,2	1342	1160	9,22	5,06	41,69	32,47	212,93
100	3	10,8	1289	1247	2,13	1,15	38,97	36,84	68,80
200	3	10,8	1310	1211	5,04	2,24	40,07	35,02	126,17
300	3	10,8	1339	1176	8,30	3,38	41,56	33,26	185,74
100	4	14,4	1279	1241	1,95	0,85	38,47	36,51	62,33
200	4	14,4	1304	1211	4,74	1,66	39,74	35,00	114,26
300	4	14,4	1333	1179	7,89	2,58	41,25	33,40	168,17

Таблица 3

**Вегетационный полив чеками на слабоводопроницаемых почвах
(Результаты компьютерной имитации квазиоптимальных поливов)**

Входные параметры: $n_0 = 0.06$, $\alpha = 0,75$, $K = 0,0015$ м/час, $b = 4,7$									
Входные парамет-ры			Результаты счета, определяющие качество полива						
Длина чека l м	Поливной расход q на метр ширины чека		Увлажнение м ³ /га в створах		Время в часах				Длина добега в момент прекращения подачи воды S в м
	л/сек	м ³ /час	начальном W_0	конечном W_l	добегания t_d	подачи воды t_n	присутствия воды в створах		
							начальном τ_0	конечном τ_l	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	1	3,6	1332	1190	7,2	3,44	41,19	33,97	65,49
200	1	3,6	1416	1073	17,3	6,76	45,56	28,20	122,07
300	1	3,6	1466	854	30,1	10,16	48,22	18,14	178,94
100	2	7,2	1337	1216	6,2	1,73	41,43	35,25	52,44
200	2	7,2	1402	1102	15,2	3,42	44,81	29,60	98,47
300	2	7,2	1440	890	27,1	5,03	46,84	19,72	143,09
100	3	10,8	1319	1204	5,8	1,14	40,52	34,65	46,35
200	3	10,8	1414	1136	14,4	2,29	45,44	31,00	87,71
300	3	10,8	1450	934	25,6	3,38	47,34	21,71	127,90
100	4	14,4	1318	1206	5,7	0,84	40,45	34,74	43,04
200	4	14,4	1395	1114	14,3	1,68	44,47	30,18	80,75
300	4	14,4	1449	949	24,9	2,54	47,33	22,29	118,80

Пример 2. Из табл. 2 берем минимальные значения $q = 1$ л/сек, $l = 100$ м, $\tau_l = 27.3$ час. С помощью кривой (рис. 1) $n_0 = 0.03$, $l = 100$ м при $q = 1$ л/сек определяем $H = 0.09$ м.

Пример 3. Из табл. 3 берем средние значе-

ния $q = 2$ л/сек, $l = 200$ м, $\tau_l = 35.4$ час. С помощью кривых (рис. 1) $n_0 = 0.03$, $l = 100$ м и $n_0 = 0.03$, $l = 300$ м интерполированием для $q = 2$ л/сек определяем значение $H = 0.14$ м.

Таблица 4

Последовательность расчетов. Невегетационный полив ($n_0 = 0.03$)

№ примера	q на метр ширины		l, м	H, м (рис.1)	τ_l час	$\frac{l^2}{q^2}$	t_n , час		t_d , час форм.(18)	$\varphi_1(t_n)$ форм. (17)	$\varphi_2(t_n)$ форм. (17)
	л/сек	м³/час					табл. 2	задаемся			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	4	14,4	300	0,21	33,4	434,0	2,58	2,0	11,68	0,260	0,190
								3,0	8,02	0,250	0,290
								2,65	8,84	0,252	0,259
2	1	3,6	100	0,09	27,3	771,6	2,98	3,0	3,76	0,217	0,216
3	2	7,2	200	0,14	35,4	771,6	3,41	3,6	6,22	0,254	0,259

Таблица 5

Последовательность расчетов. Вегетационный полив ($n_0 = 0.06$)

№ примера	q на метр ширины		l, м	H, м (рис.1)	τ_l час	$\frac{l^2}{q^2}$	t_n , час		t_d , час форм.(18)	$\varphi_1(t_n)$ форм. (17)	$\varphi_2(t_n)$ форм. (17)
	л/сек	м³/час					табл. 2	задаемся			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	4	14,4	300	0,37	22,3	434,0	2,54	2,54	25,50	0,239	0,244
								2,60	24,90	0,238	0,250
								2,50	25,90	0,240	0,240
2	1	3,6	100	0,16	34,0	771,6	3,44	3,50	7,88	0,252	0,252
3	2	7,2	200	0,24	29,6	771,6	3,42	3,60	15,53	0,257	0,259

Определение значений t_n в каждом примере осуществляется с использованием формул (17), (18) методом последовательных приближений до выполнения условия $\varphi_1(t_n) = \varphi_2(t_n)$ с приемлемой точностью, где через $\varphi_1(t_n)$ и $\varphi_2(t_n)$ обозначены соответственно левая и правая части уравнения (17).

Последовательность расчетов для каждого значения t_n приводится по строкам таблицы 4. Причем для примера 1 приводится и сам процесс подбора значения t_n в графе 8, тогда как для примеров 2 и 3 приводятся уже подобранные значения t_n .

Приведенное в таблице 4 сопоставление вычисленных значений t_n (графа 8) с его табличными значениями (графа 7), дает вполне удовлетворительный результат.

Аналогичные расчеты для таких же трех типичных примеров проведены и для случая *вегетационных* поливов, но с использованием данных табл. 3 и кривых $n_0 = 0.06$, $l = 300$ м и $n_0 = 0.06$, $l = 100$ м на рис. 1. Результаты этих расчетов, по аналогии с таблицей 4, сведены в таблицу 5.

По поводу дополнительных требований оптимальности поливов по критериям (1)–(3) следует заметить следующее: анализ результатов множества вариантов полива, представленных в форме таблиц 2 и 3 позволяет сделать следующие выводы:

1. Эффективность использования воды, согласно критерия (1) и равномерность увлажнения почвы по длине W_l/W_0 понижаются с увеличением длины чека l (и тем интенсивней, чем больше проницаемость почвы), но при этом,

согласно критерия (3) увеличивается производительность труда и механизмов.

2. Для фиксированного значения l критерии (1) и (2) растут с увеличением поливного расхода q , но при этом увеличиваются глубины воды, которые ограничиваются высотой ограждающих земляных валиков.

Таким образом, при оптимизации поливов по чекам принятие компромиссного решения

будет неизбежным и зависящим от конкретных условий.

Полученные формулы (17), (18) и графики (рис. 1) могут быть использованы также и для решения других практических задач, возникающих при планировании поливов, поскольку они содержат и связывают между собой все основные параметры, определяющие качество полива.

ВЫВОДЫ

1. Гидравлика поливов по горизонтальным чекам состоит из трех этапов: 1) продвижение воды за время ее подачи, 2) растекание поданной воды до преграды и 3) впитывание накопленной воды между земляными валиками.

2. Ввиду горизонтальности дна продвижение воды происходит медленно только за счет уклона ее свободной поверхности, в результате чего возникает опасность переувлажнения начального створа и подъема уровня грунтовых вод с вытекающими отсюда последствиями, но не возникает опасности возникновения ирригационной эрозии и ограничение (5) в проверке не нуждается.

3. Если при поливе по полосам с уклоном дна максимизация удельного расхода ограничивается опасностью возникновения эрозии, то

при поливе по чекам рост удельного расхода, сокращающий время полива и максимизирующий критерий (2), ограничивается допустимыми глубинами воды и, в конечном счете, высотой земляных ограждающих валиков.

4. Полученные аппроксимирующие формулы (17), (18) и графики (рис. 1) могут быть непосредственно использованы при планировании поливов. Так, например, согласно графиков (рис. 1), при высоте земляных ограждающих валиков $P = 0.4$ м удельный поливной расход q при вегетационном поливе, во избежание перелива воды, при $l = 100$ м не должен превышать 10 л/сек на метр ширины, тогда как при вневегетационном поливе этот расход может быть увеличен в два-три раза.

Литература

1. **Киладзе Р.М.** Имитация поверхностного орошения на ЭВМ с помощью численных методов для поиска оптимальных параметров. //Водные ресурсы, №3, 1981, с. 146-153.
2. **Киладзе Р.М.** Эколого-экономический подход к решению задач оптимизации поверхностных способов орошения. //Инженерная экология, №3, 2003, с. 26-38.
3. **Киладзе Р.М.** Эколого-экономический подход к решению задач оптимизации поливов по бороздам (на основе компьютерной имитации). //Инженерная экология, №6, 2005, с. 46-57.
4. **Киладзе Р.М.** Преимущества полива с прерывистой подачей воды в борозды. //Мелиорация и водное хозяйство, №2, 2003, с. 12-14.
5. **Киладзе Р.М.** Влияние пространственной изменчивости водопроницаемости почв на параметры оросительных систем. //Почвоведение, №2, 2005, с. 239-246.
6. **Лактаев Н.Т.** Полив хлопчатника. - М.: Колос, 1978, 176 с.
7. Орошение. Справочник под ред. **Б.Б. Шумакова**. - М.: Агропромиздат, 1990, 415 с.
8. **Пряжинская В.Г., Хранович И.Л., Ярошевский Д.М.** Гидроэкология: системный подход к управлению водными ресурсами. //Инженерная экология, №1, 2002, с. 2-19.
9. **Рихтмайер Р., Роберт Д.** Принципы современной математической физики. Пер. с англ. - М.: Мир, 1982, 486 с.
10. **Рождественский Б.Л., Яненко Н.Н.** Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике. - М.: Наука, 1978, 687 с.

**FORECAST OF CIRCULATION PROCESSES IN THE GEORGIAN BLACK SEA
COASTAL ZONE BY THE HIGH-RESOLUTION REGIONAL MODEL
OF THE BLACK SEA DYNAMICS**

Avtandil Kordzadze, Demuri Demetrashvili

E-mail: *akordzadze@yahoo.com, demetr_48@yahoo.com*

M. Nodia Institute of Geophysics
Alexidze str., Tbilisi 0193, Georgia

INTRODUCTION

Last decade in development of the Black Sea oceanography is characterized by a wide intensification of works on creation operational Black Sea Nowcasting/Forecasting System enabling continuous monitoring of the circulation and other hydrophysical fields of the Black Sea [1]. Functioning of the system is especially important for coastal and shelf areas which undergoes the greatest anthropogenic impact. Development of such System was one of the main goals of the EU international scientific-technical projects ARENA (2003-2006) and ECOOP (2007-2010), in which participated leading oceanographic and meteorological centers of

European countries including mathematical modeling group of M. Nodia Institute of Geophysics. Coordination of these works was carried out by Marine Hydrophysical Institute of National Academy of Sciences of Ukraine (MHI-NASU, Sevastopol/Ukraine).

The purpose of this study is description of the regional forecasting subsystem developed within the ARENA and ECOOP projects and some results of the forecast of circulation, temperature and salinity 3D fields corresponding to July 2010 for the easternmost part of the Black Sea including Georgian water area.

1. GENERAL STRUCTURE OF THE FORECASTING SYSTEM

The regional forecasting subsystem for the Georgian coastal zone of the Black Sea is a part of the Nowcasting/Forecasting System of the Black Sea circulation. The main components of this system are: a regional atmospheric model ALADIN with 24 km grid step, a basin-scale model (BSM) of the Black Sea dynamics of MHI-NASU with 5 km grid step, some high-resolution regional circulation models nested near the coast of the riparian countries and the Black Sea observing system including the remote sensing components.

A core of the regional forecasting subsystem for the Georgian coastal zone is the nested grid regional hydrostatic numerical model of the Black Sea dynamics with 1 km grid resolution [2-3]. This model is received by adaptation of the BSM of the Black Sea dynamics developed at M. Nodia Insti-

tute of Geophysics [3, 4] to the easternmost part of the basin and is nested in the BSM of MHI-NASU. It is necessary to note that by-turn the BSM [3, 4] is an improved version of the prognostic model of the Black Sea dynamics [5, 6] originally developed in the early 1970s at the Computing Center of Siberian Branch of the Academy of Sciences USSR (Novosibirsk, Akademgorodok).

The regional area is bounded with the Caucasus and Turkish shorelines and the western liquid boundary coincident with 39.36°E.

Input data with one hour step corresponding to 4-days forecasting time period we regularly receive from MHI via ftp site. These data are following:

- 3D fields of temperature, salinity and sea current velocity components including initial fields at moment $t = 0$;

- wind stress components, heat fluxes, evaporation, and precipitation on the sea surface.

Received from MHI data corresponds to our regional area and are given on the grid of the BSM of MHI with grid step approximately 5 km. Data

on the sea surface are prognostic fields calculated on the basis of the model of the atmospheric dynamics ALADIN; 3D fields of temperature, salinity and velocity components are prognostic fields calculated with use of the BSM of MHI.

2. MODEL DESCRIPTION

The regional model (RM) is based on a primitive equation system of ocean hydrothermodynamics in z-coordinates having the following form:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \text{div} \bar{u}u - lv + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p'}{\partial x} &= \nabla \mu \nabla u + \frac{\partial}{\partial z} v \frac{\partial u}{\partial z}, \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \text{div} \bar{v}v + lu + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p'}{\partial y} &= \nabla \mu \nabla v + \frac{\partial}{\partial z} u \frac{\partial v}{\partial z}, \end{aligned}$$

$$\frac{\partial p'}{\partial z} = g\rho', \quad \text{div} \bar{u} = 0,$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T'}{\partial t} + \text{div} \bar{u}T' + \gamma_T w &= \nabla \mu_T \nabla T' + \\ + \frac{\partial}{\partial z} v_T \frac{\partial T'}{\partial z} + \frac{\partial v_T \gamma_T}{\partial z} - \frac{1}{c\rho} \frac{\partial I}{\partial z} - \frac{\partial \bar{T}}{\partial t}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial S'}{\partial t} + \text{div} \bar{u}S' + \gamma_S w &= \nabla \mu_S \nabla S' + \\ + \frac{\partial}{\partial z} v_S \frac{\partial S'}{\partial z} + \frac{\partial v_S \gamma_S}{\partial z} - \frac{\partial \bar{S}}{\partial t}, \end{aligned}$$

$$\rho' = \alpha_T T' + \alpha_S S', \quad \gamma_T = \frac{\partial \bar{T}}{\partial z}, \quad \gamma_S = \frac{\partial \bar{S}}{\partial z},$$

$$T = \bar{T}(z, t) + T', \quad S = \bar{S}(z, t) + S',$$

$$\rho = \bar{\rho}(z, t) + \rho', \quad p = \bar{p}(z, t) + p'$$

$$\nabla \mu \nabla = \frac{\partial}{\partial x} \mu \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu \frac{\partial}{\partial y}, \quad I = R'_0 e^{-\alpha z},$$

$$R'_0 = \eta(1-A)I_0,$$

$$I_0 = a \sinh_0 - b \sqrt{\sinh_0},$$

$$\sin h_0 = \sin \varphi \sin \psi + \cos \varphi \cos \psi \cos \frac{\pi}{12} t,$$

$$\eta = 1 - (\tilde{a} + \tilde{b}\tilde{n})\tilde{n}.$$

$$\alpha_T = \partial f / \partial \bar{T} = -10^{-3} (0.0035 + 0.00938\bar{T} + 0.0025\bar{S})$$

$$\alpha_S = \partial f / \partial \bar{S} = -10^{-3} (0.802 - 0.002\bar{T}).$$

Here u, v and w are the components of the current velocity vector $\bar{u}$ along the axes x, y and z , respectively (the axes x, y and z are directed eastward, northward and vertically downward from the

sea surface, respectively); T', S', P', ρ' are the deviations of temperature, salinity, pressure and density from their standard vertical distributions $\bar{T}, \bar{S}, \bar{P}, \bar{\rho}$; $l = l_0 + \beta \cdot y$ is the Coriolis parameter, where $\beta = dl/dy$; g, c and ρ_0 are the gravitational acceleration, the specific heat capacity and average density of seawater; $\mu, \mu_{T,S}, v, v_{T,S}$ are the horizontal and vertical eddy viscosity, heat and salt diffusion coefficients, respectively; I_0 is the total solar radiation flux at $z=0$ determined by the Albrecht formula, A is the albedo of the sea surface, h_0 is the zenithal angle of the Sun; φ is the geographical latitude, Ψ is the parameter of declination of the Sun, η is the factor which takes into account influence of cloudiness on total radiation and depends upon ball of cloudiness $\tilde{n}$; $a, b, \tilde{a}, \tilde{b}$ are the empirical factors; α is the parameter of absorption of short-wave radiation by seawater.

System of equation (1) is subject to the following boundary and initial conditions:

$$\frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{\tau_{zx}}{\rho_0 v}, \quad \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{\tau_{zy}}{\rho_0 v},$$

$$T' = T^* - \bar{T}(0, t) \quad \text{or} \quad v_T \frac{\partial T'}{\partial z} = Q^T - R_0 \quad \text{if } z = 0,$$

$$S' = S^* - \bar{S}(0, t) \quad \text{or} \quad v_S \frac{\partial S'}{\partial z} = (PR - EV)S_0,$$

$$u = 0, \quad v = 0, \quad w = 0, \quad \partial T' / \partial z = -\gamma_T, \quad \partial S' / \partial z = -\gamma_S \quad \text{on } z = H(x, y), \quad (2)$$

$$u = 0, \quad v = 0, \quad \partial T' / \partial n = 0, \quad \partial S' / \partial n = 0 \quad \text{on } \Gamma_0,$$

$$u = \tilde{u}, \quad v = \tilde{v}, \quad T' = \tilde{T}', \quad S' = \tilde{S}' \quad \text{on } \Gamma_1,$$

$$u = u^0, \quad v = v^0, \quad T' = T'^0, \quad S' = S'^0 \quad \text{if } t = 0, \quad (3)$$

where H describes the relief of the basin bottom; $\tau_{zx}, \tau_{zy}, T^*, S^*$ are the wind stress components along the axes x and y , temperature and salinity at the sea surface ($z = 0$), respectively;

$Q_T = Q'_T / c\rho$, where Q'_T is the turbulent heat flux in the atmosphere; $R_0 = R'_0 / c\rho$; Γ_0 is the lateral surface adjacent to the land, and Γ_1 is the liquid boundary separating the regional water area from the open part of the Black Sea. $\tilde{u}$, $\tilde{v}$, $\tilde{T}'$, $\tilde{S}'$ are the current velocity components along the axes x and y and the deviations of temperature and velocity at the liquid boundary, respectively (they are prognostic values predicted by the BSM of MHI-NASU). PR and EV are the atmospheric precipitation and evaporation.

3. KEY MODEL PARAMETERS

The domain of solution was covered with a grid 193×347 having horizontal resolution 1 km. On a vertical the non-uniform grid with 30 calculated levels on depths: 1, 3, 5, 7, 11, 15, 25, 35, 55, 85, 135, 205, 305, ..., 2005 m were considered. The time step was equal to 0.5 h. The parameter of radiation absorption was accepted as equal to $\alpha = 0.0023 m^{-1}$, which corresponds to usual ocean water, where about 10% of radiation reaches depth

The coefficients of horizontal turbulent viscosity and vertical turbulent diffusion for heat and salt were calculated in the process of integration of the model equations by formulas given in [4].

The existence and uniqueness theorem proving of 3D nonstationary problem of sea dynamics are given in [7].

For solving the problem (1)-(3) we used the two-cycle method of splitting the main problem with respect to both physical processes and coordinate planes and lines [8].

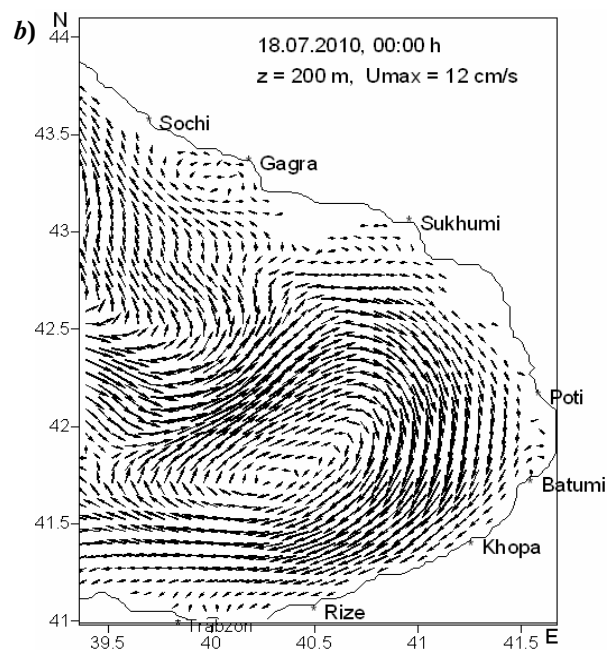
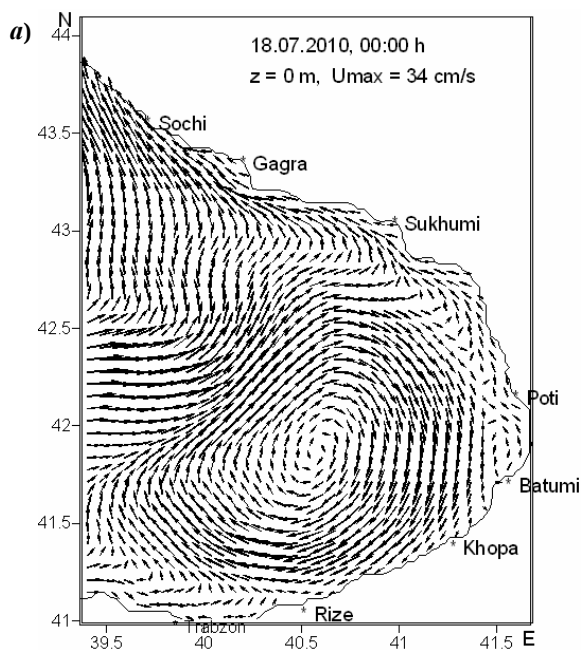
of 10 m [4]. Empirical factors accepted values: $\alpha = 1.54 kW/m^2$, $b = 0.22 kW/m^2$, $\tilde{a} = \tilde{b} = 0.38$. Specific heat capacity $c = 4.09 Jg^{-1}K^{-1}$, which corresponds to a seawater with salinity 18%.

The other parameters had the following values: $g = 980 cm^2/s$, $\rho_0 = 1g/cm^3$, $l_0 = 0.95 \cdot 10^{-4} s^{-1}$, $\beta = 10^{-13} cm^{-1}s^{-1}$.

4. RESULTS OF FORECAST, JULY 2010

At present, we regularly calculate 4-days forecasts of current, temperature, and salinity fields for the above mentioned regional area by the RM with

use of initial and boundary fields obtained from MHI-NASU via ftp site.



**FORECAST OF CIRCULATION PROCESSES IN THE GEORGIAN BLACK SEA COASTAL ZONE
BY THE HIGH-RESOLUTION REGIONAL MODEL OF THE BLACK SEA DYNAMICS**

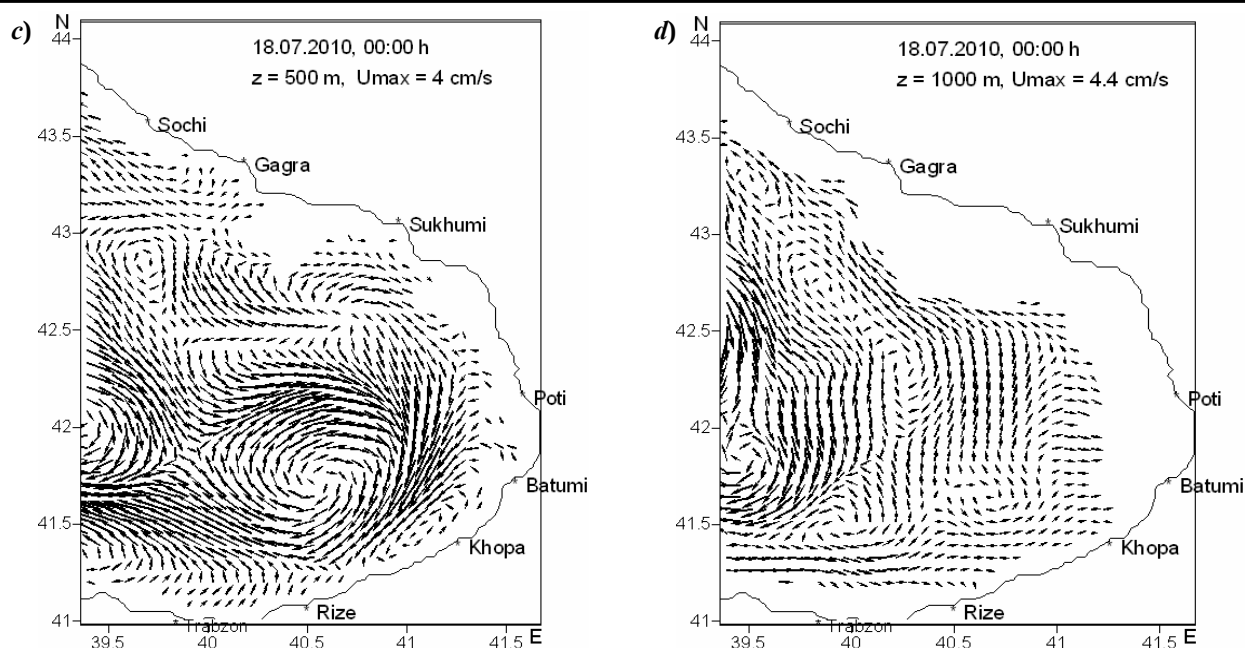


Fig. 1. The current field at initial time of forecast on depths of (a) 0 m, (b) 200 m, (c) 500 m, (d) 1000 m.

To demonstrate calculations of forecast by the RM we chose the forecasting period: 18 July 2010, 00:00 h – 22 July 2010, 00:00 h. Atmospheric circulation during 18 – 21 July 2010 was characterized by significant variability above the easternmost part of the Black Sea.

Fig.1 illustrates the Black Sea circulation at initial time of forecast on different horizons. From this figure it is clear that the main element of re-

gional circulation is Batumi anticyclonic eddy, which covers the area with diameter about 100-120 km. This vortex practically does not change in the upper 200 m layer, only current speed decreases from maximal value equal to 34 cm/s till 12 cm/s. Below 200 m the vortex gradually decreases in sizes (see, Fig. 1c) and on the depth of 1000 m it is not observed any more (see, Fig. 1d).

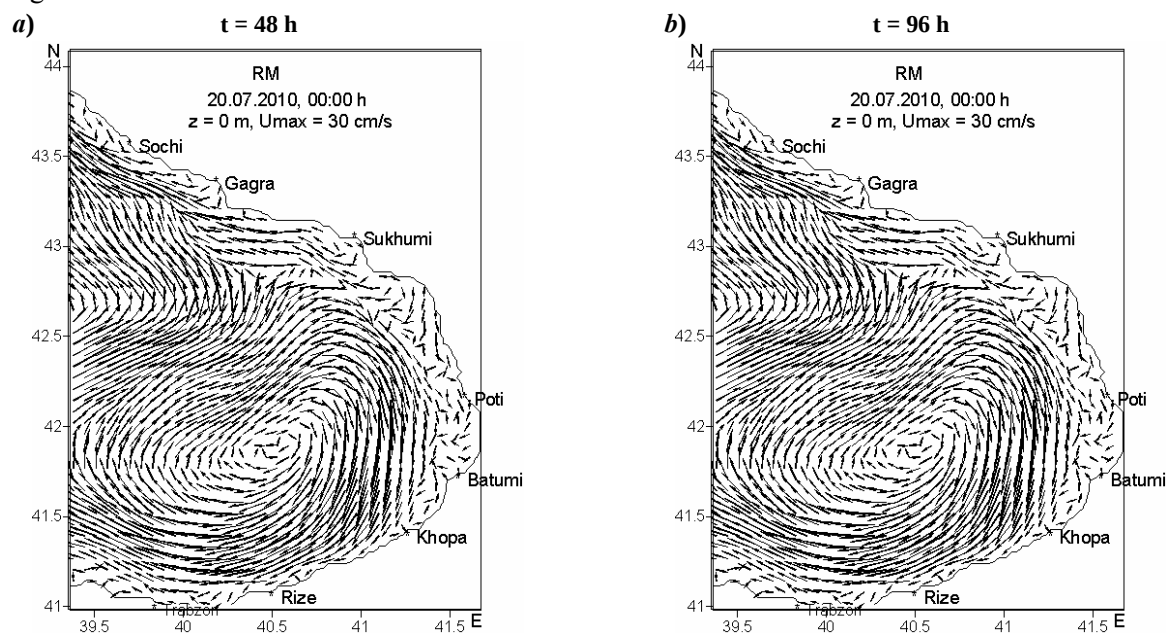


Fig. 2. The surface current fields at (a) 48 h and (b) 96 h (here and in following Figures time is counted from initial moment of the forecast) predicted by the RM

Figs. 2-4 illustrate current, temperature and salinity fields predicted by the RM at the time moments 48 and 96 h after beginning of integration (18.07.2010, 00:00 h). Circulation patterns are shown on $z = 0$, but temperature and salinity fields – on $z = 20$ m.

From Fig.2 it is obvious that Batumi anti-cyclonic eddy insignificantly depends on changeability of atmospheric wind forcing and is rather stable formation, it is observed during all forecasting period without strong changes. Batumi eddy most of all is exposed to some changes on the

fourth day of the forecast and its centre is displaced a little on the southwest side (Fig.2b). Here the narrow zone with width about 10-15 km along seashore is obviously allocated, where movement of waters sharply differs from other part of the regional area and currents have tendency to vortex formation of very small sizes.

From Figs. 3 and 4 are shown that prognostic temperature and salinity fields are changing a little during the forecasting period, but main features of distribution of these fields remain the same.

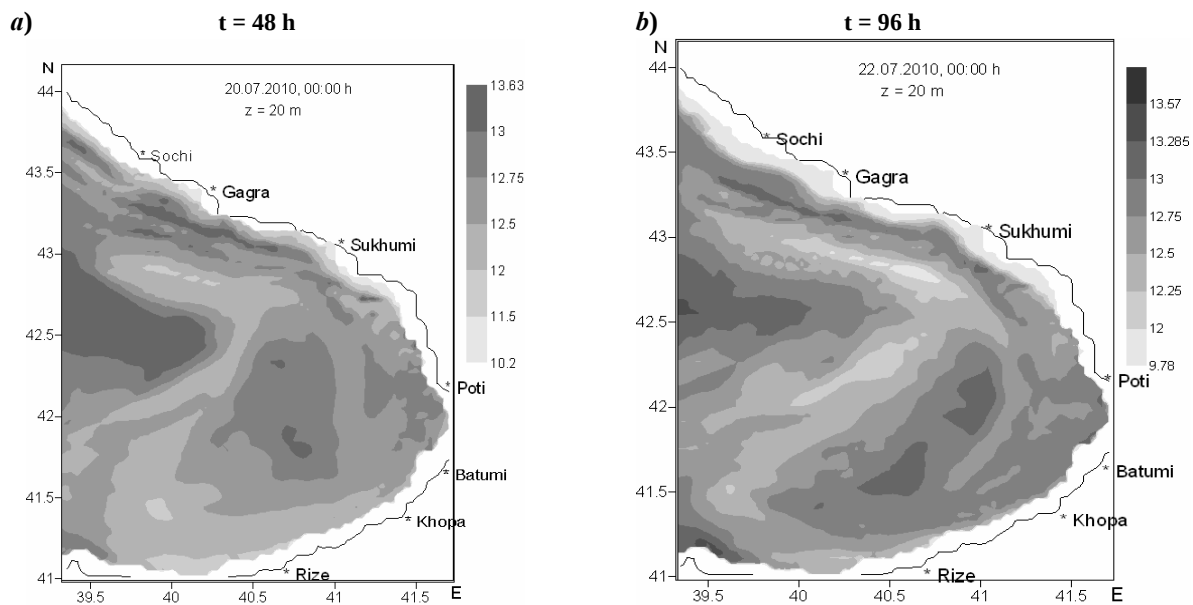


Fig. 3. The temperature fields on depth of 20 m at (a) 48 h and (b) 96 h predicted by the RM

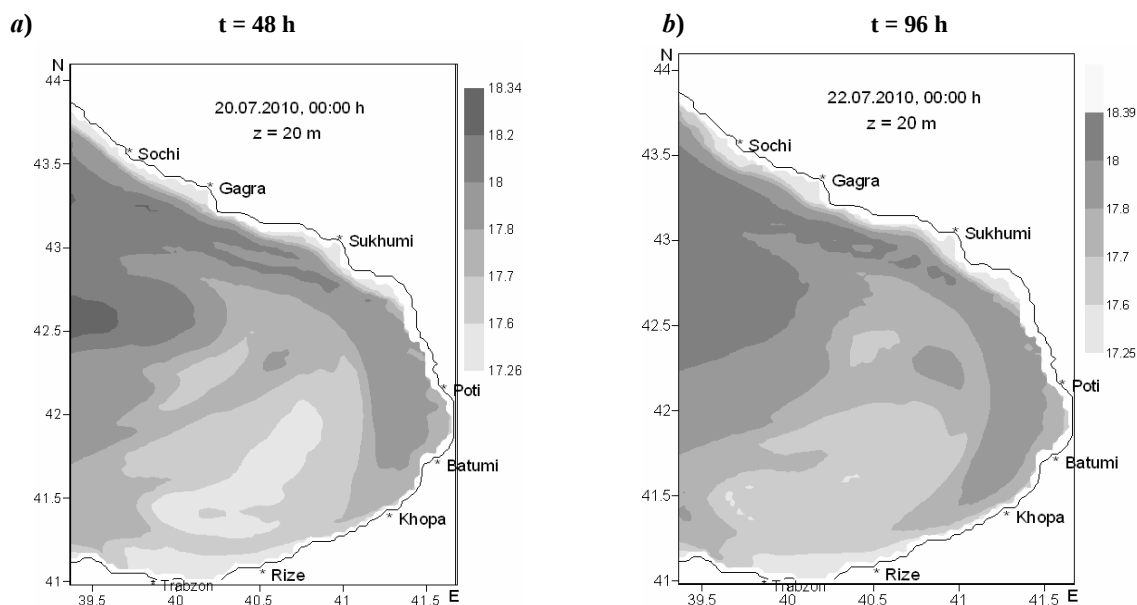


Fig. 4. The salinity fields on depth of 20 m at (a) 48 h and (b) 96 h predicted by the RM

FORECAST OF CIRCULATION PROCESSES IN THE GEORGIAN BLACK SEA COASTAL ZONE BY THE HIGH-RESOLUTION REGIONAL MODEL OF THE BLACK SEA DYNAMICS

Figs. 5-7 illustrate prognostic fields of current, temperature, and salinity computed by the BSM of MHI-NASU. The patterns are on the same horizons and at the same time moments as in Figs. 2-4.

Comparison of Figs. 5 and 2 shows that circulation patterns predicted by the RM and the BSM are similar (configuration, sizes, intensification), Batumi anticyclonic eddy covers the significant part of the regional area. It should be noted that according to the results [4, 9], Batumi eddy is the main element of a regional circulation in this part of the basin for the summer season. The most considerable distinctions are observed in a narrow zone along the coastline. The basic distinctions

between temperature fields predicted by the RM and the BSM is that in a zone of development Batumi eddy values of temperature predicted by the RM are higher than values of temperature predicted by the BSM (see, Figs 6 and 3).

Concerning salinity fields, there is more similarity between fields predicted by both RM and BSM. Particularly, in both cases the zones of lower salinity are in the central area of Batumi anticyclonic eddy. It is easy to explain this fact by those descending streams which develop in the anticyclonic vortex, transfer less salty waters from the upper layer downwards.

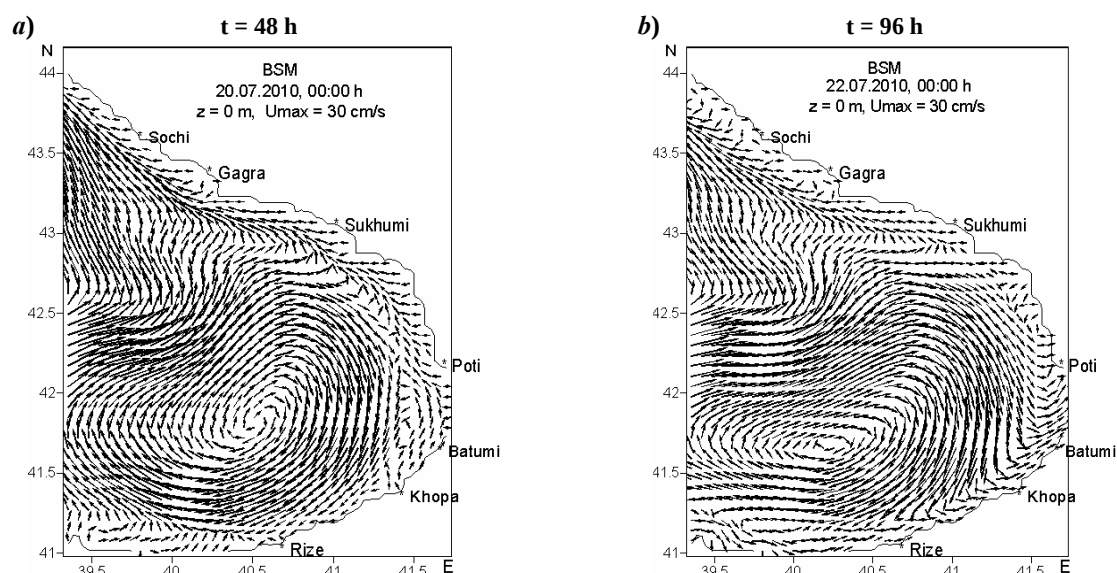


Fig. 5. The surface current fields at (a) 48 h and (b) 96 h predicted by the BSM of MHI-NASU

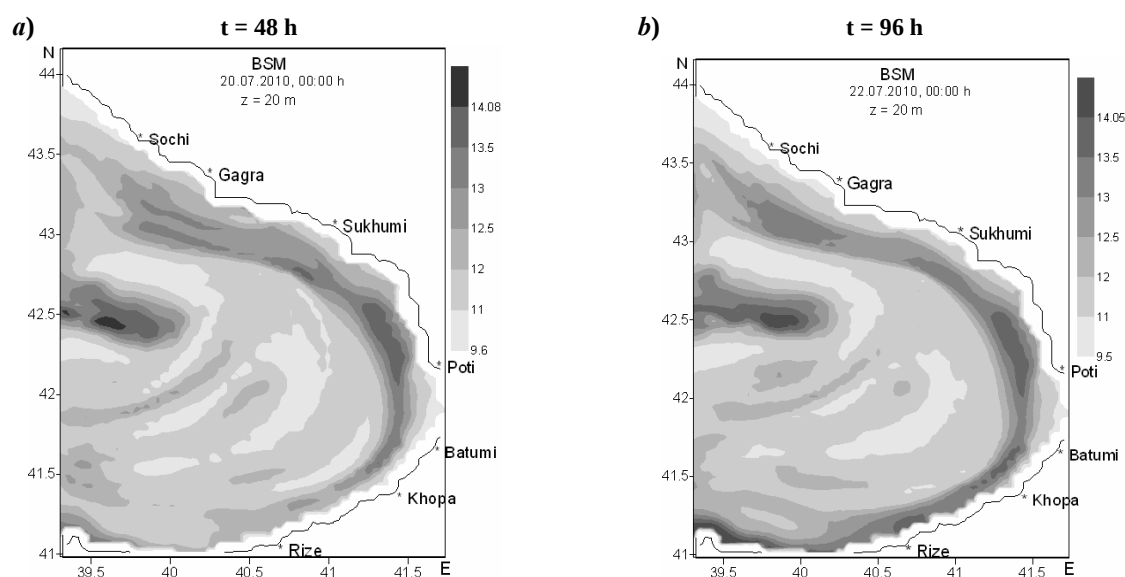


Fig. 6. The temperature fields on depth of 20 m at (a) 48 h, (b) 96 h. predicted by the BSM of MHI-NASU

CONCLUSION

A regional forecasting system allowed to predict flow, temperature and salinity fields with 1 km spacing in the easternmost part of the Black Sea is developed. A core of the forecasting system is the hydrostatic baroclinic regional model of the Black Sea dynamics, which is nested in the BSM of MHI. Main features of regional circulation for July 2010 predicted both by the RM and the BSM of MHI are

practically the same, but more differences are observed in the narrow zone along sea shoreline. In this near-shore zone the flow predicted by the RM is characterized by more tendency to form eddies of small sizes. Some differences are also observed in temperature and salinity fields predicted by both models.

References

1. **Korotaev G.K., Ereemeev V.N.** Introduction to the Operative Oceanography of the Black Sea. Sevastopol/Ukraine, NPC "EKOCI-Gidrofizika", 2006, 382 p. (in Russian).
2. **Kordzadze A.A., Demetrashvili D.I.** Simulation and forecast of hydrophysical fields in the part of the Georgian Black Sea coastal zone. //J. Georgian Geophys. Soc., vol. 12b, Tbilisi, 2008, pp. 3-16.
3. **Kordzadze A.A., Demetrashvili D.I.** Modeling of dynamical processes in the Black Sea. //Georgian Electronic Scientific Journal (GESJ): Physics. N1(3), 2010, <http://gesj.internetcademy.org.ge/phys> pp. 25-45.
4. **Kordzadze A.A., Demetrashvili D.I., Surmava A. A.** Numerical modeling of hydrophysical fields of the Black Sea under the conditions of alternation of atmospheric circulation processes. Izv. RAN, Fizika Atmosfery i Okeana, t. 44, N 2, Moscow, 2008, pp. 227-238 (in Russian).
5. **Marchuk G.I., Kordzadze A.A., Skiba Yu.N.** Calculation of major hydrological fields of the Black Sea on the basis of the splitting method. //Izv. Akad. Nauk SSSR, Fizika atmosferi i okeana, t. 11, Moscow, 1975, pp. 379-393 (in Russian).
6. **Kordzadze A.A.** Mathematical modelling of sea currents (theory, algorithms, numerical experiments). Moscow, OVM AN SSSR, 1989, 218 p. (in Russian).
7. **Kordzadze A.A.** Mathematical problems of solving problems of ocean dynamics. VTs SO AN SSSR, Novosibirsk (Akademgorodok), 1982, 148 p. (in Russian).
8. **Marchuk G.I.** Numerical solution of problems of atmospheric and oceanic dynamics. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1974, 303 p. (in Russian).
9. **Korotaev G., Oguz T., Nikiforov A., Koblinsky C.** Seasonal, inter-annual, and mesoscale variability of the Black Sea upper layer circulation derived from altimeter data. //J. Geophys. Research, vol. 108, No C4, doi: 10.1029/2002JC001508, 2003, pp. 19-15.
10. **Kubriakov A., Grigoriev A., Kordzadze A., Korotaev G., Trukhchev D., Fomin V.** Nowcasting/Forecasting subsystem of the circulation in the Black Sea nearshore regions. In: European Operational Oceanography: Present and Future. 4th EuroGOOS Conference, 6-9 June 2005, Brest, France, 2006, pp. 605-610.

კოლხეთის დაბლობზე დამშრობ-მარეზულირებელი ჭხელის
ბაანბარიშებისას ზედაპირულ-მოლეკულური ეფექტების
გავლენა ფილტრაციის რეოლოგიურ მახასიათებელზე

შორენა კუპრეიშვილი, პაატა სიჭინავა, ლია მაისაია

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

შეშავალი

საქართველოში სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების შეზღუდულობა და ამავე დროს ხელსაყრელი ბუნებრივ-სამეურნეო პირობები განსაზღვრავს კოლხეთის დაბლობის მელიორაციისა და ათვისების განსაკუთრებულ მნიშვნელობას, როგორც რეგიონის, ასევე ქვეყნის ეკონომიკისა და სოციალური სფეროს განვითარებაში.

კოლხეთის დაბლობის მძიმე თიხნარი ნიადაგებისათვის მელიორაციული ღონისძიებების შეფასებას დიდი პრაქტიკული ეკოლოგიურ-ეკონომიკური მნიშვნელობა ენიჭება წყალგამტარობის და ფილტრაციის მახასიათებლების მიხედვით, რაც განაპირობებს დამშრობ-მარეზულირებელი ქსელის ეფექტურ მუშაობას. დღემდე არსებული მეთოდები ამ პარამეტრების განსაზღვრისათვის სხვადასხვა შედეგს იძლევა (მათი მეტად რთული სპეციფიკური ბუნების გამო), რომელთაგან რეალურის ამორჩევა ფაქტობრივად ვერ ხერხდება. გამომდინარე აღნიშნულიდან, აუცილებელია სპეციალური მეთოდისა და მრავალწლიური ანალიზის საფუძველზე გაგრძელები, როგორც ექსპერიმენტული, ლაბორატორიული, ასევე ნატურული კვლევები, რაც საშუალებას მოგვცემს უფრო საიმედოდ მიღებული შედეგები დაინერგოს პრაქტიკაში.

სითხის მოძრაობის ამსახველ განტოლებებში რეოლოგიურ მაჩვენებლად შეიძლება მივიჩნიოთ ფილტრაციის კოეფიციენტი, სიბლანტე, ჰიდრაულიკური ქანობი და რაც ჩვენთვის ყველაზე საინტერესოა, ძვრის საწყისი წინაღობა გამოხატული ე.წ. საწყისი ფიზიკური გრადიენტის სახელწოდებით. როგორც ცნობილია ამ პარამეტრის ფიზიკურ არსზე ცალკეულ მკვლევართა შეხედულება ურთი-

ერთგანსხვავებულია და ხშირად მიაწერენ სხვადასხვა წარმოშობის ძალებთან უშუალო კავშირს.

საკითხის კვლევის ჰიდრაულიკურმა მეთოდებმა ვერ გამოავლინა მისი რაოდენობრივი შესწავლის აუცილებლობა და მოვლენის გარკვეული სქემატიზაციით ჩაიწერა მხოლოდ აპროქსიმირებული ხაზოვანი კანონი ფილტრაციის სიჩქარესა და ჰიდრაულიკურ ქანობს შორის. ამ პარამეტრის თეორიული და განსაკუთრებით ექსპერიმენტული შესწავლა ასახულია რიგი ავტორების შრომებში [1, 2, 3, 4].

არსებული წარმოდგენების მიხედვით ანომალური ფილტრაცია და ფილტრაციის ე.წ. საწყისი გრადიენტი ემყარება პოსტულატს, რომლის მიხედვითაც, სითხეს თვისუფალ მოცულობაში გააჩნია წინაღობა, ძვრის დეფორმაციის მიმართ. ამის შესაბამისად არანიუტონური სითხეები გარდაისახება შვედოვ-ბინგამის ბლანტ-პლასტიკური სითხის მოძრაობის მოდელში და თავის თავად უზულებელყოფს ადსორბციული შრის კედლიდან დაშორების მანძილისაგან დამოუკიდებლად ძვრის წინაღობის სიდიდეს. სტრუქტურულ-გეომეტრიული მოდელები ხშირ შემთხვევაში მხოლოდ ფორიანობას განსაზღვრავს ორი უკიდურესი კუბიკური და ჰექსოგონალური განლაგებისათვის და ისეთი იდეალური გეომეტრიული ფორმებისათვის, როგორიცაა სფერო ან კუბი.

არსებული წარმოდგენების მიხედვით ანომალური ფილტრაცია და ფილტრაციის ე.წ. საწყისი გრადიენტი ემყარება პოსტულატს, რომლის მიხედვითაც, სითხეს თვისუფალ მოცულობაში გააჩნია წინაღობა, ძვრის დეფორმაციის მიმართ. ამის შესაბამისად

არანიუტონური სითხეები გარდაისახება შვედოვ-ბინგამის ბლანტ-პლასტიკური სითხის მოძრაობის მოდელში და თავის თავად უგულებელყოფს ადსორბციული შრის კედლიდან დაშორების მანძილისაგან დამოუკიდებლად ძვრის წინაღობის სიდიდეს. სტრუქტურულ-გეომეტრიული მოდელები ხშირ შემთხვევაში მხოლოდ ფორიანობას განსაზღვრავს ორი უკიდურესი კუბიკური და ჰექსოგონალური განლაგებისათვის და ისეთი იდეალური გეომეტრიული ფორმებისათვის, როგორიცაა სფერო ან კუბი.

ასევე საკარაუდოა, რომ ინვარიანტობის შენარჩუნების ალბათობა თეორიულად და პრაქტიკულად თითქმის გამორიცხულია მაღალდისპერსიულ ნიადაგებში. დისპერსიულობის ხარისხის ზრდა თიხა მინერალების ჰეტეროგენულ ზედაპირზე წარმოშობს სხვადასხვა ბუნების ენერგეტიკულ ველებს, რომლებიც განაპირობებს ადსორბციული ბმული წყლით აფსკების თავისუფალი წყლისაგან განსხვავებული ანომალური თვისებებით

ფორმირებას. აფსკების კონტრაქცია სასაზღვრო შრეში მათ ანიჭებს კვაზი-მყარი სხეულებისათვის დამახასიათებელ იდენტურ თვისებებს [5, 6]. ეს უკანასკნელი, განსაზღვრავს რეოლოგიური თვისებების ფართო გამას და შესაბამისად თიხა ნიადაგ-გრუნტებში ფილტრაციული პროცესის ბლანტ-პლასტიკური დეფორმაციის მათემატიკური მოდელით წარმოსახვის შესაძლებლობას. ამასთანავე, ზოგი მეცნიერი [8] მიუთითებს, რომ მიკროფოროვანი სივრცის მოუწყვრეგებლობა და ჩონჩხის მარცვლების ქაოსური განლაგება გვამუშალებს განვიხილოთ ფოროვანი მასა, როგორც სივრცე, რომელშიც მოძრაობს სითხე იმის გაუთვალისწინებლად, რომ ნაწილი ამ სივრცისა დაკავებულია ფაქტობრივად მყარი ნივთიერების მარცვლებით. ასეთი წარმოდგენების საფუძველზე მიღებული კანონზომიერებანი არასრულყოფილად ასახავს ფილტრაციის ურთულესი პროცესის ფიზიკურ არსს.

ძირითადი ნაწილი

ზედაპირის სასაზღვრო შრეში წარმოშობილი ადსორბციული შრის მონომოლეკულური ნაწილი თავის მხრივ ორიენტაციას ახდენს მასთან მიმდებარე წყლის მოლეკულების მიერ წარმოშობილ დიფუზიურ გარსზე, რომლის საზღვრებშიც მთლიანად ამოიწურება ელექტრო-მოლეკულური ურთიერთქმედების ენერგია მყარ ნაწილაკებსა და წყალს შორის.

რიგი სპეციალისტების შეხედულებით წარმოდგენა ჰიდრატაციულ შრეზე შეესაბამება გრუნტმცოდნეობაში მიღებულ ცნებას ჰიგროსკოპული ბმული წყლის შესახებ, ხოლო დიფუზიურ გარსზე – აფსკური წყლის კატეგორიის მიხედვით.

რიგ კვლევებში [9] აღნიშნულია, რომ თვით ადსორბციულ შრეში წყლის მოლეკულები მუდმივ მოძრაობაში იმყოფება და ასრულებს მხოლოდ ბრუნვით მოძრაობას ფიქსირებული ცენტრების მიმართ. ზედაპირული მოვლენების განსაკუთრებული ეფექტის გათვალისწინება თანაბრად აისახება, როგორც წყლის რეოლოგიურ მაჩვენებელზე, ასევე ფორების გეომეტრიული სტრუქტურების ცვალებადობაზე, რომელთა გათვალისწინე-

ბაც რადიკალურად ცვლის ფილტრაციის ჰიდრომექანიკურ სურათს.

აქედან გამომდინარე, მიღებული მუშა ჰიპოთეზის თანახმად ზედაპირულ-მოლეკულური ძალების განსაკუთრებული ეფექტი გამოიხატება თიხა გრუნტებში საწყისი გრადიენტის გამოვლენაში, რომელიც განპირობებულია მოლეკულურად ბმული წყლის ნიადაგ-გრუნტის ფორებში არსებობით და ხასიათდება წყლისაგან განსხვავებული რეოლოგიური თვისებებით.

საესებით ლოგიკურად შეიძლება მივიჩნიოთ საწყისი გრადიენტის განსაზღვრა მაქსიმალურ-მოლეკულური წყალტევადობის მიხედვით, ასეთი სახის დამოკიდებულება წარმოდგენილია შემდეგი სახით [8]

$$I_0 = \alpha \frac{\varphi}{1 - \varphi}, \quad (1)$$

სადაც α არის ექსპერიმენტული კოეფიციენტი; φ – ფორების შევსების ხარისხი მაქსიმალურ მოლეკულაში წყლის კატეგორიით, რომელიც განისაზღვრება სტანდარტული მეთოდის გამოყენებით.

საწყისი გრადიენტი როგორც ზემოთ

აღვნიშნეთ მრავალ ექსპერიმენტულ კვლევებში იქნა გამოვლენილი. მაგრამ, რადგან ის ვერ აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობებს, ამიტომ საჭირო გახდა მისი შეცვლა.

ჩვენ მიგვაჩნია, რომ საწყისი გრადიენტის გათვალისწინება რეოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრისას, მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს ფილტრაციული დანაკარგების პროგნოზის საიმედოობის გაზრდაში. ამასთან ერთად, გარკვეულწილად, ის ხელს შეუწყობს ურთულესი პროცესის ფიზიკური არსის საბოლოო გაშიფვრას. მრავალრიცხოვანმა ექსპერიმენტებმა დაადასტურა, რომ საწყისი გრადიენტი მეტად მგრძნობიარე პარამეტრია მრავალრიცხოვან გარემო ფაქტორებთან კავშირში. საკმაოდ ორიგინალური და უნიკალური ცდებით ამ პარამეტრის შესწავლისათვის ერთ მთლიან სიმძლავრის ნიადაგ-გრუნტის მონოლითზე დეტალურად აღწერილია ნაშრომში [7, 10].

ჩვენ მომავალ კვლევებში გვაინტერესებს ამ პარამეტრის რეოლოგიურ შკალაზე მისი „ადგილის“ პოვნა. ამისათვის საჭიროა შევეხოთ ამ პარამეტრის განსაზღვრას ნახევრადემპირიული მონაცემების ბაზაზე. კერძოდ, თანაბარი ძრავის განტოლებიდან შეგვიძლია განვსაზღვროთ, რომ:

$$I_0 = \frac{2\tau_0}{\rho g r} \quad (2)$$

ამ შემთხვევაში იგულისხმება, რომ მოძრაობა მიღში წყდება და წყალგამტარი არხის მთელი კვეთი შევსებულია მტკიცედ ბმული კატეგორიით. τ_0 წარმოადგენს ძვრისადმი საწყის წინაღობას და ის სპეციალური ცდების მონაცემებით განისაზღვრება საშუალო მნიშვნელობის სიდიდით, რაც ტოლია $5 \cdot 10^{-3}$ პა. მიუხედავად იმისა, რომ ეს მცირე სიდიდეა და თითქმის არავითარ გავლენას არ ახდენს ჰიდრომექანიკურ კანონზომიერებაზე ღია ნაკადებში, საგულისხმოა, რომ მისი არა აბსოლუტური მნიშვნელობა არამედ τ_0/r განსაზღვრავს I_0 სიდიდეს. ეს ნათლად მეტყველებს იმაზე თუ რა დიდი მნიშვნელობა გააჩნია ზედაპირული მოვლენების გათვალისწინებას მიკროპროცესების შეფასებაში.

თუ ფიზიკურ კონსტანტებს შევიტანთ (2)-ში, მხოლოდ 10^{-6} მ რადიუსი იძლევა საწყისი გრადიენტის მნიშვნელობას, რომელიც უდრის ერთს. რიგ კვლევებში მითითებულია,

რომ მისი მნიშვნელობა ხშირად ათსაც კი უტოლდება. ეს იმას ნიშნავს, რომ ჩვენ შეგვიძლია ვივარაუდოთ (1) – შემთხვევაში ფოროვანი სისტემა მთლიანად ბმული წყლით არის შევსებული. ასეთივე წარმატებით შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნა, რომ მიკროფოროვან სისტემაში პოლარული სითხეები ქმნის ისეთ „სიმტკიცეს“, რომელთა აფსკების რღვევა, პრაქტიკულად, მოქმედი გრადიენტებით არ შეიძლება იქნეს „წარეცხილი“. ამასთან დაკავშირებით ზოგიერთი მკვლევარი მიუთითებს, რომ თუ ფორების ზომა ნაკლებია $5 \cdot 10^{-3}$ მ-ზე, მაშინ მთლიანად ლიკვიდირდება კაპილარული ძალები და სორბციული ძალების მოქმედებით წყდება ჰიდროსტატიკური წნევის გადაცემა.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ მაღალ-დისპერსიულ თიხა ნიადაგ-გრუნტებში ფილტრაციული კანონზომიერება შეიძლება აისახოს რეოლოგიურ შკალაზე ნახ. 1. მე-4-ე მრუდის მიხედვით.

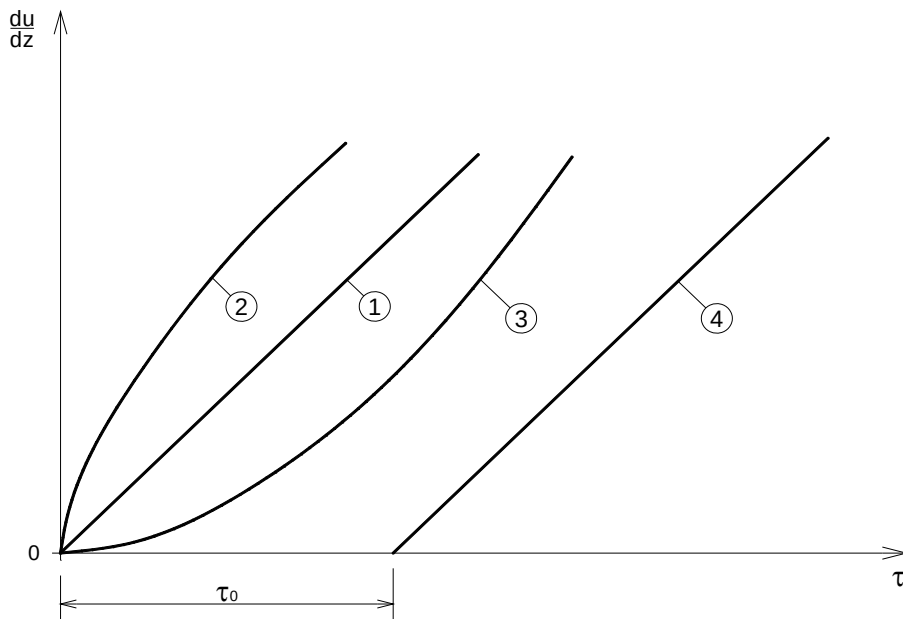
$$\tau = \tau_0 \pm \mu \frac{du}{dz}, \quad (3)$$

სადაც τ არის ძვრის საწყის წინაღობა, კგ/მ²; μ – სიბლანტის დინამიკური კოეფიციენტი, პა·წმ; u – ძვრის დეფორმაციის სიჩქარე, მ/წმ; z – განსახილველი წერტილის კოორდინატი, ათვლილი ხახუნის საკონტაქტო სიბრტყიდან.

(3) ფორმულა გამოსახავს ისეთი სტრუქტურული სხეულის ძვრის დეფორმაციის ანალოგს, რომელიც ხასიათდება ნაწილაკებს შორის ხახუნის წინაღობით და, ამასთანავე, მათ შორის შეჭიდულობით. ასეთი ბლანტ-პლასტიკური რეოლოგიური მრუდი ხასიათდება კრიტიკული წერტილებით: პერიოდულად სტრუქტურული კავშირების რღვევა-ადგენა (ტიქსოტროპია) ან კიდევ რელაქსაცია (შესუსტება) სწორედ ამის გამო, აუცილებელია საანგარიშო მოდელის ადაპტაცია ფილტრაციული პროცესების კანონზომიერებასთან ყოველი კონკრეტული ამოცანის გადაწყვეტისას.

თუ მოვახდენთ (3) განტოლების ინტეგრირებას, მაშინ r_0 რადიუსის მქონე მილისათვის სიჩარე განისაზღვრება:

$$V = \frac{\rho g}{8\mu} r_0^2 \left(I - \frac{8}{3} \cdot \frac{\tau_0}{\rho g r_0} \right). \quad (4)$$



ნახ. 1 დეფორმაციის სიჩქარესა და მხეხ ძაბვას შორის დამოკიდებულება
 1 – ნიუტონური სითხეები $\eta = \text{const}$, $\tau_0 = 0$; 2 – დილატანსია $\eta \neq \text{const}$, $\tau_0 = 0$;
 3 – ფსევდოპლასტიკა $\eta \neq \text{const}$, $\tau_0 = 0$; 4 – ბლან-პლასტიკური $\tau_0 \neq 0$, $\eta = \text{const}$

ფჩხილებში მოთავსებული გამოსახულების მეორე წვერი წარმოადგენს საწყის გრადიენტს და ის განსხვავდება (2) ფორმულაში თეორიულად მიღებული I_0 -საგან მუდმივი კოეფიციენტის მნიშვნელობით. თუ გავითვალისწინებთ წარმოდგენილი იდეალური მოდელის გამოყენებით მიღებულ ფილტრაციის სიჩქარის გამოსახულებას,

$$V = k(I - I_0). \quad (5)$$

ანალოგიური დამოკიდებულება მიღებულია ჰიდროდინამიკური გადაწყვეტის შემთხვევაში [16]

$$V = kI \left[\left(1 - \frac{4}{3} \frac{I_0}{I} + \frac{1}{3} \left(\frac{I_0}{I} \right)^2 \right)^4 \right]. \quad (6)$$

ფაქტობრივად (6) ფორმულა ემთხვევა ჩვენს მიერ მიღებულ (5) დამოკიდებულებას. უნდა ვივარაუდოთ რომ ზოგადი აპროქსიმაციით ფილტრაციის სიჩქარე შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად:

$$V = k(I - I_0)^x, \quad (7)$$

მაგრამ ხაზოვანი უბნისათვის ჩვენ ვისარგებლებთ (7) დამოკიდებულებით, როცა ხარისხის მაჩვენებელი x მიიღება ერთის ტოლად. ასევე საჭიროა გავითვალისწინოთ ისიც, რომ ფილტრაციის კოეფიციენტი შეიცვლება დარჩენილი ხაზოვანი კანონიდან მიღებული ექსპონენციალური კანონით.

დასკვნა

შემოთავაზებული (7) დამოკიდებულება ადასტურებს ფილტრაციის სიჩქარესა და გრადიენტს შორის ხაზოვანი ფუნქციონალურ

რი კავშირის მართებულობას ნიუტონური სითხეების წინაღობის რეოლოგიური შკალინათვის.

ლიტერატურა

1. **Абелишвили Г.В.** Практический приём учёта начального градиента напора при фильтрацион-

ных расчётах. //Сборник научных трудов ВНИИГиМ "Вопросы гидромелиорации в

- Грузии", вып. 31, М., 1974, с. 5-7.
2. **Бондаренко Н.Ф.** Исследование стабильности фильтрационного потока во времени. // "Почвоведение", №7, 1971, с. 70-74.
 3. **Кацарава Т.Е.** К вопросу учёта поверхностных сил при движении воды в капиллярах. // Труды Груз. НИИГиМ, вып. 26, Тбилиси, 1968, с. 123-128
 4. **Купрейшвили Ш.З. и др.** – Экспериментальное исследование начального градиента фильтрации в высокодисперсных глинистых сорбентах. // Проблемы аграрных наук, том. XXII, Тбилиси, 2005, с. 164-167.
 5. **Дерягин Б.В.** Упругие свойства тонких слоев воды. // "ЖФХ", том 3, вып 1, 1972, с. 29-42.
 6. **Пхакадзе П.С.** Определение междренних расстояний в условиях глинистых почв Колхиды. Вопросы гидромедиации в Грузии, вып. 30, М., 1973, с. 50-61.
 7. **Чураев И.В., Горохов М.М.** Исследование влагопроводности ненасыщенных модельных почвенных систем. // "Почвоведение", №6, 1970, с. 54-60
 8. **Кереселидзе Д.А., Абелишвили Г.В.** К вопросу методики определения водопроницаемости глинистых почво-грунтов в полевых условиях. // Материалы межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии и инженерной геологии. Вып. II, М., 1972, с. 334-342
 9. **Роде А.А.** Водный режим почв и его регулирование, М., Изд-во АН СССР, 1963, 115с.
 10. **Котов А.Н., Нерпин С.В.** Водоупорные свойства глинистых почво-грунтов и природа начальных градиентов фильтрации. Изд. АН СССР, ОТН, №9, 1958, с. 106-109.

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКА РУСЛА РЕКИ ЧУ ПРИ УСТРОЙСТВЕ СТРУЕНАПРАВЛЯЮЩИХ ШПОР ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРЬЕРА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В РАЙОНЕ ПОСЕЛКА БИРДИК АЛАМУДУНСКОГО РАЙОНА КЫРГЫЗСТАНА

Лавров Н.П., Рудаков И.К., Логинов Г.И., Иванова Н.И., Маковский А.А.

E-mail: *Logi-gennadij@yandex.ru*

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

ВВЕДЕНИЕ

В рамках проекта «Проектирование карьера нерудных материалов на реке Чу», проводимого ООО «Рыбалкин и Романов», коллективу исследователей кафедры «Гидротехнического строительства и водных ресурсов» Кыргызско–Российского Славянского университета (КРСУ) было предложено провести физическое моде-

лирование участка зарегулированного русла реки Чу с устройством струенаправляющих шпор для создания рационального перераспределения двухфазного потока вода – влекомые наносы в проектируемом карьере нерудных материалов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследований явился участок зарегулированного русла реки Чу, который располагается у села Бирдик Аламудунского района Чуйской области, в 16 км от города Бишкек.

Назначением объекта исследования было создание карьера нерудных материалов (песка и гравия) на участке зарегулированного русла р. Чу, имеющего следующие размеры: длина участка 800 м, средняя ширина русла по дну 75,0 м, заложение искусственных откосов реки $m = 1,0$.

По данным гидрологических наблюдений расходы воды на рассматриваемом участке изменяются от 14,5 м³/с в меженный период до $Q_{1\%} = 310$ м³/с в паводок при руслоформирующем расходе $Q_{10\%} = 205$ м³/с [1]. При этом глубины воды на исследуемом участке, по примерным оценкам, изменяются от 0,4 м до 3,0 м.

По проведенным в сентябре 2009 года натурным наблюдениям и замерам, диаметр фракций русловых отложений изменялся от 0,2 до 25,0 мм. Замеры поверхностных скоростей

воды поплавками при расходе 100 м³/с показали, что скорость течения по стрежню изменялась в пределах от 2,27 до 2,6 м/с.

По данным гидрологических и морфометрических расчетов [2] насыщенность потока влекомыми наносами средним размером 10 мм составила 0,18 кг/м³, расчетная насыщенность потока взвешенными наносами - 0,57 кг/м³.

Целью моделирования явилось создание рационального перераспределения расходов воды на рассматриваемом участке реки Чу путем устройства струенаправляющих шпор определенной конструкции с максимальным объемом выемки грунта в карьере без подмыва и разрушения искусственных креплений откосов зарегулированного русла.

В соответствии с заданием на проведение исследуемого прямолинейного участка реки Чу и заданных гидрологических данных для створа проектируемого объекта, а также геометрических и гидравлических параметров руслового лабораторного лотка (РЛЛ) Центра образования

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКА РУСЛА РЕКИ ЧУ ПРИ УСТРОЙСТВЕ СТРУЕНАПРАВЛЯЮЩИХ ШПОР ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРЬЕРА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В РАЙОНЕ ПОСЕЛКА БИРДИК АЛАМУДУНСКОГО РАЙОНА КЫРГЫЗСТАНА

науки и культуры (ЦОНИК) КРСУ в селе Таш-Мойнок Аламудунского района Кыргызской Республики, был рассчитан масштаб моделирования. Основными факторами, предопределившими выбор масштаба модели, равного 1:50, были плановые размеры лабораторного руслового лотка (2 х 6 м) и поперечные размеры натурного русла р. Чу - 75 м. Соответственно, на русловом лотке был воспроизведен участок натурного русла длиной 275 метров и шириной по урезу воды - 75 м. Паводковый расход - 205 м³/с в натуре соответствовал 11,6 л/с на модели. Уклон дна руслового лотка соответствовал уклону речного русла и был равен $i=0,0036$. Гидравлическое моделирование выполнялось по критерию Фруда $Fr = v^2 / gh = idem$ при со-

блюдении автомодельности по Рейнольдсу $Re_m = \nu h / \nu \geq Re_d = 2580$. С учетом рекомендаций Талмазы В.Ф. и Крошкина А.Н. [2] были рассчитаны гидроморфометрические характеристики р.Чу на рассматриваемом участке, впоследствии пересчитанные на модель.

На рис. 1 приведена модельная русловая установка (МРУ).

В процессе исследований на русловой установке расходы воды подавались по гидрографу (рис. 2), разработанному в соответствии с рекомендациями [3]. После истечения заданной продолжительности опыта (не менее 203 минут), производились измерения деформации дна русла.

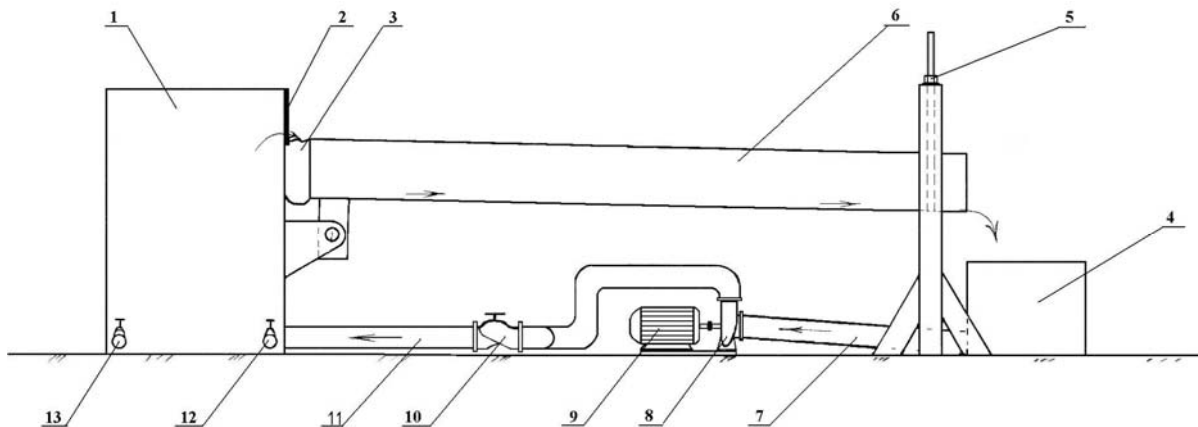


Рис. 1. Модельная русловая установка (МРУ): 1 – напорный бак; 2 – мерный водослив; 3 – сопрягающий участок лотка; 4 – бак гаситель, 5 – винт подъемник гидравлического лотка; 6 – гидравлический лоток; 7 – всасывающий трубопровод; 8 – насос; 9 – электродвигатель; 10, 11 – задвижки; 12, 13 – водосбросы.

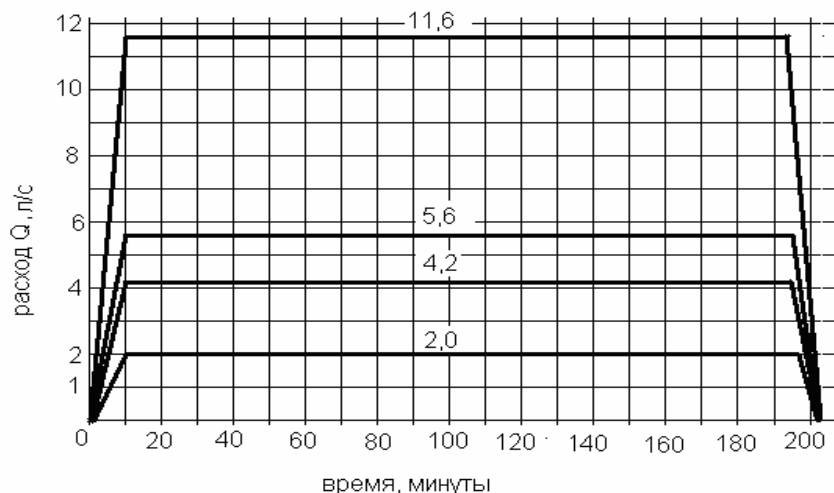


Рис. 2. Гидрограф для модели участка зарегулированного русла р. Чу

В начале исследований, до устройства струенаправляющих шпор, были выполнены работы по формированию отмытки дна на отметке средневзвешенного дна модели зарегулированного русла реки Чу. Далее фиксировались отметки элементов модели относительно топографических данных по объекту исследований при пуске моделируемого руслоформирующего расхода (11,6 л/с) до создания уклона средневзвешенного дна исследуемого участка русла ($i_m = i_n$). В процессе исследований отслеживалось равномерное распределение расходов воды и наносов по ширине на начальном участке русла, при этом запуск наносов на модель осуществлялся равномерно по ширине. Для запускаемой смеси наносов соблюдалось условие равенства мутности потока натуре и на модели: $\rho_n = \rho_m$. Формирование отмытки дна русла проводилось до равенства количества подаваемых на модель наносов и улавливаемых в отстойнике, устроенном в конце отводящего русла [3]. Модели струенаправляющих шпор устанавливались из щебня, моделирующего рваный камень с размерами модельных частиц 1,2-3,5 см (для натуре 0,6-1,75 м). Исследования рациональности предложенного заказчиком проектного варианта конфигурации шпоры, (рис.3) и дальнейшие поисковые исследования проводились при пропуске моделируемого руслоформирующего расхода воды и мутностью водного потока 0,23 г/л.

В ходе формирования речного дна при устройстве моделей шпор, размещаемых против течения водного потока, было выяснено, что такое исполнение струенаправляющей шпоры не может быть использовано с целью организации механизированной разработки гравийно-песчаной смеси в карьере.

Это связано с тем, что основной объем наносов при этом варианте транспортировался потоком вниз по течению в обход участков доступных для использования механизированными средствами разработки (экскаватором).

Затем в русле нами была отсыпана модель шпоры, размещенной под углом 40° относительно к динамической оси потока. Струенаправляющая шпора перекрывала моделируемое русло наполовину, то есть выходила поперек русла

в поперечнике на 75 см (для натуре 37,5 м). При этом прямолинейная шпора располагалась, в отличие от предыдущих вариантов, не против течения, а по направлению течения (рис. 4).



Рис. 3. Физическая модель струенаправляющей шпоры, направленной против течения по проектному варианту заказчика



Рис. 4. Устройство прямолинейной модели устроенной под углом 40° к динамической оси потока

При таком конструктивном исполнении, набегающий на шпору поток с расходом 11,6 л/с, подаваемый в течение 203 минут, что в натурных условиях составляет 24 часа, отражался ею и двигался параллельно оси шпоры с увеличением удельных расходов по длине до закругленного концевого оголовка. Здесь двухфазный поток совершал резкий разворот и с завихрениями попадал в пространство за шпорой, занося с собой преимущественное количество наносов транспортируемых по моделируемому подводящему руслу (Рис.5).

Предварительные измерения показали, что глубины в местах размыва у противоположного берега составляли от 8 до 9 см (4-4,5 м для натуре), с размывом дна ниже средневзвешенной отметки на 4,5-5 см (2,25-2,5 м).



Рис. 5. Призма наносов при размещении струенаправляющей шпоры под углом 40^0 после проведения опыта с пуском расхода 11,6 л/с для природы $205 \text{ м}^3/\text{с}$.

Дальнейшие исследования были направлены на уменьшение последствий размыва с поддержанием циркуляционных свойств потока вдоль струенаправляющей шпоры. Поэтому шпора была выполнена с криволинейным в плане очертанием. Но такой вариант вызвал уменьшение циркуляционного движения воды за шпорой и, тем самым, замедлил отложение наносов в пространстве за шпорой. Так как этот вариант не удовлетворял основным пунктам поставленной цели исследований, он был отклонен от дальнейшего рассмотрения.

В качестве продолжения поисковых исследований в модельном русле была отсыпана поперечная шпора, устраиваемая под углом 90^0 к динамической оси потока, с длиной по собственной оси 60 см (для природы 30 м). Завихрение водного потока были незначительными и отложения наносов за телом шпоры отсутствовали. Призма наносов выглядела в виде прямолинейной косы, начинающейся у оголовка шпоры и растягивающейся на 150 см вниз по течению модели параллельно струям потока. Вдоль противоположного берега значительные размывы дна отсутствовали. Поскольку призма наносов откладывалась практически на продольной оси модели зарегулированного русла, а для природы эта зона является Государственной границей Кыргызстана и Казахстана, этот вариант размещения струенаправляющих шпор в дальнейшем не рассматривался.

Затем нами была отсыпана укороченная шпора с направленностью шпор по потоку,

расположенная под углом 40^0 к динамической оси потока. Проекция шпоры на поперечное сечение относительно русла составляла 60 см, длина шпоры по оси была равна 93 см. То есть, эта шпора по направленности совпадала с ранее описанной, но за счет уменьшения ее длины, мы стремились снизить интенсивность размыва дна у противоположного берега.

После проведения исследований по рациональности конструкции этой шпоры было установлено, что ее характеристики в достаточной мере отвечают поставленной цели и обеспечивают формирование призмы наносов в установленной области и сопровождаются русловыми процессами с допустимыми размывами дна русла модели.

Выполнив описанные исследования односторонней шпоры, нами были намечены эксперименты по определению наиболее приемлемого варианта устройства второй струенаправляющей шпоры с изменением угла расположения в зарегулированном русле для рационального формирования призмы наносов и возможности применения механизированных средств разработки инертных материалов.

Расчетный минимальный срок аккумуляции песка и гравия в карьере по заданию составлял 3-е суток. Поэтому после формирования призмы наносов за моделью передней струенаправляющей шпоры в течение 609 минут для модели (72 часа для природы) и при подаче в русло расхода 5,6 л/с с расчетной мутностью 0,17 г/л, максимальная длина участка русловых отложений по течению составила 180 см. Учитывая этот фактор, было решено устроить модель второй шпоры вниз по течению на расстоянии от первой 200 см (100 м для природы). Это ограничило зону формирования призмы наносов на участке с наибольшей циркуляцией потока и максимальной высотой призмы наносов. На большем удалении от первой шпоры отложение наносов происходило с меньшей интенсивностью, а дно русла становилось пологим. Кроме того, устройство второй последовательно расположенной шпоры обеспечило, по данным моделирования, возможность разработки экскаватором сформированной призмы с двух сторон и контроля над формированием гряд отложений в пространстве между шпорами (рис. 6).



Рис. 6. Модели струенаправляющих шпор с поочередным размещением (рекомендованный вариант)

Моделирование выбранного варианта проводилось при расходах 11,6; 5,6; 4,2 и 2,0 л/с, что соответствует натурным расходам равным 205; 100, 75 и 35 м³/с, отражающих основные гидрологические режимы реки Чу.

После формирования русловых деформаций на модели выполнялись измерения перераспределения скоростей в поперечных сечениях потока с изучением изменений топографии дна и сравнения результатов с топографией дна участка русла до возведения струенаправляющих шпор.

Затем были начаты сравнительные исследования деформации дна модельного участка русла при устройстве струенаправляющих шпор при углах их направленности относи-

тельно динамической оси потока 30°, 40° и 50°, при длинах их продольных осей 120, 93 и 78 см соответственно.

Поскольку при постановке задачи основными условиями было максимальное смещение призмы наносов к береговой дамбе, находящейся между шпорами, с созданием максимально возможной высоты призмы нами была предложена методика оценки рациональности конструкций шпор по плановым и высотным параметрам призмы наносов. По этой методике рациональность предлагаемого варианта оценивалась по величине максимального виртуального крутящего момента, складывающегося от действия массы поперечного элемента призмы наносов, определенной ширины на воображаемую горизонтальную консоль, проводимую на уровне средневзвешенного дна русла и зажатую в точке на вертикальной поверхности, совпадающей с динамической осью потока (продольной оси зарегулированного русла) (рис. 7).

Такая методика позволила дать оценку объема размещения русловых деформаций и предопределить максимальное приближение основных масс грунта к заданным координатам. Кроме того, такая методика позволяет более точное сравнение вариантов прогнозирования руслоформирующих и деформационных процессов с учетом размещения их зон.

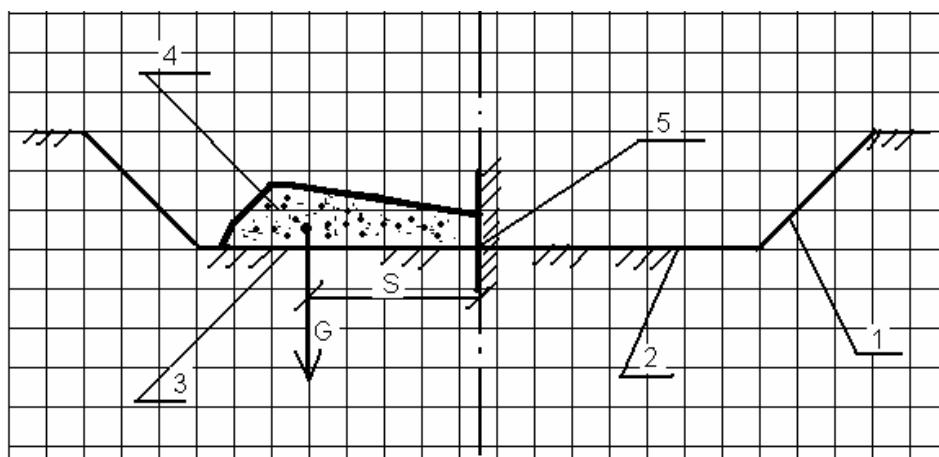


Рис. 7. Расчетная схема поперечного сечения по определению величины виртуального крутящего момента на воображаемую консоль от действия массы наносов в призме: 1 – поперечное сечение русла; 2 – средневзвешенное дно; 3 – воображаемая консоль; 4 – поперечное сечение призмы наносов; 5 – воображаемая точка теснения консоли; G – равнодействующая нагрузка от призмы наносов; S – плечо действия нагрузки от призмы наносов (равнодействующей силы).

По предложенной методике предполагается выбрать створ для производства сравнительных измерений и вычислений. По этому створу строилась поверхность дна с определением площади призмы наносов, находящейся над средневзвешенным дном и точки ее центра тяжести. Затем рассчитывалась величина сравнимого виртуального крутящего момента $M_{кр}$ по формуле:

$$M_{кр} = \rho \omega B S, \quad (1)$$

где ρ – плотность наносов в сухом состоянии (по результатам измерений 1,44 т/м³); ω – площадь призмы наносов в рассматриваемом участке, м²; B – средняя ширина призмы наносов на рассматриваемом участке, м; S – плечо равнодействующей силы G , м. Максимальный момент будет соответствовать варианту с наибольшими величинами объема призмы наносов и ее смещения.

По данным модельных исследований варианта с углом размещения шпоры 40°, прогнозируемые объемы призмы наносов, сформированной при прохождении 100 м³/с за 72 часа слева от продольной оси русла, в пространстве между шорами составит для натуральных условий 2322 м³, а при расположении струенаправляющих шпор под углом 30° к оси потока – 825 м³ и при угле 50° объем составит 1672 м³ наносов.

Объемы призмы наносов при размещении струенаправляющих шпор под углом 40° и виртуальный крутящий момент составили большие

величины в отличие от других вариантов. Именно этот вариант рекомендовался для устройства на карьере для разработки нерудных материалов со дна русла реки Чу.

Гидрологический режим движения водного потока с расходом 100 м³/с был выбран нами для сравнения вариантов из условия возможности создания наибольшего приближения режима движения влекомых частиц на модели к режимам их перемещения в натуральных условиях [4].

После формирования призмы наносов были проведены испытания по возможному восстановлению гряды отложений после ее частичной разработки за концевым участком передней струенаправляющей шпоры. Выемка производилась на площади 20x10 см с заглублением дна ниже средневзвешенной отметки на 5 см. При этом вынимался грунт в объеме:

1) из призмы, сформированной при расходе 5,6 л/с – 1600 см³ (для натуре 200 м³);

2) из призмы, сформированной при расходе 11,6 л/с – 1800 см³ (для натуре 225 м³).

В обоих случаях, после разработки выемки формирование призм наносов было продолжено с пропуском прежних расходов воды и расчетной мутностью.

Восстановление призмы наносов до прежней высоты на модели произошло в первом случае за 50 минут (для натуре 6,0 часов), а во втором случае за 20 минут опыта (для натуре 2 часа 21 минута).

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

По результатам проведенных модельных исследований участка р. Чу при устройстве струенаправляющих шпор для устройства карьера инертных материалов могут быть сделаны следующие выводы:

1. Применение струенаправляющих шпор в целях устройства карьера для механизированной разработки гравийно-песчаной смеси в русле реки Чу является предпочтительным, как по опыту эксплуатации действующих карьеров, так и по результатам проведенного физическое моделирования.

2. Конструктивные особенности струенаправляющих шпор оказывают существенное

влияние на степень перераспределения и объемы отложения призмы наносов, за счет создания продольно-поперечной циркуляции водного потока.

3. Рациональный вариант устройства регуляционных сооружений для участка карьера на р. Чу представляет собой две прямолинейных шпоры, выполненные из русловых отложений и облицованные крупнообломочным камнем под углом 40° к линии бокового уреза левого берега по течению реки. Рекомендуемая длина шпор по оси составляет 46,5 м; ширина по гребню – не менее 4 м; высота шпор над средневзвешенным дном – 2,20 м; заглубление

от средневзвешенного дна основания шпор – 3,7 м; расстояние между шпорами – 100 м.

4. Объем отложений на участке между верхней и нижней шпорой рекомендованной конструкции при прохождении расхода воды

100 м³/с за 72 часа составил 2322 м³ песка и гравия. Это превышает объем призмы наносов для других исследуемых вариантов устройства струенаправляющих шпор более чем на 40%.

Литература

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 14: Средняя Азия. Вып. 2: Бассейны оз. Иссык-Куль, рек Чу, Талас, Тарим/ Под ред. И.А. Ильина. - Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 355 с.
2. **Талмаза В.Ф., Крошкин А.Н.** Гидроморфометрические характеристики горных рек. – Фрунзе, 1968. – 204 с.
3. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны /Под ред. Н.П. Лаврова. Бишкек: "Салам", 2009. – 496с.
4. **Леви И.И.** Моделирование гидравлических явлений. Л.: "Энергия", 1967. - 230 с.

ЧТО МЕШАЕТ СДЕЛАТЬ ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ КЛИМАТА И ОЛЕДЕНЕНИЯ?

Маматканов Д.М., Шатравин В.И., Тузова Т.В.

E-mail: krystyna.brys@up.wroc.pl

Институт водных проблем и гидроэнергетики (ИВПиГЭ)
Национальной академии наук Кыргызской республики
ул. Фрунзе, 533, г. Бишкек, Кыргызстан

ВВЕДЕНИЕ

Глобальное потепление и катастрофически быстрый распад материкового и арктического оледенения создали для человечества архиважную проблему. Грядущие изменения климата – это проблема выживания для одних государств, угроза подтопления за счет повышения уровня мирового океана – для других; засуха, голод и удар по гидроэнергетике – для третьих. В связи

с этим актуальным является получение надежного долгосрочного (на многие десятилетия и столетия) прогноза климатических изменений. Получение такого прогноза позволит человечеству своевременно предпринять меры по адаптации в условиях изменяющегося климата и смягчить его последствия.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Существующие модели долгосрочного прогнозирования гляциально-климатических изменений не позволяют получить однозначный прогноз даже на первое столетие. Так, согласно разным оценкам, полученным по климатическим моделям, на которые ссылается *Межправительственная группа экспертов по изменению климата* (МГЭИК) при ООН, в XXI веке средняя температура поверхности Земли может повыситься как на 1,1, так и на 6,4°C [1]. Основой долгосрочного прогнозирования климата и оледенения является закономерность естественных климатических и ледниковых изменений, имевших место на протяжении длительного периода времени. Для установления этой закономерности ученые выполняют исследования четвертичного периода (антропогена), в течение которого на Земле происходили неоднократные глобальные изменения климата и оледенения.

Горные ледники чутко реагируют на климатические изменения. Поэтому в долгосрочном прогнозировании изменений климата и оледенения наиболее важными и результативными

являются палеогляциологические исследования высокогорных районов. Несмотря на значительные успехи палеогляциологии, вышеуказанная закономерность однозначно и надежно не установлена даже в отношении количества плейстоценовых оледенений. Так, в горах Тянь-Шаня разными исследователями выявляются признаки от одного до пяти плейстоценовых оледенений, а в горах Восточной Сибири надежно устанавливаются следы лишь одного плейстоценового оледенения. Согласно известной альпийской схеме оледенений [2], в Альпах было четыре плейстоценовых оледенения. Эта схема получила широкую популярность и переносилась во все другие горные и даже равнинные районы. При изучении океанических осадков, ученые предполагают, что в четвертичном периоде было до 17 циклов оледенений [2]. Однако полученные результаты далеко неоднозначны и полны противоречий. Это связано с множеством допущений и теоретических предположений. Достаточно сказать, что вариации изотопно-кислородного показателя, по которому

реконструируют гляциально-климатические условия плейстоцена при изучении глубоко-водных осадков, весьма незначительные – они не превышают 1,5% при таких же погрешностях инструментальных измерений [3].

Противоречивы модели и голоценового оледенения [4]. Среди них – и модель стадийного распада голоценовых ледников, и модель их квазистационарного состояния, предполагающая относительную стабильность климата в голоцене. На сегодняшний день приходится признать, что глобальные изменения ледниково-климатической системы Земли происходят быстрее, чем исследователи познают закономерности этих изменений.

Исследования палеогляциологии и четвертичной геологии тесно взаимосвязаны. В основе стратиграфического расчленения четвертичного периода лежит климато-стратиграфический подход с ориентацией на эпохальные плейстоценовые оледенения. Традиционно это делается с привязкой к альпийской схеме. На конгрессе INQUA (Международная ассоциация по изучению четвертичного периода) еще в 1957 г. было сделано заключение "На запросы о стратиграфической шкале четвертичного периода, посланные в 22 страны, было получено 22 различных ответа" [2]. До настоящего времени ситуация ни в чем не улучшилась, что связано с глубокими неразрешенными противоречиями, имеющими место в этой области знаний.

Морены – единственные надежные вещественные следы прошлых оледенений, ледниковых эпох и их стадий. Они являются важными объектами изучения палеогляциологов и геологов – четвертичников. Наиболее информативными для палеогляциологических исследований являются высокогорные районы, где имеют место морфологически хорошо выраженные разновозрастные морены плейстоценового и голоценового оледенений. Их можно изучать посредством комплексных литологических, палеобиологических и хронометрических анализов [5-7]. Однако в настоящее время в качестве основных климато-стратиграфических реперов высокогорных районов исследователи используют не только истинные морены, но и псевдоморены, ошибочно принимая последние за морены и не-

верно оценивая их возраст. Некорректная генетическая типизация морен и псевдоморен является основной причиной сложностей и противоречий в палеогляциологии четвертичной геологии. На примере Тянь-Шаня, Памира и Кавказа нами показано [5-7], что все морфолитологические образования горных районов, традиционно принимаемые за ранне- и среднелейстоценовые морены, а также значительная часть таких образований, принимаемых за позднеплейстоценовые морены, на самом деле являются голоценовыми (точнее – позднеплейстоцено-голоценовыми) псевдоморенами (в сводном стратиграфическом разрезе они занимают положение между позднеплейстоценовыми и голоценовыми моренами), истинный генезис которых - гравитационный и представлены они широко развитыми оползнями. Для наглядности на рис.1 приведены морены и псевдоморены в одной из долин Северного Тянь-Шаня.

Другой существенной причиной сложностей и противоречий четвертичной гляциологии является отсутствие надежных абсолютных датировок морен, без чего невозможно установить закономерность распада палеооледенений во времени. Традиционно морены считались хронологически немymi образованиями для радиоуглеродного датирования, поскольку в них не предполагалась возможность присутствия необходимого для этого автохтонного органического вещества. Однако нами обнаружена в истинных моренах специфическая рассеянная органика, являющаяся автохтонной и сингенетичной самим моренам, установлена ее природа и отработаны способы радиоуглеродного датирования морен с использованием этой органики как горного, так и равнинного оледенения. Этими способами уже получено несколько датировок голоценовых морен [8-10].

Одним из важнейших практических применений результатов наших исследований является возможность создания надежной основы для долгосрочного прогнозирования оледенения и климата. В качестве примера – построенная нами схема естественных гляциальных изменений (рис.2) Тянь-Шаньских морено-ледниковых комплексов, свидетельствует о стадийном распаде голоценового оледенения.

ЧТО МЕШАЕТ СДЕЛАТЬ ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ КЛИМАТА И ОЛЕДЕНЕНИЯ?

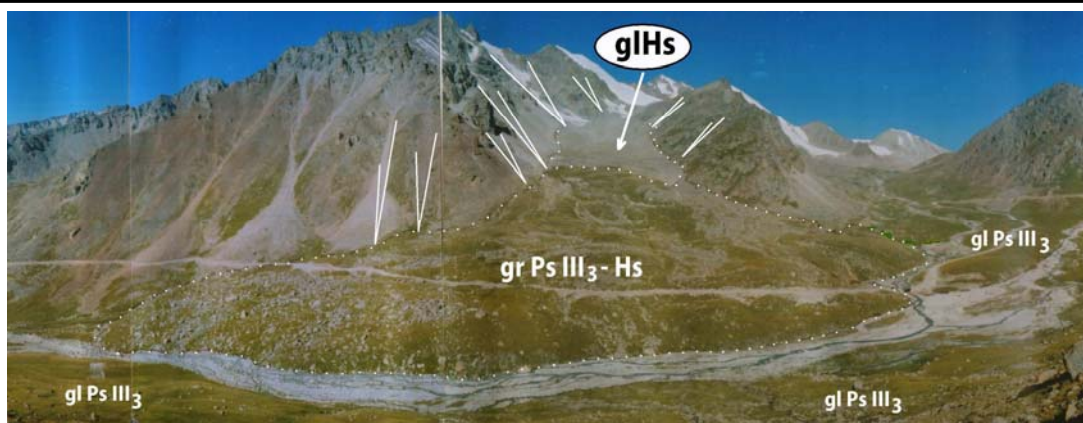


Рис. 1. Морены и псевдоморены в долине р. Орто-Кой-Суу (хр. Кунгей-Ала-Тоо, Северный Тянь-Шань): glHs– голоценовый морено-ледниковый комплекс; gl PsIII₃– морены последней стадии позднеплейстоценового оледенения; gr Ps III₃ – Hs – деляпсивное гравитационное образование (псевдоморена). Стрелками показано направление срыва (оползания) полигенетических склоновых отложений

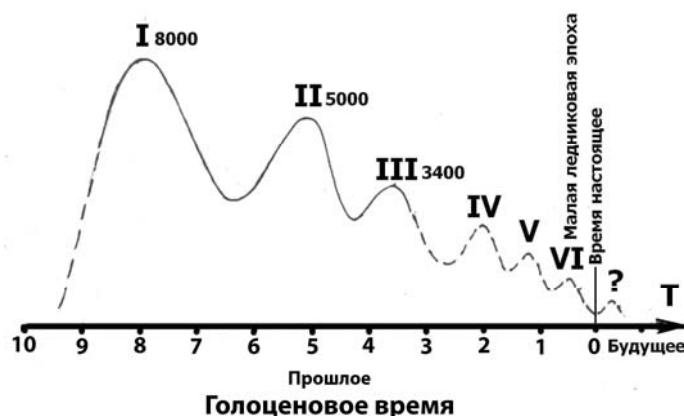


Рис.2. Схема естественных гляциальных изменений в Тянь-Шане: I - VI – стадии оледенения, соответствующие морфологически выраженным моренам голоценового оледенения с частично установленными радиоуглеродными датировками стадияльных морен по автохтонной органике



Рис. 3. Голоценовый морено-ледниковый комплекс Тез-Тер (бассейн р. Ала-Арча, Киргизский хр., Северный Тянь-Шань): I - VI – морфологически выраженные стадияльные морены распадающегося голоценового оледенения

Один из таких комплексов изображен на рис.3. На рис.2 пунктиром изображены моренные валы, по которым еще нет датировок. Последний вал (находящийся за пределами нулевой возрастной отметки) является гипотетическим, полученным путем экстраполяции с учетом реально наблюдаемой морфологически выраженной закономерности. Этот вал является прогностическим и представляет наибольший интерес в деле долгосрочного прогнозирования оледенения и климата, так как от амплитуды этого вала (предстоящий очередной всплеск

голоценового оледенения), времени его начала и продолжительности будут зависеть климат и оледенение в обозримом будущем не только Тянь-Шаня, но и всего Центрально-Азиатского региона.

Приведенная схема может быть основой, на которую следует наложить антропогенные факторы изменения оледенения и климата с целью получения надежного долгосрочного прогноза. Для дальнейшего развития исследований с вышеуказанных новых исходных позиций необходима международная кооперация ученых.

ВЫВОДЫ

– установлены основные причины сложностей и противоречий в палеогляциологии и четвертичной геологии, мешающие построить надежную основу долгосрочного прогнозирования оледенения и климата;

– получены надежные (на основе количественных геохимических и гранулометрических показателей) отличительные признаки морен и псевдоморен;

– установлено, что между позднеплейстоценовым и голоценовым оледенениями было глубокое межледниковье, к которому была приурочена эпоха массового гравитационного литогенеза с образованием псевдоморен, проявившегося в виде природных катаклизмов;

– в моренах обнаружена рассеянная автотонная органика, разработаны методы ее отбора и последующего обогащения для радиоуглеродного датирования морен;

– показано, что в горах Тянь-Шаня было одно плейстоценовое оледенение, имевшее место в позднеплейстоценовое время, которое распадалось в голоцене стадийно, по затухающему принципу;

– предложена основа долгосрочного прогноза климатических и гляциальных изменений в высокогорных регионах Тянь-Шаня, которая может быть использована для других регионов, в частности, Кавказа, Памира и Алтая.

Литература

1. Глобальное потепление (<http://ru.wikipedia.org/>)
2. Боуэн Д. Четвертичная геология. М.: Мир. - 1981.
3. Джон, Б., Дербишир, Э., Янг, Г. и др. Зимы нашей планеты. М.: Мир. - 1982.
4. Соломина О.Н. Горное оледенение Евразии в голоцене. М.: Научный мир. - 1999.
5. Шатравин В.И. Фациально-литологические особенности четвертичных отложений высокогорья Северного Тянь-Шаня. /Автореферат дисс. канд. г.-м. н. Институт геологии НАН РК. - Бишкек, 1992. - 21 с.
6. Шатравин В.И. Фациально-литологическая типизация основных генетических генераций четвертичных отложений высокогорных зон //Геология кайнозоя и сейсмоструктура Тянь-Шаня. - Бишкек: Илим. - 1994. - С. 3-15.
7. Шатравин В.И. Основные закономерности гляциального и гравитационного типов литогенеза горных районов. //Там же, С. 15-26.
8. Шатравин В.И. Радиоуглеродное датирование "немых" толщ четвертичных отложений. // "Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в XXI веке". Тез. докл. Всероссийского совещания, ВСЕГЕИ. Санкт-Петербург, 1998. - с. 55.
9. Шатравин В.И. Радиоуглеродное датирование морен по рассеянной органике. //Климат, ледники и озера: путешествие в прошлое. Бишкек: Илим. - 2007, С. 74-92.
10. www.glaciology.scorchers.ru

**ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
НА СТОК ВОДЫ РЕК БОЛЬШОГО КAVKAZA
(на территории Азербайджана)**

Мамедов Дж.Г.

E-mail: jumamamedov@yahoo.com

Институт географии им. акад. Г.А. Алиева НАН Азербайджана
пр. Г. Джавида, 31, г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы - изучение особенностей влияния глобального изменения климата на сток воды рек Большого Кавказа. С этой целью про-

анализировано отношение среднемноголетней нормы расхода воды рек Большого Кавказа с 1977 года по настоящее время.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Материалы, использованные в анализе. Материалами для исследования послужили данные стационарных наблюдений над расходами воды рек, проводимых Национальным Департаментом Гидрометеорологии Азербайджанской Республики от начала наблюдений по 2006 год, а также данные экспедиционных исследований автора, проведенных в 1992, 2003, 2009 годы.

Собранный и систематизированный в статье фактический материал стационарных наблюдений над расходами воды за многолетний период позволяет провести более углубленные исследования о влиянии глобального изменения климата на сток воды рек Большого Кавказа.

Методика исследования. Для решения задач нами были приняты методы сравнения, которые дают конкретное представление об изменении стока воды рек Большого Кавказа.

При ведущей роли метода сравнения анализа выявлена взаимообусловленность стока воды, что также даёт возможность выявить особенности стока воды рек в зависимости от глобального изменения климата.

Известно, что изучение водных ресурсов любой территории требует специального анализа формирования стока воды. Этот вопрос

освещен в работах многих исследователей [1-12].

В отмеченных работах большое внимание уделялось определению синхронности и колебанию водности рек. По мнению Мансимова [8], в отдельные годы синхронность и колебание водности рек не наблюдаются, однако синхронность во всех реках существует только в экстремальные многоводные годы.

Как известно, формирование стока воды обычно начинается с марта месяца с выпадением атмосферных осадков, а в июле - оттаиванием ледников и вечных снегов, имеющих на водосборах рек. На рассматриваемых реках повышение уровня воды начинается весной и осенью, спад – летом и зимой, что сопровождается распределением атмосферных осадков и температуры воздуха в течение года.

Немаловажную роль в формировании стока воды принадлежит и другим факторам – рельефу, геологическому строению, почвенному и растительному покрову. Среди них особая роль принадлежит рельефу, поскольку он создает условия для конденсации атмосферных осадков. В геологическом отношении трещиноватость горных пород способствует выходу подземных вод на поверхность водосборов или фильтрации поверхностного стока вглубь. Эти

факторы оказывают значительное влияние на сток воды исследуемой территории.

Подобная роль в образовании стока воды рек также принадлежит растительному покрову (особенно лесному). Там, где отсутствует лесной покров, например, на водосборе р. Гудиялчай-Хыналыг, среднееголетний расход воды рек равен $3,36 \text{ м}^3/\text{с}$, а на имеющих лесной покров, например, на водосборе р. Гудиялчай-Кюпчал, площадью 32 км^2 , расход воды реки равен $6,61 \text{ м}^3/\text{с}$. Аналогичные показатели также наблюдаются и на других реках, например, на р. Велвеличай-Нохурдюз. А в верховьях рек, например, р. Агчай-Джек, хотя лесной покров на водосборе отсутствует, зато сток воды увеличивается из-за оттаивания ледников и вечных снегов.

Наряду с этим, немаловажную роль в изменении стока воды рек в последнее время принадлежит глобальному изменению климата [4]. В связи с этим, нами обработаны стационарные данные 64 пунктов рек в течении двух периодов (до 1977г. и с 1977г. по настоящее время).

Анализ показывает, что за многолетний период в апреле месяце по сравнению с маем из 64 пунктов рек среднееголетний расход воды оказался наибольшим в 13 пунктах до периода 1977 года и в 7 - с периода 1977 года по настоящее время. В мае месяце по сравнению с июлем месяцем из 64 пунктов рек среднееголетний расход воды оказался наибольшим в 23 пунктах, в том числе, до периода 1977 года, а с периода 1977 года по настоящее время - в 7 пунктах. Подобные особенности также наблюдались за июнь-июль месяцы.

Анализ прохождения наибольшего расхода воды рек (апрель-июль) показывает, что увеличение величины наибольших расходов воды происходит в июне месяце, а резкое уменьшение - с июля месяца.

Вызывает интерес сложившееся отношение среднееголетнего расхода воды в 38 пунктах рек до периода 1977 года к периоду 1977 года по настоящее время и обратно. Так, в 38 пунктах рек отношение среднееголетнего расхода воды до периода 1977 года к периоду с 1977 года по настоящее время меняется в пределах $0,44-1,31$. Отношение же среднееголетнего

расхода воды в 38 пунктах рек с периода 1977 года по настоящее время к периоду до 1977 - меняется в пределах $0,76-2,30$.

Анализ показывает, что из возможного сравнения в 38 пунктах рек отношение среднееголетнего расхода воды до периода 1977 года к периоду с 1977 года по настоящее время в 16 пунктах является наибольшим, 1 пункт остается без изменения, а в остальных пунктах – наименьшим. А среднееголетнее отношение стока воды с периода 1977 года по настоящее время к периоду до 1977 года показывает, что из 38 пунктов рек - в 20 пунктах расход воды наибольший, в 1-ом пункте без изменения, а в остальных пунктах – наименьший. С этой точки зрения интересным стало сравнительное исследование рек Большого Кавказа по его северо-восточному и южному склонам. Так, на реках, стекающих с северо-восточного склона, среднееголетний расход воды и его отношение до периода 1977 года к периоду с 1977 года по настоящее время изменяется в пределах $0,64-1,31$, а на южном склоне – $0,44-1,17$.

Таким образом, изменение отношения среднееголетнего расхода воды рек в указанных пределах на южном склоне по сравнению с северо-восточным склоном уменьшилось.

Однако, отношение среднееголетнего расхода воды рек северо-восточного склона Большого Кавказа до периода 1977 года к периоду с 1977 года по настоящее время из 21 пунктов рек в 12 – стало наибольшим, в 1-ом – без изменения, а в остальных - наименьшим.

Указанное отношение на южном склоне из 17 пунктов рек в 4-х пунктах стало наибольшим, а в остальных пунктах – наименьшим.

Подобное изменение среднееголетнего расхода воды наблюдалось с 1977 года по настоящее время. На реках, стекающих с северо-восточного склона Большого Кавказа, среднееголетний расход воды рек и его отношение с периода 1977 года по настоящее время к периоду до 1977 года изменяется в пределах $0,76-1,57$, а на южном склоне Большого Кавказа стало выше, чем на таковом северо-восточном, что связано, видимо, с большим влиянием изменения климата поверхности суши Республики, нежели влиянием Каспийского моря.

ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА СТОК ВОДЫ РЕК БОЛЬШОГО КАВКАЗА (на территории Азербайджана)

Однако, отношение среднесуточного расхода воды рек северо-восточного склона Большого Кавказа с периода 1977 года по настоящее время к периоду до 1977 года из 21 пункта рек в 7 стало наибольшим, на 1-ом - без изменений, а в остальных – наименьшим.

Указанное отношение среднесуточного стока воды на южном склоне Большого Кавказа из 17 пунктов рек в 13 пунктах стало наибольшим, в остальных пунктах наименьшим. По-

следнее сравнение показывает, что среднесуточный расход воды рек на южном склоне Большого Кавказа стал больше, чем на его северо-восточном склоне. На южном склоне Большого Кавказа это объясняется увеличением количества водохранилищ в Республике, а также повышением уровня Каспийского моря с 1976 года, а уменьшение расхода воды рек на его северо-восточном склоне связано с глобальным потеплением климата.

ВЫВОДЫ

Резюмируя вышеизложенное, мы пришли к ниже перечисленным выводам:

1. Выявлено, что на исследуемой территории до периода 1977 года в среднесуточной норме расхода воды (в пределах 0,13-105 м³/с) произошло изменение (0,34-66,9 м³/с), т.е. нижний предел расхода воды увеличивается в 2,6 раза, а верхний – уменьшился в 1,7 раза. Уменьшение верхнего предела среднесуточной нормы расхода воды объясняется потеплением климата.

2. Определено, что на водность рек, стекающих с южного склона Большого Кавказа, существенное влияние оказала хозяйственная деятельность человека больше, чем это наблюдается на северо-восточном склоне. Так, наибольшее отношение расхода воды рек до периода 1977 года к периоду с 1977 года по настоящее время из 21 пункта в 4-х оказалось наибольшим, а в обратном отношении – в 13-и пунктах, что связано с увеличением количества водохранилищ после 1976 года.

Литература

1. **Вердиев Р.М.** Водные ресурсы рек Восточного Кавказа в условиях изменения климата. Баку, 2002, 204 с.
2. **Волчек Ан.А.** Колебания максимальных расходов воды весеннего половодья рек Белоруссии. Изд. РАН. //Серия географическая, 2008, №2, с. 93-104.
3. **Дектрянко Т.И.** Климатические и антропогенные изменения стока рек Кавказа. Труды ВНИИГМИ М 15 Д, 1988, вып.149, с.58-59.
4. **Груза Г.В.** Климатическая изменчивость и прогноз изменений климата. //Природа, 1992, №8, 236с.
5. **Логинов В.Ф.** Причины и следствия климатических изменений. Мн. Наука и техника, 1992, 319 с.
6. **Мамедов Дж.Г.** Анализ факторов, влияющих на изменение гидроэкологических условий транзитных и пограничных рек Азербайджанской республики (на азерб. языке). //Мониторинг, гидрометеорология и окружающая среда, Баку, 2007, №4, с.147-151.
7. **Махмудов Р.Н.** Глобальные климатические изменения – причины и естественные катастрофы. //Мониторинг, гидрология и окружающая среда. Баку, 2006, № 3, с. 22-32.
8. **Мансимов М.Р.** Колебание годового стока рек Азербайджана. //Мониторинг, гидрометеорология и окружающая среда. Баку, 2006, № 3, с. 47-56.
9. **Рустамов С.Г.** Реки Азербайджанской ССР и их гидрологические особенности. Изд-во АН Азерб. ССР (на азерб. языке), Баку, 1960, 196 с.
10. **Исмаилов Г.Х., Федоров В.М.** Анализ многолетних колебаний годового стока Волги. //Водные ресурсы, т.28, №5, 2001, с.517-525.
11. **Крицкий С.Н., Менкель М.Ф.** Многолетние колебания речного стока. В кн. Тр.12 Всесоюзного Гидрологического съезда. Т.1 Л., Гидрометеоиздат, 1975, с. 181-196.
12. **Фатуллаев Г.Ю.** Разработка нового методического подхода оценки возможных изменений водных ресурсов и водного режима рек бассейна Куры в условиях глобального потепления климата. Докл. Межд. Конф. «Новые подходы и методы в изучении природных и природно-хозяйственных систем». Алма-Аты, 2000, с. 209-212.

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИМАТА ЮЖНОГО КАВКАЗА

Мамедов А.С., Гадыев Ю.Д.

E-mail: asger_mammadov@mail.ru

Бакинский государственный университет
г. Баку, Азербайджан

ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата и его причины в настоящее время беспокоят не только метеорологов, но и ряд других специалистов. Поэтому, в каждом регионе специалисты изучают его климат, с целью предотвращения его неблагоприятных последствий на окружающую среду. Для достижения этой цели за последние 50 лет широко используются модели общей циркуляции атмосферы.

Известно, что модели общей циркуляции атмосферы (ОЦА) предназначены для решения прикладных задач, в числе которых можно упомянуть модели ОЦА для воспроизведения

климата и численного прогнозирования погоды. Следует отметить, что в этих моделях принятые начальные, краевые и граничные условия, а также большие пространственные шаги, делают практически невозможным применение их для решения региональных задач. Учитывая эти и другие трудности на пути решения региональных задач, построена региональная модель атмосферной циркуляции внутри полушарной модели. Целью работы является исследование влияния Каспийского моря на климат прибрежных районов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Уравнения модели. Физические основы принятой нами полушарной модели, основаны на модели ОЦА, разработанной в ГГО под руководством В.П. Мелешко [4,5]. Модель составлена в сферических координатах в сигма

системе, так как $\sigma = p/\pi$ дает возможность учесть влияние сложной орографии в модели.

Уравнения модели в дивергентной форме приняты [3,5] в следующем виде:

$$\frac{\partial \pi u}{\partial t} + \frac{1}{a \cos \varphi} \left(\frac{\partial}{\partial \lambda} u \pi u + \frac{\partial}{\partial \varphi} u \cos \varphi \pi u \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \sigma \pi u - \left(l + \frac{u}{a} \operatorname{tg} \varphi \right) \pi v + \frac{\pi}{a \cos \varphi} \left(\frac{\partial \phi}{\partial \lambda} + \frac{RT}{\pi} \frac{\partial \pi}{\partial \lambda} \right) = \pi F, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \pi v}{\partial t} + \frac{1}{a \cos \varphi} \left(\frac{\partial}{\partial \lambda} u \pi v + \frac{\partial}{\partial \lambda} v \cos \varphi \pi v \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \sigma \pi v + \left(l + \frac{u}{a} \operatorname{tg} \varphi \right) \pi u - \frac{\pi}{a} \left(\frac{\partial \phi}{\partial \varphi} + \frac{RT}{\pi} \frac{\partial \pi}{\partial \varphi} \right) = \pi F, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \pi T}{\partial t} + \frac{1}{a \cos \varphi} \left(\frac{\partial}{\partial \lambda} u \pi T + \frac{\partial}{\partial \varphi} v \cos \varphi \pi T \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \sigma \pi T - \frac{RT}{C_p \sigma} \left(\pi \sigma + \sigma \left(\frac{\partial \pi}{\partial t} + \frac{u}{a \cos \varphi} \frac{\partial \pi}{\partial \lambda} + \frac{v}{a} \frac{\partial \pi}{\partial \varphi} \right) \right) = \pi (F + \varepsilon), \quad (3)$$

$$\frac{\partial \pi q}{\partial t} + \frac{1}{a \cos \varphi} \left(\frac{\partial}{\partial \lambda} u \pi q + \frac{\partial}{\partial \varphi} v \cos \varphi \pi q \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \sigma \pi q = \pi (F - (C - E)), \quad (4)$$

где t – время; λ – долгота; φ – широта; p – давление; π – значения давления у поверхности Земли; $u, v, \tilde{\sigma}$ – составляющие скорости ветра по долготе, широте и вертикальной координате соответственно; $\Phi = gz$ (g – ускорение свободного падения, z – высота над уровнем моря) – геопотенциал постоянной σ – поверхности; T – температура (K); q – массовая доля водяного пара; $\ell = 2\Omega \sin \varphi$ (Ω – угловая скорость вращения Земли) – параметр Кориолиса; a – радиус Земли; R – газовая постоянная воздуха; c_p – теплоемкость воздуха при постоянном давлении; F_w, F_v – скорости изменения момента импульса за счет напряжений Рейнольдса; F_T, F_q – скорости изменения температуры и массовой доли водяного пара соответственно, обусловленные мелкомасштабной диффузией и мезомасштабной конвекцией; ε – неадиабатические притоки тепла ($\varepsilon = \varepsilon_r + \varepsilon_f$; ε_r – радиационный приток тепла, ε_f – фазовый); C, E – члены описывающие процессы конденсации и испарения.

В качестве краевых условий по долготе предполагается периодичность решения, а по широте твердая стенка [1,2], принятая на экваторе. Подстилающая поверхность как твердое тело является σ – координатной поверхностью. Соответствующее кинематическое условие записывается в виде:

$$\tilde{\sigma} = 0 \text{ при } \sigma = 1. \quad (5)$$

Аналогичное условие ставится на верхней границе атмосферы ($p=0$):

$$\tilde{\sigma} = 0 \text{ при } \sigma = 0. \quad (6)$$

При $\sigma=0$, кроме условия (1), задается распределение геопотенциала

$$\Phi = gz_s = \Phi_s \text{ при } \sigma = 1, \quad (7)$$

где z_s – превышение земной поверхности над уровнем моря. При этом необходимо отметить, что в областях орографических неоднородностей, пространственные градиенты Φ и π велики, в связи с этим возникает вычислительная трудность для определения

членов $\frac{\partial \Phi}{\partial \lambda} + \frac{RT}{\pi} \frac{\partial \pi}{\partial \lambda}$ и $\frac{\partial \Phi}{\partial \varphi} + \frac{RT}{\pi} \frac{\partial \pi}{\partial \varphi}$, которые являются малой разностью больших величин. Решение этой проблемы рассмотрено в работе [3].

Параметризация неадиабатических процессов производится по схемам из работы [2,4], разработанной серией программ. Для учета температуры поверхности воды использованы климатические значения по сезонам, а для других поверхностей – вычислены по уравнениям теплового баланса [1,5]. Турбулентные потоки момента импульса ($|\tau_s|$), тепла (H_s) и влаги (E_s) на поверхности Земли определяются с помощью интегрального метода:

$$\begin{aligned} |\tau_s| &= \rho \overline{V'w'} = -\rho_h V_h^2 C_u \\ H_s &= c_p \rho \overline{w'T'} = -c_p \rho_h V_h (T_h - T_s) C_T \\ E_s &= \rho \overline{w'q'} = -r \rho_h V_h (q_h - q_{\max}(\pi, T_s)), \end{aligned} \quad (8)$$

где $V_h = (u_h^2 + v_h^2)^{1/2}$, $q_{\max}$ – значение массовой доли водяного пара при насыщении; r – относительная влажность; C_u и C_T – коэффициенты трения и теплообмена соответственно. Индекс h указывает верхнюю границу подслоя, а индекс s относится к функциям нижней границы. Для вариации параметры C_u и C_T для различных поверхностей параметризации приняты из работы [3].

Альбеде подстилающей поверхности задается в модели так, как в работе [1]. При этом для поверхности воды значение альбеде принято равным $a=0,1$, для поверхности суши $a=0,2+0,4S$, для поверхности снега и ледяного покрова $a=0,6$, где S – высота снежного покрова. Если рассчитанная температура подстилающей поверхности, покрытой снегом или льдом, T_s будет выше, чем температура плавления льда T_m , тогда принимаются условия $T_s=T_m$ и вычисляются скорость плавления снега или льда. Если

$$\begin{aligned} B_s &> 0, \text{ тогда } M_{sn} = B_s/L, \\ \text{а когда } B_s &\leq 0, \text{ тогда } M_{sn} = 0, \\ B_s &= [(1-a)S_g + F_g - \sigma_{SB}T_s^4 - LE_s - H_s]_{TS=T_m}, \end{aligned}$$

где L – скрытая теплота плавления, H_s , E_s – турбулентные потоки тепла и влаги, S_g и F_g – суммарные нисходящие потоки

солнечной радиации и длинноволнового излучения на поверхности Земли, σ_{SB} – постоянная Стефана – Больцмана.

Высота снежного покрова рассчитывается по формуле:

$$\partial S / \partial t = \delta_{SN} - E_S,$$

где δ_{SN} - скорость выпадения снега.

Относительная влажность воздуха в модели параметризуется с учетом влагосодержания почвы. Обозначим влажность почвы до глубины 1 м буквой W ; $W_{кр} = 0,75 W_f$; $W_f = 0,15$ м – влагоёмкость почвы. Если количество осадков оказывается $> W_f$, тогда имеет место формула

$$\partial W / \partial t = \delta - E_S \text{ при } W < W_f,$$

$$\partial W / \partial t = 0 \text{ при } W = W_f, \delta > E_{SMAX},$$

где δ - интенсивность осадков, E_{SMAX} – поток влаги в условиях насыщения.

При этом влагосодержание снега считается равным нулю, а под снежным покровом влажность рассчитывается по формулам [3]:

$$\partial W / \partial t = M_{SN} + \delta \text{ при } W < W_f,$$

$$\partial T / \partial t = 0 \text{ при } W > W_f.$$

Реализация модели. Реализации модели проводится в два этапа: первый этап полушарной модели реализуется на регулярной сетке с горизонтальным шагом $\Delta\varphi = 36^\circ$, $\Delta\lambda = 5^\circ$, а второй этап переносится на более мелкую сетку с горизонтальным шагом $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 1^\circ$, где $\Delta\lambda$ - шаг по широте, $\Delta\varphi$ – шаг по долготе. Такие маленькие шаги дают возможность реализовать модель для территории $35 \div 54^\circ$ северной широты и $40 \div 75^\circ$ северо-восточной долготы. Для осуществления этого этапа реализации дополнительно требуются определенные краевые и граничные условия, которые были приняты для полушарной модели. Переход на мелкую сетку осуществляется методом интерполяции.

Таким образом, модель содержит 684 узла на каждом уровне. Интегрирование по времени в начале производится для полушария, после осуществляется переход на мелкую сетку. При этом применяется полуявный метод Адамса–Бэшфорда. На первом шаге при этом используется метод Эйлера. Шаг по времени принимается равным 15 минутам. Так как основной це-

лью работы является исследование влияния Каспийского моря на климат ее акватории, эксперименты были проведены два раза (с начальными условиями для воды, затем для суши).

Рассчитанные вертикальные профили температуры представлены на рис.1. Как видно, оба графика хорошо согласуются с фактическими данными. При этом, в эксперименте с начальными условиями суши (1) получены несколько малые значения, чем в эксперименте с условиями воды. Вертикальные распределения температуры отвечают фактическому ходу [1,3].

Расчеты проводились в двух направлениях: в первом эксперименте в качестве исходных данных взяты данные по температуре воды, а во втором – по температуре воздуха. Результаты экспериментов показывают, что в первом случае температура оказывается несколько больше чем во втором.

Таким образом, мы пришли к выводу, что под влиянием Каспийского моря температура воздуха на его акватории стала приблизительно на $0,5 \div 0,6$ градусов теплее.

Из рис.2 видно, что широтный профиль температуры несколько отличается от фактического хода. Это объясняется сложностью орографии исследуемого региона. Однако на уровне 833 мб минимальные значения температуры оказываются на более высоких широтах, а максимальные – на низких. На уровне 500 мб маленькие значения температуры оказались на низких и высоких широтах, а высокие – в средних (рис.2).

На рис.3 представлено среднее зональное распределение удельной влажности. Сравнение полученных значений с фактическими [1,3] показывают, что они хорошо согласуются. То есть, на уровне 833 мб удельная влажность увеличивается от более высоких широт к низким, максимумы значений получены на широте около 45° , далее снова понижаются.

На рис.4 и рис.5 даны расчетные величины температуры воздуха. Конечно, по распределению видна неоднородность с некоторыми смешениями полей, но в целом расчетные изотермы на уровне 833 мб и 500 мб качественно совпадают с данными наблюдений [3].

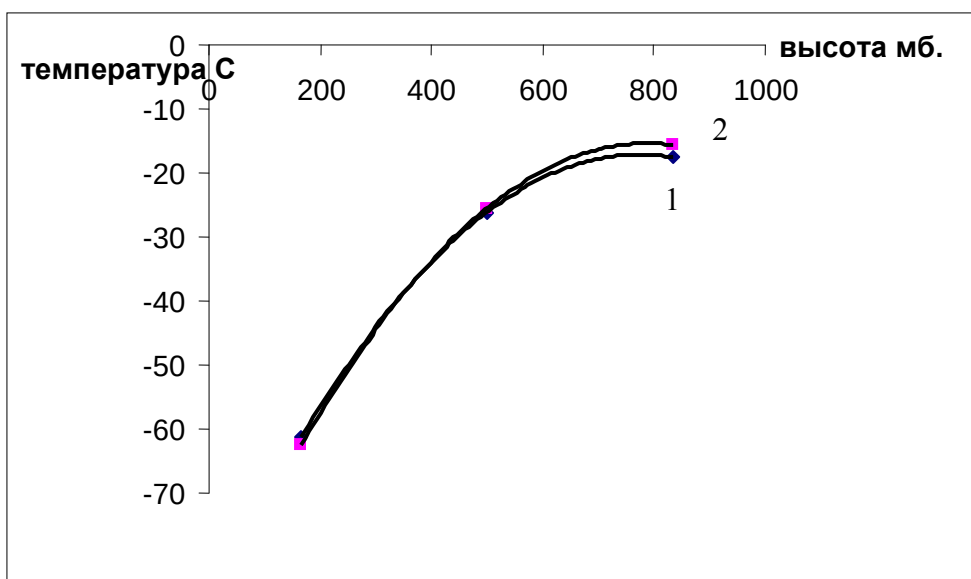


Рис. 1 Вертикальные профили температуры над сушей (1) и морем (2) для января

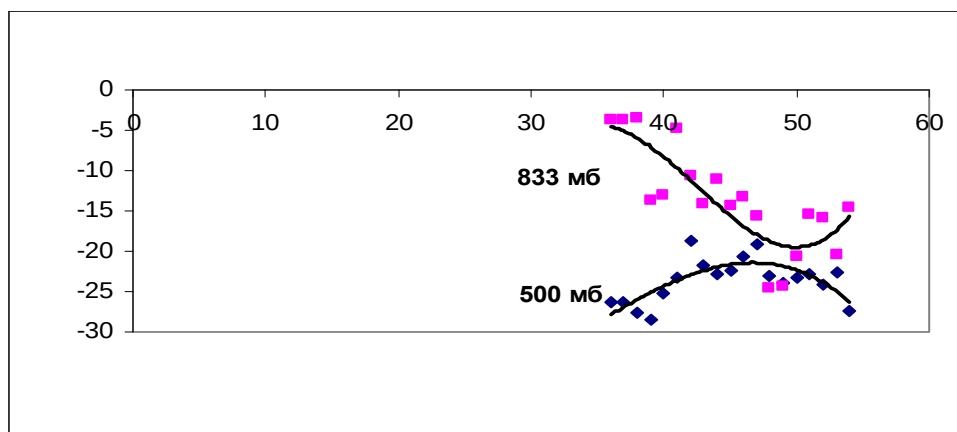


Рис .2. Широтный профиль температуры на уровне 500 и 833 мб. ($^{\circ}\text{C}$).

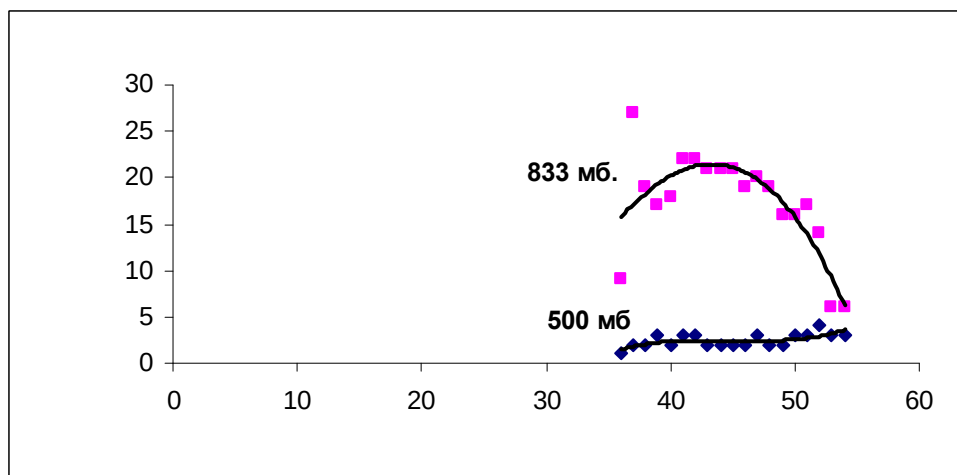


Рис.3. Зонально осредненные значения удельной влажности (100 г/кг) на уровне 833 и 500 мб.

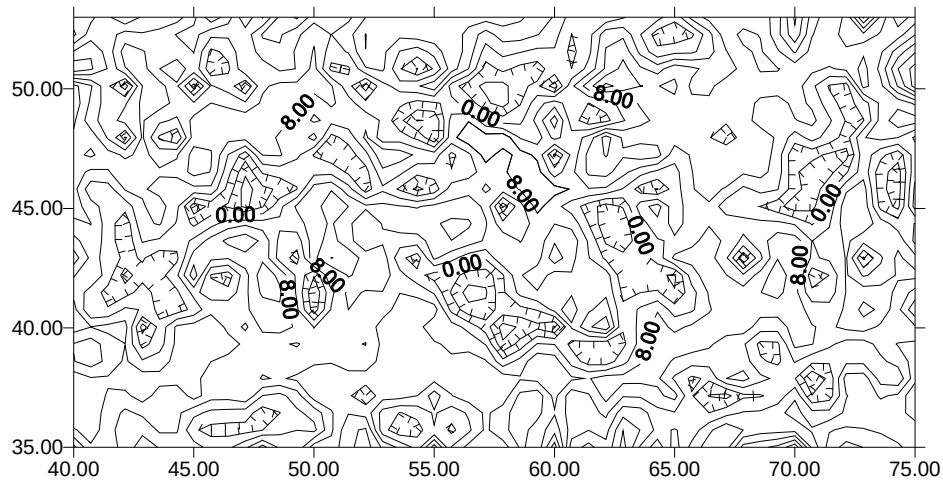


Рис. 4. Расчетная январская температура ($^{\circ}\text{C}$) на уровне 833 мб.

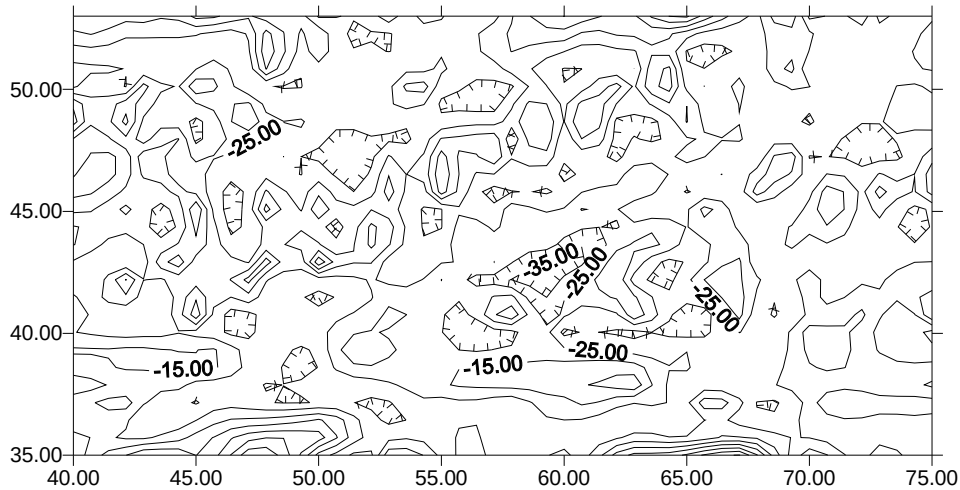


Рис. 5. Расчетная январская температура ($^{\circ}\text{C}$) на уровня 500 мб

ВЫВОДЫ

При проведении численных экспериментов (как в большинстве работ) в модели не ставилась задача получения количественных характеристик полей метеозлементов. Важно было

выяснить работоспособность модели и выявить качественное влияние Каспийского моря на климат ее акватории.

Литература

1. Гейтс В.Л., Баттен Е.С., Кейл А.Б., Нельсон А.Б. Двухуровневая модель общей циркуляции атмосферы Минца-Аракавы. Л., Гидрометеиздат, 1978, 238с.
2. Мамедов А.С. Об одной модели атмосферной циркуляции. Международная конференция по авиационной и спутниковой метеорологии. //Сборник трудов конференции 7-10 октября 2008., Санкт-Петербург, с.82-83.
3. Марчук Г.И., Дымников В.П., Залесный В.Б., Лыкосов В.Н., Галин В.Я. Математическое моделирование общей циркуляции атмосферы и океана.- Л., Гидрометеиздат, 1984, 318с.
4. Мелешко В.П., Швеиц М.Е., Шнейров Б.Е. Гидродинамическая трехуровневая модель общей циркуляции атмосферы. //Метеорология и гидрология, № 8, 1979, с. 21-32.
5. Мелешко В.П., Богаченко С.В., Шнейров Б.Е. О расчете радиационных притоков тепла в модели общей циркуляции атмосферы. //Труды ГГО, 1982, вып. 459.

WATER DEMAND AND RESOURCES FOR PLANT PRODUCTION

Joanna Markowska

E-mail: joanna.markowska@up.wroc.pl

Wrocław University of Environmental and Life Sciences,
Institute of Environmental Engineering
Grunwaldzki Square 24a, 50-363 Wrocław, Poland

INTRODUCTION

Environmental factors, such as sunshine duration, temperature, precipitation, physical, chemical, biological and soil water properties, influencing crop production, are not dependent on human actions. Only the physiological characteristics of new plant varieties can be influenced by human. The water is the significant for crop yields, both regarding its abundance and shortage. For this reason, the water basin resources are the major factor affecting crop production.

Water resources are constituted by all the water available currently and potentially, with regard to its quantitative and qualitative characteristics necessary to meet specific demands.

Precipitation recorded at rainfall stations, discharges recorded at gauge stations and calculated evaporation taking into consideration some selected meteorological data, are the main hydrological and meteorological characteristics.

The starting point for determining the volume of water resources is the water balance equation, containing the above-mentioned components of the balance sheet, as demonstrated by the following formula:

$$P - E - H = \pm \Delta R, \quad (1)$$

where P – is the precipitation; E – is the evaporation; H – is the surface outflow; $\pm \Delta R$ – is the changes in retention (the difference between the amount of water, retained in the catchment at the beginning and end of the balance period)

This equation may comprise several elements of the hydrological cycle. Estimation of water re-

sources and crop water requirements should facilitate rational water management. This is not a simple issue, because it requires the determination of the plant demands for water, the amount of water for proper growth and high crop yields, as well as, the volume of water resources.

Field water consumption, optimal rainfall and evapotranspiration indirectly inform us about the actual crop water requirements. Table 1 shows water demand of some crops.

* Symbol description in Table 1:

y is the yield
 $x_1, x_2, \dots, x_n$ is the yielding meteorological elements;
 n is the number of yielding factors;
 K is the number of functional combinations of yielding factors;
 ETR is the actual evapotranspiration in condition of sufficient water supply [mm];
 k is the empirical coefficient (a biological factor) for plants, calculated from real evapotranspiration under the conditions of optimal water supply and calculated values of potential evaporation;
 ETP is the potential evapotranspiration [mm];
 k_{gw} is the soil–water coefficient, determining the impact of soil moisture and soil water potential on the evapotranspiration. It can be determined as the ratio of the current water, reserved in the soil to hardly available water.

Table 1

Water demand of crops grown on the light soils [1, 2, 3, 4, 5]

Indices	Measuring period	Method	crops	Volume [mm]	Region	Author
Optimal precipitation	1969-1980	Yielding analysis on the background of natural precipitation	Late potato	386	Dolny Slask	J. Dziezyc, L. Nowak et al.
			Early potato	250		
Optimal precipitation	1974-1990	Weather-crop models, $y = f(x_1, x_2, \dots, x_{nk})$ Regression analysis of yield and precipitation, temperature, sunshine duration	Late potato	355	Dolny Slask	J. Markowska
			Early potato	294		
*ETR	1974-2004	* $ETR = k \cdot k_{gw} \cdot ETP$ Penman-Monteith	Sugar beet	440	Wroclaw	E. Kanecka, L. Labedzki
				413	Bydgoszcz	
*ETR	1968-1973	* $ETR = k \cdot ETP$ Penman	Sugar beet	503	Bydgoszcz	S. Sarnacka
	1967-1969		Late potato	451	Wroclaw	

1. WATER RESOURCES AND WATER DEMAND FOR CROP PRODUCTION

1.1. MATERIALS AND METHODS

The materials used in the present investigation are included: hydrological and meteorological data [1, 6] and statistics [7] as well as the data, collected in surveys, which have been conducted in some selected communes (*gmina*) in 2007. In this paper, the starting point for determining the volume of water resources is the water balance equation.

1.2. CHARACTERISTICS OF SELECTED BASINS

The area of the Dolnoslaskie Voivodship is 19,948 km². It consists of 169 communes, of which 38 are located in urban areas, 79 in rural areas and 54 are the combination of both.

The area of agricultural land is 1159920 ha, including the arable land of 899574 ha, meadows and pastures of 144617 ha and 108548 ha, respectively. The area under forests is 4634 ha. Devastated and degraded land, requiring land rec-

lamation, covers the area of 4634 ha and 2130 ha, respectively.

Some regions of Lower Silesia are prone to precipitation deficiency, observed in the catchments of the Slesza, Widawa, Bobr, Skora and Barycz rivers, where the climatic water is negative and ranges from -25 to -79 mm.



Fig.1. The catchments of Slesza, Widawa, Kaczawa and Barycz rivers

The Sleza river basin (fig. 1) occupies the area of 972 km². The catchment is located entirely within the Lower Silesia province. The average slope of the Sleza river basin reaches 1.04 %. Mean annual discharge [MAQ] in the summer throughout the years 1951 – 2006 is reached 2.44 m³/s.

The agricultural land and forests cover 88 % and 7 % of the whole area, respectively.

The area of agricultural land is as follows: arable land (81900 ha), meadows and pastures (1767ha). Forests cover the area of 5832 ha. The basic crops are: wheat (25962.3 ha), rye (4335.4 ha), barley (9172.8 ha), sugar beet (2702.7 ha), potato (2866.5 ha) and rapeseed (7452.9 ha).

Table 2

Hydrological and meteorological characteristics for the Sleza river basin in 1966-1995

Gauge station	P _r mm	P _i mm	ETP _r mm	ETP _i mm	CWB _r mm	CWB _i mm
Bialobrzezie	567	380	577	416	-10	-36
Wroclaw-Zerniki	569	381	577	416	-8	-35

The symbol description used in Tables 2, 3, 4, 5:

P_r – is the average annual total sum of precipitation from multiyear [mm]; P_i – is the total sum of precipitation in summer [mm]; ETP_r – is the annual potential evapotranspiration [mm]; ETP_i – is the potential evapotranspiration in summer [mm]; CWB_r – is the annual climatic water balance [mm];

CWB_i – is the climatic water balance in summer [mm].

The Widawa river basin (fig.1.) in the Dolnoslaskie Voivodship occupies the area of 1245 km², that is 72% of the whole area of the basin (1738 km²). The average slope of the Widawa river basin is 0.22%. Mean annual discharge [MAQ] in summer in 1951 – 2006 reached 3.63 m³/s.

The agricultural land and forests cover 63 % and 22 % of the whole area, respectively.

The area of agricultural land is as follows: arable land (64478 ha), meadows and pastures (13230 ha). Forests cover the area of 27390 ha. The basic crops are: wheat (20439.5 ha), rye

(3417.3 ha), barley (7221.5 ha), sugar beet (2127.8 ha), potato (2866.5 ha) and rapeseed (5867.5 ha).

Table 3

Hydrological and meteorological characteristics for the Widawa river basin in 1966-1995

Gauge station	P _r mm	P _i mm	ETP _r mm	ETP _i mm	CWB _r mm	CWB _i mm
Michalice	575	356	560	405	15	-49
Zbytowa	580	358	560	405	20	-47
Wroclaw-Soltysowice	609	369	569	411	40	-42

The Kaczawa river basin, [river Skora] (fig. 1) occupies the area of 2261.3 km². The catchments is located entirely within the Lower Silesia province. The average slope of the Kaczawa river basin reaches 1.04 %. Mean annual discharge [MAQ] in the summer throughout the years 1951 – 2006 reached 1.25 m³/s.

The agricultural land and forests cover 66 % and 23 % of the whole area, respectively.

The area of agricultural land is as follows: arable land (6536.6 ha), meadows and pastures (4980 ha). Forests cover the area of 4740 ha. The basic crops are: wheat (6536.5 ha), rye (1092.4 ha), barley (2309.4 ha), sugar beet (680.5 ha), potato (721.7 ha) and rapeseed (5480.0 ha).

Table 4

Hydrological and meteorological characteristics for the Skora (Kaczawa) river basin in 1966-1995

Gauge station	P _r mm	P _i mm	ETP _r mm	ETP _i mm	CWB _r mm	CWB _i mm
Chojnow	629	390	576	413	53	-23

The Barycz river basin (fig.1.) in the Dolnoslaskie Voivodship occupies the area of 2640 km², that is 48% of the whole area of the basin (5543 km²). The average slope of the Widawa river basin is 0.07%. Mean annual discharge [MAQ] in the summer in 1951 – 2006 reached 10.6 m³/s.

The agricultural land and forests cover 52 % and 33 % of the whole area, respectively.

The area of agricultural land is as follows: arable land (114820 ha), meadows and pastures (33640 ha). Forests cover the area of 87120 ha. The basic crops are: wheat (36397.9 ha), rye (6085.4 ha), barley (12859.8 ha), sugar beet (3789.1 ha), potato (4018.8 ha) and rapeseed (10448.6 ha).

Table 5

Hydrological and meteorological characteristics for the Skora (Kaczawa) river basin in 1966-1995

Gauge station	P_r mm	P_l mm	ETP_r mm	ETP_l mm	CWB_r mm	CWB_l mm
Osetno	584	355	597	434	-13	-79

CONCLUSIONS

The amount of water evaporated from the soil surface and lost through transpiration of the crop is collectively called evapotranspiration (ET). With drip irrigation, evaporation from the soil is minimized, particularly in plastic mulch production systems, leaving crop transpiration as the main component of water loss.

Environmental variables, primarily solar radiation, air temperature, relative humidity, and wind, are the driving forces behind evapotranspiration. There are two widely used systems which integrate the effects of these variables into a daily reference value. Reference evapotranspiration (ET_0), calculated from the aforementioned environmental variables, estimates ET from a well-watered, uniform-height, actively growing turf, alfalfa or similar crop [8]. Historical mean daily ET_0 is available for

many locations; for example, within the NATO Science for Peace and Security Project SfP 982227 in Marneuli region, vill. Tamarisi the weather station has been installed which provides real-time daily ET_0 .

The other common technique used to estimate relative evaporative demand is pan evaporation (E_p), the daily loss of water from a standardized open, water-filled pan.

Neither pan evaporation nor ET_0 calculated by empirical equations accurately reflects actual crop ET in all climates; these ET estimates commonly require modification based on local conditions [1, 8]. Although it differs somewhat among climates and pan locations (over bare soil vs. green crop), E_p averages 20-30% higher than comparable ET_0 estimates [3].

References

1. **Dziężyk J., Nowak I., Panek K.** Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. (Ten-day indices of rainfall requirements of crops cultivated in Poland.) //Wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych, Warszawa, PWN, 1987, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 314, 11-33.
2. **Kanecka E., Łabędzki L.** Ocena zagrożenia suszą uprawy buraka cukrowego w różnych regionach agroklimatycznych Polski na glebach o różnej retencji użytecznej. (Estimation of the drought risk for sugar beet crops in various agro-climatic regions of Poland and in the soils of different useful soil water retention). //Woda-środowisko-obszary wiejskie, Falenty, IMUZ, 2006, t 6, z 1 (16), 139-151.
3. **Markowska J.** Wpływ czynników meteorologicznych na plonowanie ziemniaków w zlewni górnej i środkowej Odry. (The influence of meteorological factors on potatoes field in the upper and middle Odra basin). //Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław, 2001, Melioracja XLIII, nr 417, 31-51.
4. **Rojek M.** Analiza dekadowych wartości współczynników empirycznych do wyznaczania ewapotranspiracji aktualnej. (An analysis of decadal values of empirical coefficients) //Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław, 1990, Melioracja XXXIV, nr 189, 186-196.
5. **Sarnacka S.** Wyznaczanie ewapotranspiracji rzeczywistej na podstawie ewapotranspiracji potencjalnej. (Determination of real evapotranspiration based on the potential evapotranspiration). //Ewapotranspiracja roślin uprawnych, Warszawa, PWN, 1983, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z 277, 219-225.
6. **Radczyk L., Drabiński A., Mokwa M., Nyc K., Olearczyk D., Markowska J.** In Program małej retencji w województwie dolnośląskim, maszynopis [Small retention program in Lower Silesia], typescript. Wrocław, 2005.
7. BDR. Website www.stat.gov.pl/bdr_n/app/strona indeks, accessed on 2 September 2010.

**ბრუნტის შერღულს მდგომარეობის საანგარიშო მეთოდები
და დაცვების პროცესის მმქანნიზმი**

ნინო მეხოტია, ზურაბ ლოტუნიძე, თამარ კვარაცხელია

საქართველოს სახელმწიფო აგარარული უნივერსიტეტი,
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ნებისმიერი მთის ქანი თუ გრუნტი, რომელსაც გააჩნია გარკვეული სიმძლავრე და საკუთარი წონა, თუნდაც გარეგანი დატვირ-

თვების ზემოქმედების გარეშე იმყოფება დაბნულ მდგომარეობაში.

პირითადი ნაწილი

შეიძლება მიღებულ იქნეს დაშვება, რომ სისქე გრუნტისა ზემოდან დაფარული უსასრულოდ გავრცობილი ყველა მიმართულებით ბრტყელი ზედაპირით იმყოფება დაბნულ მდგომარეობაში და ხასიათდება წნევის გადაცემის პიდროსტატიკური კანონით. ფიზიკური სხეულის პიდროსტატიკური დაბნული მდგომარეობა გულისხმობს ყველა წერტილში მთავარი დაბნების ტოლობას და ბრტყელი ამოცანისათვის ცხადია $P_1 = P_2$, ხოლო მხები დაბნა τ წერტილში, მთავარი დაბნების შესახებ მიღებული განმარტების თანახმად, ნულის ტოლია. ბუნებრივია, რომ განსახილველი წერტილის მდებარეობის Z შეცვლისას სიგრძეზე მთავარი ნორმალური დაბნები და სრული წნევაც შესაბამისად იცვლება, მხოლოდ $P_1 = P_2 = P_{\text{სრ.}}$. იმავე დროს, დაბნულობის წრეხაზის რადიუს-ვექტორი ორთოგონალურია სიბრტყეში მხებთან შეხების წერტილში. გრუნტის განსახილველი შრის დაბნული მდგომარეობა განპირობებულია ამ შრის ზემოთ განლაგებული გრუნტის საკუთარი წონით და ემორჩილება განაწილების სწორხაზოვან, ანუ პიდროსტატიკურ კანონს.

მიღებული დაშვების მიხედვით, მართებულია მრავალ შემთხვევაში გრუნტის შრის სიღრმეზე ერთი და იგივე იზობარული ზედაპირი განისაზღვროს დამოკიდებულებით:

$$P_{\text{კ.}} = \gamma z, \quad (1)$$

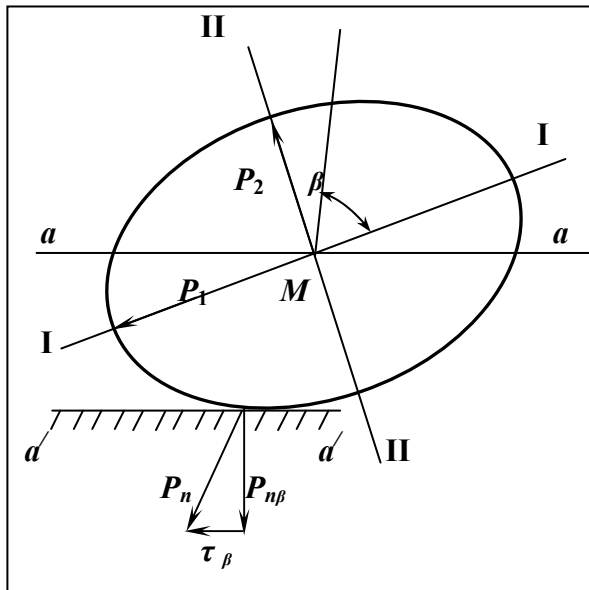
სადაც $P_{\text{კ.}}$ – მოცემული იზოტროპული გარემოსათვის ბუნებრივი ანუ საკუთარი წონით გამოწვეული წნევაა, (პა); z – ვერტიკალური კოორდინატი, ათვლილი გრუნტის ზედაპირის ნულოვანი ნიშნულიდან, (მ); γ – გრუნტის კუთრი წონა, (ნ/მ³).

აღსანიშნავია, რომ შემზღუდავი ზედაპირის მრუდხაზოვანი ან ტეხილი მოხაზულობის შემთხვევაში, სამთო წნევების განაწილების პიდროსტატიკური კანონი, ბრტყელი ამოცანის პირობებში ირღვევა და ის გადადის გეოსტატიკურში. საგნებით ცხადია, ფერდოს ქიმიდან უმნიშვნელო მანძილით დაშორებულ კვეთებშიც კი ირღვევა მთავარი დაბნების ურთიერთტოლობა $P_1 \neq P_2$ და ისინი იღებს დიდი და მცირე მთავარი დაბნების მნიშვნელობებს. დაბნულობის წრეხაზი მოცემულ შემთხვევაში დებულობს ბრტყელი ამოცანისათვის ელიფსის სახეს, ნახ. 1. ელემენტარულ ფართობზე შეუღლებული მთავარი დაბნებთან, რომლებიც ემთხვევა მთავარი დაბნების მიმართულებას, წერტილში M , მხები დაბნები τ ნულის ტოლი ხდება. ყველა სხვა დანარჩენზე, სადაც $\tau \neq 0$, ნორმალურ დაბნებთან ერთად მოქმედებს მხები დაბნები.

ყოველი წერტილისათვის, მხები დაბნები მათი მოქმედების ფართობების ორიენტაციის შესაბამისად, ვარირებას განიცდის 0-დან $\tau_{\text{მაქს.}}$ -მდე, ე.ი.:

$$0 < \tau_\beta < \tau_{\text{მკვ.}} \quad (2)$$

სადაც β არის კუთხე ფარდობით ნორმალსა და მთავარ მიმართულებას შორის, რომელიც თანხვედრილია უდიდეს მთავარ მიმართულებასთან; τ – მხები ძაბვა, რომელიც მოქმედებს ნებისმიერ β კუთხის მიხედვით ორიენტირებულ ფართობზე.



ნახ. 1. ძაბვების განაწილების ელიფსი I-I და II-II – მთავარი ძაბვების მიმართულებები; $a-a$ მიმართულებებზე აღებული ელემენტარული ფართობი; $a'-a'$ მიმართულება, რომელიც პარალელურია $a-a$; ამ მიმართულების მიმართ აგებულია ძაბვის მრავალგვერდი P_1 და P_2 ; P_1 და P_2 -ის შესაბამისად მთავარი ძაბვის უდიდესი და უმცირესი მნიშვნელობები; P_n და τ – M წერტილში ნორმალური და მხები წნევებია, რომლებიც მოქმედებს ω ფართობზე

ყოველი წერტილისათვის, მხები ძაბვები მათი მოქმედების ფართობების ორიენტაციის შესაბამისად, ვარიირებას განიცდის 0-დან $\tau_{\text{მკვ.}}$ -მდე, ე.ი.:

$$0 < \tau_\beta < \tau_{\text{მკვ.}} \quad (2)$$

სადაც β არის კუთხე ფარდობით ნორმალსა და მთავარ მიმართულებას შორის, რომელიც თანხვედრილია უდიდეს მთავარ მიმართულებასთან; τ – მხები ძაბვა, რომელიც მოქმედებს ნებისმიერ β კუთხის მიხედვით ორიენტირებულ ფართობზე.

უდიდესი მხები ძაბვები $\tau_{\text{მკვ.}}$ მოქმედებს მთავარი ძაბვების ხაზებთან 45° -ით დახრილ სიბრტყეზე [1].

დრეკადი ნახევარსივრცის ნებისმიერ წერტილში დაძაბული მდგომარეობა შეიძლება აღწერილ იქნეს მისი შესატყვისი მთავარი ძაბვებით P_1 , P_2 და $\tau_{\text{მკვ.}}$. ერთნაირი მთავარი ძაბვებისა და $\tau_{\text{მკვ.}}$ განაწილების ხასიათი მოცემულია კონკრეტული გაანგარიშების საფუძველზე [2] და ილუსტრირებულია ნახ. 2, 3, 4.

ცნობილია, რომ:

$$\tau_{\text{მკვ.}} = \frac{P_1 - P_2}{2} \quad (3)$$

და

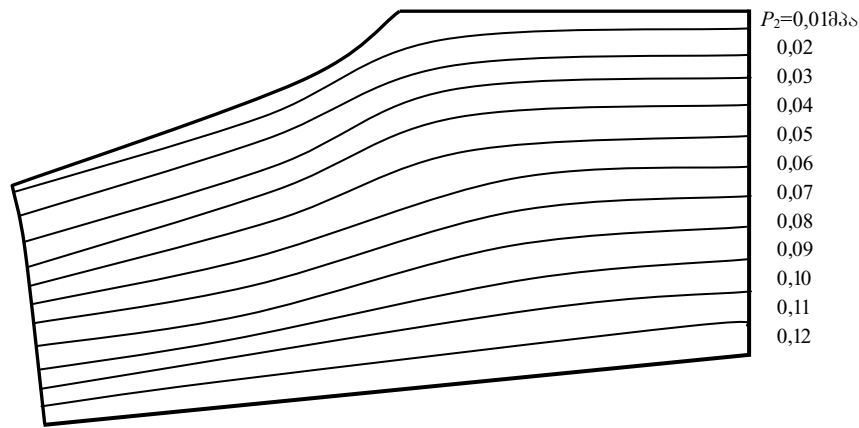
$$\tau_\beta = \frac{P_1 - P_2}{2} \sin 2\beta. \quad (4)$$

ფორმულა (2) და (4) საშუალებას იძლევა ვიპოვოთ τ_β სიდიდის მნიშვნელობა აგებული ყველა წერტილისათვის. ეს პირობა, ცხადია, ძალაში რჩება იმ შემთხვევაშიც, როცა დაცურების ზედაპირს აქვს სწორხაზოვანი მოხაზულობა. თუ გვაქვს მონაცემები წერტილთა სიმრავლისათვის, შესაბამისი (X, Z) .

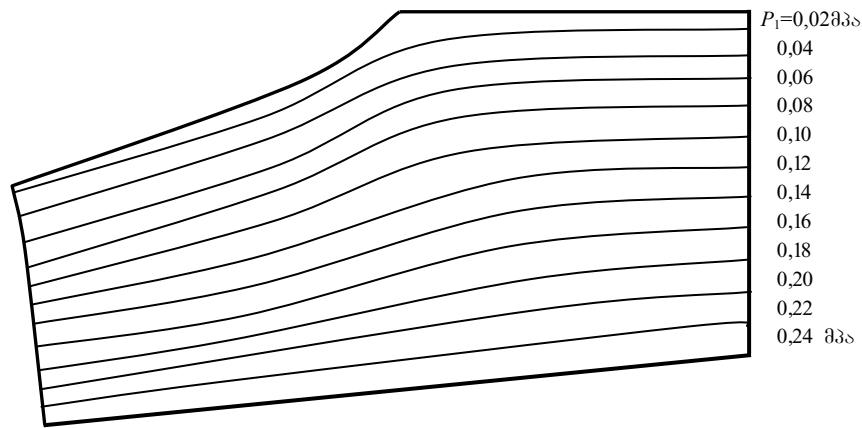
კოორდინატები და მხები ძაბვის $\tau_{\text{მკვ.}}$ შესახებ, მაშინ შესაძლებელია გავატაროთ რიგი წირები, რომლებიც გამოხატავს $\tau_{\text{მკვ.}} = \text{const}$, (ნახ. 2).

შესაძლებელია ნახაზზე დატანილ იქნეს $\tau_{\text{მკვ.}}$ ტრაექტორიების ბადე. ტრაექტორიის მხები ყოველ წერტილში კვეთს მთავარ მიმართულებას 45° (დახრილობის ტოლი კუთხით). სავსებით ნათელია, რომ გრუნტის სიმტკიცე ან მდგრადობის ხარისხი, რომელიმე წერტილში ან მთლიანად რომელიმე წირზე განისაზღვრება τ_β -ით, ერთის მხრივ, და გრუნტის წინაღობით ძვრაზე – მეორეს მხრივ. ამის შესაბამისად ნ.ნ. მასლოვის მიერ შემოთავაზებულ იქნა ე.წ. მდგრადობის მაჩვენებელი განსაზღვრული შემდეგი პირობიდან:

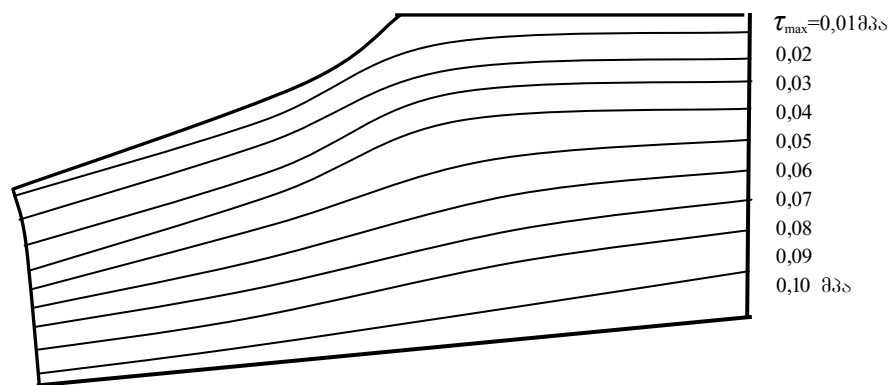
$$K_a = \frac{C}{\tau_\beta}. \quad (5)$$



ნახ. 2. მთავარი უდიდესი P_1 ძაბვების წირები საკუთარი წონის გავლენით
12 მ სიმაღლის ფერდოზე



ნახ. 3. მთავარი უმცირესი P_2 ძაბვების წირები საკუთარი წონის გავლენით
12 მ სიმაღლის ფერდოზე



ნახ. 4. მთავარი მხები t ძაბვების წირები 12 მეტრიანი სისქის გრუნტის
იზოტროპული ფერდოსათვის

ცხადია, რომ როცა $C < \tau_{\beta}$, მაშინ $K_{\theta} > 1$. ასეთ შემთხვევაში მოცემულ წერტილში უზრუნველყოფილია გრუნტის მდგრადობის (წონასწორობის) გარკვეული

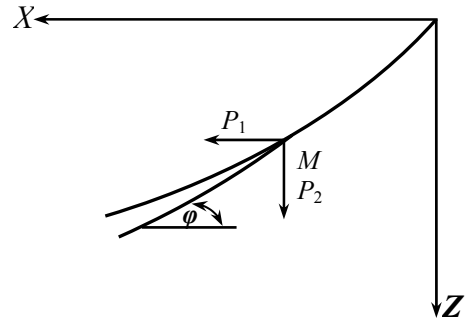
მარაგი. ჩვენს მიერ ჩატარებულ იქნა ფხვინური გრუნტისათვის (ქვიშა) შემდეგი ანალიზი, რომელიც დაკავშირებულია ზღვრული წონასწორობის მქონე ფერდოს

მოხაზულობის პოვნაზე. გრუნტის ნებისმიერ წერტილში დაცულია შემდეგი პირობა:

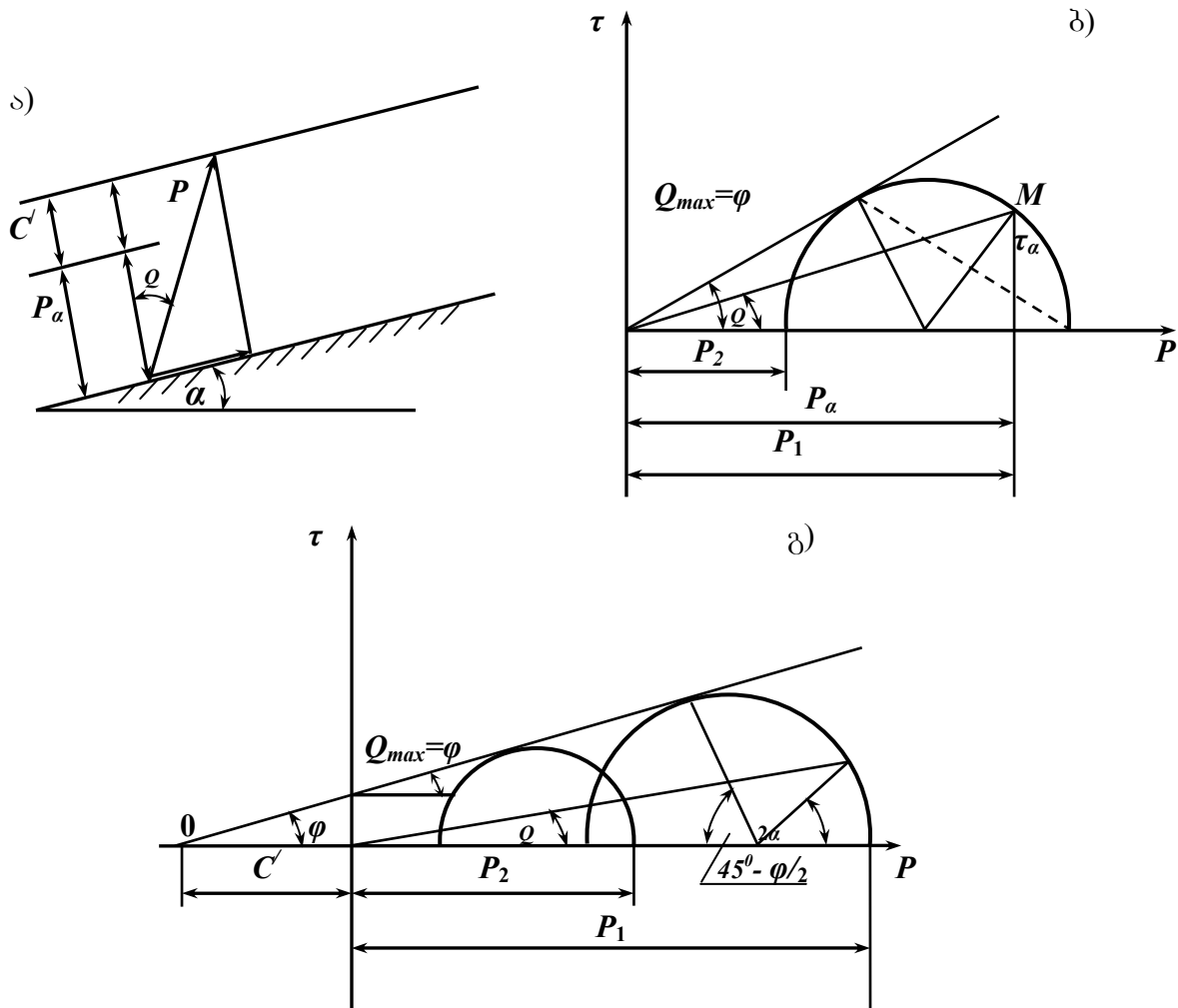
$$\tau = f\sigma, \quad (6)$$

სადაც τ – მხები ძაბვაა, ნაკლები ან ტოლი τ_{β} ; σ – ნორმალური ძაბვა განსახილველი კონტურის შიგნით დაძაბულობის წრესაზიდან; f – შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი, რომელიც შეესაბამება გრუნტის ბუნებრივი დახრილობის კუთხეს.

ფხვიერი გრუნტისათვის ზღვრული წონასწორული ზედაპირის კვალის მოხაზულობის საპოვნელად ნახ. 5-ის მიხედვით განვიხილავთ $M(X, Z)$ წერტილში წონასწორობის პირობას.



ნახ. 5. ფხვიერი გრუნტისათვის ზღვრული წონასწორული კვალის ფორმის საანგარიშო სქემა



ნახ. 6. ზღვრული დაძაბულობის წრესაზები

- ა) მოცემულ წერტილში ძაბვების სქემა, ბ) არაბმული გრუნტებისათვის ძერის დიაგრამა, გ) ბმული გრუნტებისათვის ძერის დიაგრამა.

ცხადია α კუთხის მნიშვნელობის შეცვლით, ასევე იცვლება ძაბვის შესაბამისი მდგენელები. თუ მხები ძაბვა მიაღწევს გარკვეულ კრიტიკულ მნიშვნელობას, მაშინ ხდება გრუნტის ერთი შრის დაძვრა მეორის მიმართ. აქედან გამომდინარე, მოცემულ წერტილში ზღვრული წონასწორობის პირობა ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\tau_{\alpha} \leq f(P_{\alpha} + C') \quad (12)$$

ან

$$f \geq \frac{\tau_{\alpha}}{P_{\alpha} + C'}. \quad (13)$$

$f = \operatorname{tg} \varphi$, φ წარმოადგენს წრეხაზების საერთო მხების დახრის კუთხეს ნორმალური ძაბვის ღერძთან. ფხვიერი გრუნტისათვის დიაგრამის შესაბამისად (ნახ. 6. ბ) მაქსიმალური გადახრა მიიღწევა, როცა გარსშემოშვლები წრფე შეეხება წრეხაზს. ამ პირობას პასუხობს:

$$\sin \varphi = \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}. \quad (14)$$

სწორედ ეს განტოლება წარმოადგენს არაბმული გრუნტის ზღვრული წონასწორობის პირობას. მარტივი ტრიგონომეტრიული

გარდაქმნების შედეგად მიღებული განტოლება ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$P_2 = P_1 \operatorname{tg}^2(45^\circ \mp \varphi/2). \quad (15)$$

ეს განტოლება საკმაოდ ხშირად გამოიყენება ზღუდარზე გვერდითი წნევის ძალის საანგარიშოდ, ნიშანი მინუსი „-“ შეესაბამება ე.წ. აქტიურ წნევას, ხოლო ნიშანი „+“ რეაქციის ძალას.

ბმული გრუნტებისათვის (ნახ. 6. გ) დიაგრამის გამოყენებით მიიღება ზღვრული წონასწორობის პირობა შემდეგი სახით:

$$\sin \varphi = \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2 + 2C'}, \quad (16)$$

საიდანაც

$$\sigma_2 = \sigma_1 - 2 \sin \varphi = \left(\frac{P_1 + P_2}{2} + C' \right). \quad (17)$$

(17)-დან, თუ გავითვალისწინებთ, რომ $C' = C \operatorname{ctg} \varphi$, მაშინ:

$$C = \operatorname{cosec} \varphi \sin \varphi = \frac{P_1 - P_2}{2} - \frac{P_1 + P_2}{2}. \quad (18)$$

დასკვნა

ფორმულა (18) ხშირად გამოიყენება ფხვიერი ტანის ზღვრული წონასწორობის თეორიაში. ზოგიერთი დამოკიდებულებანი გარდა იმისა, რომ გამოხატავს ძირითად ფაქტორთან კავშირში ზღვრული წონასწორობის პირობის უზრუნველყოფას, ამასთანავე, სტრუქტურული თვალსაზრისით – ისინი უფრო დამოკიდებულია მოვლენის შეფასებისათვის. ასე, მაგალითად, (15) – ე ფორმულა კარგად გამოხატავს ჰიდროსტატიკური წნევის

ერთ-ერთ ძირითად თვისებას – წნევა თანაბრად გადაეცემა ყველა მიმართულებით, ან კიდევ ერთი და იგივეა მოცემულ წერტილში ყველა მიმართულებით. მართლაც თუ მივიღებთ, რომ წყლისათვის $\varphi = 0$, მაშინ $P_1 = P_2$. ასევე, თუ $\varphi = \pi/2$, მაშინ $P_2 = 0$, რაც პასუხობს გრუნტის ფერდოს ვერტიკალურ მდგომარეობაში ყოფნას და ცხადია ის გვერდით წნევას ვერ გადასცემს.

ლიტერატურა

1. **Кацарава Т.Е.** К вопросу учета поверхностных сил при движении воды в капиллярах. //Труды ГрузНИИГиМ, вып. 26, Тбилиси, 1968, с. 123-128.
2. **Маслов Н.Н.** Основы инженерной геологии и

- механики грунтов. М., 1990.
3. **Чугаев Р.Р.** Гидравлика. Изд. „Энергия“, Ленинградск. отд. 1980, 672 с.
4. **Лебедев Н.Н.** Специальные функции и их приложения, Физматгиз, 1975.

**ტყეაპაფიტი სამუშაოების ეკოლოგიურად უზნებელი
განივებადსატანი საბაზრო მორსათრევი დანადგარები**

დავით მოსულიშვილი, ზაურ ბალამწარაშვილი, მალხაზ ნარიმანიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
მ. კოსტავას ქ. 77, ქ. თბილისი, საქართველო
წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

მთაგორიანი რელიეფის პირობებში ხე-ტყის დამზადების პროცესში ყველაზე შრომატევად და რთულ ფაზად ითვლება მორთრევა, ე.ი. ხე-ტყის პირველადი ტრანსპორტირება ჯირკიდან ზედა საწყობამდე. საქართველოში ტყესაკაფების განლაგება სხვადასხვა დახრის ფერდობებზე შემდეგნაირია: 25(-მდე – 20%, 25(-40(-მდე – 65%, 40(-ზე მეტი 15%. სირთულეს იხიცი ემატება, რომ ფერდობებზე 250-დან 400-მდე ქანობით დაშვებულია მხოლოდ ნებით ამორჩევითი ჭრები, არანაკლებ 0,5 სიხშირის დატოვებით [1, 2].

ცნობილია, რომ ტრაქტორებით მორთრევა შესაძლებელია მხოლოდ 150–200-მდე დახრილობის ფერდობებზე [3]. აქედან გამომდინარე 20(-ზე ზევით კი საჭირო ხდება ხე-ტყის დამზადება წარმოებდეს საჰაერო-საბაზრო მორსათრევი დანადგარების გამოყენებით, რითაც თავიდან იქნება აცილებული ნიადაგის ეროზიის წარმოქმნა და აღმონაცენის დაზიანება [4, 5].

ტყის ექსპლუატაცია მთაგორიან პირობებში გვეკარნახობს რაც შეიძლება მარტივი კონსტრუქციის საბაზრო დანადგარების გამოყენებას, იმის გათვალისწინებით, რომ მათი დამზადება, მართვა მაქსიმალურად იოლი და ეფექტური იყოს.

დადგენილია, რომ მორსათრევი საბაზრო-კიდული დანადგარები ვერ უზრუნველყოფს მოვლითი ჭრების შემთხვევაში ხე-ტყის მორთრევას ტრასამდე, რის გამოც აღნიშნული ხორციელდება სხვა სატრანსპორტო საშუალებებით. საბაზრო მორსათრევი დანადგარების გამოყენების შეზღუდული საშუალება დაკავშირებულია იმასთან, რომ ჩვეულებრივი საბაზრო დანადგარებით ხორციელდება 20(-ზე მეტი დახრილობის ფერდობების ტყესაკაფის ვიწრო ვერტიკალური ზოლების ათვისება, რაც იწვევს დანადგარის ტრასის მრავალჯერადი გადატანის აუცილებლობას და მწარმოებლობის შემცირებას.

ხე-ტყის პირველად ტრანსპორტირებაზე მორსათრევი საბაზრო დანადგარების ფართო დანერგვა გადაწყვეტს ამ მნიშვნელოვან საკითხს და აგრეთვე ხელს შეუწყობს მაგისტრალური ავტოტყესახიდი გზების ტყესაკაფებთან მიახლოებას [9].

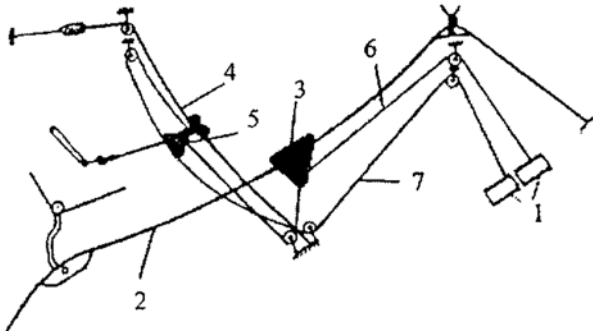
ამასთან დაკავშირებით სტუ-ს მერქნული მასალების დამზადებისა და დამუშავების კათედრაზე შექმნილია განივგადასატანი საჰაერო-საბაზრო მორსათრევი დანადგარების სქემური გადაწყვეტილებები და კონსტრუქციები [6].

ძირითადი ნაწილი

როგორც შესავალში აღვნიშნეთ სტუ-ს მერქნული მასალების დამზადებისა და დამუშავების მიმართულებით შემუშავებულია და პრაქტიკაში დანერგილია ცალმხრივი განივი საჰაერო საბაზრო დანადგარი, აღნიშნული დანადგარი (ნახ. 1) შედგება ორდო-

ლიანი ჯალამბრისაგან 1, მთავარი მზიდი ბაგირისაგან 2, რომელზეც დაკიდებულია ძირითადი ურიკა 3, ტრასის ცალ მხარეს განლაგებული განივგადასატანი მზიდი ბაგირისაგან 4, მასზე დაკიდული დამხმარე ურიკით 5, ასევე ერთი საწევი და ერთი

უკუსვლის ბაგირისაგან შესაბამისად 6 და 7.



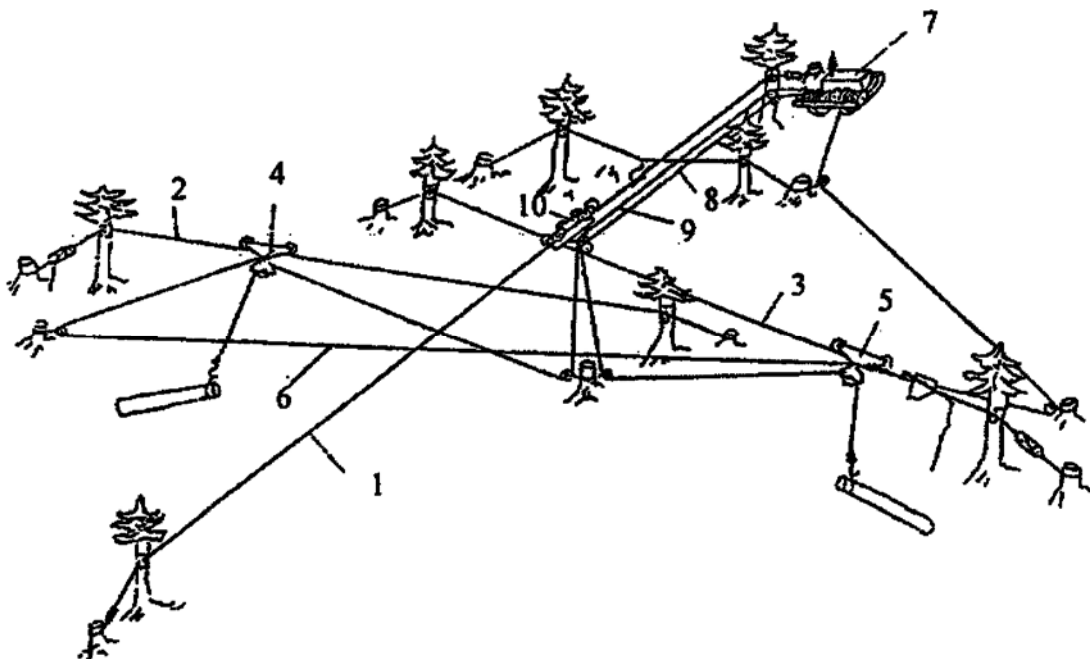
ნახ. 1. ხე-ტყის ცალმხრივი განივგადასატანი საბაგირო მორსატრევი დანადგარი

დანადგარის საშუალებით შესაძლებელია სორტიმენტის მორთრევა ძირითადი ტრასის მხოლოდ ცალი მხრიდან და მათი ჩამოშვება ზედა საწყოზე.

მწარმოებლობის გაზრდისა და ექსპლუატაციის ხარისხის ამაღლების მიზნით მერქნული მასალების დამზადებისა და დამუშავების მიმართულებით ჩვენს მიერ შეიქმნა ორმხრივი განივი საპყერო-საბაგირო მორსატრევი მოწყობილობა, რომელიც აღჭურვილია ორი ძირითადი საწვეი ბაგირით, რომლებიც გატარებულია ძირითადი ურიკის სატვირთო ბლოკში და თითოეული დამხმარე

ურიკისათვის განკუთვნილ გასახსნელ ბლოკებში ცალ-ცალკე გარდა ამისა სატვირთო ბაგირის დოლი შესრულებულია ორი სექციისაგან თითოეულზე ცალ-ცალკე დახვეულ საწვეი ბაგირით.

ხე-ტყის ორმხრივი განივი გადასატანი საპყერო-საბაგირო მორსატრევი დანადგარი (ნახ. 2) მუშაობს შემდეგნაირად: საბაგირო დანადგარისთვის გაკაფული ტრასის ზედა და ქვედა ბაქნებზე შერჩეულ ხეებზე, მთავარი მზიდი ბაგირის 1 დაჭიმვის შემდეგ საბაგირო დანადგარის მზიდი ბაგირის ქვეშ, ზეზე მდგომ ხეებზე, ტრასის მარჯვნივ და მარცხნივ ხდება განივად გადასატანი მზიდი ბაგირების 2 და 3 დაჭიმვა, რის შემდეგაც მათზე ჩამოკიდებენ დამხმარე ურიკებს 4 და 5, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია დამხმარე ბაგირით 6. მუშაობის დასაწყისში დამხმარე ურიკები იმყოფება საბაგირო დანადგარის ტრასასთან. უკუსვლის ბაგირის დახმარებით წარმოებს დამხმარე ბაგირით გადაბმული დამატებითი ურიკების გაყვანა ტყესაკაფზე და მათი სათანადო ადგილზე დაფიქსირება მსდექის საშუალებით. მეჯალამბრე ორივე საწვევ ბაგირს კაკვიანი ბოლოებით დაუშვებს დაბლა და ჩამბმელები ჩოკერების საშუალებით ჩააბამენ სორტიმენტებს კაკვებზე.



ნახ. 2. ხე-ტყის ორმხრივი განივგადასატანი საბაგირო მორსატრევი დანადგარი

სორტიმენტების ურიკაში დაფიქსირების შემდეგ გახსნიან მსდექის ჩამკეტ მექანიზმს და ურიკები თავისუფლდება. ჯალამბრის უკუსვლის დოლი გადაიყვანება თავისუფალ სვლაზე და საწვეი ბაგირების საშუალებით ურიკები ტვირთიანად იწყებს მოძრაობას საბაგირო დანადგარის ტრასის ქვეშ. მუშები ბერკეტის დარტყმით გახსნიან ურიკებს და მიწის ზედაპირთან ახლოს მდებარე გასახსნელ ბლოკებს საწვეი ბაგირების გასათავისუფლებლად. მეჯალამბრე გათავისუფლებულ საწვე ბაგირებს სწევს მალლა სორტიმენტებთან ერთად – მთავარ ურიკაში დაფიქსირებამდე. მთავარი ურიკის მუხრუჭისაგან გათავისუფლების შემდეგ მეჯალამბრეს გადაჰყავს საწვეი ბაგირების დოლი სამუხრუჭე რეჟიმში და ურიკა იწყებს მოძრაობას მთავარ მზიდ ბაგირზე ზედა საწყობისაკენ. სორტიმენტის ჩამოხსნის შემდეგ ძირითადი ურიკა უბრუნდება საწყის ადგილს და ციკლი მეორდება.

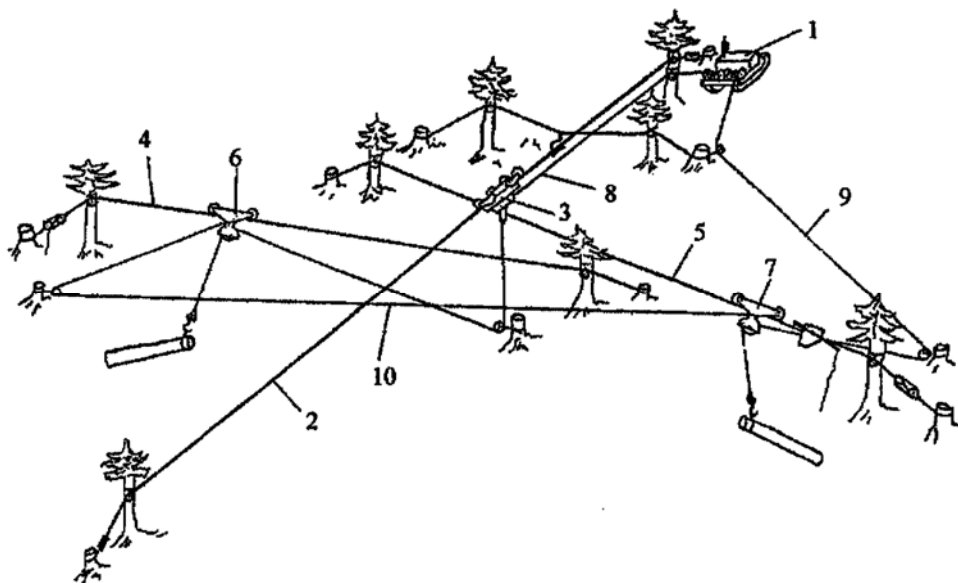
ამრიგად ახლადშექმნილი დანადგარის გამოყენებით გვეძლევა საშუალება ერთდროულად ავითვისოდ ტყესაკაფის პირობითი ზოლები ტრასის ორივე მხრიდან.

ავტორთა ჯგუფის მიერ აგრეთვე დამუშავდა ორმხრივი განივგადასატანი მორსათრევი დანადგარის სქემა (ნახ. 3), რომელიც შედგება ორდოლიანი ჯალამბრისაგან 1, მთავარი მზიდი ბაგირისაგან 2, რომელზეც დაკიდებულია მთავარი ურიკა 3, ტრასის

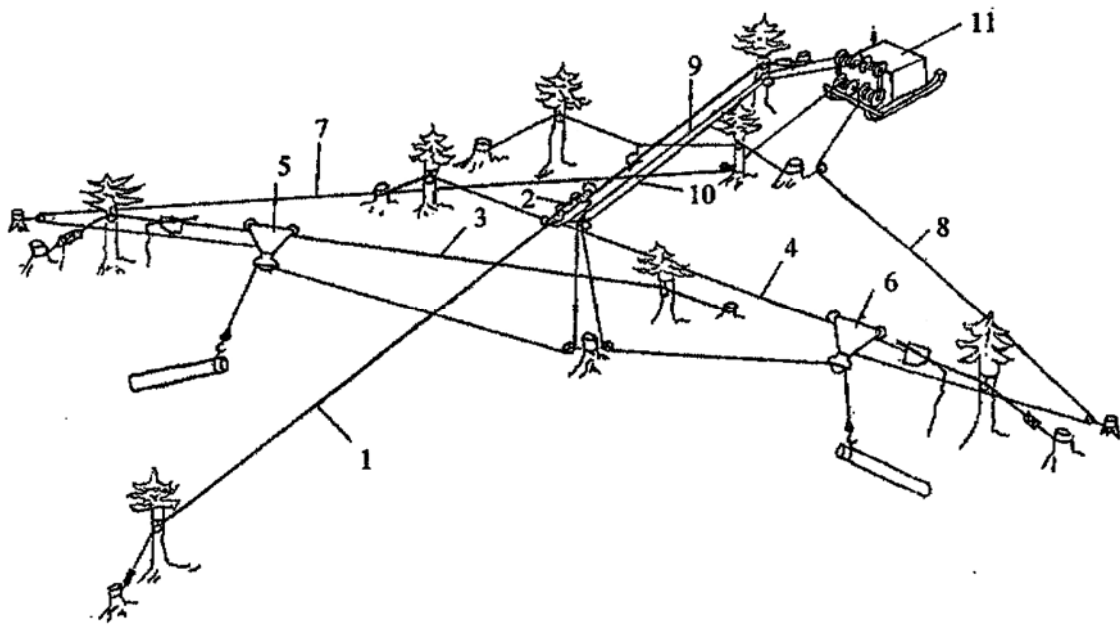
ორივე მხარეს განლაგებული განივ-გადასატანი მზიდი ბაგირებისაგან 4 და 5, მათზე დაკიდული დამხმარე ურიკებით 6 და 7. ასევე ერთი საწვეი და ერთი უკუსვლის ბაგირისაგან – შესაბამისად 8 და 9. დამხმარე ურიკები ერთმანეთთან დაკავშირებულია დამხმარე ბაგირით 10, რითაც უზრუნველყოფილია მათი თანაბარი მოძრაობა ტყესაკაფის პირობით განივ ზოლზე – ტრასის ორივე მხარეს.

დანადგარის (ნახ. 3) საშუალებით შესაძლებელია სორტიმენტების მორთრევა ტრასის ორივე მხრიდან, მაგრამ რადგანაც მისი დამხმარე ურიკები ერთმანეთთან დაკავშირებულია დამხმარე ბაგირით, შეუძლებელია მათი გაჩერება ტყესაკაფის პირობითი ზოლის სხვადასხვა ადგილზე, დამზადებული მორების ან სორტიმენტების ადგილმდებარეობის მიხედვით.

მწარმოებლობის გაზრდისა და ექსპლუატაციის ხარისხის ამაღლების მიზნით ავტორთა ჯგუფის მიერ შეიქმნა ორმხრივი განივი საბაგირო მორსათრევი დანადგარი, რომელიც აღჭურვილია ოთხდოლიანი ჯალამბრით, ორი საწვეი და ორი უკუსვლის ბაგირით. საწვეი ბაგირები გატარებულია ძირითადი ურიკის ორდარიან სატვირთო ბლოკში და დამხმარე ურიკებისათვის განკუთვნილ გასახსნელ ბლოკებში ცალ-ცალკე (ნახ. 4) [7, 8].



ნახ. 3. ხე-ტყის ორმხრივი გადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარი ორდოლიანი ჯალამბრით



ნახ. 4. ხე-ტყის ორმხრივი განვიგადასატანი მორსათრევი საბაგირო დანადგარი
ოთხდოლიანი ჯალამბრით

ხე-ტყის ორმხრივი განვიგადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარი (ნახ. 4) მუშაობს შემდეგნაირად: საბაგირო დანადგარისთვის გაკაფული ტრასის ზედა და ქვედა ბაქნებზე შერჩეულ ხეებზე, მთავარი მზიდი ბაგირის 1 დაჭიმვის და მასზე მთავარი ურიკის 2 დაკიდების შემდეგ, მზიდი ბაგირის ქვეშ, ზეზე მდგომ ხეებზე, ტრასის მარჯვნივ და მარცხნივ ხდება განვიგადასატანი მზიდი ბაგირების 3 და 4 დაჭიმვა, რის შემდეგაც მათზე ჩამოკიდებენ დამხმარე ურიკებს 5 და 6.

მუშაობის დასაწყისში ურიკები იმყოფება საბაგირო დანადგარის ტრასასთან. უკუსვლის ბაგირების 7 და 8 საშუალებით ხდება მათი გაყვანა ტყესაკაფზე და მათი სათანადო ადგილებზე – დამხადებული მორების ან სორტიმენტების მიხედვით – დაფიქსირება მსდექების საშუალებით. მეჯალამბრე ორივე საწვე ბაგირს 9 და 10 კაკვიანი ბოლოებით დაუშვებს დაბლა და ჩამბმელები ჩოკერების საშუალებით ჩააბამენ სორტიმენტებს კაკვებზე. სორტიმენტების ურიკებში დაფიქსირების შემდეგ ხსნიან მსდექების ჩამკეტ მექანიზმებს და ურიკები თავისუფლდება. ჯალამბრის უკუსვლის დოლები 11 გადაიყვანება თავისუფალ სვლაზე და საწვე ბაგირების საშუალებით ურიკები ტვირთიანად იწეებს მოძრაობას საბაგირო დანადგარის ტრასისკენ.

ტრასასთან მუშები ბერკეტის დარტყმით

ხსნიან დამხმარე ურიკებსა და მიწასთან ახლოს მდებარე გასახსნელ ბლოკებს საწვე ბაგირების გასათავისუფლებლად. მეჯალამბრე გათავისუფლებულ საწვე ბაგირებს აწევს მაღლა მთავარ ურიკაში დაფიქსირებამდე. მთავარი ურიკის მუხრუჭისაგან გათავისუფლების შემდეგ მეჯალამბრეს გადაყვას საწვე ბაგირების დოლი სამუხრუჭე რეუმიში და ურიკა იწეებს მოძრაობას ტვირთიანად მთავარ მზიდ ბაგირზე ზედა საწვობისაკენ. სორტიმენტის ჩამოხსნის შემდეგ მთავარი ურიკა უბრუნდება საწყის ადგილს და ციკლი მეორდება.

ჩვენ შემთხვევაში ორანძიანი სამთო მორსათრევი საკიდი დანადგარი (სურ.4) აღჭურვილია ორი საწვე ბაგირით, ამიტომ მათი გაანგარიშების დროს ტვირთისა და ურიკის წონების ჯამი გაიყოფა ორზე. ამასთან ანძების სიმაღლეში განსხვავება უნდა შევარჩიოთ ისე, რომ ურიკა თავისი წონის მოქმედებით (ტვირთით ან უტვირთოთ) ჩამოეშვას დახრილ მზიდ ბაგირზე. ამასთან დაკავშირებით ურიკის სიმაღლეში მდებარეობის განსხვავება, მოძრაობის დაწყებისა და დამთავრების დროს, განისაზღვრება ტოლობით:

$$H_x \geq l\omega \text{ ან } tga \geq \omega, \quad (1)$$

სადაც H_x – ანძების სიმაღლეში განსხვავებაა, მ; l – მაღის სიგრძე, მ; $\omega \geq 0,03$ –

ურიკის თვლების მზიდ ბაგირზე მოძრაობის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი; α – მზიდი ბაგირის დახრის საშუალო კუთხე, იქიდან გამომდინარე, რომ $\alpha \geq 1^\circ 45'$; მივიღოთ: $\alpha = 25^\circ$.

გარდა აღნიშნულისა, ჩვენ შემთხვევაში ასაწვევ-საწვევ ბაგირით ხორციელდება მოჭრილი ხეების ან მორების დაკიდულ ან ნახევრად დაკიდულ მდგომარეობაში გვერდიდან მორთრევა.

საწვევი ბაგირი, როგორც წესი, იანგარიშება გამძლეობაზე ხანგრძლივობის გათვალისწინებით, ე.ი. გამძლეობის მარაგის შერჩევისას დაჭიმვაზე, მხედველობაში უნდა მივიღოთ მისი გამოყენების ხანგრძლივობაც. ხანგრძლივობაზე მოქმედებს: საწვევი ბაგირის დაჭიმულობის სიდიდე $\delta\theta$, შეფარდება D/d (სადაც D – ბაგირის დიამეტრია და d – მავთულის) და აგრეთვე მისი კონსტრუქცია და დაწვის სახეობა. ხანგრძლივობა მატულობს D/d შეფარდების ზრდით და $\delta\theta$ -ს შემცირებით, ე.ი. δ' – ზრდით. (სადაც n – მდგრა-

დობის მარაგის სტატიკური კოეფიციენტი). ამიტომ საწვევი ბაგირის ანგარიში უნდა ვაწარმოოთ მაქსიმალური დაჭიმულობის სიდიდის მიხედვით და ამავე დროს გავითვალისწინოთ n'_θ -ს მნიშვნელობა ხანგრძლივობის მხრივ. შერჩეული ბაგირი აუცილებლად უნდა გაისინჯოს მაქსიმალურ დაჭიმულობაზე.

მაშასადამე, საწვევი ბაგირის ფაქტობრივი გამძლეუჯი დაჭიმვა:

$$T_\theta = T_{\max} n'_\theta, \text{ სადაც } n'_\theta = \frac{T_\theta}{T_{\max}} \geq 4. \quad (2)$$

დროებით გადასატანი საბაგირო დანადგარებისათვის:

$$n''_\theta = \frac{T_\theta}{T_{\max}} \geq 3,5. \quad (3)$$

მითითებულია, რომ საწვევი ბაგირების ანგარიში უნდა ჩატარდეს მაქსიმალური დაჭიმულობის სიდიდის მიხედვით მდგრადობის მარაგის სტატიკური n კოეფიციენტის გათვალისწინებით.

დასკვნა

ცნობილია, რომ 20° -მდე დახრილობის ფერდობებზე ტყესაკაფების ათვისება, ანუ ხე-ტყის მორთრევა, ხორციელდება სხვადასხვა სატრანსპორტო საშუალებებით, მათ შორის სპეციალიზირებულ მორსათრევი ტრაქტორით TT-4-ით. იმის გათვალისწინებით, რომ აღნიშნულ მორსათრევი ტრაქტორს არ შეუძლია 20° -ზე მეტი დახრილობის ფერდობებზე მუშაობა და ასევე ვერ უზრუნველყოფს ეკოლოგიური უსაფრთხოების პირობების დაკმაყოფილებას, აუცილებლად ჩავთვალეთ ყურადღება დაგვეთმო საჰაერო-საბაგირო მორსათრევი დანადგარების ძიებასა და გამოკვლევებისათვის, რომლებიც უზრუნველყოფს ხე-ტყის დამზადების პროცესში არსებული პრობლემების გადაჭრას.

განხილულია და დამუშავებულია როგორც ცალმხრივი, ასევე ორმხრივი განივგადასატანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარები. მოცემულია სქემები და მათი მუშაობის პრინციპები. მათ შორის ორმხრივი განივგადასატანი ერთსაწვევბაგირიანი საბაგირო დანადგარი, რომლის ორი დამატებითი

ურიკა ერთმანეთთან დაკავშირებულია დამხმარე ბაგირით, რის გამოც მათ არ აქვთ ტყესაკაფის განივ ზოლში ორივე მხარეს სხვადასხვა მანძილებზე დაფიქსირების საშუალება და ორი ორსაწვევბაგირიანი საბაგირო მორსათრევი დანადგარების სქემები, რომელთა საშუალებით შესაძლებელია საბაგირო ტრასის ორივე მხარეს განლაგებული ტყესაკაფების ერთდროული ათვისება, ამასთან აღნიშნული დანადგარების დამხმარე ურიკებს ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად შეუძლია ტრასის ორივე მხარეს სხვადასხვა მანძილზე დამზადებული მორების ერთდროულად ძირითად ტრასასთან მოზიდვა და მათი ზედა საწყობზე ერთად ჩამოშვება.

ბოლო განივგადასატანი ორმხრივი საბაგირო მორსათრევი დანადგარის განმასხვავებელ ნიშანს წარმოადგენს ის რომ, ის აღჭურვილია ორი ძირითადი საწვევი ბაგირით, რომლებიც გატარებულია ძირითადი ურიკის ორღარიან სატვირთო ბლოკში და თითოეული დამხმარე ურიკისთვის განკუთვნილ გასახსნელ ბლოკებში ცალკე-ცალკე. გარდა აღნიშნულისა სატვირთო ბაგირის დოლი

შესრულებულია ორი სექციისაგან, თითოეულზე დახვეწილი საწევი ბაგირით.

იმასთან დაკავშირებით, რომ მორსათრევი დანადგარი ორსაწევრბაგირიანია, დამუშავებულია მეთოდოლოგია საწევი ბაგირის დიამეტრის გასაანგარიშებლად. აგრეთვე მითითებულია რომ საწევი ბაგირების ანგარიში უნდა ჩატარდეს მაქსიმალური დაჭიმულობის სიდიდის მიხედვით მდგრადობის მარაგის n კოეფიციენტის გათვალისწინებით. ამასთან ანგარიშის დროს ტვირთისა და ურიკის წონების ჯამი უნდა გაიყოს 2-ზე.

ამრიგად განივგადასატანი საპერო საბაგრო კიდული მორსათრევი დანადგარებზე ჩატარებულმა საძიებო და თეორიულმა გამოკვლევებმა, რომლებიც დაკავშირებულია ტყის გარემოსთან დაგვანახა, რომ მთავარი-

ან ტყესაკაფებზე მთავარ და ძირითად საშუალებად ხე-ტყის დამზადების დროს აუცილებელია გამოყენებული იყოს მორსათრევი საბაგრო დანადგარები, უფრო მეტად კი განივგადასატანი ცალმხრივი და ორმხრივი საბაგრო დანადგარები.

ასეთი დანადგარების უპირატესობა დაკავშირებულია მეტყვევობის მკაცრ მოთხოვნებთან, რომლებიც მოქმედებს საქართველოს მთიან პირობებში შერჩევითი ჭრების განხორციელების დროს და განსაზღვრავს მათი წარმოებაში ფართო დანერგვის აუცილებლობას, რაც იქნება ახალი სიტყვა ტყის მორსათრევა-ტრანსპორტირების, ეკოლოგიური ტექნოლოგიების პრობლემების გადაწყვეტაში საქართველოს მთიანი პირობებისათვის.

ლიტერატურა

1. გიგაური გ. ტყემოწყობა. გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, 2001.
2. ჯაფარიძე თ. მეტყვევობა. გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, 2003.
3. პატენტი. GE P 2009 4774B, მორსათრევი აგრეგატი. ზ. ბალამწარაშვილი, დ. მოსულიშვილი, ზ. ჩიტაძე, გ. კოკია, ი. გელაშვილი. „საქპატენტი“, თბილისი, 2009.
4. ურუშაძე თ. აგროეკოლოგია. თბილისი, 2001.
5. გიგაური გ. საქართველოს ტყის ბიომრავალფეროვნება. თბილისი, 2000.
6. პატენტი. GE P 2004 3294B, ხე-ტყის საპერო მორსათრევის ხერხი და მოწყობილობა მის განსახორციელებლად. ზ. ბალამწარაშვილი, ზ. ჩიტაძე, გ. კოკია, დ. ლილუაშვილი. „საქპატენტი“, თბილისი, 2004.
7. პატენტი. GE P2009 4779B, ხე-ტყის ორმხრივი საპერო საბაგრო მორსათრევი დანადგარი. ზ. ბალამწარაშვილი, ზ. ჩიტაძე, ი. გელაშვილი, რ. ტყემალაძე, დ. მოსულიშვილი. „საქპატენტი“, თბილისი, 2009.
8. ბალამწარაშვილი ზ., მოსულიშვილი დ. ტყეაფუკითი სამუშაოების ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგია და მანქანები მთიან პირობებში. //სამეცნიერო შრომათა კრებული №64, წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, თბილისი, 2009.
9. ბალამწარაშვილი ზ., კოკია გ., დუნდუა პ., მჭედლიშვილი თ., ჩიტაძე ზ. ტყეაფუკითი სამუშაოების მანქანები და ტექნოლოგია მთიან პირობებში. //სმმესკ ინსტიტუტი. თბილისი, 2008.

**მორსათრევი თვითმტვირთავი აბრეშატის მღვრალრის ღინამიკური
გამოკვლევა შოლტების ნახევრადდატვირთულ მღვრმარეობაში
მორთრევის დროს**

დავით მოსულიშვილი, ზაურ ბალამწარაშვილი, მალხაზ ნარიმანიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
მ. კოსტავას ქ. 77, ქ. თბილისი, საქართველო
წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ი. ჭავჭავაძის პრ. 60, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

საქართველო სატყეო ფონდით მდიდარი ქვეყანაა, მაგრამ მისი რთული რელიეფის გამო რთულდება ეკოლოგიურად უსაფრთხო ტყეკაფითი სამუშაოების დაგეგმვა და ორგანიზება. კვლევებით დადგენილია, რომ შედარებით უსაფრთხო მორთრევა, ეკოლოგიური თვალსაზრისით, არის ხე-ტყის მორთრევა მთლიანად დატვირთულ მღვრმარეობაში. ცნობილია, რომ ამ ტექნოლოგიის გამოყენების შემთხვევაში, ნახევრადდატვირთულ მღვრმარეობაში შოლტების მორთრევასთან შედარებით, გარემოზე ზემოქმედება და კერძოდ უარყოფითი გავლენა მოზარდ მცენარეულობაზე, ნიადაგზე რამდენიმეჯერ იზრდება. მიუხედავად აღნიშნულისა, მთაგორიან პირობებში ხე-ტყის მორთრევის დროს, არის შემთხვევები, როცა მორთრევის განხორციელება მთლიანად დატვირთულ მღვრმარეობაში

უსაფრთხოების პირობების დაცვის აუცილებლობასთან დაკავშირებით მიზანშეწონილი არ არის. მითუმეტეს, რომ ნახევრადდატვირთულ მღვრმარეობაში ხე-ტყის მორთრევის დროს, მთლიანად მიწაზე შოლტების მორთრევასთან შედარებით, ეკოლოგიური თვალსაზრისით პირობები რამდენიმეჯერ გაუმჯობესებულია და დიდ საფრთხეს არ წარმოადგენს არც მოზარდი მცენარეულობისთვის და არც ნიადაგისთვის [1].

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე აუცილებელია შევისწავლოთ საკითხი, რომელიც დაკავშირებულია მორსათრევი თვითმტვირთავი აგრეგატის (მთა) ღინამიკურ მღვრადობასთან ნახევრადდატვირთულ მღვრმარეობაში შოლტების მორთრევის დროს, როგორც პორიზონტალური გზის მონაკვეთზე, ასევე აღმართზე და დაღმართზე [2, 3].

ძირითადი ნაწილი

მთა-ს პორიზონტალური გზის მონაკვეთზე ($\alpha = 0^\circ$) ნახევრადდატვირთულ მღვრმარეობაში შოლტების მორთრევის გამოკვლევას ვატარებთ დაწოლისა და დატვირთვის ცენტრის კოორდინატების მეთოდის გამოყენებით(ნახ. 1) [4, 5, 6].

დაწოლისა და დატვირთვების ცენტრის კოორდინატის საპოვნელად, მთა-თი პორიზონტალური გზის მონაკვეთზე ($\alpha = 0^\circ$) ხე-ტყის მორთრევის დროს, ვიყენებთ შემდეგ ფორმულას:

$$L_k = \frac{Gl_9 + Q_1l_4 + P_{KAH}l_4 \sin \beta - Ph_2 \cos \beta}{G + Q_1 + P_{KAH}}, \quad (1)$$

სადაც G დაუტვირთავი მთა-ს მასაა – 136 კნ; l_9 – მთა-ს სიმძიმის ცენტრის პორიზონტალური კოორდინატა – 1,37 მ; Q_1 – ძარაზე დატვირთული სორტიმენტის მოცულობითი მასა – 50 კნ; l_4 – მანძილი ტრაქტორის კეხიდან უკანა ბალანსირის პოჭოჭიკის ღერძამდე – 0,7 მ; P_{KAH} – მთა-ს ჯალამბრის წვევის ძალა, რომელიც იჭერს შეკრულას ტრაქტორის კეხზე

$$P_{KAH} = \frac{Q_2 f_2}{\cos \beta + f_2 \sin \beta}, \quad (2)$$

სადაც Q_2 – მორთრეული შოლტების მასის ნაწილი, რომელიც ეგრდობა გზის ზედაპირზე – 30 კნ; f_2 – მორების მიწაზე თრევის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი – 0,6; β – შეკრულასა და საკაბლო გზის ზედაპირს შორის კუთხე $-11^\circ 20'$; P – ტრაქტორის კეხზე მოქმედი ძალის ჰორიზონტალური მდგენელი:

$$P = P_{KAH} \cos \beta. \quad (3)$$

დატვირთვა, რომელიც მოდის წინა ბალანსირის პოტოტიკის ღერძზე იანგარიშება ფორმულით:

$$Z_1 = \left\{ G_k l_9 - G_k (h_5 - h_3) \frac{j}{g} + Z'_1 (h_2 - h_3) \frac{j}{g} - P \times \right. \\ \left. \times (h_2 - h_3) - M_B - T_k [l_3 \sin \alpha - (h_1 - h_3) \cos \alpha] \right\} : 12 \quad (4)$$

სადაც GK – მთა-ს მასა სავალი ნაწილის გარეშე (94 კნ); h_5 – მთა-ს სიმძიმის ცენტრის ვერტიკალური კოორდინატა (1,11 მ); h_3 – სატრაქტორო გზის ზედაპირსა და ბალანსირის პოტოტიკს შორის მანძილი (0,4 მ); Z'_1 – შეკრულას მიერ გამოწვეული დატვირთვა მოსული მთა-ს ძარას კეხზე, კნ:

$$Z'_1 = Q_1 + P_{KAH} \sin \beta, \quad (5)$$

j – მთა-ს მოძრაობის აჩქარების შემაჯამებული სიდიდე (1,47 მ/წმ);

$$j = \omega_k^2 r_k, \quad (6)$$

სადაც ω_k ტრაქტორის წამყვანი ვარსკვლავის კუთხური სიჩქარეა (2,35 1/წმ)

$$\omega_k = \frac{\pi r_k n_k}{30}, \quad (7)$$

სადაც r_k – ტრაქტორის წამყვანი ვარსკვლავის დინამიური რადიუსია (0,266 მ); n_k – ტრაქტორის წამყვანი ვარსკვლავის ბრუნთა რიცხვი (22,5 ბრ/წმ); g – სიმძიმის ძალის აჩქარება (9,81 მ/წმ²); h_2 – ტრაქტორის კეხის ვერტიკალური კოორდინატა (2,0 მ); M_B – ტრაქტორის მუხლუხაზე გადაცემული რეაქტიული მომენტი, კნმ;

$$M_B = T_K r_k, \quad (8)$$

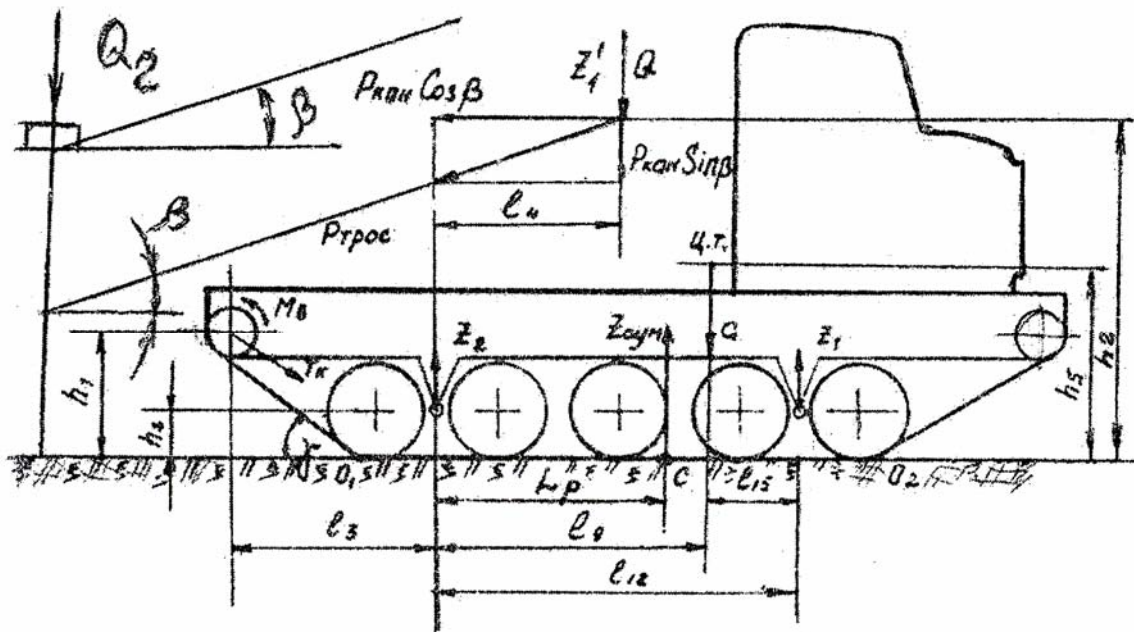
სადაც T_K – ტრაქტორის მუხლუხის მხები წვევის ძალა, კნ;

$$T_K = (G + Q_1) f_1 + P_{KAH} (f_1 \sin \beta + \cos \beta), \quad (9)$$

სადაც f_1 – ტრაქტორის მოძრაობის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი – 0,2.

დატვირთვა, რომელიც მოდის უკანა ბალანსირის პოტოტიკის ღერძზე, სავალი ნაწილის გარეშე, იანგარიშება ფორმულით:

$$Z_2 = G_k + Q_1 + P_{KAH} \sin \beta + T_K \sin \gamma - Z_1. \quad (10)$$



ნახ. 1. ძალებისა და პარამეტრების სქემა მთა-თი ნახევრადლატვირთულ მღბომარეობაში ხე-ტყის მორთრევის დროს

დატვირთვა, რომელიც მოდის წინა ბალანსირის პოტოტიკის ღერძზე, სავალი ნაწილის გათვალისწინებით, იანგარიშება ფორმულით:

$$Z_1^n = Z_1 + \frac{q}{2}, \text{ კნ,} \quad (11)$$

სადაც q – ტრაქტორის სავალი ნაწილის მასაა (42 კნ);

სრული დატვირთვა, რომელიც მოდის უკანა ბალანსირის პოტოტიკის ღერძზე, სავალი ნაწილის გათვალისწინებით:

$$Z_2^n = Z_2 + \frac{q}{2} - T_K \sin \gamma, \text{ კნ.} \quad (12)$$

ჯამური დატვირთვა წინა და უკანა ბალანსირების პოტოტიკების ღერძებზე:

$$\sum Z^n = Z_1^n + Z_2^n, \text{ კნ.} \quad (13)$$

წინა და უკანა ბალანსირებზე მოსული დატვირთვების უთანაბრობის კოეფიციენტი:

$$K_H^n = \frac{Z_2^n}{Z_1^n}. \quad (14)$$

მთა-ს აღმართზე მოძრაობის ($\alpha > 0^\circ$) დროს, ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში, დაწოლისა და დატვირთვების ცენტრის კოორდინატის საპოვნელად ვიყენებთ შემდეგ ფორმულას:

$$L_k = \frac{Gl_9 \cos \alpha - Gh_5 \sin \alpha + Q_1 l_4 \cos \alpha - Q_1 h_2 \sin \alpha}{(G + Q_1 + P_{KAH}) \cos \alpha} - \frac{P_{KAH} l_4 \cos \alpha - P_{KAH} h_2 \sin \alpha - Ph_2 \cos \beta}{(G + Q_1 + P_{KAH}) \cos \alpha} \quad (15)$$

ამ შემთხვევაში დატვირთვა, რომელიც მოდის წინა ბალანსირის პოტოტიკის ღერძზე იანგარიშება ფორმულით:

$$Z_1 = \left\{ G_K l_9 \cos \alpha - G_K (h_5 - h_3) \left(\sin \alpha + \frac{j}{g} \right) + Z_1' l_4 \cos \alpha - Z_1' (h_2 - h_3) \left(\sin \alpha + \frac{j}{g} \right) - P(h_2 - h_3) - M_B - T_K [l_3 \sin \gamma - (h_1 - h_3 \cos \gamma)] \right\} : l_{12}, \text{ კნ} \quad (16)$$

დატვირთვა, მთა-ს აღმართზე მოძრაობის დროს, რომელიც მოდის უკანა ბალანსირის პოტოტიკის ღერძზე, სავალი ნაწილის გარეშე, იანგარიშება ფორმულით:

$$Z_2 = G_K + Q_1 + P_{KAH} \sin \beta + T_K \sin \gamma - Z_1.$$

დანარჩენი სიდიდეები Z_1^n , Z_2^n , $\sum Z^n$ და K_H^n იანგარიშება შესაბამისად (11), (12), (13) და (14) ფორმულებით.

მთა-ს დაღმართზე მოძრაობის დროს

($\alpha > 0^\circ$) ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში დაწოლისა და დატვირთვების ცენტრის კოორდინატის საპოვნელად ვიყენებთ ფორმულას:

$$L_k = \frac{Gl_{15} - Gh_5 \sin \alpha + Q_1 (l_{12} - l_{14}) \cos \alpha}{(G + Q_1 + P_{KAH}) \cos \alpha} - \frac{Q_1 h_2 \sin \alpha + Q_1 (l_{12} - l_4) \cos \alpha}{(G + Q_1 + P_{KAH}) \cos \alpha} - \frac{P_{KAH} h_2 \sin \alpha + Ph_2 \cos \beta}{(G + Q_1 + P_{KAH}) \cos \alpha}, \quad (18)$$

სადაც l_{15} არის მანძილი მთა-ს სიმძიმის ცენტრიდან წინა ბალანსირის პოტოტიკის ღერძამდე (0,83 მ); l_{12} – წინა და უკანა ბალანსირების პოტოტიკების ღერძებს შორის მანძილი (2,2 მ).

დაღმართზე ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში მთა-ს მოძრაობის დროს დატვირთვა, რომელიც მოდის უკანა ბალანსირის პოტოტიკის ღერძზე, იანგარიშება ფორმულით:

$$Z_2 = \left\{ G_K l_{15} \cos \alpha - G_K (h_2 - h_3) \left(\sin \alpha - \frac{j}{g} \right) + Z_1 (l_{12} - l_4) \cos \alpha - Z_1' (h_2 - h_3) \left(\sin \alpha - \frac{j}{g} \right) + P(h_2 - h_3) + M_B + T_K [l_3 \sin \alpha - (h_1 - h_3) \cos \alpha] \right\} : l_{12} \quad (19)$$

დაღმართზე ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში მთა-ს მოძრაობის დროს დატვირთვა, რომელიც მოდის წინა ბალანსირის პოტოტიკის ღერძზე იანგარიშება ფორმულით:

$$Z_1 = G_K + Q_1 + P_{KAH} \sin \beta + T_K \sin \gamma - Z_2. \quad (20)$$

დანარჩენი სიდიდეები Z_1^n , Z_2^n , $\sum Z^n$ და K_H^n იანგარიშება შესაბამისად (11), (12), (13) და (14) ფორმულებით.

გაანგარიშებები ჩატარებულია მთა-ს აღმართზე ნახევრად დატვირთულ მდგომარეობაში მოძრაობის დროს 5° -დან 40° -მდე დახრილობის ფერდობებზე 5° -იანი გრადაციით. დაღმართზე მოძრაობის დროს გაანგარიშებები არ არის ჩატარებული, რადგანაც ამ შემთხვევაში ხეტეის შოლტებით მორთრევა ანიჭებს მთა-ს დიდ მდგრადობას. მიღებული შედეგები შეტანილია ცხრილში.

მთა-ს მუშაობის მახასიათებლები ხე-ტყის ნახევრადდატვირთულ მდგომარეობაში
მორთრევის დროს დაწოლისა და დატვირთვების კოორდინატებით

ფერდობის დახრილობა	$L_k / 1\text{გრ}\cdot\text{მ}$	Z_1^n , კნ	Z_2^n , კნ	ΣZ^n , კნ	K_H^n
0°	1,33/1,36	63	126	189	1,99
5°	1,14/1,17	57	132	189	2,32
10°	1,0/1,06	50	139	189	2,85
15°	0,90/0,95	43	146	189	3,4
20°	0,75/0,80	35	154	189	4,4
25°	0,60/0,65	27	162	189	6,0
30°	0,90/0,95	43	146	189	3,4
35°	0,75/0,80	35	154	189	4,4
40°	0.08/0.00	0	189	189	

დასკვნა

ჩატარებული გაანგარიშებების შედეგად მიღებული მახასიათებლები გვაძლევს საშუალებას გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნა იმაზე, რომ თეორიული გაანგარიშებით მიღებული დაწოლისა და დატვირთვის ცენტრის კოორდინატები (L_k), როგორც მთა-ს მდგრადობის კრიტერიუმი მისი ნახევრადდატვირთულ მდგომარეობაში აღმართზე მორთრევის დროს, ემთხვევა დაწოლისა და დატვირთვის ცენტრის კოორდინატებს, რომლებიც განსაზღვრულია გრაფიკული გზით (L_{gr}) ან აქვს უმნიშვნელო გადახრები გრაფიკული სიდიდეებისაგან.

ეს ანგარიშები ამტკიცებს იმ ფაქტსაც, რომ არც ერთი დაწოლისა და დატვირთვების ცენტრის კოორდინატა არ ემთხვევა გეომეტრიულ ღერძს, რომელიც გადის წინა და უკანა ბალანსირების პოჭოჭიკების ღერძში და ამრიგად, მდგრადობის პირობა გამო-

სახული:

$$l_3 \leq L_k \leq L_5,$$

არ ირღვევა.

გარდა ამისა, ნათელია, რომ ნახევრადდატვირთულ მდგომარეობაში ხე-ტყის შოლტებიანი მორთრევა მთა-ს ანიჭებს უდიდეს მდგრადობას, რაც აგრეთვე ძლიერდება იმიტომ, რომ ამ შემთხვევაში ძარას აქვს ფარის (ნაწილობრივ დაყირავებული) მდგომარეობა. ეს ნათლად ჩანს იქიდანაც, რომ წინა და უკანა ბალანსირების პოჭოჭიკების ღერძებზე დაწოლისა და დატვირთვების განაწილების უთანაბრობის მაჩვენებლები KHn ნებისმიერი დახრილობის ფერდობზე უფრო თანაბარია, რაც იმის მომასწავებელია, რომ მდგრადობა აღმართზე და მითუმეტეს დაღმართზე ნახევრადდატვირთულ მდგომარეობაში მთა-ს მდგრადობა შედარებით უკეთესია.

ლიტერატურა

1. კოკია გ. საქართველოში ხე-ტყის დამზადების ეკოლოგიურად უვნებელი ტექნოლოგიური პროცესები. გამომცემლობა „ჯისია“, თბილისი, 2001.
2. პატენტი GE P 2009 4774, მორსათრევი ავრეგატი. ზ. ბალამწარაშვილი, დ. მოსულიშვილი.

- ლი, ზ.ჩიტძე, გ. კოკია, ი. გელაშვილი. „საქპატენტი“, თბილისი, 2009
3. პატენტი. GE P 2009 4778, მორსათრევი თვითმტვირთავი ავრეგატი. ზ. ბალამწარაშვილი. ზ. ჩიტძე, ი. გელაშვილი. რ. ტყემალაძე. გ. ასანიძე. „საქპატენტი“, თბილისი, 2009.

4. ბალამწარაშვილი ზ., კოკაია გ., დუნდუა პ., მჭედლიშვილი თ., ჩიტბე ზ. ტექნოლოგიური სამუშაოების მანქანები და ტექნოლოგია მთიან პირობებში. სმმესკ ინსტიტუტი. თბილისი, 2008.
5. Анисимов Г.М. Лесные машины. М.: "Лесная промышленность", 1989.
6. Энциклопедический справочник: Машиностроение том 11. Конструирование машин, редактор акад. Е.А.Чудаков. М., 1948.

ПОТЕРИ НАПОРА ПО ДЛИНЕ ГИПЕРКОНЦЕНТРИРОВАННОГО СЕЛЯ ПРИ АБСТРАКТНО РАВНОМЕРНОМ РЕЖИМЕ ДВИЖЕНИЯ

Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И., Дадияни К.З.

E-mail: vitev@rambler.ru

Институт Водного Хозяйства
пр. И. Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Гидравлический расчет движения гиперконцентрированных селей, равно как и установление характера их воздействия на противоселевые сооружения, требуют оценки потери напора на различных участках водотока, преимущественно там, где находятся наиболее уязвимые объекты окружающей среды или намечено размещение различного вида и назначения противоселевых сооружений. Учет этого фактора позволит рационально расположить

эти сооружения и заметно увеличить срок их безотказного функционирования.

Наряду с этим, следует учитывать и такие аномальные свойства гиперконцентрированных селей, каковыми являются большие скорости перемещения, высокая плотность среды $1,8 \div 2,3 \text{ т/м}^3$ и другие показатели реологического характера, которые определяют их аномальное поведение [1, 2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Потери напора по длине для гиперконцентрированного селея при абстрактно равномерном режиме движения определяется по той же схеме, как это осуществляется при безнапорном равномерном движении водного потока.

Для водного потока потери напора равны [3, 4]:

$$h_\ell = i_0 \ell, \quad (1)$$

где i_0 – уклон дна водотока, ℓ – длина участка [4].

Если принять во внимание зависимость для расчета средней по сечению скорости селевого потока в виде [2]:

$$V = \frac{g i_0 (H - h_0)}{3 \nu H}, \quad (2)$$

то уклон дна водотока с учетом (2) будет иметь вид:

$$i_0 = \frac{3 \nu H V}{g (H - h_0)^3}, \quad (3)$$

где g – ускорение силы тяжести; H – полная

глубина потока; h_0 – глубина ядра (безградиентного слоя); ν – кинематический коэффициент вязкости селея.

Согласно отмеченного выше на участке длиной ℓ потери напора будут иметь вид:

$$h_\ell = \frac{3 \nu H V \ell}{g (H - h_0)^3}. \quad (4)$$

Умножая (4) на $2V / 2V$, получим:

$$h_\ell = \frac{6 \nu H}{V (H - h_0)^2} \cdot \frac{\ell}{(H - h_0)} \cdot \frac{V^2}{2g}. \quad (5)$$

Приняв во внимание обозначение

$$\text{Re}_* = \frac{V (H - h_0)^2}{\nu H}, \quad (6)$$

то (6) будет соответствовать числу Рейнольдса Re_* для гиперконцентрированного селевого потока. Тогда, взамен (5) получим:

$$h_\ell = \frac{6}{\text{Re}_*} \cdot \frac{\ell}{(H - h_0)} \cdot \frac{V^2}{2g}. \quad (7)$$

В том случае, когда ядро (т.е. структурная часть) потока отсутствует, т.е. $h_0 = 0$, получаем общеизвестную зависимость для водного потока [3,4].

Допустим, что в градиентном слое гиперконцентрированного селя скорости значительные и имеет место турбулентный режим движения. Тогда из курса гидравлики общеизвестно, что коэффициент Шези [3,4] равен:

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}, \quad (8)$$

где λ – коэффициент Дарси [4].

Тогда из (8) следует что:

$$\lambda = \frac{8g}{C^2}, \quad (9)$$

и взамен (7) получим:

$$h_\ell = \frac{8g}{C^2} \cdot \frac{\ell}{(H-h_0)} \cdot \frac{V^2}{2g}. \quad (10)$$

Приравнявая (10) и (6) (7), можно написать:

$$\frac{6\gamma H}{V(H-h_0)^2} = \frac{8g}{C^2},$$

откуда следует, что

$$C = \sqrt{\frac{8gV(H-h_0)^2}{6\gamma H}}, \quad (11)$$

или

$$C = \sqrt{\frac{8g}{6} \text{Re}_*}, \quad (12)$$

Следовательно:

$$C = \sqrt{13,08 \text{Re}_*}, \quad (13)$$

или

$$C = 3,62\sqrt{\text{Re}_*} \quad (14)$$

Сравнивая (14) с формулой Шези [3,4]:

$$C_{\text{воды}} = 1,81\sqrt{\text{Re}}, \quad (15)$$

получается, что разница между ними лишь в значении поправочного коэффициента, что следует отнести к аномальной природе гиперконцентрированного потока.

ВЫВОД

При наличии турбулентного режима движения в градиентном слое гиперконцентрированного селя для установления потери по длине

возможно воспользоваться видоизмененной зависимостью коэффициента Шези в виде выражения (14).

Литература

1. Гагошидзе М.С. Селевые явления и борьба с ними. Изд. Сабчота Сакартвело. Тбилиси, 1970. с.385.
2. Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И. Основы динамики селей. Тбилиси. 2007. с. 243.
3. Богомолов А.И., Михайлов К.А. Гидравлика. Изд. Литература по строительству. М. 1965. с. 632.
4. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. Энергоатомиздат. М., 1984. с. 639.

О НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ В ОБЛАСТИ СЕЛЕВЕДЕНИЯ

Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И., Чарбадзе З.Д., Дадияни К.З.

E-mail: vitev@rambler.ru

Институт Водного Хозяйства
пр. И.Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Со времен первых шагов целенаправленного исследования селей с конца XIX и начала XX столетия делались попытки по созданию нормативных документов различного уровня в виде пособий, методических указаний, руководств, рекомендаций, инструкций, строительных норм, и т.д. Однако, даже в настоящее время пока еще нет общепризнанного и апробированного практикой документа, который можно было бы рекомендовать проектировщикам для определения основных показателей явления, оценки его динамических характеристик и параметров противоселевых сооружений, обеспечивающих надежность и безопасность объектов в зоне действия селей.

Попытки создания подобных документов носили фрагментальный характер, они не в полной мере отражали суть явления, вследствие чего должного признания среди специалистов они не находили и не оправдали ту надежду, которая на них возлагалась.

Упомянутое состояние имело свое резонное объяснение, заключающееся, в первую очередь, в сложности протекающего явления, неординарности поведения селей по сравнению с обычными водными и наносонесущими потоками, не говоря об их аномальных свойствах во время формирования, движения и остановки на конусах выноса, о неординарном характере их воздействия на сооружения и т.д. [5,11,12].

При подготовке нормативного документа любого уровня следует четко пояснить содер-

жание основополагающих терминов, используемых в селеведении, так как от их правильного толкования, в значительной степени, зависит правомерность подбора адекватных схем расчета, процесса формирования, движения потока и его воздействие на сооружения.

Селевой поток – это экстремальное проявление эрозийно-седиментационного процесса, характеризующийся внезапностью возникновения, кратковременностью действия и большой разрушительной силой; этот поток обычно способен увлечь с собой большое количество русловых отложений с верховьев и с транзитной зоны водотока в районе конуса выноса, интенсивно откладывая на этом участке транспортируемый им твердый сток.

Как известно, в природе, в основном, существует два вида селевого потока: а) связные, (структурные, высококонцентрированные, грязекаменные) с плотностью смеси $1,8-2,3 \text{ т/м}^3$ и движущейся силой - пластический конгломерат и б) несвязные (турбулентные, наносонесущие, относительно с низкой концентрацией твердого компонента), с плотностью $1,1-1,8 \text{ т/м}^3$, транспортирующей средой в данном случае является водный поток.

Подобные свойства селевых потоков ставят перед проектировщиками задачи неординарного характера, что следует особо учитывать при составлении соответствующих разделов нормативных документов.

1. КРАТКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

В настоящее время, при истечении более чем одного века, у проектировщиков на вооружение имеется лишь весьма ограниченное количество нормативных документов. Их перечень в хронологическом порядке, с некоторыми пояснениями, выглядит следующим образом:

– "Методические рекомендации по гидравлическому расчету селезадерживающих и селепропускных сооружений". Тбилиси, 1978 г., 53 с. (Коллектив авторов).

Предлагаемое руководство является результатом обобщения осуществленных в 60-ые годы прошлого века в ГрузНИИГиМ и других родственных организациях бывшего СССР многочисленных полевых наблюдений и лабораторных исследований, как со связными (структурными) так и несвязными (турбулентными) селевыми потоками [1, 2, 3, 5, 13]. При ведении полевых наблюдений применялись передовые к тому времени методы, а лабораторные исследования осуществлялись на уникальной селевой установке, которая давала возможность проводить широкий спектр экспериментальных исследований с моделями селей различных видов [5, 11, 14, 15, 16]. Этим экспериментам предшествовали лабораторные опыты по оценке реологических характеристик селевых смесей [5, 10], дающие возможность количественно оценить их вязкостные свойства, позволившие в первом приближении рекомендовать методы расчета ряда селепропускных, селерегулирующих и других видов противоселевых сооружений, как для связных, так и для несвязных селей.

– "Методические рекомендации по прогнозу водной (дождевой) эрозии почв". М. 1978 г. 61 с. (Автор – академик Ц.Е. Мирцхулава).

Документ, функционирующий и в настоящее время на постсоветском пространстве и за его пределами, позволяет определить условия, предшествующие формированию селей в эрозионных врезках селеносных бассейнов и, тем самым, установить некоторые важные параметры ожидаемого селевого потока (место зарождения,

концентрация, гранулометрический состав и другие параметры). Предлагаемая методика выгодно отличается от аналогичных документов надежностью и достоверностью полученных результатов.

– "Методические указания по расчету максимального стока рек в условиях Кавказа", Тбилиси, 1980, 72 с. (автор Г.Д. Ростомов).

В "Указаниях" отражены результаты наблюдений на горных реках Северного и Южного Кавказа, в том числе и на селеносных водотоках. Ценность методики расчета заключается в том, что в настоящее время без ее использования почти невозможно надежно оценить основные гидрологические, морфологические и гидравлические характеристики горных селеносных водотоков. Апробация предлагаемой методики расчета дает довольно близкие к реальным результаты, что подтверждается конкретными расчетами на конкретных объектах.

– "Инструкция по проектированию и строительству противоселевых защитных сооружений". СН 518-79, М. Стройиздат, 1981 г., 14 с. (Коллектив авторов).

"Инструкция", утвержденная Госстроем бывшего СССР, является первым межведомственным документом, рекомендовавший методы проектирования противоселевых сооружений при воздействии на них обоих видов селевых потоков. При этом, были использованы результаты весьма обширных лабораторных экспериментов на селевой установке ГрузНИИГиМ [5, 10]. Здесь же приводится последовательность расчета руслорегулирующих противоселевых сооружений каскадного типа. "Инструкция" содержит также требования для проектирования противоселевых защитных сооружений, методы их классификации, способы определения нагрузок на сооружение, вопросы конструирования, а также указания по производству работ и правила приемки завешенных объектов.

– "Руководство по эксплуатации селепропускных сооружений". ГрузоргдорНИИ, Тбилиси, 1985 г., 41 с. (Коллектив авторов).

Ради продления срока службы устаревших и вновь построенных противоселевых (селерегулирующих и селепропускных) сооружений особая роль отводится правилам их грамотной эксплуатации, как во время воздействия на них селевых потоков, так и в период их бездействия. В документе на основе научного и производственного опыта предложены методы и правила эксплуатации, как селерегулирующих, так и селепропускных сооружений, функционирующих в зонах активного проявления селевых потоков.

– "Справочник. Сооружения. Раздел 7.8. Противоселевые сооружения". М. Агропромиздат, 1987г., с.358-362. (Коллектив авторов).

"Справочник" был издан для внутриведомственного пользования в системе Минводхоза СССР, в качестве руководства для проектирования объектов мелиорации и водного хозяйства, в том числе противоселевых лотковых сооружений, наиболее востребованных в условиях пересечения селеносных водотоков автомагистралями и железными дорогами. Предлагаемые способы гидравлического расчета селепропускных лотковых сооружений предусматривают назначение основных геометрических и гидравлических параметров сооружений, которые обеспечивают безопасный пропуск селевых потоков через подзащитные объекты; даны графики, позволяющие установить конкретные значения параметров этих сооружений (уклон, степень сужения подходного русла), с учетом расхода, скорости, глубины потока и т.д..

– "Правила эксплуатации противоселевых сооружений. Основные положения" РД3.3.2.05-28. Ведомственный нормативный документ. Минводхоз СССР, М., 1988, 24 с. (Коллектив авторов).

"Основные положения" представляют собой результат совместной работы специалистов ГрузНИИГиМ, АрмНИИВПиГ, САНИИРИ, АзНИИГиМ, ТуркменНИИГиМ, Армгидропрект, Службы пути Закавказской железной дороги, КазНИИЭ, Казглавселезащиты, ЗаКНИИГМИ Госкомгидромета СССР и ГрузгордорНИИ. В документе освещены общие положения относительно эксплуатации противосе-

левых сооружений, организация проведения работ и способы их реализации. Применение предлагаемых методов и способов эксплуатации противоселевых сооружений позволяют заметно продлить время их безопасного функционирования и повысить надежность этих объектов в экстремальных условиях.

– "Рекомендации по безопасному ведению работ при сооружении железных дорог в условиях склоновых процессов". Минтранстрой СССР, М, 1988 г., 82 с. (Коллектив авторов).

Рекомендации содержат основные положения по безопасному ведению работ во время строительства железных дорог в горных районах при наличии склоновых процессов (оползней, обвалов, селей, камнепадов, лавин и т.д.). Они разработаны на основе обобщения и анализа отечественного и зарубежного опыта по строительству железных и автомобильных дорог в горных условиях. Настоящие Рекомендации были разработаны для проектных и строительных организаций Минтрансстроя СССР.

– "Инструкция по содержанию полотна и технике безопасности работ на селеносных участках". М., Транспорт, 1989 г., 31 с. (Коллектив авторов).

В "Инструкции" отмечается, что содержание искусственных сооружений и земляного полотна железных дорог в режиме их нормального функционирования на участках, подверженных воздействию селей, требуют соблюдения надлежащих мер безопасности. В документе предлагается метод ведения надзора за земляным полотном и противоселевыми сооружениями, организационно-хозяйственными, лесомелиоративными и различного рода профилактическими мероприятиями на селеопасных участках пути, за содержанием противоселевых сооружений и способами устранения последствий прохождения селевых потоков.

Несмотря на то, что упомянутые выше нормативные документы, отражающие состояние селевой науки и практики раннего периода, были составлены для различных целей, их отдельные части, выдержавшие испытание временем, могут быть использованы в обновляемых или вновь составляемых нормативных документах.

2. СХЕМА СОСТАВЛЕНИЯ НОВЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Имеющиеся в настоящее время на вооружение у специалистов нормативные документы в области селеведения, как отмечалось выше, в определенной степени устарели, и они не в состоянии удовлетворить возросшие требования практики, которые выставляются современной селевой проблематикой.

К числу подобных разработок, отвечающих этим требованиям, можно отнести публикации в которых даются анализ процессов в селевых очагах [17, 21], способы оценки механизма появления селей катастрофического характера [6], расчет гидрографа селей [20, 23], основные положения динамики их движения [12, 22], формы контуров конусов выноса и дальности выброса селевых отложений [12, 18], методы численного моделирования этих потоков [19], взаимодействие с сооружениями [11], способ установления закона функции распределения максимальных расходов селея на основе теории надежности и риска [6, 8], эмпирические зависимости, позволяющие рассчитать объем селевой смеси, выносимой селевым потоком [18], способ определения средней скорости фронта волны селевого потока, ее длины и формы с учетом фактора гидравлического трения и лобового сопротивления воздуха [11, 12], использование методов математической теории катастроф и теории выбросов с методикой качественной оценки процессов, связанных с формированием и движением селевых потоков [4, 7, 8], новейшие разработки по овражной эрозии и лесомелиоративных мерах борьбы [24].

Новая методология расчета, при использовании которой будет осуществляться проектирование современных противоселевых сооружений нетрадиционной конструкции [4], должна предусмотреть возможность оценки долговечности и времени выхода их из строя [6, 8, 9, 11].

В настоящее время, как никогда, созрела обстановка для разработки новых нормативных

документов по расчету параметров селей и противоселевых сооружений. К этому подталкивает ряд объективных обстоятельств: участвовавшие случаи прохождения селей катастрофического характера в различных регионах мира, в том числе в государствах постсоветского пространства, региональные особенности селей, тенденция расширения границ и нарастание масштабов селепроявления в связи с интенсивным освоением горных и предгорных территорий, бесхозяйственное и часто непредусмотрительное освоение земель, предрасположенных к интенсивному селепроявлению, значительно превосходящие темпы осуществления противоселевых мероприятий, и т.д.

Предполагаемая схема составления нормативного документа или нормативных документов в области селеведения, в общем, должна отображать следующие позиции: регионы распространения, основные виды селей, прогнозирование явления, физико-механические и реологические свойства селей, основы динамики селей, виды противоселевых сооружений и их гидравлический расчет, надежность противоселевых сооружений, организационно – хозяйственные мероприятия по предотвращению селевой опасности и т.д.

Что же касается структуры нормативного документа то в этом случае можно рассмотреть, в основном, два варианта: первый – составление сводного нормативного документа, включающего в себя все основные аспекты селевой проблематики, и второй – создание серий отдельных документов, связанных друг с другом по основным направлениям проблемы.

Работа над вновь создаваемыми нормативными документами должна осуществляться путем тщательного подбора апробированных практикой положений с последующим их обновлением по мере появления более совершенных схем расчета.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Имеющиеся в настоящее время результаты в области исследования селей заслуживают того, чтобы они нашли должное отражение во вновь создаваемых нормативных документах последующего поколения; это даст возможность значительно улучшить проектное обеспечение строительства противоселевых сооружений и, тем самым, обеспечить надежную защиту объектов от растущей селевой опасности.

1. Несмотря на длительное (более чем 100 лет) изучение селевой проблематики до настоящего времени еще нет общепризнанного и апробированного практикой нормативного документа по расчету селей и противоселевых сооружений.

2. При подготовке нормативного документа соответствующего современным требованиям следует четко пояснить содержание основополагающих терминов, используемых в области селеведения.

3. Аномальные свойства селевых потоков ставят перед авторами нормативных документов максимально учитывать их аномальные свойства.

4. Существующие в настоящее время нормативные документы отражают лишь состояние селевой науки и практики раннего периода, они нуждаются в обновлении с учетом результатов современных исследований отечественных и зарубежных специалистов.

5. Вновь составляемые нормативные документы должны отображать как общее состояние проблемы, так и их региональные особенности, а также обоснованный подбор апробированных практикой положений.

6. Подобные требования ко вновь создаваемым нормативным документам позволяют значительно улучшить технологию проектирования, строительства и эксплуатации противоселевых сооружений и мероприятий.

Литература

1. **Виноградов Ю.Б.** Этюды о селевых потоках. "Гидрометеиздат", Ленинград, 1980, 143 стр.
2. **Беручашвили Г.М., Кокоришвили В.И.** Некоторые результаты исследования селевых потоков. //Тр. КазНИГМИ, выпуск 33, "Гидрометеиздат", М., 1969, с. 42-62.
3. **Боголюбова И.В.** Селевые потоки и их распространение на территории СССР. "Гидрометеиздат", Ленинград, 1957, 150 с.
4. **Гавардашвили Г.В.** Прогнозирование эрозионно-селевых явлений в бассейне р. Дуруджи и новые инженерно-экологические мероприятия против них. "Мецниереба", Тбилиси, 2003, 115 с. (на грузинском языке)
5. **Гагошидзе М.С.** Селевые явления и борьба с ними. "Сабчота Сакартвело", Тбилиси, 1970, 384 с.
6. **Мирицхулава Ц.Е.** Оценка частоты появления селей катастрофического характера. // "Гидротехническое строительство", №5, 1988, с. 19-26.
7. **Мирицхулава Ц.Е.** О некоторых методах предсказания характеристик катастрофических паводков. // "Метеорология и гидрология", №1, 2002, с. 89-101.
8. **Мирицхулава Ц.Е.** Надежность гидромелиоративных сооружений, "Колос" М., 1974, 279 с.
9. **Мирицхулава Ц.Е.** Надежность и старение гидротехнических сооружений: Меры по отдалению выхода их из строя. Тбилиси, 2007, 305 с.
10. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Гидравлические закономерности связанных селей. "Мецниереба", Тбилиси, 1996, 154 с.
11. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Движение селей и их взаимодействие с сооружениями. Тбилиси, 2001, 148 с.
12. **Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.** Основы динамики селей. Тбилиси, 2007, 213 с.
13. **Флейшман С.М.** Сели, "Гидрометеиздат", Ленинград, 1978, 309 с.
14. **Хмаладзе Г.Н.** Гидрологические и гидротехнические основы проектирования противоселевых сооружений. //Труды Закавказского института мелиорации, вып. 40(46), "Гидрометеиздат", Ленинград, 1972, с. 209.
15. **Херхеулидзе Г.И.** К определению нагрузок от воздействия селевого потока на поперечные преграды. //Труды Закавказского института мелиорации, выпуск 40(46), "Гидрометеиздат", Ленинград, 1972г., с. 76.
16. **Херхеулидзе И.И.** Скорости течения и русловые характеристики селевых потоков //Труды Закавказского института мелиорации выпуск 40(46), "Гидрометеиздат", Ленинград, 1972, с. 134-180.

17. **Черноморец С.С.** Селевые очаги до и после катастроф. "Научный мир", М., 2005, 178 с.
18. **Chau K.T., Chan L.C.P., Luk S.T., Way W.H.** Shape of deposition fan and run-out distance of debris-flow. //Effects of granular and water contents Proceedings of the second international conference on debris-flow Hazards Mitigation/Taipei/Taiwan/ 16-18 August, 2000. Department of Civil and Structural Engineering, Hong Kong Polytechnic University, People's Republic of China:
19. **Hashimoto H., Park K., Hirano M.** Numerical simulation of small-discharge debris-flows at Mt. Unzendake Volcano. //Japan Proceedings of the second international conference on debris-flow Hazards Mitigation/Taipei/Taiwan/ 16-18 August 2000 p.p.177-183. ,Department of Civil Engineering, Kyushu University, Fukuoka, Japan
20. **Nakagawa H., Takahashi T.** Estimation of a debris flow hydrograph and hazard area. //Proceedings of the first international conference on debris-flow Hazards Mitigation/Taipei/Taiwan/ 16-18 August 2000, pp.64-73.
21. **Takahashi T.** Initiation and flow of various types of debris-flow // Japan Proceedings of the second international conference on debris-flow Hazards Mitigation/Taipei/Taiwan/ 16-18 August 2000, pp. 15-25. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University,
22. **Takahashi, T.** Debris flow. // Proceedings of the second international conference on debris-flow Hazards Mitigation/Taipei/Taiwan/ 16-18 August 2000. Rotterdam: Balkhema
23. **Takahashi, T., Nakagawa H.** Flood/debris flow hydrograph due to collapse of a natural dam by overtopping. //Proceedings of the second international conference on debris-flow Hazards Mitigation/Taipei/Taiwan/ 16-18 August 2000 p.p.41-49.
24. **Харაიшвили Г.И.** Овражная эрозия и лесомелиоративные меры борьбы с ней. Тбилиси, 2009, 84 с.
25. **Богомолов А.И., Миханлов К.А.** Гидравлика. "Литература по строительству", М., 1965, 632 с.
26. **Штеренлихт Д.В.** Гидравлика. "Энергоатомиздат", М., 1984, 639 с.

IMPROVEMENT OF VEGETABLE GROWING USING DRIP IRRIGATION

Tamaz Odilavadze,¹ Konstantine Bziava,^{1,2} Gerrit Hoogenboom,³

Irma Inashvili,¹ Nino Undilashvili¹

E-mail: *odilavadze2004@yahoo.com, k_bziava@yahoo.co.uk,*
gerrit.hoogenboom@wsu.edu, irmainashvili@yahoo.com

¹Georgian State Agrarian University

13 km. David Agmashenebeli Alley, Tbilisi 0131, Georgia

²Georgian Water Management Institute

60, I. Chavchavadze Avenue, Tbilisi 0162, Georgia

³Washington State University

Hamilton Hall 24106 N Bunn Rd, Prosser, USA

INTRODUCTION

The Food and Agriculture Organization (FAO, 2006) reported that during the Soviet period an infrastructure was build to irrigate 469,000 ha of agricultural land, mainly in east Georgia due to its arid climate. After the fall of the Soviet regime, this was reduced to 160,000 ha due to the war and associated theft and vandalism. In addition, almost all pumping schemes were out of order due to lack or poor maintenance.

Many of the local social, economic, demographic, ecological, and political issues are directly related to the use and management of water resources. Due to the intensification of agricultural production, there is also an increased demand for water, which in turn has resulted in a series of local problems. One of the main priorities for the resolution of conflicts is the rational use of water resources for the intensification of agricultural production. In recent history, the distribution of irrigation water has, in many cases, led to physical violence. Civil contention between the different ethnic and religious groups is due to not only the lack of adequate water resources for irrigation, but also the lack of efficient mechanisms to transport water to the end user and the absence of a timely water supply schedule to the water consumers. It is aggravated by a poor system for water conveyance, especially the technically imperfect lined and unlined irrigation canals. Due to the formation of concentrated seepage centers, plunge basins and erosion

pools are a regular occurrence. The traditional methods and techniques used for surface irrigation promote the development of gullies and narrow ravines, causing extensive surface erosion. In addition, they cause a sharp fluctuation of the subsoil water level, secondary bogging, and salinization, which are irreversible processes.

There is, therefore, a need for a radical change of this situation that can only be achieved by the introduction of state-of-the-art technologies for the management of agricultural crops, especially with respect to irrigation. One of these advanced techniques is drip irrigation, which has been widely applied in developed countries, especially in cases where water is a limiting resource. It allows for timely and precise application of supplemental water that results in improved crop growth and development and ultimately leads to higher yield. At the same time drip irrigation makes more efficient use of the available water resources, resulting in water savings as well as long-term sustainability of the environment through a significant reduction in soil erosion. In addition to drip irrigation, improved irrigation scheduling regimes are needed that are based on the actual need of a crop as expressed by evapotranspiration and which can be determined based on information of the local weather conditions, soil water holding capacity and stage of the crop. This can also include the use of state-of-the-art computer models and decision support systems.

^{*}) This research is sponsored by NATO's Public Diplomacy Division in the framework of "Science for Peace"

ESTIMATING EVAPOTRANSPIRATION (ET)

The amount of water evaporated from the soil surface and lost through transpiration of the crop is collectively called evapotranspiration (ET). With drip irrigation, evaporation from the soil is minimized, particularly in plastic mulch production systems, leaving crop transpiration as the main component of water loss.

Environmental variables, primarily solar radiation, air temperature, relative humidity, and wind, are the driving forces behind evapotranspiration. There are two widely used systems which integrate the effects of these variables into a daily reference value. Reference evapotranspiration (ET_0), calculated from the aforementioned environmental variables, estimates ET from a well-watered, uniform-height, actively growing turf, alfalfa or similar crop [8]. Historical mean daily ET_0 is available for

many locations; for example, within the NATO Science for Peace and Security Project SFP 982227 in Marneuli region, vill. Tamarisi the weather station has been installed which provides real-time daily ET_0 .

The other common technique used to estimate relative evaporative demand is pan evaporation (E_p), the daily loss of water from a standardized open, water-filled pan.

Neither pan evaporation nor ET_0 calculated by empirical equations accurately reflects actual crop ET in all climates; these ET estimates commonly require modification based on local conditions [1, 8]. Although it differs somewhat among climates and pan locations (over bare soil vs. green crop), E_p averages 20-30% higher than comparable ET_0 estimates [3].

UTILIZING CROP COEFFICIENTS

E_p or ET_0 values provide an estimate of relative evaporative demand. The amount of water actually lost from a particular field is mostly a function of crop growth stage; as the crop canopy expands water loss increases. To account for crop growth stage, crop coefficients (K_c) are used to adjust either E_p or ET_0 to fit current field conditions. K_c values are available for the common vegetable crops, mostly from regional sources which have compiled local research results or have adapted published information to local conditions.

Several words of caution are appropriate regarding the use of published crop coefficients. They are specific to a particular evapotranspiration estimate (ET_0 or E_p). They are also specific to a particular field configuration, because they are based on an assumed maximum degree of crop canopy coverage; the importance of this can be illustrated by a simple example. A K_c system developed for double-row pepper on a 100 cm bed (where, at maturity, the foliage almost completely covers the ground area) will overestimate the water requirement of drip-irrigated double-row pepper on 150 cm beds, where even at maturity considerable open ground will exist between beds.

An alternative to using published K_c values is to develop coefficients based on the percentage of the soil surface covered by foliage. This ties the coefficient directly to the site-specific field configuration and plant vigor. The percentage canopy cover is estimated by measuring the average in-row plant width and dividing by the bed width. This system works reasonably well for most ground-grown vegetable crops; where crops are staked or trellised this system is less appropriate. Since peak crop water demand may slightly exceed ET_0 [6], percentage canopy cover should be estimated liberally.

Using the water budget approach, crop water requirement is calculated:

$$[(E_p \text{ or } ET_0) - ER] \times K_c = D$$

where E_p , ET_0 and ER (effective rainfall) are expressed as cumulative inches since the last irrigation, and D is depth of water. It is crucial to use K_c values developed specifically for either ET_0 or E_p . If percentage canopy cover is used in lieu of published crop coefficients, the calculation is the same when ET_0 is used; the water use characteristics of most vegetable crops are similar to that of the reference crop on which the ET_0 estimate is based.

When using a canopy cover estimate and E_p , an additional factor must be used to compensate for

the difference between E_p and ET_0 [3]. E_p is typically 20-30% greater than ET_0 .

ACCOUNTING FOR NONUNIFORMITY

The estimate of irrigation requirement must be increased to account for the nonuniformity of the drip system; no system delivers water with complete uniformity, and irrigation should be geared to meet the crop need in the driest part of the field. In general, the basic irrigation calculation should be increased by 10-20% to compensate for nonuni-

formity of the system. If distribution uniformity of the system is less than 80% the cause of the non-uniformity (emitter plugging, design flaws, etc.) should be addressed rather than simply increasing the volume of water applied, since overirrigation in the high flow area can be as damaging as deficit irrigation.

IRRIGATION FREQUENCY

The water budget scheduling system outlined above estimates the volume of water required, but it does not suggest with what frequency it should be applied. It is difficult to generalize about drip irrigation frequency, because there are a plethora of factors to consider (crop, root depth and distribution, soil water holding characteristics, drip wetting pattern, degree of automation, etc.).

However, two basic rules can simplify the issue:

1. Deplete no more than 20-40% of available soil moisture in the most active root zone. For sensitive crops (egg-plant, lettuce, pepper, etc.) limit depletion to 20%; deep-rooting, stress tolerant crops (tomato, melon) allow greater depletion without loss of yield or quality.
2. Limit individual applications to approximately

1.3 cm or less. This limits the degree of root zone saturation after application and minimizes the amount of applied water likely to drain below the active root zone.

Irrigation frequency will vary, depending on crop growth stage and site specific variables. Typically, frequency may be once every 5-7 days early in the season, increasing to daily or every other day during peak water demand. Although some researchers have advocated multiple applications per day [2, 6], that approach is not practiced widely except on very sandy soils during periods of high crop water use. However, in such situations multiple applications per day may be required to prevent unacceptable crop stress and/or significant leaching of water and nutrients.

OTHER CONSIDERATIONS

The preceding discussion forms the framework for making decisions on drip irrigation volume and timing. There are other important site- and crop-specific considerations.

1. Early season irrigation scheduling

Early in the season when plants are small, it is beneficial to encourage roots to explore as much of the soil profile as possible. This maximizes nutrient uptake and maximize stress tolerance later in the season. The best approach to early season irrigation is to begin with a full soil profile and encourage deep rooting by not watering routinely, but rather waiting until the 20% depletion of available water is reached at the appropriate monitoring

depth. This may mean going 5-7 days or longer between irrigations on spring plantings. Obviously, when establishing plantings in hot weather, the interval would be less; in this circumstance water may be applied for its cooling effects or seedbed salinity control, as well as for plant uptake. Once the crop is established and rapidly growing, you can switch to the scheduling technique outlined. Many growers have found that, despite the added costs, sprinkling to establish the crop is a useful practice, particularly for shallowly planted crops such as lettuce. In addition to maximizing plant stand, sprinkling wets the entire soil profile, encouraging more extensive rooting and improving

capillary movement of water from drip lines once drip irrigation begins.

2. Irrigating shallowly-rooted crops

Many drip irrigation systems now in use for vegetable production utilize buried lines, typically 15-30 cm deep, which are reused for subsequent crops. Deep-rooted crops like tomato and melon can be managed efficiently, but shallow-rooted crops such as celery and lettuce may not be able to 'reach' all applied water. This problem can be minimized by:

- a) using low beds that minimize the depth of the drip lines.
- b) forming tightly pressed beds, which improves capillary water movement.
- c) irrigating often, using high-flow tape or tubing if possible. It is particularly important on heavy soils not to let the soil above the drip line dry out, because reestablishing capillary wetting is difficult.

3. Imposing moisture stress

There are circumstances where it may be desirable to withhold water at the end of the season, either to aid harvest or to improve quality. With melons or processing tomatoes for example, soluble solids content of the fruit is an important quality factor; a controlled degree of moisture stress as fruits ripen may be beneficial, although the relative degree of improvement will be modest. There are no firm guidelines established, but the general rule for processing tomatoes would be to supply water adequately through fruit set then begin deficit irrigation 4-5 weeks before harvest, completely cutting off water about 2 weeks before harvest. Since melons are usually harvested over several weeks, completely cutting off water before harvest begins may sacrifice yield. An alternative would be to reduce applications by 50-75% starting roughly 7-10 days before initiation of harvest. A recent study showed that melon quality was not compromised by drip irrigation during harvest, provided that irrigation was applied daily at low rates. For either melons or processing tomatoes, these guidelines assume that the season began with a full soil profile to encourage deep rooting. Crops grown in very sandy soils tolerate less water stress than those on soils with higher available water-holding capacity. Also, deficit irrigation may induce root intrusion into the drip emitters; appropriate steps

should be taken to manage this problem.

4. Accounting for rain

Drip irrigation scheduling will be influenced by rain, but not always in the obvious way. In general, less than 0.25 cm of rain can be ignored since most of it will evaporate from the soil surface rather than be used by the plant. Rainfall between 0.25-1.90 cm can be considered effective, in the sense that much of it may reach, and stay, in the root zone. However, there can be a hidden danger in a rain of this magnitude. With buried drip systems, the top few mm of soil will tend to collect salts (originally added by water or fertilizer inputs), sometimes to very high levels. A light rain can push this concentrated band of salts into the root zone. In such circumstances, actually irrigating during and/or immediately after the rain will help dilute this salt load and leach it away from the roots. This problem is confined generally to areas of high ET_0 and marginal water quality. Precipitation over 1.90 cm usually will be sufficient to minimize this problem.

5. Use of plastic mulch

Drip irrigation is commonly used in conjunction with polyethylene bed mulch. Significant effects of mulch on irrigation demand are relatively modest and generally confined to the early weeks of a growing season, before the plant canopy covers the wetted soil surface, if any. Scheduling early-season irrigation based on soil moisture depletion will work equally well for mulched or bare-soil cropping systems. Once a substantial crop canopy is established, mulch effects on crop water demand will be negligible. However, mulch can change the wetted area of the bed. By nearly eliminating evaporation from the soil, and by trapping condensate, mulch tends to keep the surface soil moist; by comparison, with buried drip systems on bare soil beds, the top 5-10 cm of soil may dry over time, even though crop water demands are being met. This has implications for fertilizer management because the surface soil is generally the richest in P and K availability.

6. Leaching for salinity control

Experienced growers recognize the danger of high soil or water salinity in vegetable crop production. Drip irrigation can minimize salinity problems in two ways: (1) by reducing evaporation

from wet soil surfaces (which concentrates salt) and (2) by continually moving soluble salts to the edge of the wetting pattern, away from roots. Consequently, in-season leaching requirements are minimal for most drip-irrigated vegetable crop operations. The exceptions are:

a. Areas of high initial soil salinity, poor water quality (>1,200 PPM soluble salts) or poor soil structure and/or drainage.

b. Areas of high ET_0 and low annual rainfall.

In areas where salinity is a problem, it is best handled by leaching the soil profile before planting a vegetable crop, as is typically done in sprinkler- or flood-irrigated systems. When in-season leaching is required, a specific leaching fraction can be built into the calculation of the irrigation requirement.

DIRECT SOIL MOISTURE MONITORING

There can be several significant sources of error in the irrigation scheduling system previously described. Each site, soil type, and season is unique. Direct soil moisture measurement is the essential safeguard to avoid over- or under-watering, both of which can compromise the benefits of drip irrigation. Of the common soil moisture monitoring techniques available, the use of soil sensors (tensiometers) is one of the best for monitoring drip irrigation. Despite substantial cost and the need for maintenance, soil sensors (tensiometers) can provide crucial information.

The first consideration is soil sensors (tensiometer) placement. One set of instruments should be placed in the zone of most active root uptake. Depth will depend on the crop; shallow-rooted crops like celery or lettuce should be monitored at 20-25 cm, whereas tomato and melon crops are evaluated best at 30-40cm. It is also important to understand what is happening to soil moisture at lower depths; another set of instruments installed 20-25 cm below the shallow set will provide this information. To be sure those representative readings are obtained, soil sensors (tensiometers) at each depth should be installed at several locations in a field, because no irrigation system is totally uniform, nor are field soils homogeneous.

Correct interpretation of soil sensors (tensiometer) readings is critical. To understand exactly what the readings mean, one would need to know the soil moisture release curve for each field being monitored. Few growers have access to that information, so generalizations must be used. Optimum soil moisture usually is assumed to be near field capacity (the maximum amount of water a soil can hold against the force of gravity). In most

sandy soils, soil matric potential at field capacity is between 7-12 centibars (cb), in loam soils between 12-20 cb. In coarse- to medium-textured soils, tensiometer readings at 20% available moisture depletion are 10-15 cb higher than at field capacity; this means that for stress-sensitive crops, irrigation should commence before tensiometers exceed 17-22 cb in sandy soil or 22-30 cb in loam or clay loam soil. Some studies suggest that in sandy soil, optimal drip irrigation management requires maintenance of soil moisture tension near field capacity [7, 10].

Shallow tensiometers indicate the moisture status of the active root zone; the deeper instruments indicate whether the amount of water applied is correct. After irrigation, deep tensiometer readings should go down near, or even below, field capacity. If they do not, it means the application was too light. Between irrigations the deep tensiometer readings should come back up near, or slightly above, field capacity, indicating that deep roots are not permanently saturated. Failure of deep tensiometers to rebound between irrigations means that either the application is too heavy, too frequent, or there is restricted drainage which is preventing movement of gravitational water.

Another useful soil moisture monitoring tool is the portable soil capacitance probe. It works by emitting a radio frequency wave and measuring the attenuation of the wave by the soil around the probe tip. This instrument is best suited to compare the relative water content of different areas or soil depths, identifying under- or over-irrigated areas. It is a tool to augment, not replace, tensiometers. The major advantages of the soil capacitance probe are its portability and quick response time. A major

limitation is that it can be difficult to insert the instrument deeper than 30 cm in many field situations, particularly in multiple crop drip installations where deep tillage is not practiced routinely.

Other soil moisture monitoring techniques are available, such as resistance blocks and the neutron probe, but they are not ideal for use in drip-irrigated vegetable production. Another technique

which has achieved some acceptance for scheduling drip irrigation of cotton and other row crops is infrared thermometry [4, 5], which calculates a crop water stress index from crop canopy temperature and environmental variables. This approach has been used with some success with tomato and melon, but is poorly suited for use in other vegetable crops.

References

1. **Burman, R.D., P.R. Nixon, J.L. Wright and W.O. Pruitt.** 1980. Water requirements. In: Design and operation of farm irrigation systems. M.E. Jensen (ed.). Amer. Soc. Agric. Eng. Monograph 3, ASAE, St. Joseph, Michigan, p. 189-234.
2. **Davis, K.R., C.J. Phene, R.L. McCormick, R.B. Hutmacher, and D.W. Meek.** 1985. Trickle irrigation frequency and installation depth effects on tomatoes. Proc. Third Intl. Drip/Trickle Irrig. Congr., Fresno, Calif., p. 896-902.
3. **Doorenbos, J. and W.O. Pruitt.** 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. FAO, Rome.
4. **Idso, S.B.** 1982. Non-water-stressed baselines: A key to measuring and interpreting plant water stress. Agric. Meteorology 27:59-70.
5. **Jackson, R.D.** 1982. Canopy temperature and crop water stress. Adv. Irrig. 1:43-85.
6. **Kruashvili I. G., Inashvili I. D., Bziava K. N., Loria M. D.** 2006. Mathematical Model for the Definirion of Heat Conductivity of Soil for Achieving the Harvest of Early Agricultural Crops. Annals of Agrarian Science, , vol. 4, #2, Tbilisi, p. 98-101.
7. **Phene, C.J., R.L. McCormick, J.M. Miyamoto, D.W. Meek, and K.R. Davis.** 1985. Evapotranspiration and crop coefficient of trickle-irrigated tomatoes. Proc. Third Intl. Drip/Trickle Irrig. Congr., Fresno, Calif. p. 823-831.
8. **Pier, J.W. and T.A. Doerge.** 1995. Nitrogen and water interactions in trickle-irrigated watermelon. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:145-150.
9. **Pruitt, W.D., E. Fereres, and R.L. Snyder.** 1987. Reference evapotranspiration (ET_0) for California. Univ. of Calif. Ext. Bul. 1922.
10. **Snyder, R.L., B.J. Lanini, D.A. Shaw, and W.O. Pruitt.** 1987. Using reference evapotranspiration (ET_0) and crop coefficients to estimate crops evapotranspiration (ET_c) for agronomic crops, grasses and vegetable crops. Univ. of Calif. Coop. Ext. Lflt. 21427.
11. **Thompson, T.L. and T.A. Doerge.** 1995. Nitrogen and water rates for subsurface trickle-irrigated romaine lettuce. HortScience 30:1233-1237.

ნიადაგის წყლისმიერი და ქარისმიერი ეროზიის საწინააღმდეგო
მანქანა-იარაღები

ვახტანგ სამხარაძე,¹ გიორგი კოკილაშვილი,² ვახტანგ ჯანელიძე²

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

შეშავალი

წყლისმიერი ეროზია მდგომარეობს ფართობის ზედაპირზე ჩამონადენი წყლის ნაკადით ზედაპირული ფენის ნაწილაკების ჩამორეცხვაში, რაც განსაკუთრებით მიმდინარეობს ბორცვიან მთისწინა ნაწილში. დადგენილია, რომ 10–20 გრადუსიანი ქანობის ფერდობებიდან წელიწადში ჩამორეცხება 200–300 ტ/ჰა ნიადაგი; ამასთან, ქანობისა და ინტენსიური წვიმების გაზრდისას მატულობს ჩამორეცხილი პეშუსოვანი ნიადაგის რაოდენობა. ასეთივე შედეგს იძლევა მიწების არასწორი მელიორაცია, კერძოდ, რწყვის წესებისა და სწორი ტექნოლოგიის დაცვის გარეშე ფართობების მორწყვის დროს ადგილი აქვს ნიადაგის გაძლიერებულ ჩამორეცხვას. სპეციალური აგროტექნიკური წესებით დამუშავებული ნიადაგები დიდ გავლენას ახდენს მის ჩარეცხვაზე. ეროზიის გამოსარიცხად საჭიროა წყლის ნაკადი გადატანილ იქნეს ნიადაგის შიდა ფენაში და მისი სიჩქარე შემცირდეს იმ დონემდე, რომ ადგილი არ ჰქონდეს ნიადაგის ჩარეცხვას.

წყლისმიერი ეროზია ძლიერდება მანამდე, სანამ მცენარე ან ბალახი იწყებს აღმოცენებას. გაზაფხულზე, როცა იწყება ნიადაგის დამუშავება და ადგილი აქვს ატმოსფერული ნალექების, კოკისპირული წვიმების მატებას, ეროზიის თავიდან ასაცილებლად ერთადერთ ღონისძიებად ითვლება ნიადაგის სპეციალური აგროტექნიკური დამუშავება. იგი ისე უნდა მუშავდებოდეს, რომ იზრდებოდეს წინააღმდეგობა ჩარეცხვისადმი, მცირდებოდეს წყლის ნაკადის სიჩქარე, ძლი-

ერდებოდეს მისი შთანთქმის უნარი, რათა შენარჩუნებულ იქნეს სინესტე ნიადაგის სახე-ნაგ ფენაში და მის ძირში. წყლის ეროზიის საწინააღმდეგო რადიკალურ ღონისძიებად ითვლება ფართობების დატერასება და ნიადაგის მოშანდაკება, რაც ძვირადღირებულია. ეს ღონისძიებები იძლევა თვითანაზღაურებას მხოლოდ ფართო მასშტაბის ფართობებზე, რაც საქართველოს ნიადაგების მცირე კონტურების პირობებში გაუმართლებელია.

საქართველოს ტერიტორიის მნიშვნელოვანი ნაწილი განიცდის ქარისმიერ ეროზიას, რომლის ინტენსივობას განსაზღვრავს: რეგიონის კლიმატი, ქარის სიჩქარე, განაპირა მინდორდამცავი ზოლების არსებობა და სხვა. ქარისმიერი ეროზიის გაძლიერებას იწვევს ნიადაგის დამუშავება ბელტის გადაზრუნებით, რის შედეგადაც მცენარეთა ფესვებით გამაგრებული, ეროზიისადმი მდგრადი ფენა ქვევით ექცევა, ხოლო გაუმაგრებელი ფენა ზევით ამოდის.

აღნიშნული თვისებები და პროცესები, ძირითადად, დამოკიდებულია გრუნტების კოლოიდურ-ქიმიური შემადგენლობაზე და წვრილდისპერსული ნაწილის მდგომარეობაზე.

ამიტომ, გრუნტების თვისებების რეგულირების მეცნიერული საფუძვლები უნდა ეყრდნობოდეს ფიზიკურ-ქიმიური მექანიკის თეორიულ პრინციპებს, ვინაიდან ისინი აერთიანებს კოლოიდური ქიმიის, მოლეკულური ფიზიკისა და დისპერსული სხეულების მექანიკის შეხედულებებს.

პირითადი ნაწილი

მცენარეული საფარის გავლენა

მცენარეული საფარის გავლენა ნიადაგ-გრუნტების ეროზიაზე ვლინდება ძირითადად შემდეგში: ფესვთა სისტემა, რომელიც ამაგრებს ნიადაგ-გრუნტებს, ასრულებს არმირების როლს, ზრდის აგრეგატის წინააღმდეგობას მოგლეჯვა-გამორეცხვის მიმართ; მცენარეულობა წვიმის წვეთის დარტყმისას იცავს ნიადაგს დამანგრეველ-გამაფრქვეველი ზემოქმედებისაგან. გაშიშვლებულ ნიადაგთან შედარებით მცენარეული საფარი მეტ-ნაკლებად ხელს უშლის წყლის თავისუფალ დინებას, ზრდის ხორკლიანობის კოეფიციენტს. ეს ყველაფერი, ერთად აღებული, მკვეთრად ამცირებს ნიადაგის ეროზიის ინტენსივობას. (ც. მირცხულავა [1, გვ. 29].

მინდორზე არასწორი ზედაპირისას, წვიმების შესაკაველად საჭიროა გამოყენებული იქნეს შემდეგი აგროტექნიკური მეთოდები, ტექნოლოგიები და ნიადაგდამამუშავებელი მექანიზმები: ნიადაგის ხვნა გამაფხვიერებლებით, ბრტყელსაჭრელი გუთნებით, ფრთამოხსნილი გუთნებით ბელტის გადაბრუნების გარეშე, საფეხურიანი ხვნით, დისკოებიანი კულტივატორებით, ვერტიკალური ნაპრალსაჭრელებით მასში მოწყობილი ბუნკერით, მულჩის ნაპრალში ჩასაყრელად, სპეციალური მულჩირების აგრეგატით, საკიდი საგორი კვალსაჭრელით და სხვა. აღნიშნული გათვლილია ზედაპირული წყლების შესაკაველად ფერდობებზე, წყლის ნაკადის სიჩქარის შესამცირებლად და ნიადაგის სიღრმეში სინესტის შესანარჩუნებლად, რაც ხელს შეუწყობს ფართობებზე ჰუმუსოვანი ფენის შენარჩუნებას და სოფლის მეურნეობის კულტურების ზრდას.

ნაკვეთები, რომლებიც განიცდის ქარის-მიერი და წყლისმიერი ეროზიის ზემოქმედებას, მოითხოვს ნიადაგის განსაკუთრებულ დამუშავებას. ქარისმიერი ეროზიისას ბელტის გადაბრუნებით ხვნა შეცვლილია ნიადაგის ბრტყლად დამჭრელების გამოყენებით ისე, რომ მეტი ნაწვერალი და სხვადასხვა ბალახი დარჩეს ნიადაგის ზედაპირზე. ნიადაგის ძირითადი და თესვისწინა დამუშავების დროს უნდა შესრულდეს შემდეგი სამუშაოები: ნაწვერალის აოშვა, ნიადაგის გაფ-

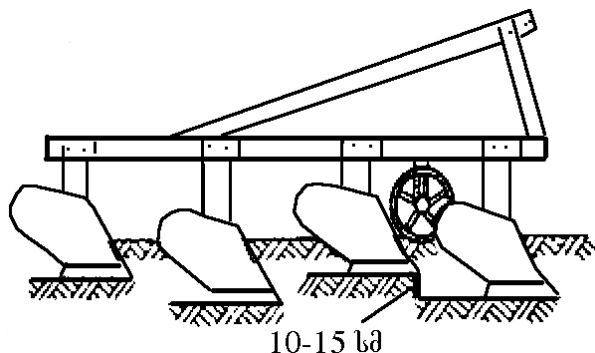
ხვიერება, დაფარცხვა, რისთვისაც გამოიყენება სხვადასხვა დასახელებისა და მარკის სპეციალური მანქანა: ფარცხი მათოხი, კულტივატორ-ბრტყლადდამჭრელი, ბრტყლადდამჭრელ-გამაფხვიერებელი, მომტკეპნები, აოში გუთანნი, უფროთ გუთანნი, ნიადაგის დამღარავი და სხვა. განსაკუთრებული უპირატესობა ეძლევა საფეხურებიან გუთანს, ნიადაგის ვერტიკალური მულჩირების ნაპრალსაჭრელს, ვერტიკალური მულჩირების მოდერნიზირებულ აგრეგატს АПВУ-I და საგორ კვალსაჭრელს. განვიხილოთ თითოეული ცალ-ცალკე.

საფეხურებიანი გუთანნი

საფეხურებიანი ხვნა მიმართულია წყლის ნაკადის შთანთქმის უნარის გასაუმჯობესებლად. იგი უნდა სრულდებოდეს დახრილობის გარდიგარდმო. უფრო მაღალი ქანობის მქონე ფართობების დამუშავებისას უნდა წარმოებდეს ბელტის გადაბრუნება ზევით დახრის მიმართულებით. ამ შემთხვევაში წყლები შთანთქმება ნიადაგში 15-20% - ით მეტი, ვიდრე დახრის მიმართულებით ბელტის გადაბრუნებისას [2]. გუთნების ნორმალური მუშაობისათვის ფერდობებზე საჭიროა დამუშავების სიღრმის სწორად რეგულირება, რაც დაიცავს ფართობს წყლის ნაკადისაგან.

ფერდობის გარდიგარდმო ხვნის ეფექტი ბევრად უფრო მაღალია, ვიდრე ჩვეულებრივი ხვნისას, რადგან დათხემილი ნიადაგის ზედაპირი ხელს უწყობს წყლის ნაკადის შემცირებას. ამის გარდა, კვლის ძირის საფეხურებიანი პროფილი საშუალებას იძლევა შენარჩუნებულ იქნეს სინესტის მეტი მარაგი ნიადაგში, ასევე უმჯობესდება ფილტრაცია ქვედა ფენაში, ვინაიდან ფხვიერდება სახნავის ძირი. საფეხურიანი ხვნა შეიძლება შესრულდეს გუთნით, რომელიც აღჭურვილია სხვადასხვა სიმაღლის დგარებიანი კორპუსით. ი. დოკუჩაევის სახელობის საკავშირო სოფლის მეურნეობის ინსტიტუტში [3] საფეხურებიანი ხვნისათვის იყენებდნენ ოთხ კორპუსიან საკიდ გუთანს, რომლის მაღალდგარიანი პირველი და მესამე კორპუსები მეორესა და მეოთხესთან შედარებით აწარმოებდა 10-15 სმ-ით უფრო ღრმად დამუშავე-

ბას (ნახ. 1); საფეხურებიანი ხენის ბელტის სხვადასხვა კვეთისა და აგრეგატის გარდმოგარდმო მოძრაობის დროს წარმოიქმნება ტალღისებური ზედაპირი, რაც ბევრად ამცირებს წყლის ნაკადის სიჩქარეს. ეს კი თავის მხრივ – ნიადაგის ეროზიას.



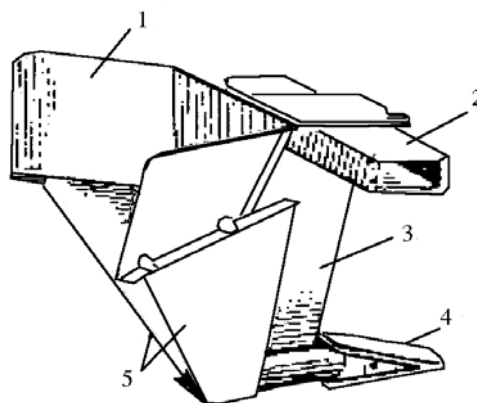
ნახ.1. IIIH-4-35 გუთნის მუშაობის სქემა საფეხურებიანი ხენისას

ნაპრალსაჭრელი

ვერტიკალური მულჩირებისთვის ნიადაგის წყლისმიერი ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლის ერთ-ერთი მეთოდია ფერდობზე ვერტიკალური მულჩირება, რაც მდგომარეობს ქანობის გარდმოგარდმო ნაპრალეების დაჭრაში და მასში დაქუცმაცებული ორგანული ფოროვანი მასალების ჩაყრაში. ნიადაგის ვერტიკალური მულჩირება დაამუშავეს ინდიანის შტატის პერდიურის უნივერსიტეტის თანამშრომლებმა, რაც მდგომარეობს ზედაპირული წყლების ადვილად შთანთქმვაში. მათ მიერ შემოთავაზებულ იქნა ფერდობებზე ყოველ 2 მეტრში 0,5 მ. სიღრმის V-ს მსგავსი ნაპრალეების გაჭრა, რომელთა სიგანე ზედაპირზე 0,152, ხოლო ძირი 0,076 მ-ია. იგი ამოვსებულ იქნა დაჭრილი სიმინდის ჩალით, თივით და სოფლის მეურნეობის კულტურების ნარჩენებით [4, 5, 6]. ვერტიკალური მულჩირებისათვის გამოიყენება პასიური ტიპის ნაპრალსაჭრელი (ნახ. 2).

ნაპრალსაჭრელი იკიდება ტრაქტორის უკანა საკიდ ღერძზე, რომელიც აგრეგატირდება სათიბ-დამაქუცმაცებელთან ან სილოსის ამღებ კომბაინთან ერთად და მისი საშუალებით დაქუცმაცებული ორგანული მასა იტვირთება ნაპრალში. სათიბ-დამაქუცმაცებელი მოძრაობაში მოდის ტრაქტორის ძალამართმევი ლილვით. ნიადაგის ვერტიკა-

ლურ მულჩირებას სწავლობდა მრავალი ამერიკელი მეცნიერი, რომლებიც აღნიშნავენ ამ მეთოდის დადებით ეფექტს და მის გამოყენებას სოფლის მეურნეობაში. მაგალითად, მეცნიერის R.V. Peebler-ის [7] თქმით, მულჩის ფორიანობის შედეგად ნიადაგი იძენს კარგ ფილტრაციის უნარს, რაც იძლევა საშუალებას, რომ წყალი ადვილად ჩავიდეს მიწში ნიადაგებში. იმავედროულად უმჯობესდება ნიადაგის წყალგამტარობა და ძლიერდება ნესტის ინტენსივობა. ასე რომ, ნაპრალის გაჭრისას ნიადაგი ფხვიერდება. ყოველ 2 მ-ზე გაჭრილი ნაპრალი სიღრმით 0.5 მ, ორჯერ ზრდის სინესტის შთანთქმას ზედაპირზე. ხელოვნური დაწვიმებისას, 127 მმ/სთ ინტენსივობით, არ წარმოიშობა ზედაპირული ნაკადი. იგი შეიმჩნევა მხოლოდ 177 მმ/სთ ინტენსივობის დროს.

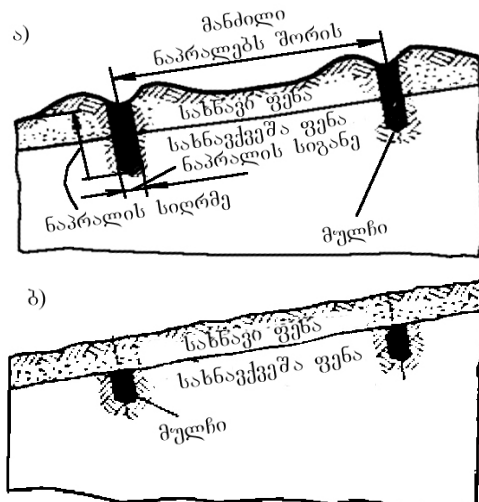


ნახ. 2. ნაპრალსაჭრელი მოწყობილობა ვერტიკალური მულჩირებისათვის
1. ბუნკერი, 2. ჩარჩო, 3. დგარი, 4. მჭრელი ქუსლი, 5. გვერდითი ფირფიტები

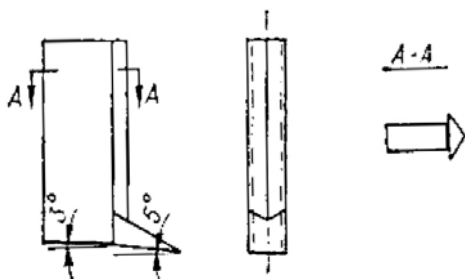
ნიადაგის ფენაზე ვერტიკალური მულჩირების ფიზიკურ გავლენას ნაპრალის გასწვრივ კედლებთან მდებარე მულჩირებულ მასალაზე იკვლევდა აგრეთვე მეცნიერი G.F. Parr-ი [8]. იგი მულჩირების მოქმედებას აღარებდა ნიადაგის გაფხვიერებას იმავე სიღრმეში. მან დაადგინა, რომ მულჩირებისას ორგანული ნივთიერებების ღვობით მათი მოცულობა მცირდება, კლებულობს სიმკვრივე. უმჯობესდება მისი აგრეგაცია და სინესტის დაგროვება. ასევე მძლავრდება წვიმის ჭიების მოქმედება ვერტიკალური

მულჩირებისას და ორგანული ნივთიერების სრული ღებობა. აღნიშნული ღონისძიება თავის დანიშნულებას ასრულებს 3-5 წლის განმავლობაში ნაპრალო შორის ფართობებზე. ამგვარად, ვერტიკალური მულჩირების ზემოთ ჩამოთვლილი დადებითი თვისებები მცირე ფილტრაციის ნიადაგებში მცირდება, რაც ხელს უწყობს სოფლის მეურნეობის პროდუქტიულობის ზრდას.

კალიფორნიის უნივერსიტეტის მონაცემებით [9] მულჩირებულ ფართობებზე ლუცერნის დათესვისას, რომელიც ტარდებოდა 0,508 მ სიღრმეზე, ნაპრალებს შორის 1,524 მ მანძილის დროს, ნიადაგში წყლის მარაგი ჩავიდა 2,74 მმ-დან 355,6 მმ-დე, რამაც გამოიწვია მშრალი მასის მატება პექტარზე 2630 კგ-ით. ასევე მულჩირების მეთოდის ქანობებზე გამოყენებით ბელორუსიაში, მინსკის მხარეში ЦНИИМЭСХ-ის მიერ ჩატარებული ცდებით დადებითი შედეგები იქნა მიღებული [10].



ნახ. 3. ნიადაგის ვერტიკალური მულჩირების სქემა. ა) განივი ჭრილი ნიადაგის დამუშავებამდე ბ) იგივე, ნიადაგის დამუშავების შემდეგ.



ნახ. 4. ფრეზირებული ტორფით ნიადაგის ვერტიკალური მულჩირების მუშა ორგანო

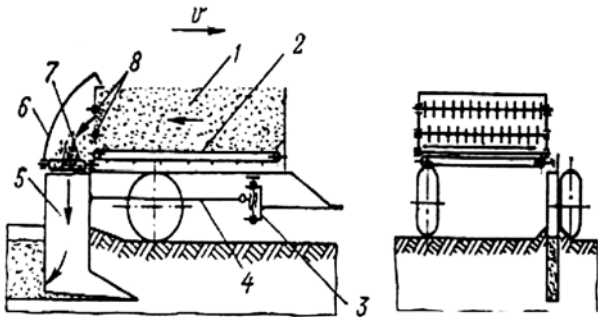
ვერტიკალური მულჩირების მოღონიშნული აბრეშატი АНВУ-I

ნიადაგის ვერტიკალური მულჩირების ტექნოლოგიური პროცესი მდგომარეობს შემდეგში: მანქანის გადაადგილებისას ძარაში I ღრმით დაკეპილი მასა (ნახ. 5) გრძივი ტრანსპორტიორით 2 მიეწოდება ბიტერს 8, რომელიც აღნიშნულ მასას აფხვიერებს და აწვდის განივ ტრანსპორტიორს 7. განივი ტრანსპორტიორით მასა მიეწოდება მუშა ორგანოს 5 მიმმართველი 6 ჩაღრმავებული მულჩირების სიღრმემდე და ნაწილდება ნაპრალებში. მუშა ორგანო სახსრულად უერთდება საწვეარ 4-ს, რომელზეც მოწყობილია ჩაღრმავებული მარეგულირებელი ხრახნი. მუშა ორგანოს მართვა (ზევით ან ქვევით) ხდება ჰიდროცილინდრის საშუალებით, რომელიც სახსრული შეერთებითაა დაკავშირებული აგრეგატის ჩარჩოსთან და მიერთებულია ტრაქტორის ჰიდროსისტემასთან. დაკეპილი მასის მიწოდება ძარიდან გრძივი ტრანსპორტიორით რეგულირდება უკანასკნელის სიქარის ცვლის საშუალებით დროის ერთეულში. ტრანსპორტიორის მოძრაობაში მოყვანა ხდება ტრაქტორის სიმძლავრის გადამცემი ლილვით. საცდელ ნაკვეთებზე ნიადაგის ვერტიკალურ მულჩირებას აწარმოებდნენ შემოდგომაზე შემდეგი მონაცემების დაცვით: სიღრმე 35-40 სმ, ნაპრალებს შორის მანძილი – 4-6 მ; დაკეპილი ორგანული მასის ხარჯი გრძივ მეტრ ნაპრალზე – 40დმ3, ვერტიკალური მულჩირებისას პროდუქტიულობის ნამატი პირველ წელიწადს შეადგენდა 36-53 ცენტნერ მწვანე მასას (22.3 – 39%). [13]. შემდგომში ნაკვეთი მინერალიზირდება. ამ მეთოდის შედეგად ადგილი ექნება მოსავლის ზრდას ხანგრძლივი პერიოდით. ამ პროცესის შესასრულებლად შეერთებულ შტატებში ფირმამ “Mand Y Hir Company” დაიწყო სპეციალური მანქანის სამრეწველო წარმოება.

საბოროი კვალსაზრელი

საქართველოს ფერდობების კალთებზე ნიადაგების დაცვის ღონისძიებათა შორის წყლისმიერი ეროზიის შეკავების ჩასატარებლად მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ქანობის მართლებულად გატკეპნილი კვლების

დაჭრას საგორი კვალსაჭრელის საშუალებით. გატეკუნის ტექნოლოგიით კვლების დაჭრისას მცირდება როგორც ქარისმიერი ასევე წყლისმიერი ეროზია.



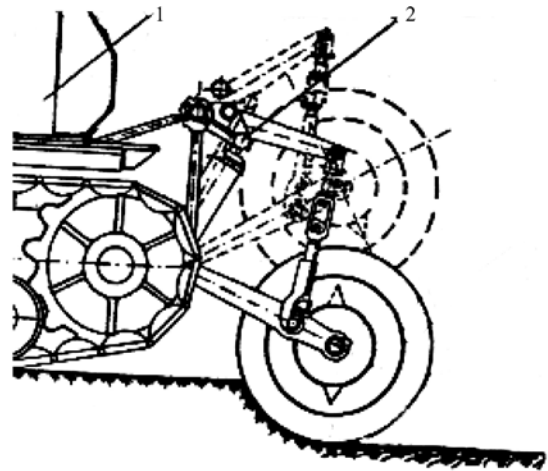
ნახ. 5. გადაიარადებული ვერტიკალური მულჩირების ტექნოლოგიური სქემა აგრეგატით АПВУ-1. 1. ძარა, 2. გრძივი ტრანსპორტიორი, 3. სიღრმის რეგულატორი, 4. გრიალოლა, 5. მუშა ორგანო, 6. მიმმართველი, 7. განივი ტრანსპორტიორი, 8. ბიტერი.

საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში დამუშავდა ზედაპირული წყლების შემკრები კონუსური ტიპის საგორი კვალსაჭრელი (ნახ. 6), რომელიც იკიდება ტრაქტორზე ДТ-75 და მუშა ორგანო თავისი წონითა და ტრაქტორის ჰიდრავლიკური საკიდით ღრმავდება ნიადაგში ტკეპნითა და გადგორებით, იგი უკან ტოვებს ჩატკეპნილ სუფთა კედლებიან მდგრადი სამკუთხედის კვეთის კვალს. მუშა ორგანოს გვერდით საგორებზე აქვს დამაგრებული კუთხოვანები, რომლებიც ჭადრაკული მიმდევრობით ტკეპნიან მცირე ზომის წყალმიმდებებს. ისინი იწყება ტრაქტორის ნაკვალევიდან, ეშვება კვალში, რისი საშუალებითაც ზედაპირული წყალი, რომელიც წარმოიშვება უხვი ნალექების (წვიმების) შედეგად, მიიღება წყალმიმდებები კვლებით. საგორი კვალსაჭრელის სიახლე დაცულია სამი საავტორო მოწმობით და პატენტით. იგი კონსტრუქციულად მარტივია, გამოცდილი იქნა წარმოებებში, დამზადდა სერიულად და აქვს მაღალი წარმადობა.

ტექნიკური დახასიათება

სამუშაო სიჩქარე – კმ/სთ, 3-10; მწარმოებლობა – კმ/სთ, 4-5; კონუსური დისკოს დიამეტრი – სმ, 120; გვერდითი საგორის დიამეტრი – სმ, 60; მუშა ორგანოს წონა –

კგ, 500; დაჭრილი კვალის ზომები, სმ; სიღრმე – 30-45; სიგანე ზედაპირზე – 25-45.

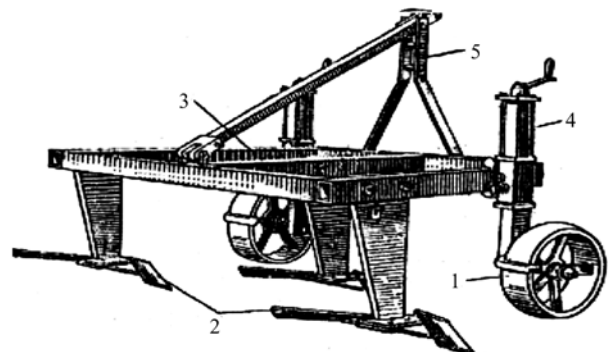


ნახ. 6. საგორი კვალსაჭრელი

ეროზიის საწინააღმდეგო ნიადაგდამამუშავებელ მანქანათა კომპლექსში აგრეთვე შედის ბრტყელსაჭრელიანი ღრმადგამაფხვიერებლები, ბრტყელსაჭრელიანი კულტივატორები, შტანგიანი, თათებიანი და ფრეზერული კულტივატორები, როტაციულენმსებიანი.

ბრტყელსაჭრელიანი ღრმადგამაფხვიერებლები

ქარხნები გვაწვდიან ორი სახის საკიდ ღრმადგამაფხვიერებლებს КНГ-250 და КНГ-150, КНГ-3-150, რომლებიც დანიშნულია ნიადაგის ბრტყელსაჭრელიან დამუშავებისთვის 10-30 სმ. სიღრმეზე. ისინი ძირითადად გამოიყენება გვიანი შემოდგომის დამუშავებისას. ასევე შეიძლება გამოყენებული იქნეს აგროფონების კულტივაციისას.



ნახ. 7. ღრმად გამაფხვიერებელი

ბრტყელმჭრელი КНГ-3-150

1.საყრდენი თვალი, 2. მუშა ორგანო, 3. ჩარჩო, 4. სარეგულირო მექანიზმი, 5.საკიდი

დასკვნა

ამრიგად, ნაკვეთები, რომლებიც განიცდიან წყლისმიერ და ქარისმიერ ეროზიას, მოითხოვს განსაკუთრებულ ნიადაგდამამუშავებელ მექანიზმებს. ზედაპირული წყალი, რომელიც წარმოიშობა წვიმების შედეგად, მიიღება წყალმიმღები კვლებითა და ნაპრალებით, რომელთა დაჭრა უნდა ხდებოდეს

შემდეგი მექანიზმებით: საფეხურიანი გუთნით, ნაპრაღსაჭრელით, ვერტიკალური მულჩირების მუშა ორგანოთი, საგორი კვალსაჭრელით და ღრმად გამაფხვიერებელი ბრტყელსაჭრელით.

ლიტერატურა

1. **Мирицхулава Ц.Е.** Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.: "Колос", 1970.
2. **Рюбензам Э., Рауэ К.** Земледелие. М.: "Колос", 1969, 520 с.
3. **Котлярова О.Г.** Ступенчатая вспашка на склонах. //ВНИИ Механизация работ по защите почв от водной эрозии. М.: "Колос", 1969, с. 183-189.
4. **Spain G.M.** Vertical mulching. //The Farm Quarterly Magazine. Spring, 1957, 117 p.
5. **Spain G.M., Liljedahl G.B.** Vertical mulching. //World Crops, 1960, vol.12, №11, p. 419-421.
6. **Вагин А.Т.** Механизация защиты почв от водной эрозии в нечерноземной полосе. Л.: "Колос", 1977.
7. **Peebler R.V.** Heres help for problem soils. //Cappers farmer, 1958, vol 69, №2, p.32-33.
8. **Parr G.F.** Effects of vertical mulching and subsoiling on soil physical properties. //Agronomy journal, 1959, vol.51, №7, p.412-414.
9. **Elam L.** Vertical mulching increases alfalfa yields //Hoards dairyman, 1960, vol.105, №18, p.926-945.
10. **Самхарадзе В.И.** Вопросы гидромелиорации в Грузии. //Сб. научных трудов, Тбилиси, 1987.

ნიადაგის შერღობზე ზედაპირული ჩამონადენის
რეზულირების ტექნოლოგიური სქემები ახალი
ტიპის საბორი არხისმჯრელის გამოყენებით

ვახტანგ სამხარაძე,¹ გიორგი კოკილაშვილი,² ვახტანგ ჯანელიძე²

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

შესავალი

წარმოდგენილ სტატიაში განიხილება წყლისმიერი ეროზიის საწინააღმდეგო ზედაპირული ჩამონადენის შეკავების ტექნოლოგიური სქემები ახალი ტიპის საბორი არხისმჯრელის გამოყენებით.

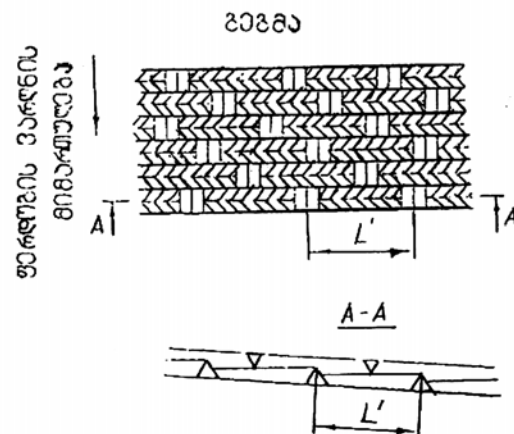
დაკვირვებები გვიჩვენებს, რომ წყლისმიერი ეროზიას რამდენიმე დღეში, დათვლილ წუთებშიც კი შეუძლია გააშიშვლოს ნაყოფიერი მიწები და გადააქციოს ხევების ქსელად. ნიადაგი, რომლის წარმოქმნას ბუნებამ მოანდომა ასეული, ათასეული წელი, ერთი ან რამდენიმე კოკისპირული წვიმის შედეგად შეიძლება სამუდამოდ განადგურდეს. ამით გამოწვეული მატერიალური დანაკარგი შეიძლება შევადაროთ ხშირად შეუმჩნეველ მტერს, მხოლოდ ომის საშინელებას. [1, 2].

შერღობის ჩამონადენის შეკავებისა და აცილების ახალი ხერხები

ძირითადი მოთხოვნები წყალშემაკავებელი ჩაღრმავებების მიმართ, რომლებიც გამოიყენება ნიადაგის ეროზიისაგან დასაცავად, შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგნაირად: უზრუნველყოფილ იქნას ფერდობზე წყლის მაქსიმალური შეკავება და მისი სიჭარბის მოცილება წინასწარ მომზადებული ეროზიაუსაფრთხო არხით. რეკომენდებული ახალი ხერხები დაფუძნებულია მართვის სტრუქტურების ცვლილებაზე, რომელიც გამოიყენება ამჟამად მიკროჩაღრმავებაზე და ძირითადად პასუხობს ფორმულირებულ მოთხოვნებს [1].

დახრილი კვლები ზღუდარებით (ნახ. 1) წარმოადგენს კვალს მიწაყრილით, რომელიც ისეა გაყვანილი, რომ მის გასწვრივ მიწაყრილს ჰქონდეს $\sigma = 0,5 \div 1,0^\circ$ დახრა ერთმანეთისაგან L' გარკვეულ მანძილზე, თვით კვალში წარმოიქმნება ზღუდარები. ამ ხერხის პრინციპული განსხვავება ის არის, რომ ზღუდარები კეთდება კვალის სიმაღლესთან შედარებით რამდენადმე დაბალი (კვალის სიმაღლის 0,95–0,90). ეს უზრუნველყოფს

წყლის შეკავებას.



ნახ. 1. დახრილი კვლების სქემა საკვეთურებით

ამავე დროს გამორიცხავს კვალის გადასვლისას მის გასწვრივ არსებული მიწაყრილის გარღვევის შესაძლებლობას. ვინაიდან ზღუდარი მიწაყრილზე დაბალია, წყალი გადაედინება მასზე კვალის გასწვრივ. კვალის მცირე დახრა უზრუნველყოფს წყლის ძალიან

დაბალი სიჩქარეებით დინებას, რომელსაც ნიადაგის გარეცხვის უნარი არ შესწევს. წყლის გადაგდება ხდება წყალგამყვან არხში, შემდეგ კი წყალსადინარში.

დახრილ კვლებს ზღუდარებით შეუძლია დააკავოს მეტი წყალი, ვიდრე წვევტილ კვლებს, ე.ი. ხელს უწყობს ფერდობზე ტენის უფრო მეტად შთანთქმას. ამავე დროს საერთოდ გამორიცხავს წყლის ჩამოდინებას მაქსიმალური ქანობის მიმართულებით, რასაც ვერ ვიტყვით ამჟამად არსებულ ვერც ერთ ხერხზე.

ზღუდარებს შორის L' მანძილი განისაზღვრება მათი სიმაღლითა და კვალის დახრის δ კუთხით. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ზღუდარის სიმაღლეს ღებულობენ მიწაყრილის γ_σ სიმაღლის დაახლოებით 0,9-ის ტოლად, შეიძლება მივიღოთ ზღუდარის წინ, დახრილ კვლებში, წყლის ზედაპირის მთელი სიგრძის გამოსახულება მათი მთლიანი შევსებისას L და წყლის უდიდესი მოცულობის L' პირობებისათვის (ნახ. 1):

$$L \leq 0,9\gamma_\sigma \operatorname{ctg} \delta; \quad L' \approx 0,65\gamma_\sigma \operatorname{ctg} \delta. \quad (1)$$

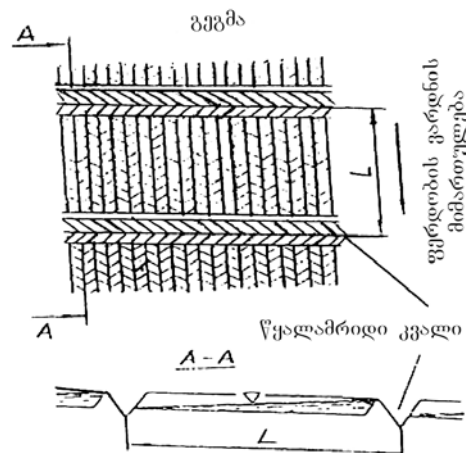
ფერდობზე წყალგამცემი ფენის შესაკავებლად წარმოებს დახრილი ჯვარედინი დაკვალვა (ნახ. 2). ჯვარედინი დაკვალვა მდგომარეობს შემდეგში: ფერდობის დამუშავებისას წარმოებს ხენა ფერდობის გასწვრივ ან კუთხით, მისი დახრის მიმართულებით, ან ნებისმიერი მიმართულებით, რის შედეგადაც წარმოიქმნება კვლები. კვლები გაიყვანება ერთმანეთისაგან L მანძილზე, რომელიც ფერდობის γ დახრაზე დამოკიდებული. თვით კვალის დახრის კუთხეს ირჩევენ $1 \div 20$ -ს (ის მით მეტია, რაც უფრო მეტია ფერდობის სიგანე). ამასთან კვლები გაჰყავთ ისე, რომ მიწაყრილი ქანობზე მდებარეობდეს ზემოთ და არა ქვემოთ, როგორც ამას აკეთებენ ჩვეულებრივად. ამაშია ამ ხერხის პრინციპული განსხვავება. მიწაყრილი წარმოქმნის წინააღმდეგობას ნაკადისათვის.

ფერდობზე, მას შემდეგ, რაც კვალში წყლის დონე მიაღწევს მიწაყრილის დონეს, წყალი იწყებს ჩამოდინებას არა ქვევით ქანობის მიმართულებით, როგორც ეს ხდება ყველა წყალშემკავებელი ხერხისას, არამედ ზედა წყალამრიდ კვალში. დინების ასეთი ხასიათი უზრუნველყოფილია L მანძილის

შერჩევით, რომლის მნიშვნელობა მეტრებში განისაზღვრება ფორმულით:

$$L = K_\sigma h_\sigma \operatorname{ctg} \gamma + 1,5B_\sigma, \quad (2)$$

სადაც, h_σ – დახრილი კვალის თხემის სიმაღლეა მეტრებში; γ – ფერდობის დახრის კუთხე; B_σ – დახრილი კვალის ან მიწაყრილის სიგანე, მეტრებში; K_σ – კვალის დანგრევის კოეფიციენტი.



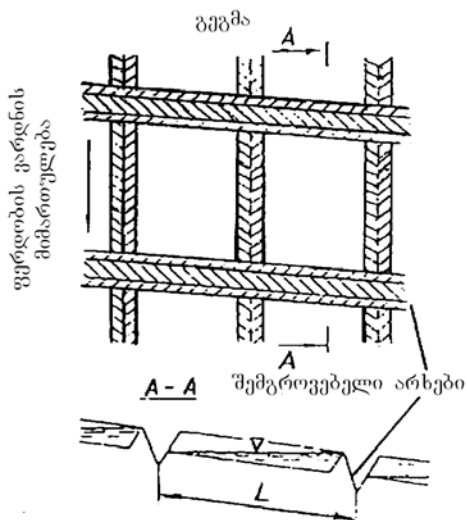
ნახ. 2. ჯვარედინად დაჭრილი კვლების სქემა

მოცემულ შემთხვევაში ეს კოეფიციენტი ასრულებს საგარანტიო კოეფიციენტის როლს. მისი 10–15%-ით შემცირება მნიშვნელოვნად ზრდის იმის გარანტიას, რომ წყალი არ გადაიდურება თხემზე მისი დანგრევის გამო. L დაახლოებით 2,0 მეტრს უდრის, როდესაც $\gamma_\sigma = 0,15$ მეტრს და $\gamma = 3^\circ$ -ს, K_σ -ს გათვალისწინებით.

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ როგორი მონღომებითაც არ უნდა მიმდინარეობდეს დამუშავება, ყოველთვის შესაძლებელია ამა თუ იმ მიზეზით მოხდეს კვალის დანგრევა, ყველა არსებული ხერხის შემთხვევაში ამას მიეყვართ კონცენტრირებული ნაკადის წარმოქმნასთან და ნიადაგის გარეცხვასთან. მოცემულ ხერხში არ ხდება არავითარი ნგრევა, რადგანაც წყალი თხემზე გადმოღვრისას უბრალოდ ხდება ქვემოთ განლაგებულ კვალში და გაიყვანება, როგორც ადრე, წყალგამყვანი ქსელით.

მოზურგვა ჯვარედინი დაკვალვით წარმოადგენს ჯვარედინი დაკვალვის ნაირსახეობას (ნახ. 3) და ხასიათდება იმით, რომ

გარდევს ქანობის მიმართულებით აქ გამო-
რიცხულია ყველაზე არახელსაყრელ შემ-
თხვევაშიც კი და ამის გარანტიაა არა მხო-
ლოდ ამ სქემის საიმედოობა, არამედ მთელი
სისტემის აგებულების თავისებურება. ასეთი
სახით დამუშავება შეიძლება ჩვეულებრივი
სასოფლო-სამეურნეო იარაღებით. ეს ხერხი
გვაგონებს მზრალად ხვნის დაჯვარედინე-
ბას, თუმცა ეს მსგავსება მხოლოდ გარეგნუ-
ლია, რადგანაც დაჯვარედინება თავისი თავ-
დაპირველი სახით (ნახ. 3) წარმოადგენს
კვლების სერიას, რომელიც გაყვანილია ყო-
ველ 2 – 4 მეტრში ფერდობის გასწვრივ ან
მის გარდიგარდმო, ხოლო კვლების გადაკვე-
თის ადგილებში იყრება ზღუდარები (ჩამკე-
ტები). დაჯვარედინების უფრო თანამედროვე
ხერხი, რომელიც ცნობილია მაჟაროვის მიკ-
როლიმანის სახელწოდებით, ხორციელდება
უკანასკნელ კორპუსზე, დაგრძელებული
ფრთიანი გუთნით და მოწყობილობით, გრძი-
ვი მიწაყრილით.



ნახ. 3. ჯვარედინად დაჭრილი კვლები
და შემგროვებელი არხები

წარმოდგენილ სისტემებში ერთ-ერთი
მნიშვნელოვანი პარამეტრია გარდიგარდმო
კვლების დახრის კუთხე δ , მისი სიდიდე სა-
ერთო შემთხვევებისათვის რეკომენდებულია
1-20-ის დიაპაზონში. მისი შერჩევისას აუცი-
ლებელია მხედველობაში იქნას მიღებული,
რომ ფართო მინდვრებისათვის δ -ს იღებენ
მეტს, ვიდრე ვიწროსათვის, ხოლო დაღარტა-
ფებულ ფერდობებზე და დახრილი კვლების
მიმართულების შერჩევისას არა ჰორიზონტა-
ლური, არამედ ფერდობის საერთო ვარდნის

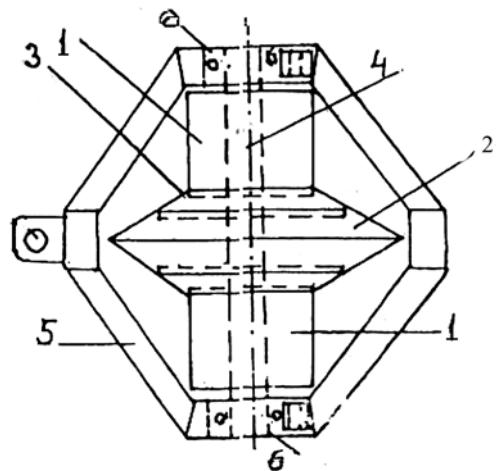
მიხედვით. δ -ს სიდიდეს ისე არჩევენ, რომ
კვალის მინიმალური დახრა 10-ზე ნაკლები
არ იყოს. δ -ს საპონენლად შეიძლება ვისარ-
გებლოთ მიახლოებითი ფორმულით:

$$\delta = 1 + \arctg\left(\frac{2h_{\pi}}{B_{\pi}}\right), \quad (3)$$

სადაც h_{π}, B_{π} – ღარის სიგანე და სიღრმეა [3].

ზემოთ განხილული ეროზიის საწინააღ-
მდეგო ღონისძიებები, კერძოდ ზედაპირული
წყლის გადამჭერი და გამყვანი კვლები და
შემგროვებელი არხები იჭრება გუთნისებური
კვალსაჭრელებით.

აღნიშნული იარაღებით დაჭრილ კვლებ-
სა და შემგროვებელ არხებს კედლები აქვთ
დახლეჩილი, ვინაიდან ისინი გადაადგილდე-
ბიან თრევით, სრული ხახუნით და არხების
მუშაობის პერიოდი ხანმოკლეა. დახლეჩილ
კედლებიანი არხები ხელს უწყობს ნიადაგის
ეროზიას. ამ ნაკლის აღმოსაფხვრელად წყალ-
თა მეურნეობის ინსტიტუტში დამუშავდა სა-
გორი არხისმჭრელი, რომელიც ნიადაგზე
გადაადგილდება გორვით. იგი თავისი წონი-
თა და ტრაქტორის ჰიდრავლიკის დაწოლით
ჭრის და ტკეპნის სამკუთხედის კვეთის არხს.
გაჭრილი არხის კედლები სუფთაა, ნახლეჩე-
ბის გარეშე. ახალი ტექნოლოგიით – ჭრითა
და ტკეპნით – გაყვანილი არხების მუშაობა
უფრო ხანგრძლივია. მის მიერ დაჭრილი არ-
ხები იცავს ნიადაგს წყლისმიერი ეროზიისა-
გან. აღნიშნული არხისმჭრელის სიახლე და-
ცულია საავტორო პატენტით [5] (ნახ. 4).



ნახ. 4. ახალი ტიპის საგორი არხისმჭრელი
1 – საგორი არხისმჭრელი, 2 – ცენტრალური
დისკო, 3 – გვერდითი დისკოები, 4 – ღერძი,
5 – ჩარჩო, 6 – საკისრები

დასკვნა

ამრიგად, ფერდობის ზედაპირის ეროზიის საწინააღმდეგო რეკომენდებული ხერხები დაფუძნებულია წყალშემაკავებელი კვლების დაჭრის სქემებზე: დახრილი კვლების სქემა საკვეთურებით, ჯვარედინად დაჭრილი კვლების სქემა, შემგროვებელი არხების სქემა ზღუდარებით.

ასეთი სახის სამუშაოს ჩასატარებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს საგორი კვალსაჭრელი, რომელიც წყალმიმღებ კვლებს ჭრის გატკეპნით. ამ ტექნოლოგიით გაჭრილი კვალი მდგრადია და ჩვეულებრივი კვალსაჭრელების მიერ გაჭრილ კვალთან შედარებით დიდხანს მოქმედებს.

ლიტერატურა

1. **Мицхулава Ц.Е.** Водная эрозия почв. Тбилиси, "Мецნიერება", 2000, 422 с.
2. **Мицхулава Ц.Е., Читишвили Г.Ш.** Применение исследования операции для освоения склона с минимальной эрозией. //Доклады ВАСХНИЛ, № 12, 1971, с. 32-35.
3. **Соболев С.С.** Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. Т. 1, изд-во АН СССР, 1948. 305 с.
4. **Швебс Г.И.** Теоретические основы эрозиоведения. Киев – Одесса, изд-во "Высшая школа".
5. **სამხარაძე ვ.ი.** არხის გამჭრელი მოწყობილობა. პატენტი №579, "საქპატენტი", თბილისი, 1999.

**CHALLENGES OF HYDROENERGY SECTOR DEVELOPMENT
OF THE REPUBLIC OF ARMENIA AND THE ENVIRONMENTAL IMPACTS
ASSOCIATED WITH HYDROPOWER PRODUCTION**

Armine Simonyan, Hovhannes Tokmajyan

E-mail: *armincka@yahoo.com, rector@ysuac.am*

Yerevan State University of Architecture and Construction,
105 Teryan str., Yerevan, 0009, Republic of Armenia

INTRODUCTION

The Republic of Armenia has a population of approximately 3.2 million people and limited energy resources to satisfy its needs. Armenia has no oil and natural gas reserves, and imports all its energy (oil or oil products from Georgia, Iran, Russia and Europe; gas exclusively from Russia through Georgia; and nuclear fuel from Russia). Electricity is provided by:

- A nuclear power plant which provides 30-40%;
- Hydroelectric plants (total installed capacity of approximately 1,000 MW) satisfy 20-35% of the country's need depending on level of precipitation, which varies significantly. Besides, the hydropower generation

is also strongly depend on limitations associated with the use of water for irrigation purposes;

- The remaining electricity demand is satisfied by thermal power plants (total installed capacity of 1,350 MW, which can burn either oil or natural gas). The share of the thermal plants in the generation mix of the country is on average 30-35%.

In summary, over 70% of the electricity demand in Armenia is satisfied through nuclear and thermal generation that relies entirely on imported energy. That is why the energy security of the country is a major concern for the Government.

PRINCIPAL PART

Armenia's energy strategy is described in the Poverty Reduction Strategy Paper prepared in 2003 and the Second Poverty Reduction Strategy Paper (PRSP) developed in 2008 [1]. Overall, the PRSPs describe the country's macroeconomic, structural and social policies and programs over a three-year or longer horizon to promote broad-based growth and reduce poverty, as well as associated external financing needs and major sources of financing. With respect to energy sector in particular, the second PRSP mentions that Armenia's energy sector has gone through an extremely difficult period of reforms. The revaluation of the energy system assets identified an urgent need for replacement and modernization of the generation capacities. The lack of local fossil fuel deposits of industrial

significance, dependence of the significant part of generating capacity on single source supply and limited capacities of the current transport system are listed among the challenges of Armenia's energy sector.

According to the second PRSP the rehabilitation of small hydropower plants has started within the framework of a grant provided by Energy Efficiency and Renewable Energy Fund and German KfW bank. In the last five years, the total output of small hydropower plants doubled and currently the total generated capacity is about 58 MW. With grant funding provided by Islamic Republic of Iran the first wind power plant with capacity of 2.6 MW, was built in Pushkin pass.

Meantime to ensure long-term development of

the sector, meet the growing domestic demand for electricity, ensure the nation's energy security and independence, "usage of renewable energy resources" is highlighted among the key directions of the energy sector development strategy.

Based on international principles for energy security and recommendations of a 2006 national program on the development of Armenia's energy system, the national policy will aim to modernize the generation capacities of the network combining public and private investments, with the list of priorities including electricity generation; maximum possible use of local renewable energy sources (hydro, wind, thermal, solar).

The Republic of Armenia Law on Energy was enacted in 1997 and revised by the National Assembly in 2001 [2]. The Article 5 "Basic Principles of the State Policies in Energy Sector" of the law states the main principles of the state policy in the energy sector, among which the following relevant ones are cited below:

- e) Efficient use of domestic energy resources and alternative sources of energy and implementation of economic and legal mechanisms for that purpose;
- f) Encouragement of investments in the energy sector;
- h) Ensuring safety in the energy sector;
- i) Enhancement of the energy independence of the Republic, including the differentiation of domestic and imported energy resources and ensuring the maximum utilization of generating capacities;
- j) Ensuring the protection of the environment;
- k) Encouragement of scientific-technical progress and employment of new energy-efficient and energy-saving technologies, as well as encouragement of personnel training and re-training.

Armenia's commitment to promote renewable resources relates to its need to diversify its energy resource base and reduce energy imports. The country has taken concrete steps to make renewable energy development part of its energy law and energy strategy.

On November 9, 2004 the Law of the Republic of Armenia on Energy Saving and Renewable En-

ergy has been adopted, which is considered among the major prerequisites for renewable energy development [3]. According to the Article 1, the purpose of the law is defining the principles of the state policy on development of the energy saving and renewable energy and the mechanisms of the enforcement of those aimed at:

- Strengthening the economic and energy independence of the Republic of Armenia;
- Increasing the economic and energy security and energy systems safety level of the Republic of Armenia;
- Establishment and development of new industry infrastructure and organization of services promoting energy saving and renewable energy;
- Reduction of adverse technogenic impacts on the environment and human health.

A lot was done during last almost two decades since Armenian delegation headed by the President of the country attended the UN Conference on Environment and Development in Rio-de-Janeiro in 1992. The ten-year progress was reported at the 2002 World Summit on Sustainable Development in Johannesburg, where a number of environmental conventions have been developed. The promotion of alternative/renewable energy development and its application in the economy was emphasized. The Republic of Armenia has signed the Rio Declaration and most of its addenda, the Johannesburg Summit resolutions, has ratified the United Nations Framework Convention on Climate Change (May 14, 1993) and the Kyoto Protocol (April 25, 2003), which made Armenia 108 party to sign join the Protocol [4] (overall, more than 20 international conventions were signed/ratified by the republic). Thus, Armenia has met one of the main requirements for participation in Clean Development Mechanism. It is important to mention that Armenia, as a non-Annex I country, does not have any quantitative obligations regarding greenhouse gases emissions reduction or limitation.

With this respect it should be noted, that hydropower is an energy source that makes it possible to produce electricity without using fossil fuels, and is subsequently not part of the emissions caused by electricity production in coal, oil, or gas

CHALLENGES OF HYDROENERGY SECTOR DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF ARMENIA AND THE ENVIRONMENTAL IMPACTS ASSOCIATED WITH HYDROPOWER PRODUCTION

fired power plants. However, along with the mentioned positive features, the hydropower generation is also associated with adverse environmental consequences related to encroachments upon nature due to damming or lowering of the water level, changed water flow and building of roads and power lines.

In particular, The Republic of Armenia Law on Environmental Expertise states that installation of hydropower plants is subject to Environmental Impact Assessment and positive conclusion for the proposed activity obtained from the Ministry of Nature Protection is a precondition to commencement of civil works. [5] The Law also requires that all potential adverse impacts are clearly identified and respective mitigation measures are developed for both construction and operation phases and included in the Environmental Impact Assessment report.

While the environmental impacts associated with civil works are quite typical for all the construction activities and may include clearing of vegetation at construction site, use/opening of earth borrow and quarry pits, generation of construction waste, possible pollution with vehicle fuels and lubricants, and generation of noise and dust from operation of construction machinery, such projects are usually associated with other environmentally more sensitive concerns, that requires attention, detailed consideration and definition of appropriate mitigation measures.

The major adverse environmental impacts and environmental risks are associated with hydropower development include fish mortality from passing through the turbines; changes in flow distribution in the tailwaters -- the area immediately below the dam; and the loss of upland wildlife habitat if the water level in the reservoir is raised. Some of the impacts on fish can be mitigated by installing "ladders" or other devices to allow fish to migrate over dams, and by maintaining minimum

river-flow rates; screens can also be installed to keep fish away from turbine blades.

Hydropower plant installation and operation frequently causes changes to the natural variations in the water in a watercourse. River power plants without water storage reservoirs cause relatively small changes to the level and flow of water, and therefore have little effect on biodiversity. In high-pressure power plants with regulation water reservoirs, the impact on biodiversity depends on the regulation height. Changes to the water level throughout the year can lead to scouring of fine substances and nourishment and cause erosion in the regulation zone. The affect of regulation on fish and fishing is a complicated interaction between a number of physical and biological factors. The natural habitat of fish is formed by physical circumstances such as water level, water speed and hiding possibilities, and also access to food. Draining would be completely devastating to the fish. The amount of water will also affect the fish in different ways, depending on the age of the fish and the fish species.

When the new hydropower plants are built, there will obviously be permanent and temporary land taking required to ensure availability of required area to locate the plant and associated infrastructure. In addition, this can be complicated more with the long-lasting process of land and/or other assets acquisition before the civil works can commence. Such encroachments can be offset by obliging the civil works contractor to replant the landscape, so as the encroachments will be as gentle and minimally intrusive as possible. Power lines are alien substances in nature and can ruin natural landscapes. Power lines can affect the bird population, either through collision or by short circuit due to contact. Conversely, when power transmissions are installed as underground cables, digging and blasting of ditches affects hydrology and vegetation.

CONCLUSION

From the above it could be concluded, that although hydropower is a clean, non-polluting source of electricity compared to fossil fuel and nuclear plants, it doesn't produce electricity without raising certain environmental concerns. It's important to minimize these environmental impacts through proper design and operation of each hydropower facility.

References

1. Republic of Armenia: Second Poverty Reduction Strategy Paper, IMF Country Report No. 08/376, International Monetary Fund Washington, D.C., December 2008. Available at: <http://www.imf.org>
2. The Republic of Armenia Law on Energy, Yerevan, Armenia, 2001. Available at: \\SERVER\Company\Library\Laws\Armenia\Armenia_Energy_Law_eng_2004.doc
3. The Republic of Armenia Law on Energy Saving and Renewable Energy, Yerevan, Armenia, 2004.
4. Environmental Agreements, Laws and Programs, prepared by the Ministry of Nature Protection of the Republic of Armenia in the framework of the EU funded project “Environmental information, Education and Public Awareness, NIS”, Yerevan, Armenia, 2004.
5. The Republic of Armenia Law on Environmental Expertise, Yerevan, Armenia, 1995.

**ბარიუმის შემცველობის დადგენა საწარმოო ნარჩენებში
და ქარხნების მიმდებარე ტერიტორიების ზედაპირულ წყლებში**

თამარ სუპატაშვილი

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

შეჯავალი

საქართველოს ტერიტორიაზე ცნობილია ათობით ბარიტული საბადო და მადანგამოვლინება [1]. ბარიტული და ბარიტულ-სულფიდური მადნის ბალანსური მარაგი შეადგენს დაახლოებით 22 მლნ. ტონას. ბარიტის სამრეწველო საბადოები განლაგებულია კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა სისტემის გაგრა-ჯავის ზონაში და ართვინ-ბოლნისის ბელტის ბოლნისის მადნეულ რაიონში. პირველში გვხვდება ორი ტიპის საბადოები – ძარღვული, რომელიც დაკავშირებულია ბაი-

ოსის პორფირიტულ წყებასთან და ფენობრივი, დაკავშირებული ზედაიურიული ასაკის კირქვებთან. ბარიტის ძარღვული საბადოები (ქუთაისის ჯგუფის საბადოები, ჩორდის ბარიტული საბადო და სხვა) მუშავდებოდა და წლების განმავლობაში აწვდიდა ხარისხიან პროდუქციას ქიმიურ მრეწველობას. ქუთაისის, ლეჩხუმის და შიდა ქართლის საბადოების ჯგუფში მოიპოვება თითქმის მონომინერალური ბარიტული მადანი [2].

პირითაღი ნაწილი

ჩორდში ბარიტული საბადო განლაგებულია მდინარეების ჯეჯორას და ჩორდულას წყალგამყოფზე. ბარიტული ზოლი გადაჭიმულია ჩრდ. დასავლეთიდან სამხრ. აღმოსავლეთისაკენ და შედგება 3 უბნისაგან: ლესორა, გვანავლა და გვერულა. დამუშავებაში იყო პირველი ორი. მათზე გამოვლენილია 15 ბარიტული ძარღვი. გამოყოფენ 3 ტიპის მადანს: სუფთა ბარიტული (BaSO_4 -ის შემცველობა მეტია 50%-ზე), ბარიტულ-კალციტური (BaSO_4 – 25-50%), კალციტურ-ბარიტული (BaSO_4 – 16-25%). საბადოს შესახებ პირველი ცნობები 1935 წლიდან არსებობს, ხოლო 1937 წელს დაიწყო ძებნა-ძიებითი სამუშაოები. სისტემატური გეგმური ძიება ტარდება 1945 წლიდან, ხოლო 70-იანი წლებიდან ტარდება გეოლოგიური-სამძებრო სამუშაოები საწარმოს ნედლეულის ბაზის გაფართოების მიზნით [2]. ამჟამად ბარიტის მოპოვება და გადამუშავება პრაქტიკულად შეწყვეტილია.

ჩორდის ბარიტის გადამამუშავებელი კომპლექსის რეაბილიტაცია ახლო მომავალში ძალზე პრობლემატურია. გამამდიდრებელი ქარხნის ტერიტორიის შესწავლის შედეგად ჩვენს მიერ დადგენილი იყო, რომ ქარხანა ფაქტობრივად მიტოვებულია, მის მახლობლად მოსახლეობა ფაქტობრივად აღარ არის. ბარიტის კუდების გარემოზე ზეგავლენის შესწავლა კი არ ხორციელდება.

ქუთაისის ჩრდილოეთ რაიონის ორივე მხარეს ქალაქიდან 15-40 კმ-ით დაცილებული ბარიტის რამდენიმე საბადო არსებობდა: ჟონეთის, მექნევის და სხვა. გეოლოგიური-სამძებრო სამუშაოები აქ ჯერ კიდევ გასული საუკუნის მიწურულში დაიწყო და განსაკუთრებით ენერგიულად მიმდინარეობდა ქუთაისის ლითონფონის ქარხნის ამუშავების შემდეგ. მარაგის გამოვლენის გამო ბარიტის მოპოვება ქუთაისის მიდამოებში კარგა ხანია აღარ წარმოებს.

*) აღნიშნული პროექტი განხორციელდა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი №GNSF/PRES09_118_5_240). წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოთქმული ნებისმიერი აზრი ეკუთნის ავტორს და შესაძლოა არ ასახავდეს საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

ქუთაისის ლითოფონის ქარხანა ექსპლოატაციაში გაშვებულ იქნა 1939 წელს. ის პირველი ქიმიური მრეწველობის საწარმო იყო საქართველოში. ქარხანა 1994 წლის იანვარში გარდაიქმნა სააქციო საზოგადოებად. საწარმოს ძირითადი საქმიანობის სფერო იყო თეთრი პიგმენტების, ლითოფონის, თუთიის მათეთრას, შემავსებლების(მიკრობარიტი, მიკროკალციტი), ლაქ-საღებავების, ზეთოვანი და წყალდისპერსიული საღებავების, თუთიის კრონების (ტრიოქსისრომატი, ტეტრაოქსიქრომატი), გრუნტების, სპილენძის შაბიამნის, დაფუჭული პიროლუზიტის, ჰიდროსამუხრუჭე სითხის და სხვა სამრეწველო სამომხმარებლო ქიმიური პროდუქციის წარმოება, დღეისათვის შესაბამისი საამქროების სრულიად ამორტიზების გამო შეწყვეტილია ლითოფონის, თუთიის მათეთრას, სპილენძის შაბიამნის წარმოება, ენერგორესურსებზე ფასების მკვეთრად გაზრდის გამო შეჩერებულია ენერგოტევადი პროდუქციის-შემავსებლების მიკროდაფუჭვა. ამჟამად ლითოფონის ქარხანაში არასრულად დატვირთულია მხოლოდ საღებავების წარმოება, რომელიც ერთჯერადი მცირედი მოცულობით (მომხმარებელთა შეკვეთით) ამზადებს ზეთოვან და წყალდისპერსიულ საღებავებს.

მადნეულის სპილენძ-ტყვია-თუთიის საბადო მდებარეობს ბოლნისის რაიონის დაბა კაზრეთში. კაზრეთი მდიდარია წიაღისეულით, განსაკუთრებით ფერადი ლითონებით. სპილენძ-კოლჩედანური მადნის სამთო-მოსამზადებელ სამუშაოებს თან სდევს დიდი რაოდენობით ღარიბი ბარიტული მადნის მიღე-

ბა, რომელიც საწყობდება, რადგან მისი გადამუშავების ეკონომიურად მომგებიანი მეთოდი არ არსებობს [2].

ბარიტის გამამდიდრებელი ქარხანა კაზრეთში მუშაობდა 1975 წლიდან, რომელიც ახორციელებდა სპილენძის ბარიტის, ოქროვერცხლის შემცველი კვარციტებისა და პოლიმეტალური მადნების მოპოვებას, გამამდიდრებას და მიღებული პროდუქციის რეალიზაციას. წარმოების ნარჩენი მასა ე.წ. “კუდები” გადაიზიდება სპეციალურ სანაყაროზე, კუდსაცავზე. საწარმოს დღეისათვის გააჩნია 4 სანაყარო (საერთო ფართობი 239.7 ჰა).

ზემოთ მოყვანილიდან გამომდინარე მეტად აქტუალურია ბარიუმის წარმოების ნარჩენების კვლევა და მათი გარემოზე ზემოქმედების შესწავლა.

ნარჩენებში ბარიტის შემცველობის დადგენის მიზნით სამივე ზემოთ აღნიშნული ქარხნის სანაყაროს ტერიტორიიდან აღებული იყო საკვლევი ნიმუშები. ბარიუმის სულფატის ხსნად ფორმაში გადაყვანა წარმოებდა EDTA-ს ტუტე ხსნარით, რომელშიც ბარიუმის სულფატის ხსნადობა ცნობილია ლიტერატურიდან [3]. ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრილებში 1, 2, 3.

როგორც ანალიზის შედეგებიდან ჩანს ნარჩენებში BaSO₄-ის შემცველობა არათანაბარია, რაც გამოწვეულია ნარჩენების არათანაბარი განაწილებით და საშუალოდ შეადგენს კაზრეთის ქარხნის ნარჩენებში – 11,8 მგ/გ, ლითოფონის ქარხნის ნარჩენებში – 39,9 მგ/გ და ჩორდის ქარხნის ნარჩენებში – 10,6 მგ/გ.

ცხრილი 1

ბარიუმის შემცველობა კაზრეთის გამამდიდრებელი ქარხნის ნარჩენების საცავიდან აღებულ ნიმუშებში

№	ნიმუშის დასახელება	Ba ²⁺ მგ/გ
1	ზედაპირი	8.0
2	10 სმ სიღრმე	33.2
3	ზედაპირი	29.2
4	10 სმ სიღრმე	6.4
5	ზედაპირი	3.0
6	10 სმ სიღრმე	9.8
7	ზედაპირი	0.08
8	10 სმ სიღრმე	15.4
9	ზედაპირი	9.8
10	10 სმ სიღრმე	4.0

ცხრილი 2

ბარიუმის შემცველობა ლითოფონის ქარხნის ნარჩენების საცავიდან აღებულ ნიმუშებში

№	ნიმუშის დასახელება	Ba ²⁺ მგ/გ
1	ზედაპირი	98
2	10 სმ სიღრმე	52
3	ზედაპირი	22.4
4	10 სმ სიღრმე	62
5	ზედაპირი	1.6
6	10 სმ სიღრმე	3.4

ცხრილი 3

ბარიუმის შემცველობა ჩორდის გამამდიდრებელი ქარხნის
ნარჩენების საცავიდან აღებულ ნიმუშებში

№	ნიმუშის დასახელება	Ba ²⁺ მგ/გ
1	ზედაპირი	14.6
2	10 სმ სიღრმე	11.2
3	ზედაპირი	10.2
4	10 სმ სიღრმე	10.8
5	ზედაპირი	9.6
6	10 სმ სიღრმე	7.2

ცხრილი 4

ბარიუმის შემცველობა წყლის ნიმუშებში კაზრეთის, ქუთაისის და ჩორდის ბარიტის
გამამდიდრებელი ქარხნების მიმდებარე ტერიტორიიდან

№	ნიმუშის დასახელება	Ba ²⁺ მგ/ლ (მაისი)	Ba ²⁺ მგ/ლ (ივნისი)	Ba ²⁺ მგ/ლ (საშ)
1	მდ. კაზრეთულა (ერთვის მდ. მაშავერას)	0.98	0.92	0.95
2	მდ. მაშავერა	5.0	3.8	4.4
3	გუბურის წყალი (კაზრეთის საბადოს ტერიტორიაზე)	5.8	7.0	6.4
4	მდ. რიონი ქარხნამდე	0.18	0.14	0.16
5	მდ. რიონი ქარხნის შემდეგ	0.24	0.18	0.21
6	გუბურის წყალი (ლითოფონის ქარხნის შლამსაცავის ტერიტორიაზე)	0.26	0.22	0.24
7	მდ. ჯეჯორა	1.30	1.06	1.18
8	მდ. ჯეჯორას შენაკადი	0.40	0.36	0.38
9	გუბურის წყალი (ჩორდის ქარხნის შლამსაცავის ტერიტორიაზე)	0.67	0.85	0.76

დასკვნა

შედეგებიდან ჩანს, რომ ნარჩენებთან კონტაქტის გამო ბარიუმის შემცველობა გაზრდილია მდ. კაზრეთულას, მდ. მაშავერას და მდ. ჯეჯორას წყლებში. ასევე ძალიან მაღალია კაზრეთის საბადოს ტერიტორიაზე არსებული გუბურის წყალში, რასაც ვერ ვიტყვით ჩორდის და ქუთაისის ქარხნების ტერიტორიიდან აღებულ გუბურის წყლებზე. ამის ახსნა შეიძლება იმით, რომ კაზრეთში კუდსაცავის ტერიტორიაზე არსებობს დიდი ღრმული, რომელიც მთელი წლის მანძილზე სავსეა წყლით, ხოლო დანარჩენი ორი ქარხნის ტერიტორიაზე გუბურები წარმოიქმნა წვიმის შედეგად, ანუ საკონტაქტო დრო იყო მცირე. უნდა აღინიშნოს,

რომ წარმოდგენილი შედეგები პირველადია და საბოლოო დასკვნების გამოტანა ჯერჯერობით ნაადრევია, თუმცა ცხადია, რომ მიუხედავად ბარიუმის სულფატის მცირედ ხსნადობისა ის გამორეცხვას მაინც განიცდის და შესამჩნევლად ცვლის ბარიუმის შემცველობას მდინარის წყლებში. ცნობილია, რომ ბარიუმის სიჭარბე იწვევს ცოცხალი ორგანიზმებიდან კალციუმის და ფოსფორის გამოდევნას, რაც იწვევს ოსტეოპოროზს, აქედან გამომდინარე საჭიროა ნარჩენებიდან ბარიუმის გამორეცხვის დინამიკის შესწავლა, ამ პროცესების გარემოზე ზეგავლენის დადგენა და შესაბამისი დამცავი ღონისძიებების შემუშავება.

ლიტერატურა

1. ნადირაძე ვ., კერესელიძე გ. საქართველოს ბარიტის სანედლეულო ბაზა და მისი წარმოების გაზრდის პერსპექტივები. /ა. თვალჭრელიძის სახელობის მინერალური ნედლეულის კავკასიის ინსტიტუტი, საქართველოს გეოლოგიური დეპარტამენტი. გვ. 14.
2. Академия наук Грузинской ССР. "Природные ресурсы Грузинской ССР", т. III. М., 1959. с. 170-174.
3. სუპატაშვილი თ. ბარიუმის შემცველობის განსაზღვრა ბარიტულ მადნებში და საწარმოო ნარჩენებში //რესპუბლიკური სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია "გამოყენებითი ქიმიისა და ტექნოლოგიების თანამედროვე მიღწევები" ქუთაისი. 2009. გვ. 133
4. Супаташвили Г.Д., Махарадзе Г.А., Марсагшвили К.А. Фототурбидиметрическое определение микроколичеств бария в природных водах. //Сообщения академии наук Грузинской ССР, №2, 1973.

**ჰიდროტექნიკური ნაგებობების საიმედოობა და რისკი
ბუნებრივი გარემოს საფრთხის პრობნოზირება
და ავარიის რისკის შეფასება**

ლიანა ფურცელაძე

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

შეჯავალი

ჰიპოტეზები, პროგნოზები – მეცნიერების მომავალია.

უკანასკნელი ათწლეულების განმავლობაში პროგნოზირებამ უპრეცედენტო მასშტაბები მიიღო და ამჟამად იგი დიდ როლს ასრულებს მართვის პროცესში. განსაკუთრებით გაიზარდა სოციალურ-ეკონომიკური მოვლენების, სამეცნიერო ტექნიკური პროგრესის, ეკოლოგიური მდგომარეობის განვითარების პროგნოზირების მნიშვნელობა. მომავლის წინასწარი განჭვრეტის, მისი პერსპექტივების პროგნოზირების გარეშე უკვე წარმოუდგენელია საზოგადოებრივი ცხოვრება, ნებისმიერი ორგანიზაციის მიზანდასახული საქმიანობა.

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ დღეისათვის აუცილებელია ბუნებრივი პროცესების განვითარების პროგნოზირება და ამასთან

ერთად, იმ ღონისძიებების დამუშავება, რომლებიც გამორიცხავს ან მაქსიმალურად შემცირებს ნეგატიურ ზემოქმედებას გარემოზე, ე.წ. „ეკოლოგიურ უწყესივრობებს“. ეკოლოგია ძირითადად დამოკიდებულია ბუნებათსარგებლობის პროცესთა ანთროპოგენური რეგულირების ხარისხზე. ცხრილში 1 მოცემულია წყლის ობიექტების რეკრეაციული გამოყენების კლასიფიკაციის სქემა. [3,6]

რეკრეაციის პროცესი მრავალმხრივია. ერთის მხრივ, იგი მოიცავს ადამიანის დასვენების სხვადასხვა სახეებს, ხოლო მეორეს მხრივ, დასვენებასთან დაკავშირებით ბუნებრივი რესურსების სხვადასხვა სახეების, კერძოდ კი მიწის, წყლის, ბიოლოგიური და სხვა რესურსების გამოყენებას და მათთან დაკავშირებულ ჰიდროტექნიკური და ჰიდრომელიორაციული სისტემების ავარიის რისკს.

ცხრილი 1

წყლის ობიექტების რეკრეაციული გამოყენების კლასიფიკაციის სქემა

ფუნქციონალური ხასიათის მიხედვით	სპორტი და გაჯანსაღება; პროფილაქტიკა და მკურნალობა; ტურიზმი
დასვენების ხანგრძლივობის მიხედვით	ყოველდღიური; მოკლევადიანი; გრძელვადიანი
ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის მიხედვით	წლიური სეზონური
გამოყენებული ტერიტორიების სახის მიხედვით	აკვატორია; აკვატორია და სანაპირო; სანაპირო
დასვენების ორგანიზაციის ფორმის მიხედვით	საბავშვო; ჯგუფური; ოჯახური; ინდივიდუალური
დასვენების ორგანიზაციის მიხედვით	ორგანიზებული დასვენება არაორგანიზებული „ფელური“ დასვენება
დაფინანსების წყაროების მიხედვით	პროფესიული კავშირები; სხვადასხვა უწყებები და ცალკეული ორგანიზაციები; კულტურისა და სპორტის სამინისტრო; ჯანმრთელობის დაცვისა და სოციალური უზრუნველყოფის სამინისტრო

პირითადი ნაწილი

ბუნებრივი გარემოს უსაფრთხოება შემთხვევითი ხასიათის უამრავ ფაქტორზეა დამოკიდებული, ცხადია, რომ მის უსაფრთხოების განმსაზღვრელ მაჩვენებლებსაც აქვთ შემთხვევითი ხასიათი. ამიტომ ზოგადი სახით უსაფრთხოების მაჩვენებლის განპირობებულ პირობათა ჯგუფით წარმოდგენა სწორი იქნება გარემოს უსაფრთხოების როგორც სამი ხდომილობის ალბათობის ფუნქცია: თვითონ ბუნებრივი გარემოს საიმედოობა $P_{z.m}$, რომელიც არ უნდა იყოს ნორმატიულ $P_{z.m}$ სიდიდეზე ნაკლები, დამცავი ზონების ფუნქციონირების ალბათობა P_{dam} , რომელიც ტოლია მოცემულის, და ზიანის ალბათობა P_{ziani} .

ამგვარად,

$$P = f(P_{z.m.} \geq P_{z.m.}, P_{damc.} = P_{damc.moc.}, P_{ziani} \leq P_{zianis\ moc.}) \quad (1)$$

ამოცანის ამოხსნის გასამარტივებლად ვუშვებთ, რომ ყველა შემოქმედება და მათ მიერ განპირობებული ინციდენტები ხასიათდება ტოლი პარამეტრებით. ამგვარად, რისკის მნიშვნელობის გამომანგარიშებისათვის n შემოქმედებისას შეიძლება ვისარგებლოთ ცდების განმეორების კერძო თეორემით, რომელიც დგინდება ბინომინალური განაწილებით [2÷6]:

$$r_m = C_n^m r^m (1-r)^{n-m}, \quad (2)$$

სადაც

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}. \quad (3)$$

რადგან ობიექტზე არახელსაყრელი ფაქტორების კრიტიკული შემოქმედების მნიშვნელობები, რომლებიც იწვევს ინციდენტებს სხვადასხვა დროს, განსხვავდება ერთმანეთისაგან, ნათელია რომ განსხვავებული იქნება ინციდენტების პარამეტრებიც. ამიტომ მეტნაკლებად ზუსტი შედეგების მიღება მოითხოვს არა ალბათობის კერძო თვისების, არამედ ცდათა განმეორების ალბათობის ზოგადი თეორემის გამოყენებას.

პრაქტიკაში რისკის მნიშვნელობა r მნიშვნელოვნად ნაკლებია 1-ზე. არახელსაყრელ შემოქმედებათა და მათ მიერ განპირობებული ინციდენტების დიდი რიცხვის დროს გამოიყენება პუასონის კანონი [2, 6]:

$$r_m = \frac{(nr)^m}{m!} e^{-nr} \quad (4)$$

ან, ინციდენტთა რიცხვის მათემატიკური ლოდინის მნიშვნელობის გამოყენებით, არახელსაყრელ შემოქმედებათა განხილული რიცხვისას, გვექნება:

$$r_m = \frac{(N_m)^m}{m!} e^{-N_m}. \quad (5)$$

ასეთი მოდელი მეტად მოსახერხებელია სიმარტივის გამო, მაგრამ პრაქტიკაში ინციდენტთა ნაკადები ყოველთვის როდი შეესაბამება ამ განაწილებას. ხშირად ნაკადთა ინტენსივობა დამოკიდებულია დროზე. ასეთი ნაკადებისათვის ორ ინციდენტს შორის დროის ინტერვალის მნიშვნელობა განაწილებულია მაჩვენებლიანი კანონით, რომელსაც აქვს განაწილების შემდეგი სიმკვრივე:

$$\phi(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (6)$$

t დროის განმავლობაში ინციდენტთა რიცხვის მათემატიკური ლოდინი შეიძლება წარმოვადგინოთ რისკის დონის მეშვეობით:

$$\lambda t = 1 \cdot r = r, \quad (7)$$

სადაც λ – ინციდენტის ნაკადის ინტენსიურობაა, ანუ ინციდენტთა საშუალო რაოდენობა ობიექტის ფუნქციონირების დროის ერთეულში;

ინციდენტებს შორის ინტერვალების განაწილების სიმკვრივე:

$$\phi(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (8)$$

საშუალო დრო, რომელიც მოდის ერთ ინციდენტზე:

$$T_{inc.} = \lambda \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}. \quad (9)$$

ნაკადის არასტაციონარულობის მიახლოებითი გათვალისწინებისათვის აუცილებელია, რომ დროის მონაკვეთი დაიყოს, ზოგად შემთხვევაში არათანაბარი დროის ინტერვალებად, რომელთა ფარგლებშიც λ სიდიდე, ინციდენტების პროცესში მცირედ შეიცვლება, და პროცესი ამ ინტერვალებში შეიძლება ჩაითვალოს არასტაციონარულად.

მაშინ:

$$r_{inc.} = \prod_{i=1}^k \frac{\gamma}{m!} e^{-\gamma}, \quad (10)$$

სადაც

$$\gamma = \lambda_{\text{saS}} \Delta t_i. \quad (11)$$

მიახლოებით, პროცესის არასტაციონარულობისას, შეიძლება:

$$\lambda_{\text{saS}} = \frac{1}{T_{\text{inc}}}. \quad (12)$$

ობიექტის უსაფრთხო ფუნქციონირების ალბათობა იქნება:

$$r_{m=0} = e^{-nr} = e^{-Nm}, \quad (13)$$

ხოლო ალბათობა იმისა, რომ n არახელსაყრელი ზემოქმედებისას მოხდება ერთი ინციდენტი მაინც, იქნება:

$$r_m = 1 - P = 1 - e^{-nr}. \quad (14)$$

ალბათობის მაჩვენებლების განსასაზღვრავად სტატისტიკური მონაცემების, დაკვირვებათა მონაცემების მიხედვით აგებული ჰისტოგრამების საფუძველზე შეიძლება დავადგინოთ ავარიების განაწილების შესაფერისი კანონი. შეიძლება მიახლოებით გამოვიყენოთ იშვიათ ხდომილობათა, ანუ პუასონის კანონი, მაშინ საშუალო რისკის დონე გამოისახება შემდეგნაირად:

$$r = 1 - e^{-t_{\text{av}}}, \quad (15)$$

$$\bar{r} = 1 - e^{-t_{\text{inc}}}. \quad (16)$$

საბაზრო ეკონომიკის ნაქარვეი დანერგვის შედეგად ზოგიერთი მნიშვნელოვანი საკითხის გაუთვალისწინებლობამ, სწრაფი მოგების ფსიქოლოგიის დამკვიდრებამ, ისეთ ძირითად მომგებიან დარგებში, როგორიცაა – ტრანსპორტი, ნავთობის მრეწველობა და ენერგეტიკა, სწორედ იქ სადაც მაქსიმალურია ტექნოლოგიური კატასტროფების ალბათობა და მასშტაბები, რეალური საშიშროების წინაშე დააყენა ჩვენი რესპუბლიკა.

გარდა ამისა, საკმაოდ რთულ ტოპოგრაფიულ და გეოლოგიურ პირობებში აგებული ნავთობსადენები, გაზსადენები და ჰიდროტექნიკური ნაგებობები გამუდმებით განიცდის ისეთ სტიქიურ შემოტევებს, როგორიცაა ამ ბოლო დროს მთელს დედამიწაზე და ჩვენს რესპუბლიკაშიც გახშირებული წყალდიდობები, მეწყერები, ღვარცოფები, საკმაოდ დიდი სიმძლავრის მიწისძვრები და სხვა. თუ ბუნებრივი კატაკლიზმების წინაშე კაცობრიობა უძლურია და შეუძლია მხოლოდ ზარალის შემცირებაზე იფიქროს, ტექნოლო-

გიური კატასტროფების თავიდან აცილება საიმედოობის რისკისა და თამაშის თეორიების გამოყენებით, [7,8,9,10] ნაწილობრივ მაინც შესაძლებელია. საიმედოობის თეორია, რომელიც ზუსტად ადგენს თუ რამდენ ხანს იმუშავებს ესა თუ ის ურთულესი ნაგებობა, ვერაფერს ამბობს იმის შესახებ, თუ რა ვქნათ როცა ეს ბლოკი გვიმტყუნებს, ამიტომ მას თანდათანობით შეცვლის რისკის თეორია – ანუ უსაფრთხოების თეორია.

პროგნოზის სწორი და მკვეთრი ფორმულირება აადვილებს მის გამოყენებას პრაქტიკაში. პროგნოზირება უნდა ხდებოდეს ისეთი ფორმით, რომ მოგვცეს წარმოდგენა პროგნოზირების ცდომილებაზე და მის ალბათობაზე.

პროგნოზირების ყველაზე მეტად გავრცელებული ფორმებია:

1. პროგნოზში მოსალოდნელი სიდიდე მოცემულია ალბათური ცდომილების მითითებით. ეს ფორმა არის ძირითადი. მაგალითად, ქალაქ კალუგასთან, მდინარე ოკას გაზაფხულის ნაკადი მოსალოდნელია 60 მმ ± 10 მმ, ალბათური ცდომილებით [1].

2. პროგნოზი გამოიცემა მოსალოდნელი სიდიდის დიაპაზონის გარკვეული ალბათური სახით, რომ ეს სიდიდე იქნება მოცემულ დიაპაზონში. მაგალითად, მდინარე ოკას გაზაფხულის ნაკადი 50%-იანი ალბათობით ქ. კალუგასთან მოსალოდნელია 50-70 მმ-ის საზღვრებში.

3. პროგნოზი გამოიცემა მწკრივის სახით მათი სიდიდის უზრუნველყოფის მითითებით. მაგალითად, მდინარე ოკას საგაზაფხულო ნაკადი ქ. კალუგასთან მოსალოდნელია 50 მმ 75%-იანი უზრუნველყოფით, 60 მმ 50%-იანი უზრუნველყოფით, 70 მმ 25%-იანი უზრუნველყოფით და ა.შ.

პროგნოზის ალბათური ცდომილების განსაზღვრისას, დიაპაზონის შემომსაზღვრელი მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის, რომელშიც მოსალოდნელია განსასაზღვრავი სიდიდე და ა.შ. წინასწარ აუცილებელია გამოირკვეს ცდომილების f ხარისხი, ამისათვის საჭიროა $|\delta| = f(y^1)$ გრაფიკის აგება.

ამასთან ერთად, შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ორ შემთხვევას:

1. ცდომილების პროგნოზს აქვს შემთხვევითი ხასიათი, ე.ი. არ არის დამოკიდებული

y^1 -ზე. ამ შემთხვევაში მათი ალბათობა განისაზღვრება ნორმალური განაწილების კანონიდან გამომდინარე. მაშინ:

$$\delta_p = K_p S_{y-y^1}. \quad (17)$$

აქ δ_p არის ცდომილება $p\%$ -ის ცდომილებით. ცდომილების უზრუნველყოფა წარმოადგენს შემთხვევით რიცხვს პროცენტებში. როცა ცდომილება ნაკლებია მოცემულ სიდიდეზე, p სიდიდე ტოლია სხვაობისა $p_2 - p_1$, სადაც p_2 ქვედა უზრუნველყოფაა და p_1 - ზედა მნიშვნელობა, y პროგნოზირებადი სიდიდის მნიშვნელობის ცდომილება, $p = 50\%$ ეწოდება ალბათური. R_p - აღნიშნავს ნორმირებულ გადახრას და მოცემული უზრუნველყოფის შესაბამისობისას განისაზღვრება ცხრილით [2]. S_{y-y^1} არის მოცემული პროგნოზის ცდომილება. ის დამოკიდებულია პროგნოზირებადი სიდიდის სიზუსტეზე, არგუმენტის ნორმიდან გადახრაზე, მწკრივის n რიცხვზე, არგუმენტის დამოკიდებულებისა და ცვალებადობის დადგენისას.

ამრიგად:

$$S_{y-y^1} = \bar{S} f\left(\frac{\Delta}{\sigma_x}, n\right). \quad (18)$$

აქ $f\left(\frac{\Delta}{\sigma_x}, n\right)$ ფუნქცია განისაზღვრება მეორე ცხრილიდან:

ცხრილი 2

$f\left(\frac{\Delta}{\sigma_x}, n\right)$ ფუნქციის მნიშვნელობა

n	Δ / σ_x						
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
10	1,05	1,06	1,10	1,15	1,22	1,31	1,41
15	1,04	1,04	1,06	1,11	1,15	1,22	1,29
20	1,03	1,03	1,05	1,08	1,12	1,17	1,22
25	1,02	1,025	1,04	1,06	1,10	1,14	1,18
30	1,015	1,020	1,03	1,05	1,08	1,11	1,15
40	1,012	1,015	1,025	1,04	1,06	1,09	1,12
50	1,010	1,012	1,020	1,03	1,05	1,07	1,10
60	1,008	1,010	1,015	1,025	1,04	1,06	1,08

სადაც Δ - ძირითადი დამოუკიდებელი

ცვლადის ნორმიდან გადახრაა, რომლის სახით გამოიცემა მოცემული პროგნოზი ($\Delta = x - \bar{x}$), n არის x სიდიდის საშუალო კვადრატული გადახრა.

$\bar{S}$ - საშუალო გადახრა მწკრივთა დიდი რაოდენობისას:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y - y^1)^2}{n}}. \quad (19)$$

მწკრივთა მცირე რაოდენობის შემთხვევაში:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y - y^1)^2}{n - m}}, \quad (20)$$

სადაც y - სიდიდის ფაქტობრივი მნიშვნელობა; y^1 - მოსალოდნელი (საძიებო) სიდიდის მნიშვნელობა.

განსაზღვრა სასაზღვრო მნიშვნელობების მისაღებ დიაპაზონში ხორციელდება შემდეგ ფორმულით:

$$Y_{p_1-p_2} = y^1 \pm \delta_p = y^1 \pm K_p S_{y-y^1}, \quad (21)$$

სადაც y^1 - საძიებო სიდიდის საშუალო მნიშვნელობა; δ_p - ცდომილებაა მოცემული უზრუნველყოფით (მზარდ მწკრივში).

აღვნიშნოთ, რომ სიდიდეს დიაპაზონის შესაბამისი ალბათური ცდომილებით, ეწოდება ალბათური, იგი განისაზღვრება ფორმულით:

$$y = y^1 + 0,674 S_{y-y^1}. \quad (22)$$

ამასთან, მოსალოდნელი სიდიდის მოხვედრა ამ დიაპაზონში ნორმალური განაწილებისას შეადგენს 50%-ს; უზრუნველყოფა სასაზღვრო სიდიდეების 25% და 75% დიაპაზონში; უზრუნველყოფა ყველაზე მოსალოდნელი სიდიდისა y^1 -50%-ია (ცხრილი 3).

ფორმულა (21) ერთდროულად გამოიყენება სხვადასხვა უზრუნველყოფით წინასწარმეტყველების სიდიდის განსაზღვრისათვის. ამისათვის საჭიროა ამ ფორმულაში ჩავსვათ K_p -ს მნიშვნელობა მოცემული უზრუნველყოფით 3 ცხრილიდან.

ცხრილი 3

K_p კოეფიციენტის მნიშვნელობა (21)

ფორმულაში

უზრუნველყოფა	K_p	უზრუნველყოფის ინტერვალი p
5	1,65	0} 50} 80} 90
10	1,28	
25	0,674	
50	0,00	
75	-0,674	
90	-1,28	
95	-1,64	

2. პროგნოზის ცდომილება დამოკიდებულია იმ სიდიდეზე, რომლის წინასწარმეტყველებაც ხდება. ამ შემთხვევაში აუცილებელია არ იქნეს მხედველობაში მიღებული შემოწმების ცდომილება. ამისათვის შესაძლებელია, მაგალითად პროგნოზის შემოწმების ცდომილების მწკრივი $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ შევცვალოთ მწკრივით:

$$\varepsilon_1 = \frac{\delta_1}{\delta'_1}, \varepsilon_2 = \frac{\delta_2}{\delta'_2}, \dots, \varepsilon_n = \frac{\delta_n}{\delta'_n}, \quad (23)$$

სადაც δ_i – პროგნოზის ცდომილებაა, გამოთვლილი ფაქტობრივ და წინასწარ მოცემულ სიდიდეს შორის ე.ი. $y - y'$ -ით, ხოლო δ'_i – ცდომილებაა აღებული $|\delta| = f(y')$ გრაფიკიდან.

ასეთი ხერხი ზოგიერთ შემთხვევაში გამოთიშავს ცდომილების დამოკიდებულებას

წინასწარმეტყველ სიდიდესთან. შემოწმება ხდება δ_i / δ'_i და y' შორის კავშირის აგებით.

დავუშვათ, რომ $\varepsilon = \delta_i / \delta'_i$ მწკრივი შემთხვევითია. მისი პარამეტრებია, ნორმა:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i}{n}; \quad (24)$$

სტანდარტული გადახრა:

$$\bar{\sigma}_\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n} - \bar{\varepsilon}^2}. \quad (25)$$

მრავალწლიან მნიშვნელობამდე დაყვანისას გვაქვს:

$$\bar{\sigma}_\varepsilon = \sigma_\varepsilon \sqrt{\frac{n}{n-1}}. \quad (26)$$

ასეთ შემთხვევაში პროგნოზის ცდომილება ნებისმიერი ალბათობით:

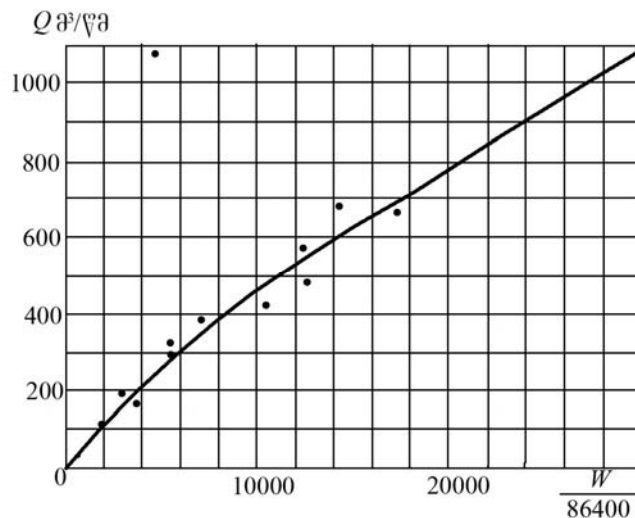
$$\delta_p = K_p \delta' \bar{\sigma}_\varepsilon, \quad (27)$$

სადაც δ' ცდომილობის მნიშვნელობაა, აღებული პირველი ნახაზის $|\delta| = f(y')$ გრაფიკიდან.

მოცემულ დიაპაზონში y სიდიდის საზღვრების მნიშვნელობები განისაზღვრება (28) ფორმულით:

$$y_p = y_1 \pm K_p \delta' \bar{\sigma}_\varepsilon, \quad (28)$$

სადაც $\delta' \bar{\sigma}_\varepsilon = S_{y-y'}$ არის პროგნოზის საშუალო კვადრატული ცდომილება.



ნახ. 1. წყლის ხარჯის დამოკიდებულება წყლის მარაგისაგან მაისის თვეში, მდ. არაგვის კალაპოტში, ჟინვალთან

დასკვნა

აღსანიშნავია, რომ ზემოაღნიშნული პროგნოზირების გამოცემის ფორმები არ ვრცელდება მდინარეთა ზედაპირის გაყინვის პროგნოზზე, ყინულის სისქის პროგნოზზე და ა.შ.

დასასრულს, საჭიროა აღვნიშნოთ, რომ ბუნებრივი გარემოს საფრთხის პროგნოზირება და ავარიის რისკის შეფასება იმდენად

რთული პროცესია, რომ აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას გამოთქმით, შესწავლის ერთ-ერთ „მუდმივ“ საკითხს წარმოადგენს. ნაშრომში მოყვანილი საკითხების გადაწყვეტა და მისი პრაქტიკული რეალიზაცია ნაწილობრივ მაინც შეუწყობს ხელს მიწის რესურსების საიმედო დაცვას ეროზიული მოვლენების მავნე ზემოქმედებისაგან.

ლიტერატურა

1. **Бөфани Н.Ф., Калинин Г.П.** Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. Л.: Гидрометеиздат, 1983.
2. **მირცხულავა ც.** რისკი. როგორ გავრისკოთ გონივრულად. თბილისი, 1998.
3. **ბლიაძე მ., კერესელიძე დ.** წყლის ობიექტებზე რეკრეაციის ზემოქმედების გეოგრაფიულ-ეკოლოგიური ასპექტები. თბილისი: ქართული წიგნის სახლი, 2008.
4. **გავარდაშვილი გ.** მდინარე დურუჯის აუზში ეროზიულ-დვარცოფული პროცესების პროგნოზირება და მათი საწინააღმდეგო ახალი საინჟინრო-ეკოლოგიური ღონისძიება. თბილისი: „მეცნიერება“, 2003.
5. **ყრუაშვილი ი.** წყლისმიერი ეროზიული პროცესების პროგნოზირება და ეკოლოგიური ამოცანების საინჟინრო გადაწყვეტის მეთოდები. თბილისი: „განათლება“, 1996.
6. **Мирихулава Ц.Е.** Опасности и риски на некоторых водных и других системах. Виды, анализ, оценка. В 2-х книгах, Тбилиси: „Мецნიერება“, 2003.
7. **ფურცელაძე ლ.** პროგნოზირების კლასიფიკაცია. //საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო-რეფერირებული ჟურნალი, „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №7-9, თბილისი, 2007.
8. **ფურცელაძე ლ.** მედიორაციული სისტემების მდგრადი ფუნქციონირების ალბათური პროგნოზირების მეთოდების დამუშავება. //ჟ. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №4-6, თბილისი, 2003.
9. **ფურცელაძე ლ.** ჰიდრონაგებობების ავარიები და მათი ალბათური პროგნოზირება. //საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო რეფერირებული ჟურნალი, „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №1-2, თბილისი, 2009.
10. **Purceladze L.** Damage of Soil by Freshets and Ways of Averting it. //International Symposium on Floods and Modern Methods of Control Measures. Tbilisi, 2009.

РЕШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАДАЧ КРУЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ТРУБЫ ПРИЗМАТИЧЕСКОЙ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ РЯДОВ

Кипиани Г.О., Цхведадзе Р.М., Рехвиашвили Г.М.

Грузинский Технический Университет
ул. Костава, 77, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Пространственная задача кручения стержня цилиндрической (призматической) формы в классической теории упругости рассмотрена многими мировыми учеными, не только для простых случаев, когда стержень представлен как однородное тело, но также для сложных

случаев.

В работе рассмотрена пространственная задача кручения стержня призматической формы для конкретного случая, когда H – крутящие моменты передаются стержню на концах с помощью прикрепленных жестких дисков.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При решения данной задачи применяются безразмерные величины x, y, z, η_1, η_2 , (Рис.1).

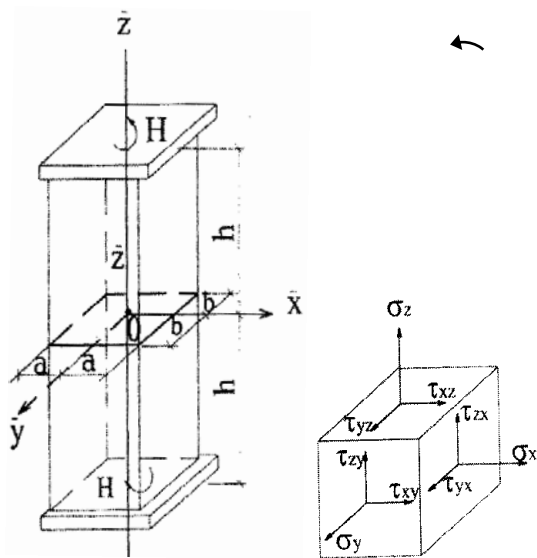


Рис. 1

$$x = \frac{\bar{x}_1}{a}; \quad y = \frac{\bar{y}_1}{b}; \quad z = \frac{\bar{z}_1}{h}; \quad \eta_1 = \frac{h}{a}; \quad \eta_2 = \frac{h}{b},$$

где $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ – декартовы координаты, $2a$; $2b$; $2h$ – геометрические размеры призматического стержня.

Статические и физические уравнения в безразмерных координатах, описывающие напря-

женно-деформированное состояние рассматриваемого стержня имеют следующий вид:

1. Уравнения равновесия:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\eta_2}{\eta_1} \frac{\partial \tau_{xy}^*}{\partial y} + \frac{1}{\eta_1} \frac{\partial \tau_{xz}^*}{\partial z} &= 0, \\ \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\eta_1}{\eta_2} \frac{\partial \tau_{xy}^*}{\partial x} + \frac{1}{\eta_2} \frac{\partial \tau_{yz}^*}{\partial z} &= 0, \quad (1) \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \eta_1 \frac{\partial \tau_{xz}^*}{\partial x} + \eta_2 \frac{\partial \tau_{yz}^*}{\partial y} &= 0. \end{aligned}$$

2. Физические и геометрические уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial x} &= \frac{h}{E} \frac{1}{\eta_1} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] \\ \frac{\partial V}{\partial y} &= \frac{h}{E} \frac{1}{\eta_2} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)] \\ \frac{\partial W}{\partial z} &= \frac{h}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \\ \eta_2 \frac{\partial U}{\partial y} + \eta_1 \frac{\partial V}{\partial x} &= \frac{h}{E} 2(1+\nu) \tau_{xy}^* \\ \frac{\partial U}{\partial z} + \eta_1 \frac{\partial W}{\partial x} &= \frac{h}{E} 2(1+\nu) \tau_{xz}^* \\ \frac{\partial V}{\partial z} + \eta_2 \frac{\partial W}{\partial y} &= \frac{h}{E} 2(1+\nu) \tau_{yz}^* \end{aligned} \quad (2)$$

Т.о. мы имеем 9 уравнения с 9 неизвестными величинами [1].

Как известно, интегрирование приведенных уравнений с удовлетворением всех граничных и начальных условий для конкретных задач представляет значительные математические трудности. Если искать не только теоретическое решение, а такое, которое поддавалось бы фактическому вычислению, потому на практике при рассмотрении практических задач используют разные гипотетические допущения, которые значительно искажают картину распределения напряжения в стержне. Например, при рассмотрении задачи кручения стержня из внутренних шести компонентов напряжений предварительно значения четырех из них принимают равным нулю.

Мы постарались решить данную задачу без применения гипотетических допущений.

Как известно из математики, любую функцию $Y^i(x, y, z)$ с большой точностью можно представить следующими интерполирующими функциями [2]:

$$Y^i(x, y, z) = \sum_m \sum_n \sum_k A_{mnk}^i \varphi_m^i(x) \Psi_n^i(y) \varphi_k^i(z) + \sum_j [\xi_j^i(x) \eta_j^i(y, z) + \nu_j^i(y) \rho_j^i(x, z) + \lambda_j^i(z) g_j^i(x, y)], \quad (3)$$

где A_{mnk}^i – искомые постоянные коэффициенты, которые определяют количество Y^i функций; $\varphi_m^i(x), \Psi_n^i(y), \varphi_k^i(z)$ – любые интерполирующие функции, которые должны удовлетворять для представленной Y функции начальные и граничные условия.

В представленной задаче внутренние касательные напряжения можно представить при помощи формулы (3), которые должны точно удовлетворять следующим граничным условиям:

$$\begin{aligned} \text{при } x = \pm 1; \quad \tau_{xy} = 0; \quad \tau_{xz} = 0; \quad \tau_{yz} \neq 0, \\ \text{при } y = \pm 1; \quad \tau_{xy} = 0; \quad \tau_{xz} \neq 0; \quad \tau_{yz} = 0, \\ \text{при } z = \pm 1; \quad \tau_{xy} = 0; \quad \tau_{xz} \neq 0; \quad \tau_{yz} \neq 0. \end{aligned} \quad (4)$$

При этом правдиво равенство, когда

$$z = \pm 1; \quad H = \iint_F (x \tau_{yz} - y \tau_{xz}) dF,$$

где F – площадь поперечного сечения стержня.

При соблюдении условия (4) внутренние

касательные напряжения с помощью (3) представим в следующей форме:

$$\begin{aligned} \tau_{xy} &= \sum_m \sum_n \sum_k A_{mnk} (\sin mx - x \sin m) \times \\ &\quad \times (\sin ny - y \sin n) f_1(z), \\ \tau_{xz} &= \sum_m \sum_n \sum_k B_{mnk} f_1(x) \sin ny \sin kz - \\ &\quad - \frac{1}{\eta_1} (x^2 - 1) y D \\ \tau_{yz} &= \sum_m \sum_n \sum_k C_{mnk} f_1(y) \sin mx \sin kz + \\ &\quad + \frac{1}{\eta_2} (y^2 - 1) x D \end{aligned} \quad (5)$$

где D – постоянная величина, определяющаяся при помощи формул:

$$\begin{aligned} H &= \iint_F (\bar{x} \tau_{yz} - \bar{y} \tau_{xz}) dF = \\ &= \frac{4a^3 \eta_1}{\eta_2^2} D \int_0^1 \int_0^1 (2x^2 y^2 - x^2 - y^2) dx dy = \\ &= -\frac{8h^3}{9\eta_1^2 \eta_2^2} D \\ D &= -\frac{9\eta_1^2 \eta_2^2}{8} \cdot \frac{H}{h^3} \end{aligned}$$

После установления интерполирующих функций касательных напряжений из уравнения (1) легко определяются $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ напряжений:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= -\int \left[\left(\frac{\eta_2}{\eta_1} \frac{\partial \tau_{xy}^*}{\partial y} + \frac{1}{\eta_1} \frac{\partial \tau_{xz}^*}{\partial z} \right) \right] dx + B_1(y, z) = \\ &= \bar{\sigma}_x(x, y, z) + B_1(y, z) \\ \sigma_y &= -\int \left[\left(\frac{\eta_1}{\eta_2} \frac{\partial \tau_{xy}^*}{\partial x} + \frac{1}{\eta_2} \frac{\partial \tau_{yz}^*}{\partial z} \right) \right] dy + C_1(x, z) = \\ &= \bar{\sigma}_y(x, y, z) + C_1(x, z) \\ \sigma_z &= -\int \left[\left(\eta_1 \frac{\partial \tau_{xz}^*}{\partial x} + \eta_2 \frac{\partial \tau_{yz}^*}{\partial y} \right) \right] dz + D_1(x, y) = \\ &= \bar{\sigma}_z(x, y, z) + D_1(x, y) \end{aligned} \quad (6)$$

$B_1(y, z)$ и $C_1(x, z)$ интегральные функции легко определяются из граничных условий: когда $x = \pm 1; \sigma_x = 0$,
когда $y = \pm 1; \sigma_y = 0$.

Например, вычислим σ_x напряжения:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= -\int \left(\frac{\eta_2}{\eta_1} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{1}{\eta_1} \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) dx = \\ &= \sum_m \sum_n \sum_k \int \left[\frac{\eta_2}{\eta_1} A_{mnk} (\sin mx - x \sin m) (n \cos ny - \right. \\ &\quad \left. - \sin n) f_1(z) + \frac{1}{\eta_1} B_{mnk} f_1(x) \sin ny \cos kz \right] dx = \\ &= \sum_m \sum_n \sum_k \left\{ \frac{\eta_2}{\eta_1} A_{mnk} \left(\frac{1}{m} \cos mx + \frac{x^2}{2} \sin m \right) \times \right. \\ &\quad \times (n \cos y - \sin n) f_1(z) - \frac{1}{\eta_1} B_{mnk} \left[\left(\frac{1}{m} \sin mx - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - x \cos m \right) + \frac{3}{2} \left(\frac{1}{m} \sin m - \cos m \right) \left(\frac{x^3}{3} - x \right) \right] \times \\ &\quad \times \sin ny \cos kz + B_1(y, z) \end{aligned}$$

Так как, когда $x = \pm 1$; $\sigma_x = 0$ получим

$$\begin{aligned}B_1(y, z) &= -\sum_m \sum_n \sum_k \frac{\eta_2}{\eta_1} A_{mnk} \left(\frac{1}{m} \cos mx + \frac{1}{2} \sin m \right) \times \\ &\times (n \cos ny - \sin n) f_1(z) \end{aligned}$$

Окончательно:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \sum_m \sum_n \sum_k \left[A_{mnk} \frac{\eta_2}{\eta_1} f_2(x) (n \cos ny - \sin n) f_1(z) - \right. \\ &\quad \left. - B_{mnk} \frac{k}{\eta_1} f_3(x) \sin ny \cos kz \right] \end{aligned}$$

Аналогично:

$$\begin{aligned}\sigma_y &= \sum_m \sum_n \sum_k \left[A_{mnk} f_2(y) (m \cos mx - \sin m) \times \right. \\ &\quad \times f_1(z) - C_{mnk} \frac{k}{\eta_2} f_3(y) \sin mx \cos kz \left. \right] \end{aligned}$$

Прямое определение значения $D_1(x, y)$ функций невозможно, так как не имеем граничные условия для σ_z . Ее определение возможно после определения значения W перемещений. Для этого используется уравнение:

$$\frac{\partial W}{\partial z} = \frac{h}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)]$$

В этом уравнении подставляются значения σ_x , σ_y , σ_z напряжения, после интегрирования имеем:

$$W = -\bar{W}(x, y, z) + D_1(x, y) \cdot z + D_2(x, y),$$

где $\bar{W}(x, y, z)$ определяются известными функциями.

Для определения значений $D_1(x, y)$ и $D_2(x, y)$ искоемых функций можно использовать два варианта граничных условий:

а) перемещения концов стержня по направлению z оси ограничены;

б) перемещения концов стержня по оси z свободны.

Рассмотрим сперва а) случай. Граничные условия для этого случая следующие:

при $z = 0$; $w = 0$;

при $z = \pm 1$; $w = 0$

Используя эти условия, получим:

$$D_2(x, y) = 0$$

$$\begin{aligned}D_1(x, y) &= \sum_m \sum_n \sum_k \left\{ B_{mnk} \left[\frac{\nu}{\eta_1} f_1(x) + \frac{\eta_1}{k^2} f_2(x) \right] + \right. \\ &\quad \left. + C_{mnk} \left[\frac{\nu}{\eta_2} f_1(y) - \frac{\eta_2}{k^2} f_2(y) \right] \right\} \sin k \end{aligned}$$

Также определяются U и V перемещения используя граничные условия:

при $z = 0$; $u = 0$; $v = 0$

Мы однозначно определили нормальные напряжения σ_x , σ_y , σ_z и перемещения U , V , W , которые точно удовлетворяют три уравнения равновесия из шести уравнений деформаций, а остальные три уравнения деформаций должны тождественно удовлетворяться:

$$\begin{aligned}\frac{\partial U}{\partial x} &\equiv \frac{h}{E} \eta_1 [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)]; \\ \frac{\partial V}{\partial y} &\equiv \frac{h}{E \eta_2} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)]; \\ \eta_2 \frac{\partial U}{\partial y} + \eta_1 \frac{\partial V}{\partial x} &\equiv \frac{h}{E} 2(1 + \nu) \tau_{xy}\end{aligned} \quad (7)$$

Если ввести в тождественные уравнения (7) выражения напряжений и перемещений, то после преобразования получим алгебраическую систему уравнений относительно неизвестных коэффициентов:

$$\begin{aligned}\sum_m \sum_n \sum_k [\Phi_{mnk}^i(A) A_{mnk} + \Phi_{mnk}^i(B) B_{mnk} + \\ + \Phi_{mnk}^i(C) C_{mnk}] = \Phi'(q)\end{aligned} \quad (8)$$

$i = \text{I, II, III}$

Из системы алгебраических уравнений

неизвестные коэффициенты A_{mnk} , B_{mnk} , C_{mnk} можно определить, если использовать метод колокаций. Тожественные уравнения удовлетворяются предварительно в заданных точках колокаций. В процессе вычисления производится варьирование точек колокации (рис. 2).

Количество колокационных точек определяется из условия сходимости решения задачи, когда увеличение точек колокаций уже не влияет на значения решаемой задачи в пределах заданной точности.

б) Случай, когда вертикальные перемещения оси стержня не ограничены. В этом случае граничные условия для функций W имеют вид:

$$\text{при } z = 0, W = 0; \quad \text{при } z = 1; W = -\frac{h}{E} C;$$

$$\text{при } z = -1; W = \frac{h}{E} C,$$

где C – постоянная величина и определяется из контактного условия: при $z = \pm 1 \iint_F \sigma_z dF = 0$.

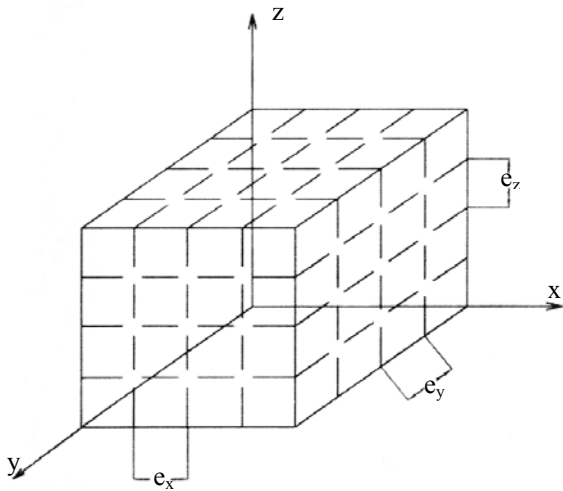


Рис. 2

С помощью вышеизложенного пути для реализации численных значений составлен математический алгоритм и программа для компьютера, с помощью которой можно вычислить шесть компонентов внутренних напряжений и перемещений u, v, w при любых геометрических характеристиках η_1 и η_2 .

$$\sigma_z = \sum_m \sum_n \sum_k \left[A_{mnk} \frac{\eta_2}{\eta_1} f_2(x) (n \cos ny - \sin n) f_1(z) - B_{mnk} \frac{K}{\eta_1} f_3(x) \sin ny - \cos kz \right] \cdot \frac{H}{h^3};$$

$$\sigma_y = \sum_m \sum_n \sum_k \left[A_{mnk} \frac{\eta_1}{\eta_2} f_2(y) (m \cos mx - \sin m) f_1(z) - C_{mnk} \frac{K}{\eta_2} f_3(y) \sin mx - \cos kz \right] \cdot \frac{H}{h^3},$$

$$\sigma_z = \sum_m \sum_n \sum_k B_{mnk} \left\{ \sin ny \left[\frac{v}{\eta_1} f_2(x) \sin k + \frac{\eta_1}{k^2} f_4(x) (K \cos kz - \sin k) \right] + K_{mnk} \right\} +$$

$$+ C_{mnk} \left\{ \sin mx \left[\frac{v}{\eta_2} f_3(y) \sin k + \frac{\eta_2}{k^2} f_4(y) (K - \cos kz - \sin k) \right] + K_{mnk}^* \right\} \cdot \frac{H}{h^3}$$

$$\tau_{xy}^* = \sum_m \sum_n \sum_k A_{mnk} (\sin mx - x \sin m) \times (\sin ny - y \sin n) f_1(z) \frac{H}{h^3}$$

$$\tau_{xz}^* = \left\{ \sum_m \sum_n \sum_k B_{mnk} f_1(x) \sin ny \sin kz - \frac{1}{\eta_1} x^2 y \right\} \frac{H}{h^3},$$

$$\tau_{yz}^* = \left\{ \sum_m \sum_n \sum_k B_{mnk} f_1(y) \sin mx \sin kz + \frac{1}{\eta_2} y^2 x \right\} \frac{H}{h^3},$$

$$U = \frac{H}{Eh^2} \left\{ \sum_m \sum_n \sum_k \left\{ A_{mnk} v [\eta_2 (\sin mx - x \sin m) \times (m \cos m - \sin n) + \frac{m^2 \eta_1^2}{\eta_2} f_2 y \sin m z] f_4(z) - B_{mnk} \sin ny \left[f_1(x) f_2(z) + \frac{\eta_1^2}{k^2} f_5(x) f_5(z) \right] + C_{mnk} m \eta_1 \cos mx \left[\frac{v}{\eta_2} f_3(y) - \frac{\eta_2}{k^2} f_4(y) f_5(z) \right] - 2 \frac{(1+v)}{\eta_1} (x^2 - 1) yz \right\} \right\}$$

**РЕШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАДАЧ КРУЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ТРУБЫ
ПРИЗМАТИЧЕСКОЙ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ РЯДОВ**

$$V = \frac{H}{Eh^2} \left\{ \sum_m \sum_n \sum_k \left\{ A_{mnk} v \left[\frac{m^2 \eta_2^2}{\eta_1} f_2(x) \sin ny + \right. \right. \right. \\ \left. \left. + \eta_1 (\sin ny - y \sin n) \times (m \cos mx - \sin n) \right] f_4(z) - \right. \\ \left. - B_{mnk} n \eta_2 \cos ny \left[\frac{v}{\eta_1} f_3(x) - \frac{\eta_1}{k^2} f_4(x) \right] f_5(z) - \right. \\ \left. - B_{mnk} n \eta_2 \cos ny \left[\frac{v}{\eta_1} f_3(x) - \frac{\eta_1}{k^2} f_4(x) \right] f_5(z) - \right. \\ \left. - C_{mnk} \sin mx \left[f_1(y) f_2(z) + \frac{\eta_2^2}{k^2} f_5(y) f_5(z) \right] \right\} + \\ + 2 \frac{(1+v)}{\eta_1} (y^2 - 1) x z \Bigg\},$$

$$W = \frac{H}{Eh^2} \sum_m \sum_n \sum_k \eta_1 \left\{ -A_{mnk} \left[\frac{\eta_2}{\eta_1} f_2(x) \times \right. \right. \\ \left. \times (n \cos ny - \sin n) + \frac{\eta_1}{k^2} f_2(y) (m \cos mx - \right. \\ \left. - \sin m) \right] f_3(z) + B_{mnk} \left\{ \sin ny \left[\frac{v}{\eta_2} f_3(y) \sin k - \right. \right. \\ \left. - \frac{\eta_1}{k^2} f_4(x) \right] (\sin kz - z \sin k) - z K_{mnk} \Bigg\} + \\ + C_{mnk} \left\{ \sin mx \left[\frac{v}{\eta_2} f_3(y) + \frac{\eta_2}{k^2} f_4(y) \right] \times \right. \\ \left. \times (\sin kz - z \sin k) - z K_{mnk}^* \right\} \Bigg\} \frac{H}{h^3}$$

Сопоставляя с данными других авторов имеем [3;4]:

Рейсснер: при $\eta_1 = \eta_2 = 2$, тогда - 1,387, при $\eta_1 = \eta_2 = 10$: тогда -1.872;

Геоджян: при $\eta_1 = \eta_2 = 2$, тогда - 0,75, при $\eta_1 = \eta_2 = 10$: тогда -1.704

Наш: при $\eta_1 = \eta_2 = 2$, тогда - 0,93, при $\eta_1 = \eta_2 = 10$: тогда -1.753.

В ниже приведенных таблицах показаны численные значения всех искомых величин, при $\eta_1 = \eta_2 = 6$.

$$\eta_1 = \eta_2 = 6 \quad \bar{\sigma}_x$$

z	y/x	0.0	1/3	2/3	1.0
z = 0.0	0.0	0.011893	0.010828	0.003037	0
	1/3	-0.000768	0.003629	0.006964	0
	2/3	-0.018718	-0.019633	-0.009306	0
	1.0	0.057980	0.056229	0.02579	0
z = 0.25	0.0	-0.000430	-0.000367	0.000031	0
	1/3	-0.000270	-0.000196	-0.000505	0
	2/3	0.001400	0.001945	0.000982	0
	1.0	-0.005307	-0.004052	-0.002087	0
z = 0.50	0.0	0.000103	0.000120	0.000183	0
	1/3	-0.000132	-0.000126	-0.000266	0
	2/3	0.000141	0.000506	0.000332	0
	1.0	-0.000846	-0.000354	-0.000185	0
z = 0.75	0.0	-0.000589	-0.000604	-0.000554	0
	1/3	0.000542	0.000365	0.000943	0
	2/3	-0.000296	-0.001577	-0.001161	0
	1.0	0.002558	-0.001949	-0.001562	0
z = 1.0	0.0	0	0	0	0
	1/3	0	-0.005084	-0.010873	0
	2/3	0	0.004470	0.005152	0
	1.0	0	0.070682	0.047532	0

$$\sigma_x = -\bar{\sigma}_x \cdot \frac{H}{h^3},$$

$$\eta_1 = \eta_2 = 6 \quad \bar{\sigma}_y$$

z	y/x	0.0	1/3	2/3	1.0
z = 0.0	0.0	-0.011893	0.000768	0.018718	-0.057980
	1/3	-0.010828	-0.003629	0.019633	-0.056229
	2/3	-0.003037	-0.006964	0.009306	-0.02579
	1.0	0	0	0	0
z = 0.25	0.0	0.000430	0.000270	-0.001400	0.005307
	1/3	0.000367	0.000196	-0.001945	0.004952
	2/3	-0.000031	0.000505	-0.000982	0.002087
	1.0	0	0	0	0
z = 0.50	0.0	-0.000103	0.000132	-0.000141	0.000846
	1/3	-0.000120	0.000126	-0.000506	0.000354
	2/3	-0.000183	0.000266	-0.000332	0.000195
	1.0	0	0	0	0
z = 0.75	0.0	0.000589	-0.000542	0.000296	-0.002558
	1/3	0.000604	-0.000365	0.001577	0.001949
	2/3	0.000554	-0.000943	0.001161	0.001562
	1.0	0	0	0	0
z = 1.0	0.0	0	0	0	0
	1/3	0	0.005084	-0.004470	-0.070682
	2/3	0	0.010873	-0.005152	-0.047532
	1.0	0	0	0	0

$$\sigma_y = -\bar{\sigma}_y \cdot \frac{H}{h^3},$$

$$\eta_1 = \eta_2 = 6 \quad \bar{\sigma}_z$$

ВЫВОДЫ

В работе при использовании метода И.И. Гудушаури, были получены аналитические выражения всех компонентов напряжений, которые в классической теории упругости не было достигнуто. С помощью вышеизложенного пути для реализации численных значений составлен математический алгоритм для компьютера, с помощью которого можно вычислить шесть компонентов.

Литература

1. **Мухелишвили Н.И.** Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., Наука, 1966
2. **Гудушаури И.И.** Теория упругости в обыкновенных дифференциальных уравнениях. Тбилиси, Мецниереба, 1990
3. **Геоджян Г.П.** К теории стесненного кручения сплошных призматических стержней. //Изд. Арм. ССР, сер. физ.-мат. наук, XII, № 5, 1959.
4. **Рейсснер Г.** //Сб. тр. Механика, № 5, 1953.

z	y/x	0.0	1/3	2/3	1.0
z = 0.0	0.0	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹
	1/3	0.3·10 ⁻⁹	0.2·10 ⁻⁹	0.011590	0.008446
	2/3	0.3·10 ⁻⁹	-0.011590	0.4·10 ⁻⁹	0.022985
	1.0	0.3·10 ⁻⁹	-0.008446	-0.022985	-0.9·10 ⁻⁹
z = 0.25	0.0	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹
	1/3	0.3·10 ⁻⁹	0.4·10 ⁻⁹	-0.000339	-0.000499
	2/3	0.3·10 ⁻⁹	0.000339	0.3·10 ⁻⁹	-0.002011
	1.0	0.3·10 ⁻⁹	0.000499	0.002011	0.9·10 ⁻⁸
z = 0.50	0.0	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹
	1/3	0.3·10 ⁻⁹	0.1·10 ⁻¹⁰	-0.000558	-0.000395
	2/3	0.3·10 ⁻⁹	0.000558	0.12·10 ⁻⁸	-0.001248
	1.0	0.3·10 ⁻⁹	0.000395	0.001248	-0.16·10 ⁻⁸
z = 0.75	0.0	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹
	1/3	0.3·10 ⁻⁹	0.4·10 ⁻⁹	0.001886	0.003900
	2/3	0.3·10 ⁻⁹	-0.001886	0.1·10 ⁻⁹	0.000658
	1.0	0.3·10 ⁻⁹	-0.003900	-0.00658	0.13·10 ⁻⁸
z = 1.0	0.0	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹	0.3·10 ⁻⁹
	1/3	0.3·10 ⁻⁹	-0.15 10 ⁻⁹	0.002929	-0.022721
	2/3	0.3·10 ⁻⁹	-0.002929	0.58·10 ⁻⁸	-0.002486
	1.0	0.3·10 ⁻⁹	0.022721	0.002486	-0.21·10 ⁻⁷

$$\sigma_z = -\bar{\sigma}_z \cdot \frac{H}{h^3},$$

RESULTS OF PALYNOLOGICAL STUDIES OF MARINE, LAGOON AND OTHER SEDIMENTS FROM THE BLACK SEA AREA IN GEORGIA

Eliso Kvavadze,¹ Kakhaber Bilashvili²

E-mail: *ekvavadze@mail.ru, wocean@telenet.ge*

¹⁾ Institute of Palaeobiology of National Museum of Georgia,
4 Potochnay-Niagvris Str., 0108 Tbilisi, Georgia

²⁾ Iv. Javakhishvili Tbilisi State University,
1 Chavchavadze Ave., 0128 Tbilisi, Georgia

INTRODUCTION

In Georgia, palynological studies of Holocene marine sediments began in the early 1970s [1]. Extensive drilling of the Black Sea shelf and estuarine sediments was performed as part of engineering-geological surveys near coastal resorts and sanatoriums. Drilling was performed on the scientific ship “Geochimik” and during 1978-1984 a substantial body of core material was collected and studied using many methods of the natural sciences, including palaeogeographical, paleontological, geomorphological, geochronological, and climatostratigraphical methods [2].

Palynological and sedimentological results showed that the Black Sea reached its lowest level 18 – 17 thousand years ago. During this regression, corresponding to the last phase of the Würm Ice Age, the sea level was 120m lower than today.

Cooling was followed by intensive warming, glaciers began to melt and the New Black Sea transgression began. By the onset of the Holocene (10 thousand years ago) the sea-level rose by nearly 70 m [3]. How sea-level changes developed later, the climate in different Holocene transgression phases and the human activity at the very beginning of the Holocene and in all the subsequent periods in the mountains of Georgia – these are the points we will try to address in the present paper. The Caucasus and Georgia in particular, is the region where the manufacturing economy that forms the basis of civilization originated during the first stages of the Holocene. According to radiocarbon dates, early agricultural settlements in the southern part of Georgia are dated to the 60-54 centuries B.C.

MATERIAL AND METHODS

The investigation covered five areas of the eastern part of the Black Sea, where many boreholes were drilled during voyages of the “Geokhimik”. Drilling was performed with a Russian-made “UGB” drill, with a core diameter of 10.8 cm.

The Black Sea shelf sediments studied comprise mostly fine grained sands, silt and clay. The depth of Holocene sediments in the region varies from 17 m (borehole 120) to 27.8 (borehole 511). Material from 26 boreholes was studied palynologically; 7 of these were located in the Gagra area, i.e. boreholes 603, 607, 609, 613, 424 and Gagra-1. Borehole 471 was drilled nearby in the continental zone.

To the south-west of Gagra lies the Gudauta shelf zone, where boreholes 120 and 521 were drilled to a depth of 9,5 and 31,8 m respectively.

In the Akhali Atoni area, borehole 511 (at a depth of 21.1 m) was collected. Boreholes 55, 39, 182, 128 and 149 were drilled nearby on the alluvial-marine terrace.

Boreholes 732 and 721 come from the Sokhumi coastal area, at a depth of 9.8 and 14.9 m on the shelf, where Holocene sediments are represented most completely. Borehole 36 was drilled here in the continental part near the shelf.

DISCUSSION

The regional palaeozones derived from analysis of marine, lagoon and alluvial sediments represent the major events in the Holocene development of vegetation in the Caucasus region. Marine sediments, in particular, show major shifts in species dominance that reflect changes in vegetation in all altitudinal belts, thanks to the proximity of mountain ranges to the Black Sea. In this case the Black Sea can be regarded as a natural pollen trap in which pollen accumulated for the last ten thousand years. Importantly, there are no gaps in the record and therefore we have a complete and detailed picture of palaeoecological events. Statistical processing of the palynological material using the software "Paleoclimate 1" [4] allowed us to reconstruct quantitative indices of the climate and to reconstruct oscillations of the upper tree limit in response to climatic fluctuations [2]. In addition to marine palynospectra, palaeoecological reconstruction also incorporates pollen data from alluvial and lagoon sediments along the coastline and from the high mountains of Abkhazia [2].

At the first stage, very early in the Holocene, sedimentological data [3] indicates that the Black Sea level was lower than nowadays by 50-60 m. The timberline was 800 – 850 m lower than now [5]. However, comparing pollen spectra dated 10 000 BP with those of the Younger Dryas, it is clear that the areas of broad-leaved forests with hornbeam, oak, chestnut and wing-nut expanded. This process was due to warmer, wetter climatic conditions. During the Younger Dryas, July mean temperature on the coast was reconstructed at 18.3°C, while in the Preboreal it rose to 23.3°C.

The second stage of landscape development corresponds to the Boreal period when the process of warming was interrupted by short-term cooling. The sea-level lowered by approximately 1 – 1.5 m. The timberline also descended significantly. Forests with beech and fir broadened. Reconstructed temperatures on the coastline were 19.4°C in July and 3.3°C in January (mean annual temperature 10.7°C). Precipitation was about 1827 mm per year.

The third stage occurred during the warming

of the Atlantic period. This stage was quite long and resulted in rather substantial changes in altitudinal vegetation zones. Rapid ascent of all vegetation belts initiated during this stage. Upper mountain belts of dark coniferous forests migrated upslope and narrowed in their altitudinal range. At the same time, the area of broad-leaved chestnut, oak, wing-nut and zelkova forests expanded substantially [5]. Paludification of the coastline led to the expansion of boggy areas. Temperatures and humidity increased, reaching a maximum 6000-5500 years ago. Compared with the Boreal, winter temperatures on the coastline nearly doubled and reached 6 – 6.5°C. In the mountains remote from the sea climate warming was very intensive. In Abkhazia and Adjara the timberline ascended 300 m during the peak of the Holocene climatic optimum, while in the mountains of the South Georgian Upland it ascended no less than 400-500 m.

The sea level during the Atlantic period rose rapidly and, between 6000-5500 years, exceeded its present-day level by some metres [3].

It was under the warm and humid conditions of the Atlantic period that the first early agricultural settlements appeared in the south-east of Georgia. Palynological studies of cultural layers in the settlement mounds of Gadachrili Gora and Arukhlo, dated to the 6th-5th millennia B. C., indicated a warmer, more humid climate. In place of the present-day steppes there grew forests of alder, wing-nut, hornbeam and oak. Humans, besides grain-growing, were engaged in viticulture. In the lower layers of Gadachrili Gora, a piece of loom-woven flax fabric was found and imprints of hand-knitted flax fabric were discovered in ceramic vessels. These finds, as well as macroremains of toadflax seeds, suggest the existence of local weaving. Toadflax, *Linum usitatissimum*, grows only under humid climatic conditions [6]. Microremains of numerous flax fibres and woolen fabric, including coloured fibres, were also revealed during the palynological study of material (cultural layers and pot contents) from Neolithic layers at these sites. Pollen analysis of organic material found in ceramic vessels provides evidence of beekeeping.

Data from the investigation of archaeological monuments in the South Georgian Uplands are also very interesting. Material from the Early Kurgan epoch of Javakheti (beginning of the third millennium B. C.) shows the existence of agriculture at an altitude of 2000-2800 m. In this period forest vegetation with oak and lime occurred at these altitudes [7], whereas today these forests occur at lower altitudes: 1700-1800 m.

During the Atlantic period, the process of warming was interrupted twice by mild, short-cooling. This process is seen in the curves of both timberline oscillations and Black Sea fluctuations [2, 3].

The fourth stage in landscape development is characterised by significant climate cooling, causing the Phanagorian regression in the Black Sea. In the Subboreal period, erosion processes accelerated, indicated by the increase in redeposited pollen in marine sediments. This increased erosion is explained by base-level lowering in Colchic river systems.

This period witnessed a lowering of zonal vegetation belts. The timberline was 600-550 m lower than nowadays. At the same time, the area of chestnut and other thermophilous species decreased, as indicated in all pollen diagrams. Cooling was accompanied by a moderate decrease in humidity.

In the second half of the Subboreal period, between 3800-2400, a change in climatic conditions is observed. The Black Sea rose to levels somewhat higher than today. This warming manifested itself clearly, not only in the lowland territories adjacent to the sea, but also on the mountain plateaux of Southern Georgia. Palynological studies of archaeological sites (Safar-Kharaba and Imera burials) indicate that, during the 15th-14th centuries B.C., agriculture, horticulture and viticulture were practised at an altitude of 1700-1800 m. Forests comprised oak, lime, zelkova and other species [7]. Here, for the first time, cotton fabric and fibres were discovered, indicating a well-developed trade between India and the Caucasus. In Colchis and in the regions more remote from the Black Sea, signs of forest destruction can be observed in this stage.

The fifth stage coincides with the Subatlantic period. Around 2500 years ago, a short-term, but

pronounced, cooling took place, resulting in sea regression. The sea level lowered nearly 20 m compared to the end of the Subboreal. In high mountain areas, agriculture was replaced by stock-breeding. Viticulture went into decline at high altitudes and was not even developed in the middle mountains. The timberline descended nearly 350-400 m compared to the present-day level. Then, five centuries later (2000 years ago), significant climate warming occurred, resulting in the Nymphaean transgression in the Black Sea. The sea level again rose some metres higher than nowadays. Climate warming was accompanied by an increase in humidity on the Black Sea coast. In antiquity, according to palynological and palaeoethnobotanical studies of cultural layers in the Eshera and Nokalakevi settlements, flax-growing was very intensively developed [8]. Moreover, the population of Colchis of the time was engaged in grain-growing, gardening and viticulture. Cultivation of olives imported from Greece began.

With developing agriculture on the coastal lowlands and in the piedmonts of Colchis, intensive deforestation took place. This process is indicated in palynological spectra by the increasing role of pollen from secondary vegetation.

The 3th-4th centuries A.D. were rather cool, followed by a period of warming from the 7th to 11th centuries. At that time, the population density in the high mountains increased and agriculture, including viticulture, occupied a prominent place in the economy. The areas under olive plantations increased, as indicated by the pollen record.

During the 12th - 14th centuries, climatic conditions again deteriorated, but switched back during the 15th - 16th centuries, according to the palynological data. Viticulture and wine-making developed intensively in the mountains of Southern Georgia. Palynological study of material from cultural layers and vessels from the Atskuri settlement at an altitude of 1200 m showed that here, besides the vine, olives were also cultivated [9]. According to historical documents, olive plantations were also to be found in the gorge of the Khrami River, in its headwaters, and in many places of the lowland part of Colchis [10].

This rather significant and long-term warming lasted nearly 200 years and was the last warming.

In the second half of the 17th century, the short-term, but very strong, global cooling of the Little Ice Age took place. Though it lasted perhaps only 40 years (1675 – 1715), it exerted a strong influence on landscapes. Since then, in Atskuri and in other mountains settlements, viticulture was no longer practised [9]. Olive plantations were completely destroyed by frost everywhere in Georgia [10].

The comparison of our scheme of Holocene climate changes with similar schemes from mountain territories in southern Europe and the Near East shows a very good agreement, especially for the second half of the Holocene. It perfectly demonstrates the global character of climatic fluctuations that had feedback effects on sea-levels in Southern Europe, including the Black Sea.

CONCLUSION

According to palynological data, Black Sea transgressive phases can be clearly identified by the combination of a vast number of pollen of thermophilous arboreal species and low values of redeposited pollen in shelf sediments. Conversely, during Black Sea regressions, the role of heat-loving elements decreases and there is a sharp increase in the quantity of redeposited pollen due to enhanced erosion caused by base-level lowering.

During the Holocene, transgressive phases with warm climatic conditions lasted longer than regressive phases. The most significant warming and sea transgression took place in the Atlantic period, lasting nearly three millennia (8000 - 5500 BP). The climatic trend was to increased temperatures and precipitation. This process reached its peak 6000 – 5500 years ago and the sea-level in Colchis exceeded its present-day level by several metres for the first time for the whole post-glacial period.

At the beginning of the Atlantic period, with the establishment of humid, warm conditions, the first Neolithic agricultural settlements appeared on the alluvial plains of Southern Kartli, where, besides grain-growing, gardening, viticulture, bee-keeping and weaving were developed. During the Eneolithic period, this warming process continued and mild climatic conditions facilitated the rise of new cultures and penetration of agriculture into mountainous areas.

The second significant ingressions of the Black Sea took place at the end of the Subboreal period (3800 – 2400 years ago), which was also due to climate warming. The sea level was again higher than nowadays. Broad-leaved forests with chestnut, lime, wing-nut and zelkova expanded. In the high mountains, traditional stock-breeding was replaced by agriculture, viticulture and horticulture. Trade may have developed at this time, judging by the presence of traded goods, such as cotton, in archaeological material from the 15-14th centuries B.C.

The last 2000 geological years are characterized by more frequent transgressions and climatic fluctuations, among which the rather a long climatic optimum of the Middle Ages (7th – 11th centuries) is distinguished. The last warming and significant transgression of the Black Sea lasted for 200 years and took place in the 15th – 16th centuries.

The influence of human activity on landscape development can be observed since the Subboreal period, when deforestation took place not only on the Colchis lowland, but also in the mountains of Western and Southern Georgia.

The comparison of our scheme of climatic changes with similar schemes from mountain territories in Southern Europe and the Near East shows a strong correspondence, explained by the global character of these palaeoclimatic events.

References

1. **Shatilova I.I.** Palinologicheskoe obosnovanie geokhronologii verkhnego pliocena i pleistocena Zapadnoy Gruzii (The palynological basis of geochronology of Upper Pliocene and Pleistocene of Western Georgia). Metsniereba, Tbilisi. 1974.
2. **Kvavadze E.V., Bukreeva G.F., Rukhadze L.P.** Kompiuternaia tekhnologia rekonstruktsii paleogeograficheskikh uslovy v gorakh (na primere

**RESULTS OF PALYNOLOGICAL STUDIES OF MARINE, LAGOON
AND OTHER SEDIMENTS FROM THE BLACK SEA AREA IN GEORGIA**

- golotsena Abkhazii) (Reconstruction of palaeogeographycal conditions in the mountains based on computer calculations (for example of Holocene in Abkhasia). Metsniereba, Tbilisi. 1992.
3. **Tvalchrelidze M., Lebanidze Z. and Jaoshvili G.** Eustatics of the Black Sea and sedimentation peculiarities during the last 20 000 years (Georgian sector of the Black Sea). //Proceedings of the Geological Institute, Georgian Academy of Sciences, new series 119, 2004: 656-670.
 4. **Bukreeva G.F.** Rekonstrukcia paleoklimata golotsena po palinologicheskim dannim matematicheski metodam (Reconstruction of the Holocene palaeoclimate according to the data of mathematical methods). //Doctoral thesis, Novosibirsk. 1990.
 5. **Kvavadze E.V., Connor S.E.** Zelkova carpinifolia (Pallas) K.Koch in Holocene sediments of Georgia – an indicator of climatic optima. //Review of Palaeobotany & Palynology, 133, 2005: 69-89.
 6. **Zohary D and Hopf M.** Domestication of Plants in the Old World. Oxford, Clarendon Press. 1993
 7. **Kvavadze E.V., Connor S.E., Narimanishvili G.K.** Pleistocenovaia i golotsenovaia istoria razvilia landshaftov okrestnostei Tsalki (Iuzhnaia Gruzia) po palinologicheskim dannim oziornikh i pochvennikh obrazovanii (Late Pleistocene and Holocene history of landscapes of the Tsalka Plateau (Southern Georgia) based on palynological analysis of lake and soil formations). //In: *Mchedlishvili G.* (ed) Problems of Palaeobiology, vol.II. Georgian National Muzeum, Tbilisi, 2007a: 12-23.
 8. **Bokeria M., Ruchadze L., Ammann B. et al.** Archaeobotanical evidence from West Georgia (South Caucasusus). //Geordian National Museum Bulletin, Natural Sciences and Prehistory Section 1, 2009:140-150.
 9. **Kvavadze E., Licheli V.** The palaeocology and economics of Atskuri in Medieval Period. //Georgian National Museum Bulletin, Natural Sciences and Prehistory Section 1, 2009:68-76.
 10. **Ketskhoveri N.** Sakartvelos Mtsenareuli Sapari (Georgia's vegetation cover). GSSR Academy Scienc Press, Tbilisi, 1959.

НОВЫЕ ИСХОДНЫЕ ПОЗИЦИИ ПАЛЕОГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДОЛГОСРОЧНОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОЛЕДЕНЕНИЯ И КЛИМАТА ЕВРАЗИИ

Шатравин В.И., Тузова Т.В.

E-mail: shatravin@yandex.ru, tv_tuzova@mail.ru

Институт водных проблем и гидроэнергетики НАН Кыргызской республики
ул. Фрунзе, 533, г. Бишкек, Кыргызская республика

ВВЕДЕНИЕ

Основная причина сложностей и противоречий при реконструкции четвертичного оледенения и стратиграфическом расчленении четвертичных отложений высокогорных областей за-

ключается в том, что в качестве климато-стратиграфических реперов горных районов традиционно используются не только истинные морены, но и псевдоморены [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для надежной диагностики истинных морен нами выявлены основные закономерности гляциального (с образованием морен) и гравитационного (с образованием псевдо-морен) литогенеза высокогорных зон [2-3]. Показано, что гляциальный литогенез протекает в восстановительной геохимической среде, а гравитационный (с образованием деляпсивных, наиболее часто встречаемых псевдо-морен) – в окислительной. Установлено, что восстановительная геохимическая среда гляциального литогенеза обусловлена наличием в моренах специфической ледниковой (гляциохионофильной) органики, рассеянной в моренном мелкозем. Важнейшей отличительной особенностью обвалных отложений от оползневых является порошкообразный мелкоземистый заполнитель обвалов, что обнаруживается как визуально, так и по результатам гранулометрического анализа. Были получены фациально-литологические показатели истинных морен и псевдо-морен. Среди них достаточными являются окисно-закисный коэффициент по железу ($K = \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$) и степень глинистости $S = < 0,005/(1-0,005)$ – отношение содержания глинистой фракции ($< 0,005$ мм) к более круп-

ной ($1 - 0,005$ мм), не подвергающейся дальнейшему дроблению при физическом выветривании. Для морен окисно-закисный коэффициент K в среднем на порядок, а степень глинистости S в 1,5-2 раза меньше чем для псевдо-морен. Эти параметры определяются аналитическими методами и поэтому выступают в роли количественных показателей при генетической типизации морен и псевдо-морен.

На рис.1 и 2 приведен пример литолого-фациально-генетической типизации морен и псевдо-морен с использованием количественных фациально-литологических показателей в одной из речных долин Тянь-Шаня. Ярко выраженные псевдо-морены имеют массовое развитие не только в горах Тянь-Шаня, Памира и Кавказа, но и, судя по современным фотографиям и космofотоснимкам – в других регионах: в Гималаях, Гиндукуше, Альпах и Кордильерах, на Чукотке и Сахалине. Это свидетельствует о глобальных закономерностях проявления гляциального и гравитационного морфолитогенеза, обусловленного соответствующими палеоклиматическими условиями.

Предлагаемые нами фациально-литологические показатели являются жесткими корре-

НОВЫЕ ИСХОДНЫЕ ПОЗИЦИИ ПАЛЕОГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДОЛГОСРОЧНОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОЛЕДЕНЕНИЯ И КЛИМАТА ЕВРАЗИИ

ляционными и палеоклиматическими критериями. При трансформации морен и псевдоморен в аллювиально-пролювиальные отложения хорошо наследуются окисно-защисный коэффициент и степень глинистости исходных отложений. Следует сказать, что в горах Тянь-Шаня и Памира аллювиально-пролювиальные отложения ранне- и среднеплейстоценового возрастов имеют исключительно высокие показатели окисно-защисного коэффициента, то есть

они относятся к геохимической фации окисного железа.

Использование фациально-литологической связи аллювиально-пролювиальных отложений подгорных конусов выноса с исходными для них гляциальными и деляпсивными гравитационными отложениями (рис.3) позволило однозначно установить, что в горах Тянь-Шаня и Памира было лишь одно позднеплейстоценовое оледенение.

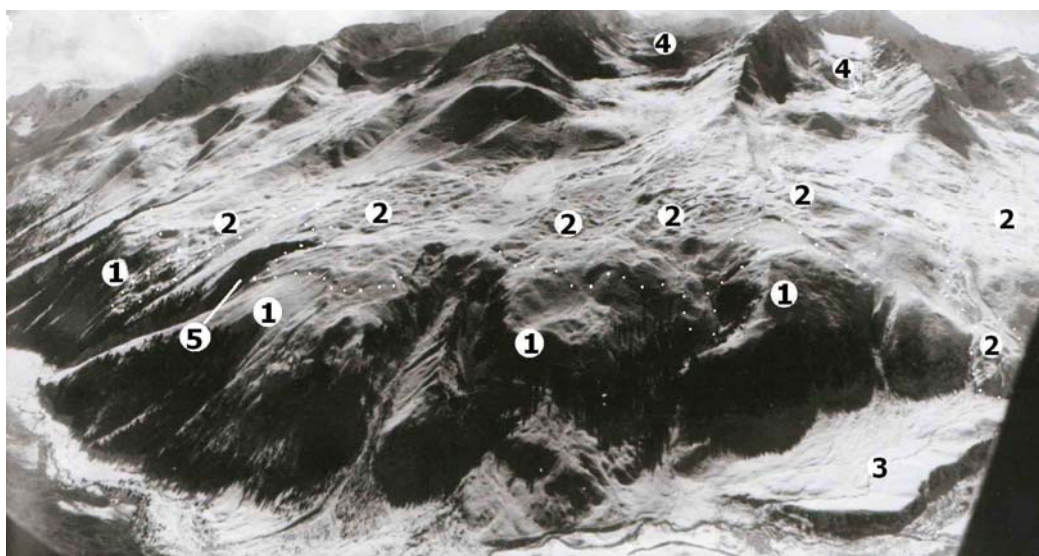


Рис.1. Комбинация морен и псевдоморен (правый борт р.Чон-Ак-Суу, хр. Кунгей-Ала-Тоо, Северный Тянь-Шань): 1 - гравитационные образования 1-й возрастной генерации; 2 - натекообразные нерасчлененные деляпсивные образования последующих возрастных генераций; 3 - позднеплейстоценовая морена; 4 – голоценовые морены; 5 - эрозионный врез на субстрате гравитационных отложений (глубина вреза до 150 м). (С традиционных позиций: 1 - средне-плейстоценовые морены, 2 - позднеплейстоценовые морены, 3 – речные отложения).

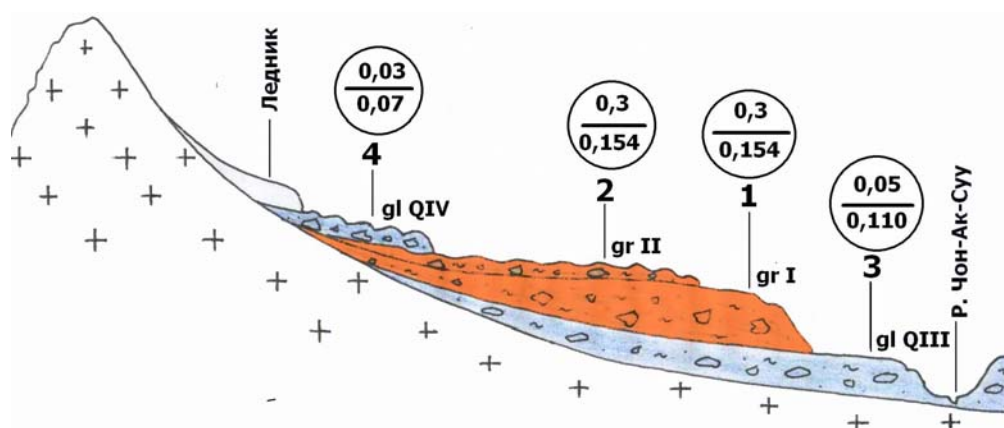


Рис.2. Схематический разрез правого борта р Чон-Ак-Суу на основе фациально-литологических показателей: 1- gr I - гравитационное образование 1-й возрастной генерации; 2 - gr II – нерасчлененные деляпсивные образования последующих возрастных генераций; 3 - gl QIII – позднеплейстоценовая морена; 4 - glQIV - голоценовые морены; числитель - окисно-защисный коэффициент K , знаменатель - степень глинистости S .

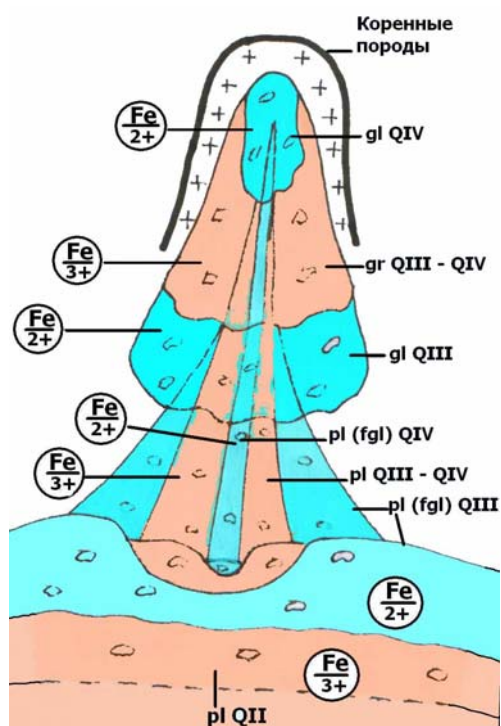


Рис. 3. Схема фациально-литологической связи аллювиально-пролювиальных отложений подгорных конусов выноса с исходными гляциальными и делювиальными гравитационными отложениями: морены glQIV – голоценовые, glQIII-позднеплейстоценовые; gr QIII-QIV -делювиальные (оползневые) гравитационные отложения; pl (fgl) - аллювиально-пролювиальные (флювиогляциальные) отложения; в кружках геохимические фации закисного или окисного железа.

Правильная генетическая типизация морен и псевдоморен и способ прямого (по автохтонной органике) радиоуглеродного датирования морен являются новыми исходными позициями в палеогляциологии и четвертичной геологии. Исходя из этих позиций, на примере Северного Тянь-Шаня нами построена принципиальная

схема расчленения позднеплейстоценового и голоценового оледенений (рис. 4) и предложена основа долгосрочного прогнозирования естественных гляциальных изменений [1, 3].

Наглядным подтверждением стадийного распада голоценового оледенения являются морфологически выраженные разновозрастные генерации в голоценовых морено-ледниковых комплексах. Один из них приведен на рис. 5; он же явился объектом радиоуглеродного датирования по разработанному нами способу.

При традиционных гляциологических исследованиях, выполняемых для определения ледовых ресурсов и в целях долгосрочного прогнозирования оледенения и ледникового стока, остается неучтенным фактор бронирования ледников мореным чехлом. На фоне глобального климатического потепления происходит не только сокращение линейных размеров горных ледников, но и их интенсивное бронирование. И то и другое в обозримом будущем приведет к значительному сокращению ледникового стока. На первых этапах бронирования ледников (когда мощность мореного чехла незначительная) происходит усиление их таяния и увеличение в связи с этим модулей стока связанных с ними рек. В дальнейшем при нарастании мощностей мореного чехла происходит замедление, вплоть до полного прекращения таяния льда. Ледники при этом оказываются как бы законсервированными. Что в ближайшем будущем в большей мере скажется на ледниковом стоке – уменьшение размеров ледников или же фактор бронирования? К сожалению, традиционная гляциология этим вопросом не задается.

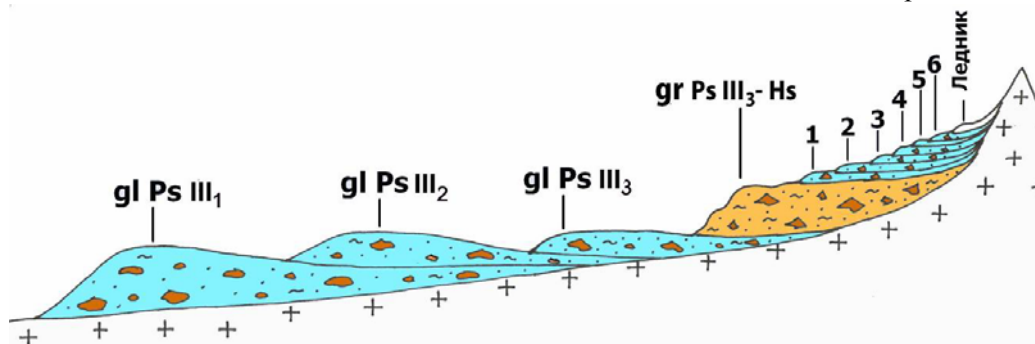


Рис. 4. Схема сочленения разновозрастных генераций морен и гравитационных образований в горах Тянь-Шаня: glPsIII1, glPsIII2 и gl PsIII3 -позднеплейстоценовые морены; gr PsIII3-Hs -псевдоморены; 1- 6 - голоценовые морены разных возрастных генераций.

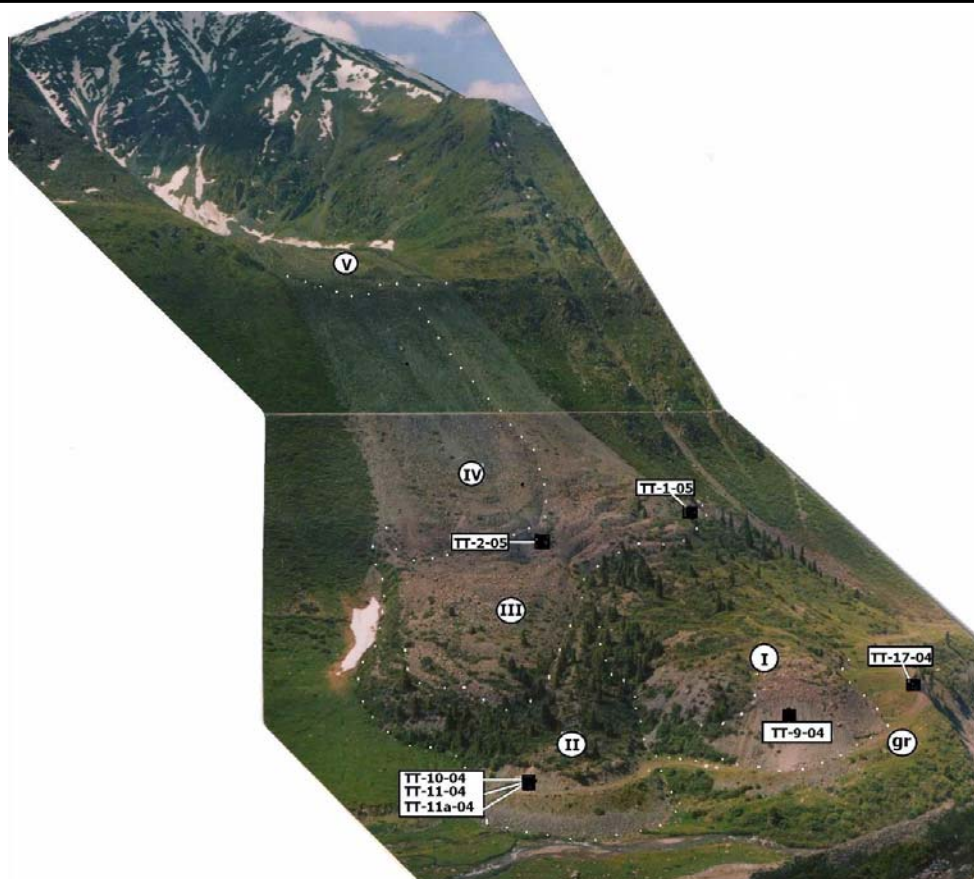


Рис. 5. Комбинация голоценового морено-ледникового комплекса стадияльных морен (I-V) и псевдоморены gr в бассейне р. Тургунь-Ак-Суу (Северный Тянь-Шань).

ВЫВОДЫ

В интересах цивилизации важно сделать долгосрочный (на ближайшие многие десятилетия и первые столетия) прогноз бронирования горных ледников и уменьшения в связи с этим ледникового стока. Основными инстру-

ментами изучения могут быть радиоуглеродное датирование моренных чехлов по рассеянной органике и радиоизотопные определения генезиса и возраста забронированных льдов [4-5].

Литература

1. Маматканов Д.М., Шатравин В.И., Тузова Т.В. Что мешает сделать долгосрочный прогноз климата и оледенения? (Предыдущая статья).
2. Шатравин В.И. Радиоуглеродное датирование морен по рассеянной органике. //Климат, ледники и озера: путешествие в прошлое. Бишкек: Илим, 2007, с. 74-92.
3. Шатравин В.И. Реконструкция плейстоценового и голоценового оледенений Тянь-Шаня с новых исходных позиций. //Климат, ледники и озера: путешествие в прошлое. Бишкек: Илим, 2007, с. 26-46.
4. Тузова Т.В., Шатравин В.И. Особенности формирования изотопного состава урана во льдах и водах высокогорного криолитогенеза //Изв. АН КР, 1994. № 3, с. 55-59.
5. Тузова Т.В., Романов В.В., Власова Л.В., Ерохин С.А., Жрдев А.А., Шатравин В.И. Уран и торий в ледниковых озерах Северного Тянь-Шаня //Водные ресурсы, 1994, т. 21, №2, с. 236-239.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ЭРОЗИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ, ПРОТЕКАЮЩИМИ НА ГОРНЫХ СКЛОНАХ

Чахая Г.Г., Варазашвили З.Н., Диаконидзе Р.В., Цулукидзе Л.Н., Хубулава И.В.

E-mail: gogachaxaia@mail.ru

Институт Водного Хозяйства
пр. И.Чавчавадзе, 60, г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время, как в Грузии, так и на всей нашей планете, в результате изменения климата формируются осадки непрогнозируемой интенсивности, что часто вызывает катастрофические наводнения и паводки. Все это, не так уж редко, сопровождается человеческими жертвами и выведением из строя важных объектов народного хозяйства. Продолжительные осадки провоцируют эрозионно-селевые и оползневые явления, что создает серьезные проблемы функционированию транспортных и

энергокоридоров, очень часто возникают помехи в грузообороте и нестабильно поставляются энергоресурсы. Кроме вышесказанного, эти явления наносят ощутимый ущерб сельскому хозяйству. В связи с дефицитом земельных и водных ресурсов, непреодолимой проблемой передовых стран остается их защита, а также сохранение биоразнообразия. Упомянутые проблемы наносят большой ущерб экосистеме и, исходя из этого, населению мира.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Некоторые ведущие производства, с целью решения вышеупомянутых проблем, на основе современных технических достижений разработали современные технологии изготовления специальных матрасов для борьбы с эрозией. К таким матрасам относится изготовленный из полиамидного материала "Энкамат" [1,2]. Это легкое и эластичное средство представляет собой альтернативное решение по отношению к тяжелым конструкциям (рис.1).

"Энкамат", исходя из технологии его изготовления, (создается из материала плетенно-лабиринтообразной структуры), если его настелить на эрозионный склон, уменьшает поверхностный сток, возникший в результате атмосферных осадков, а также снижает размывающие скорости существующих потоков

вдоль прибрежной полосы. Все это дает возможность защитить почву от водной эрозии. "Энкамат" обеспечивает укрепление корневой системы растения и, соответственно, восстановление биоразнообразия. "Энкамат" можно использовать также на горных склонах с большим уклоном в случае сильной эрозионной расчлененности. Для посева на его поверхности применяют метод гидропосева.

Среди подобных мероприятий в борьбе с эрозией почв следует отметить изготовленный из геосинтетического материала матрас "Секумат" [3, 4, 5], который представляет собой трехслойный, лабиринтообразный, одностержневой сетчатый матрас (рис.2), который устойчив к воздействию ультрафиолетового излучения. Его получают методом экструзии.

*) Проект осуществлен при финансовой поддержке национального научного фонда Грузии (грант №GNSF/ST08/8-502). Любое мнение, высказанное в публикации принадлежит авторам и может не отражать точку зрения национального научного фонда Грузии.

Его лабиринтообразная вязаная структура способна довести до минимума скорость поверхностного стока и потери влаги.



Рис.1. Общий вид "Энкамата"

"Секумат" является хорошим средством для защиты поверхности почво-грунтов от водной и ветровой эрозии, он способствует также развитию корневой системы растений.

"Секумат" успешно используется для защиты от эрозионных процессов полотна железнодорожных и автомобильных дорог и других подобных земляных насыпей техногенного происхождения (рис. 3). "Секумат" широко применяется также в гидротехническом строительстве, как хорошее берегоукрепительное средство. Берега рек и мелиоративные каналы различного назначения, покрытые "Секуматом", устойчивы против размывающего действия воды.

"Секумат" используется также в борьбе с оползнями.

Следует отметить, что вышеупомянутые матрасы, изготовленные из искусственного материала, довольно дорогие и для такой страны с малым бюджетом как Грузия, в некоторых случаях, недоступны. С учетом этого мы создали, изготовленный из натурального хлопка матрас "Несфиле", стоимость которого примерно в 30 раз меньше, вышеупомянутых матрасов (рис. 4, 5).



Рис.2. Рулон "Секумата"



Рис.3. Защита железнодорожной магистрали от эрозионных процессов с помощью "Секумата"

Матрас "Несфиле" принадлежит к типу фитомелиоративных мероприятий и его можно использовать как средство борьбы с деградацией почвы.

Матрас "Несфиле" представляет собой очень легкий, мягкий и гибкий матрас, после первого же полива он пристает к поверхности почвы и, благодаря этому, его структура долго остается неповрежденной. Большая часть семян травяных растений, посеянных на его поверхности, остается на месте, т.к. они располагаются между верхними и нижними слоями хлопка. Кроме этого, матрас впитывает большое количество воды и определенное время удерживает ее, что способствует прорастанию семян и вегетации растений. Технология настилки "Несфиле" не требует большого количества крепежных анкеров (рис.4, 6). Легкие матрасы "Несфиле" изготавливаются следующим образом: простроченная ткань из натурального хлопка нарезается по стандартным размерам, или изготавливается по требованию заказчика. На матрас пропорционально высеваются семена травяных растений, эндемичных для защищаемой территории сортов. На слой матраса, где был осуществлен посев, сверху настилаем матрас такой же толщины, после чего верхний и нижний слой скрепляем скрепами легкого типа (рис.4, 7). Полученный двухслойный матрас переносим на эродированный склон, где он на-

резается по соответствующим размерам, настилается и прикрепляется к поверхности земли деревянными или металлическими анкерами. После этого матрас "Несфиле", настиленный на эродированный склон, поливается по методу фертигации. На первом этапе прорастания нижний слой матраса представляет собой суррогат почвы и не требует дополнительно почвы. Примерно через неделю после полива появляются всходы посеянных трав и постепенно осуществляется восстановление биоразнообразия защищаемой территории. Настилать матрасы "Несфиле" на эродированные склоны желательно с соблюдением агрономических сроков (весна или осень). В данной статье матрас "Несфиле" для борьбы с эрозией представлен на (рис. 4, 5, 6, 7).

Матрас "Несфиле" работает по следующему принципу: при формировании осадков любой интенсивности на защищаемой территории с помощью матраса "Несфиле" определенное количество поверхностного стока впитывается, часть просачивается в почво-грунт (рис.4, 5) и на его глубину происходит подача органических и минеральных питательных веществ по методу фертигации, что обеспечивает впоследствии нормальный процесс вегетации, определенное количество осадков проникает в виде поверхностных потоков.

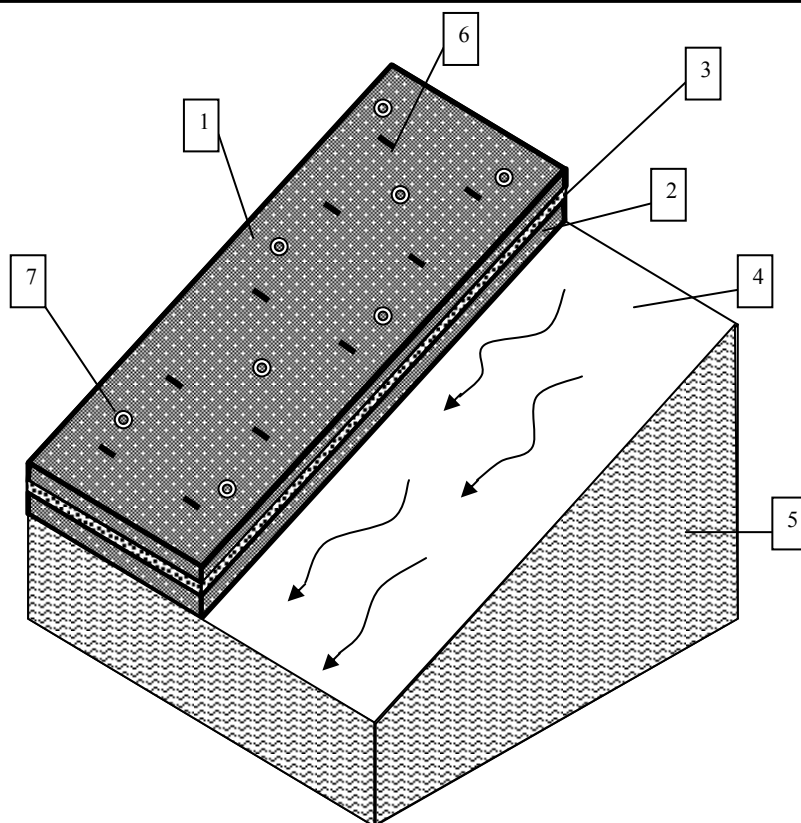


Рис. 4. Общий вид "Несфиле" настланного на склон
1 – верхний слой матраца, 2 - нижний слой матраца, 3 – семена травяного растения,
4 – эродированный склон, 5 – почва, 6 – анкер, 7 – скрепы простого типа.

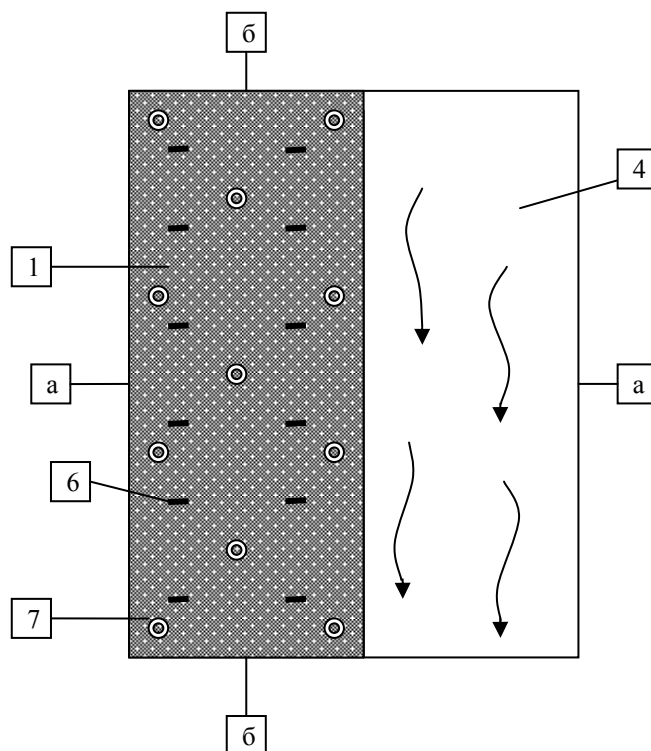


Рис. 5. Вид сверху настланного "Несфиле" с линиями сечений а-а и б-б

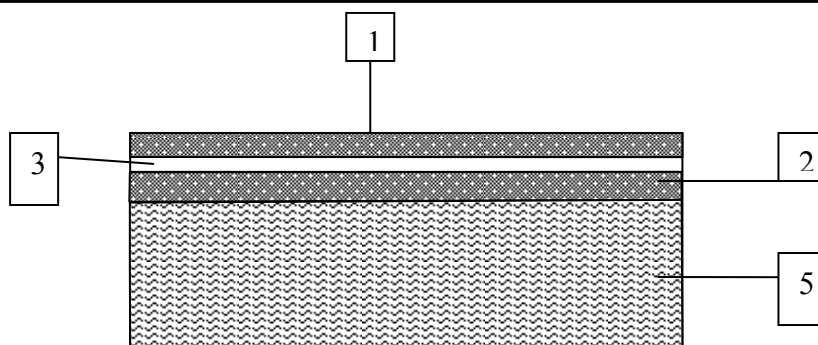


Рис. 6. Сечение а-а на рис.5.

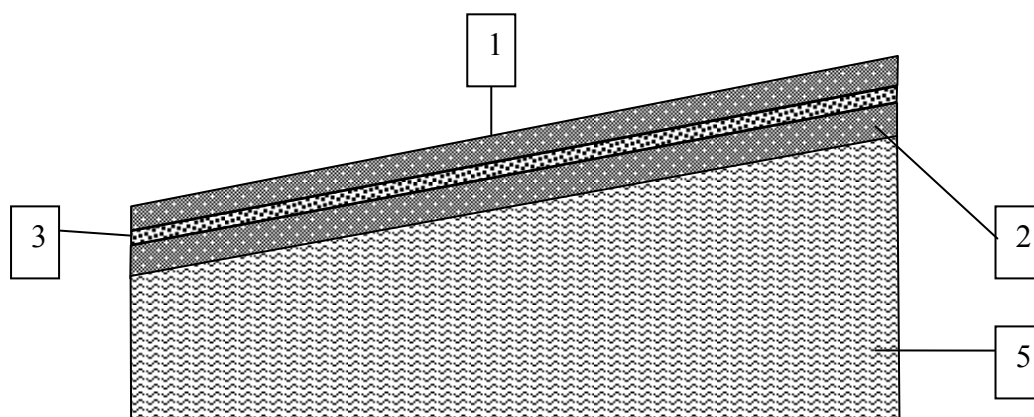


Рис.7. Сечение б-б на рис. 5.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Технико-экономические показатели матраса "Несфиле" высокие, т.к. его устройство технически легко осуществимо, он используется продолжительно и не требует дополнительных расходов для ремонта.

Основываясь на вышеперечисленные положительные характеристики матраса "Несфиле",

мы оформляем международную патентную заявку для защиты его приоритетов.

Исходя из вышеуказанного, использование матраса "Несфиле" рекомендуется в транспортных и энергокоридорах для борьбы с эрозионными процессами, протекающими на склонах дорог.

Литература

1. www.colbond-geosynthetics.com/.../enkamat/
2. www.profileproducts.com/erosion_control/
3. Chakhaia G.G. Diakonidze R.V. Tsulukidze L.N. Measures for protecting river beds and mountain slopes from erosion caused by floods and freshets. //International Symposium on floods and control measures. Tbilisi, Georgia, 2009. pp. 73-80;
4. Farias R.J.C., Palmeria E.M., Carvalho J.C. Performance of geotextile silt fences in large flume test. //Geosintetics International, 13, №4, 2006., pp.133-144.
5. <http://www.phiiireland.ie/products/secumat.htm>

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНГРЕДИЕНТНОГО МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Цихелашвили З.И., Гвелесиани Т. Л.

Грузинский Технический Университет
ул. М.Костава. 77, 0175, Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность решения проблем охраны водных экосистем от загрязнения в Грузии (и во всём мире) постоянно растёт; среди этих проблем главной является защита поверхностных источников водоснабжения (рек, озёр, водохранилищ) от загрязнений, вызванных антропогенным и техногенным воздействиями.

В соответствии с Конституцией Грузии (и не только Грузии) каждый её гражданин имеет право жить в условиях безопасной для здоровья окружающей среды, пользоваться культурными и природными ресурсами. Это положение находится в полном согласии с законодательными актами Совета Евросоюза, международными соглашениями и принятой в 1992 г. на конференции в Рио-де-Жанейро "Декларации по охране и развитию окружающей среды", а также заключительными документами "Программы глобального устойчивого развития в XXI в."

Несмотря на то, что Грузия богата высококачественными водными ресурсами пресной

питьевой воды (низкоминерализованной), их защите и рациональному использованию следует уделять особое внимание. К сожалению, происходит несанкционированная вырубка и уничтожение лесных массивов, что вызывает активизацию влияния техногенных факторов, которые представляют угрозу ресурсам питьевой воды, её запасам, здоровью людей, их благополучию.

Эта проблема разработки и целенаправленного осуществления государством совместно с общественностью обусловлена разработкой такой системы мероприятий, которая направлена на обеспечение бесперебойного и стабильного водоснабжения.

В данном контексте актуальность исследуемой проблемы обусловлена разработкой методологических основ действенного ингредиентного мониторинга, как одного из эффективных средств защиты поверхностных источников водоснабжения от загрязнения [1-8].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Целью работы является создание единых методологических основ конструирования информационно-ингредиентной системы мониторинга загрязнения поверхностных источников водоснабжения; для этого требуется разработать следующие задачи исследования:

- современное состояние проблемы и задачи исследования;
- составление дескриптивной модели качественных оценок и прогнозирования для системы ингредиентного мониторинга загрязнения

поверхностных источников водоснабжения;

- методика оценки и анализа риска загрязнения поверхностных источников водоснабжения;
- создание многоцелевой информационно-компьютерной системы ингредиентного мониторинга загрязнения поверхностных источников водоснабжения.

В настоящей работе разработаны единые методологические основы многоцелевой информационной системы ингредиентного мониторинга поверхностных источников водоснабжения,

как принципиальный методологический подход качественной оценки и прогнозирования опасного воздействия загрязняющих водные объекты компонент-факторов.

Проблема защиты экосистемы водных объектов от загрязнения находится в определённом противоречии с достижениями технического прогресса. В достижении экономических и социально-культурных результатов решающая

роль принадлежит разработке такой политики, которая противодействует ухудшению качества воды. Управление качеством воды требует решения таких основных проблем как разработка и осуществление плана мероприятий, необходимых для обеспечения в данной экосистеме качества воды с минимальными потерями и её реализации.

Таблица 1

Основные показатели оценки степени химического загрязнения поверхностных вод

Показатели и ингредиенты	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительная ситуация
Основные показатели			
Химические вещества, ПДК для классов опасности			
I-II	>10	5-10	
III-IV	>100	50-100	1
ПХЗ-10 ^{*)} для классов опасности			
I-II	>80	35-80	1
III-IV	>500	500	1
Дополнительные показатели			
Запахи и привкусы, балл	>4	3-4	2
Плавающие примеси (нефть и нефтепродукты)	Плётка тёмной окраски, занимающая 1/3 обзорной площади	Яркие полосы или пятна тусклой окраски	Отсутствует
Реакция среды, pH	5,0-5,6	5,7-6,5	>7
Химическое потребление кислорода ХПК – антропогенная составляющая к фону, мг/л.	20-30	10-20	
Растворённый кислород, % насыщения	10-20	20-50	
Биогенные вещества:			
Нитриты NO_2^- , ПДК	>10	>5	<1
Нитраты NO_3^- , ПДК	>20	>10	<1
Соли аммония NH_4^+ , ПДК	>10	>5	<1
Фосфаты PO_4^{3-} , мг/л	>0,6	0,3-0,6	<0,05
Минерализация, мг/л	(превышение в 3-5 раз регионального уровня)	2-3	Региональный уровень

^{*)} ПХЗ-10 – формализованный суммарный показатель химического загрязнения вод для десяти максимально превышающих ПДК загрязняющих веществ загрязняющих воду. Если хоть один из трёх показателей, представляющих опасность, превысит допустимую норму по санитарно-эпидемиологическому, санитарно-токсикологическому или общему санитарному показателю, в таком случае вода считается загрязнённой.

Загрязнение водных объектов подразумевает понижение её биосферной функции и экологического значения. В загрязнённости воды проявляется изменение её физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запаха и вкуса): рост содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, тяжёлых токсичных металлов, уменьшение растворенного в воде кислорода, появление элементов радиоактивных веществ, наличие загрязняющих ингредиент-компонентов, вызывающих вирусные и бактерицидные заболевания и т.д.

Различают химические, биологические и физические загрязнители. Из химических загрязнителей самыми распространёнными являются нефть и нефтепродукты, синтетические поверхностно активные вещества, пестициды, тяжёлые металлы, диоксин и др.

Наиболее опасным является биологическое загрязнение. Например, вирусы и другие микроорганизмы, вызывающие болезни.

К физическим загрязнениям относятся радиоактивные вещества, тепло и др. Чаще всего происходит химическое и бактериологическое загрязнение воды. Сравнительно реже – радиоактивное, механическое и тепловое загрязнение.

Бактериологическое загрязнение воды проявляется в виде патологических бактерий (700 видов), простейших грибков и др., которые носят временный характер. Особенно опасным является радиоактивное загрязнение воды, вызванное стронцием-90, ураном, радием-226, цезием и др.

На фоне этих загрязнений рассмотрен ингредиентный мониторинг, как многоцелевая информационная система для получения наблюдаемых, оценочных и прогнозных решений о водной экосистеме. Предметом исследования этой системы являются многокомпонентные объекты природной (натуральной) воды, их структура и связанные с ними моменты, как сложная система, которая изучает и фиксирует характер природных, антропогенных, техногенных динамических изменений. Таким образом ингредиентный мониторинг направлен на решение задач оценки и прогнозирования качества загрязнения водных объектов с целью обес-

печения их экологической безопасности. Поэтому цель конструирования ингредиентного мониторинга, в общем может быть сформулирована как возможность подготовки и поддержки управленческих решений об экологической безопасности в виде информационной системы.

В соответствии с природоохранными законами и нормативными документами защита экологических норм в экосистемах поверхностных вод обеспечивает:

- экологическую безопасность трубопроводов;
- охрану водных ресурсов и рациональное применение в условиях устойчивого развития региона;
- генетическое сохранение человеческого, растительного и животного фонда.

Чем ниже предельное значение нормативной экологической величины ингредиентного загрязнения, тем сравнительно выше качественное состояние водной экосистемы. Предельно допустимая концентрация (ПДК) – максимальная концентрация, во время которой ингредиент (вещество) не оказывает прямое или косвенное воздействие на здоровье населения (на организм при воздействии на протяжении всей жизни) и не ухудшает гигиенических условий водопотребления. Предельно допускаемые концентрации загрязняющих водную экосистему веществ показывают, что выше этой концентрации использование для одного или нескольких потребителей неприемлемо. Принято, что в соответствии с нежелательным качеством классификация экологического состояния может сформироваться в следующем виде:

- сравнительно удовлетворительная ситуация, когда индекс концентрации опасных загрязняющих веществ не превышает индекс ПДК;
- кризисная или чрезвычайная экологическая ситуация, когда концентрация вредных веществ в 50 раз и более превышает индекс ПДК;
- катастрофическая, т.е. ситуация экологического бедствия, когда в экосистеме зафиксированы глубокие необратимые изменения.

Для совокупной оценки опасных уровней загрязнения водных объектов при выделении

зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия предлагается использовать формализованный суммарный показатель химического загрязнения (ПХЗ-10). Этот показатель особенно важен для территорий, где загрязнение химическими веществами наблюдается сразу по нескольким веществам, каждый из которых многократно превышает допустимый уровень (ПДК). Его рассчитывают только при выявлении зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия.

Расчёт проводится по десяти соединениям, максимально превышающим ПДК, по формуле $ПХЗ - 10 = C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_{10}/ПДК_{10}$, где $C_1, C_2, \dots, C_{10}$ – концентрации химических веществ в воде; ПДК- рыбохозяйственные.

При определении ПХЗ-10 для химических веществ, по которым относительно удовлетворительный уровень загрязнения вод отсутствует, отношение $C/ПДК$ условно принимается равным 1.

Для установления ПХЗ-10 рекомендуется проводить анализ воды по максимально возможному числу показателей (ингредиентов).

В работе рассматриваются вопросы составления дескриптивных моделей качественной оценки-прогнозирования загрязнения поверхностных источников водоснабжения. В частности, дескриптивные модели качественной оценки-прогнозирования химического загрязнения поверхностных источников водоснабжения; дескриптивные модели качественной оценки-прогнозирования санитарно-эпидемиологического загрязнения поверхностных источников водоснабжения и аспекты вирусного загрязнения воды.

Предложен подход, согласно с которым оценку и прогнозирование возможного загрязнения воды следует производить в виде т.н. дескриптивной (описательной) модели (см. табл. 2 и 3). В этом случае для оценки и прогнозирования качества загрязнения достаточно иметь возможность получить в любой комбинации загрязняющие вещества, тогда как при показателе ПХЗ-10 для процедуры расчёта предусмотрено минимум 10 показателей. Для построения модели оценки качества химического

загрязнения (соответственно показателям таблицы 1) была предложена шкала качественно-критериальной оценки. В частности, соответственно "экологическому бедствию" – $d \in [0,2 \div 0,37]$. для характеристики "чрезвычайной экологической ситуации" – $d \in [0,63 \div 1]$ Ясно, что с приведёнными в таблице 2 и 3 ингредиентами, с точки зрения их практического применения, строятся дескриптивные модели оценки качества химического загрязнения поверхностных вод – "экологического бедствия" и "чрезвычайной экологической ситуации" соответственно.

В качестве основания дескриптивных моделей взята двойная экспоненциальная функция Харрингтона:

$$d_i = \exp(-\exp(-b_0 - b_1 f_i)),$$

которая составляется с помощью системы уравнений:

$$\begin{cases} b_0 + b_1 f_{i1} = -\ln \ln(1/d_{i1}) \\ b_0 + b_1 f_{i2} = -\ln \ln(1/d_{i2}) \end{cases}$$

Здесь b_0 и b_1 – искомые коэффициенты системы; f_{i1} – минимальная величина анализируемого ингредиента, принимающего значение $d = 0,2$ в безразмерной шкале Харрингтона; f_{i2} – минимальная величина анализируемого ингредиента, принимающего значение $d = 0,8$ в безразмерной шкале Харрингтона;

По перечисленным загрязняющим ингредиентам получают только отдельные качественные оценки в виде d , а в случае комбинации ингредиентов оценка интегрального критерия загрязнения определяется по средним Колмогорова:

– в случае среднего геометрического

$$D_1 = \exp\left(\sum_{i=1}^m \frac{1}{m} \ln d_i\right) = \prod_{i=1}^m d_i^{1/m};$$

– в случае среднего логарифмического

$$D_2 = \exp\left[-\prod_{i=1}^m (-\ln d_i)^{1/m}\right],$$

где $i = 1, 2, \dots, m$ – число ингредиентов.

Следует отметить, что D_1 и D_2 – равновесные коэффициенты, и они определяются по тем же характеристическим грациям шкалы, как и d :

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНГРЕДИЕНТНОГО МОНИТОРИНГА
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

$d \in [0,2 \div 0,37]$ – (ситуация экологического бедствия);
 $d \in [0,37 \div 63]$ – (чрезвычайная экологическая ситуация);
 $d \in [0,63 \div 1]$ – (сравнительно удовлетворительная ситуация);
 $i = 1, 2, \dots, m$ – число ингредиентов.

Аналогично моделям химического загрязнения, в основной работе представлены дескриптивные модели качественной оценки прогнозирования санитарно-эпидемиологического состояния загрязнения поверхностных источников водоснабжения.

**Модели оценки качества химического загрязнения,
соответствующего ситуации "экологического бедствия" $d \in [0,2 \div 0,37]$**

Таблица 2

№	Показатели (ингредиенты)	Модели качественно-критериальной оценки	Область качественно-критериальной оценки $d \in [0,2 \div 0,37]$
1	2	3	4
1	Запахи и привкусы, баллы	$d_{\text{зап.}} = \exp[-\exp(-1,952 + 0,476 \cdot \text{зап.})]$	Зап.=4,1; d=0,37 Зап.=5,1; d=0,20
2	Активная реакция среды pH	$d_{\text{pH}} = \exp[-\exp(-4,441 - 0,793 \cdot \text{pH})]$	pH=5,6; d=0,37 pH=5,0; d=0,20
3	Химическая потребность кислорода ХПК, мг/л	$d_{\text{зжпк.}} = \exp[-\exp(-0,95 + 0,0476 \cdot \text{ХПК.})]$	ХПК=20; d=0,37 ХПК=30; d=0,20
4	Растворённый кислород РК% с насыщением	$d_{\text{РК\%}} = \exp[-\exp(-0,952 + 0,0476 \cdot \text{РК\%})]$	РК%=20; d=0,37 РК%=10; d=0,20
5	Нитриты NO_2^- , ПДК	$d_{\text{нитр.}} = \exp[-\exp(-9,282 + 0,476 \cdot \text{нитр.})]$	Нитрит=9,5; d=0,37 Нитрит=10,5; d=0,20
6	Нитраты NO_3^- , ПДК	$d_{\text{нитрат}} = \exp[-\exp(-9,282 + 0,476 \cdot \text{нитрат})]$	Нитрат=19,5; d=0,37 Нитрат=20,5; d=0,20
7	Соли аммония NH_4^+ , ПДК	$d_{\text{аммон.}} = \exp[-\exp(-4,522 + 0,476 \cdot \text{аммон.})]$	Аммон.=9,5; d=0,37 Аммон.=10,5; d=0,20
8	Фосфаты PO_4^{3-} , мг/л	$d_{\text{фосф.}} = \exp[-\exp(-2,856 + 4,76 \cdot \text{фосф.})]$	Фосф.=0,6; d=0,37 Фосф.=0,7; d=0,20
9	Общая минерализация, мг/л	$d_{\text{общ.мин.}} = \exp[-\exp(-0,952 + 0,095 \cdot \text{общ.мин.})]$	Общ.мин.=10; d=0,37 Общ.мин.=15; d=0,20

**Модели оценки качества химического загрязнения,
соответствующего "чрезвычайной экологической ситуации" $d \in [0,37 \div 63]$**

Таблица 3

№	Показатели (ингредиенты)	Модели качественно-критериальной оценки	Область качественно-критериальной оценки $d \in [0,37 \div 63]$
1	2	3	4
1	Запахи и привкусы, баллы	$d_{\text{зап.}} = \exp[-\exp(-3,088 + 0,772 \cdot \text{зап.})]$	Зап.=3; d=0,63 Зап.=4; d=0,37
2	Активная реакция среды pH	$d_{\text{pH}} = \exp[-\exp(-5,5 - 0,965 \cdot \text{pH})]$	pH=6,5; d=0,63 pH=5,7; d=0,37

Таблица 3 (продолжение)

1	2	3	4
3	Химическая потребность кислорода, ХПК, мг/л	$d_{\text{зжтк.}} = \exp[-\exp(-1,542 + 0,077 \cdot \text{ХПК.})]$	ХПК=10; d=0,63 ХПК=20; d=0,37
4	Растворённый кислород РК% с насыщением	$d_{\text{РК\%}} = \exp[-\exp(-0,515 - 0,026 \cdot \text{РК\%})]$	РК%=50; d=0,63 РК%=20; d=0,37
5	Нитриты NO_2^- , ПДК	$d_{\text{нитр.}} = \exp[-\exp(-4,25 + 0,772 \cdot \text{нитр.})]$	Нитрит = 4,5; d=0,63 Нитрит = 5,5; d=0,37
6	Нитраты NO_3^- , ПДК	$d_{\text{нитрат}} = \exp[-\exp(-8,1 + 0,772 \cdot \text{нитрат})]$	Нитрат = 9,5; d=0,63 Нитрат = 10,5; d=0,37
7	Соли аммония NH_4^+ , ПДК	$d_{\text{аммон.}} = \exp[-\exp(-4,246 + 0,77 \cdot \text{аммон.})]$	Аммон. = 4,5; d=0,63 Аммон. = 5,5; d=0,37
8	Фосфаты PO_4^{3-} , мг/л	$d_{\text{фосф.}} = \exp[-\exp(-1,544 + 2,573 \cdot \text{фосф.})]$	Фосф. = 0,3; d=0,63 Фосф. = 0,6; d=0,37
9	Общая минерализация, мг/л	$d_{\text{общ.мин.}} = \exp[-\exp(-2,316 + 0,775 \cdot \text{общ.мин.})]$	Общ.мин. = 2; d=0,63 Общ.мин. = 3; d=0,37

Ниже рассмотрены методика оценки и анализа риска технологического и экологического загрязнений поверхностных источников водоснабжения и связанные с ней следующие вопросы: размеры вероятностного риска поверхностных источников водоснабжения и выбор его допустимого уровня; принципы управления риском загрязнения поверхностных источников водоснабжения.

Следует отметить, что на сегодня не существует единой методики вероятностных расчётов оценки экологического риска различных видов. Исходя из причин экологического характера, большое внимание уделяется оценке риска ухудшения здоровья человека и методике его расчёта. Что же касается оценки риска дисгармонии в тех или иных процессах, в конкретных системах для установления сдвига экологического равновесия и т.д. опять многое нужно сделать для развития методического аппарата оценки риска.

Риск связан с определёнными явлениями, проявление которых зависит от возможности материального ущерба. Со своей стороны, показатель риска связан с т.н. безопасностью, которая возникает при взаимодействии человека и окружающей его среды (в том числе водных

объектов в экосистеме) в результате стихийного воздействия факторов. Это последнее вызывает отклонение здоровья человека от средне-статистического значения.

К опасным факторам, вызывающим загрязнение водных экосистем, относится ухудшение физико-химических и др. показателей, в результате воздействия которых развивается "чрезвычайная экологическая ситуация" или в худшем случае "экологическое бедствие". В связи с этим показатель "экологического риска" может быть сформулирован так: в течение какого-либо времени вызванный вредным воздействием экологических факторов ущерб будет зависеть от фактора интенсивности нормированной величины.

Как известно, уровень безопасности общества обусловлен научно-техничко-технологическим состоянием и возможностями развития, которые имеют стохастическую природу и определяются рядом случайных явлений. Аналогично можно рассуждать о связанной с безопасностью здоровья общества охране от загрязнения объектов поверхностных вод (источников водоснабжения) и экологической безопасности. В основном загрязнение водных объектов связано с интенсивным воздействием

антропогенных и техногенных факторов, вызывающих социальный, экономический, экологический, а в ряде случаев также и эстетический ущерб.

В связи с этим можно считать целенаправленным, при определении уровня риска, представить его в виде произведения трёх вероятно-определённых компонентов:

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3,$$

где R – уровень риска, т.е. вероятность нанесения водной экосистеме определённого ущерба; R_1 – вероятность явления, обуславливающего формирование и действие вредных загрязняющих факторов; R_2 – вероятность формирования поля концентрации вредных веществ, вызванной дозовой нагрузкой в различной среде биосферы на людей; R_3 – вероятность того, что отмеченные выше нагрузки и поле концентрации вредных веществ приведут к образованию определённого ущерба.

Под определённым ущербом рассматриваются как негативные результаты, вызванные воздействием вредных факторов, так и долгосрочный результат экологического характера. Под негативным результатом подразумевается ухудшение состояния здоровья людей с летальным исходом, а также мира животных и др. Второй вид ущерба, связанный с долгосрочным результатом, вызывает негативные изменения в экологической среде (из-за ухудшения экологических показателей дисгармонии природных процессов: понижение их жизненного уровня, исчезновение некоторых видов растений, нарушение генофонда, деградация флоры и фауны и т.д.).

К сожалению, именно полное игнорирование связи доминирующих факторов вызывает неопределённость – к какому виду ущерба какой вероятностный расчёт следует проводить. В связи с тем, какому виду ущерба какой имеем вероятностный расчёт, конкретно определяется вид риска – техногенный или экологический.

Т.о. один и тот же источник технологической безопасности может оцениваться двумя вероятностными характеристиками: техногенного риска и экологического риска. Общим для

определения этих показателей будут вероятностные параметры и в вышеприведённой формуле. В её формировании заложен определённый смысл и методология определения.

Методика оценки и анализа техногенного и экологического риска, связанная с определением вероятностных параметров, по своей сути не может быть универсальной, но в конкретном случае допустима, при вариантном вероятностном расчёте технологического и экологического риска, и создаёт основу для действенного анализа.

В связи с концепцией безопасности, деятельность человека в сфере управления риском должна вестись таким образом, чтобы общество, используя природные ресурсы воды, получало максимальную пользу и в то же время нанесённый экологии ущерб был бы минимальным.

В связи с этим можно сформулировать следующие принципы:

- оправданности практической деятельности в социально-экономической сфере общества, при которой должно быть достигнуто соотношение между пользой и допустимым ущербом;

- оптимизации безопасности и охраны, что позволит повысить средний статистический показатель социального благополучия людей и продолжительности жизни;

- экологического императива, который предусматривает получение обязательных управленческих решений с целью защиты безопасности природно-территориальных комплексов и водных экосистем.

Управление риском – это анализ рискованных ситуаций, разработка управленческих решений и их обоснование (в ряде случаев в виде правовых актов, направленных к минимизации риска). С этой целью можно определить принципиальную последовательность оценки риска:

- первая идентификация опасности;
- описание источников опасности и связанного с ним ущерба;
- оценка риска в условиях нормального состояния экосистемы;
- оценка гипотетической возможности проявления риска в экосистеме;

– определение спектра задач, соответствующих риску катастрофического загрязнения в экосистеме;

– анализ вероятности риска и статистическая оценка.

В заключении рассмотрена возможность конструирования информационно-компьютерной системы многоцелевого ингредиентного мониторинга (оценки-прогнозирования) загрязнения поверхностных источников водоснабжения, которая будет функционировать при помощи международных коммуникационных сетей. Описана также возможность её функционирования с помощью Интернет-сети и даётся её инструкция. Цель создания упомянутой системы состоит в определении качества загрязнения любых водных объектов как по данным дифференциально измеренных ингредиентов, так и по комбинациям ингредиентов, соответственно интегрально. Основу такого определения составляют базовые дескриптивные модели оценки-прогнозирования, приведённые выше. Чтобы функционировать с помощью междуна-

родных коммуникационных сетей (интернет) требуется начальная информация, составленная для анализируемой реки и другого объекта, касающаяся составляющих загрязнения ингредиентов; вместе с другими данными в форме регистрации это должно быть заложено в информационную систему – т.о. будет получена и выполнена заявка на заказ.

На мониторе компьютера для демонстрации появятся отдельные дифференциальные оценки по ингредиентам, интегральная оценка и наглядная (визуальная) диаграмма результата. Система может также по полученным результатам дать рекомендацию к их использованию в соответствии с различными назначениями (для питьево-хозяйственных целей), рекреационного назначения (купание, спорт), рыбного хозяйства, сельского хозяйства и т.д.).

При конструировании системы для пользователя была предусмотрена возможность диалога (интерфейса) с компьютером при активном использовании международной компьютерной сети (Интернет).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе системного анализа в работе решены единые методологические вопросы ингредиентного мониторинга загрязнения поверхностных источников водоснабжения, в частности:

1. Разработаны и внедрены базовые дескриптивные модели качественной оценки и прогнозирования загрязнения поверхностных источников водоснабжения, как возможность классификации экологического состояния любых водных объектов, в соответствии с причислением их к нежелательным зонам: "сравнительно удовлетворительная ситуация" – $d \in [0,63 \div 1]$; "чрезвычайная экологическая ситуация" – $d \in [0,37 \div 0,63]$; "экологическое бедствие" – $d \in [0,2 \div 0,37]$.
2. Разработаны базовые дескриптивные модели санитарно-гигиенической качественной оценки и прогнозирования опасности эпидемиологического загрязнения питьевого и рекреационного назначения, как средство

классификации этих объектов, соответственно причислению их к нежелательным зонам – $d \in [0 \div 1]$.

3. Разработан вариант методики оценки и анализа риска загрязнения поверхностных источников водоснабжения как действенное средство вероятностного расчёта и анализа техногенного и экологического риска.
4. Разработана принципиальная схема связи, существующей между оценкой риска и управлением риском в случае риска загрязнения поверхностных источников водоснабжения, как средство формализации единой задачи оценки и управления техногенным и экологическим риском (характеристика рискованных ситуаций, определение жёстких мер управления и получение обоснованных решений).
5. На основании аналитической базы представленных дескриптивных моделей были созданы принципы многоцелевой

информационно-компьютерной системы ингредиентного (компонентного) мониторинга любых водных объектов, которые

могут функционировать при помощи современных коммуникационных (Интернет) сетей.

Литература

1. **Цихелашвили З.И., Цихелашвили И.З.** Нечёткие модели экспертной оценки подобию и классификации объектов и методы их анализа //Наука и технологии, №1-3. Тбилиси, 2001, с. 23-26.
2. **Мchedлидзе М., Цихелашвили И.З.** Методологические аспекты конструкций с перспективными информационными технологиями //Наука и технологии, №1-3. Тбилиси, 2001, с. 16-20.
3. **Цихелашвили И.З.** Методика совокупной оценки опасных уровней загрязнения объектов поверхностных вод //Труды ГТУ, №1 (440). Тбилиси, 2002, с.26-30.
4. **Цихелашвили И.З., Медзмаришвили В., Григолишвили А.Р.** Система мероприятий и действий для обеспечения экологической безопасности источников водоснабжения //Труды ГТУ, №4 (443). Тбилиси, 2002, с. 74-76.
5. **Цихелашвили И.З., Маргалитадзе Ю.Н.** Система мер и действий по обеспечению экологической безопасности источников питьевой воды. //“Georgian Engineering News”, №2, 2002, GFID, с. 126-128.
6. **Климиашвили Л.Д., Цихелашвили И.З.** Модели определения показателей надёжности санитарно – эпидемиологического состояния водоисточников питьевого назначения. //“Georgian Engineering News”, №2, 2002, GFID, с. 129-130 .
7. **Климиашвили Л.Д., Цихелашвили И.З., Николаишвили М.С.** Об аспектах вирусологического контроля воды. //“Georgian Engineering News”, №4, 2002, с. 178-180.
8. **Цихелашвили З.И., Цихелашвили И.З.** Искусственный интеллект и проблемы проектирования логистических систем //Наука и технологии, №10-12, 2003, с. 18-20.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И МАСШТАБ РАЗВИТИЯ ЭГЗО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ

Церетели Э.Д.¹, Гобечия Г.Н.², Донадзе Ц.Г.³, Гаприндашвили Г.М.¹

¹⁾ Национальное агентство окружающей среды Грузии

²⁾ Центр по изучению производственных сил и природных ресурсов Грузии

³⁾ ТГУ им. Ив. Джавахишвили

г. Тбилиси, Грузия

ВВЕДЕНИЕ

Взаимоотношение человека с природой – это исторически сложившийся длительный, постоянный и противоречивый процесс, развивающийся и возрастающий, что обуславливает формирование сложной многоуровневой гетерогенной системы "природа-общество".

Как справедливо замечает акад. Е.М. Сергеев [1], в общем удельном весе охраны биосферы, гидросферы и атмосферы до последнего времени сравнительно мало внимания уделялось проблемам, связанным с охраной и рациональным освоением геологической среды. Недооценка того, в каком масштабе может воспринять геологическая среда внешнюю нагрузку, решающим образом влияет на всю природную обстановку, особенно на характер и масштаб развития техногенных геологических процессов, которые могут привести к развитию

глобальных экологических кризисов.

Несмотря на то, что ведущие ученые мира (В. Вернадский, 1944; А. Говард, Г. Голодковская, С. Горшков, Кофф, Р. Леггат, В. Ломтадзе, В. Осипов, Е. Сергеев, Ю. Семенов, А. Сидоренко, В. Трофимов, А. Шеко и многие другие) разработали методологические и теоретические фундаментальные основы в области познания техногенных воздействий на природную обстановку и предупреждали о том, что при освоении геологической среды особое внимание следует уделять постоянно возрастающей опасности антропогенных нагрузок, проблема разрешения вопросов, связанных с нейтрализацией их негативных последствий (нередко имеющих катастрофический характер), пока все еще находятся в зачаточной стадии, на что в настоящей статье обращается особое внимание.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

По степени влияния на геологическую среду инженерно-хозяйственной деятельности человека и возникновения опасных геологических процессов, следует выделить две категории изменений: 1) природно-антропогенные и 2) антропогенные.

Природно-антропогенные процессы могут возникать без влияния инженерно-хозяйственного воздействия, но их дальнейшее развитие качественно и количественно всецело определено антропогенным фактором. Подавляющее большинство оползней, развитых на урбанизированных территориях Грузии, принадлежит к

данной категории процессов.

Антропогенные (или техногенные) процессы целиком вызваны деятельностью человека. Обычно, они вообще возникают в следствии непродуманного воздействия человека на геологическую среду. Классическим примером этого является Глданский оползень, образовавшийся в процессе строительства Тбилисской обходной дороги в результате рассечения моноклиальной гряды, сложенной неогеновыми песчаниками и прослойками аргиллитов.

В связи с чрезмерной антропогенной нагрузкой

и порой недостаточной обоснованностью проектов инженерно-хозяйственного освоения территории Грузии, в большинстве случаев в геологической среде происходят крупные региональные изменения, приводящие к обострению геоэкологической ситуации до кризисного состояния. При этом коэффициент техногенного прессинга для некоторых регионов Грузии (Абхазское побережье, Горная Аджария, Сванетия, Лечхуми, Чиатура, Душетский и Казбегский районы) достигает 0,7-0,9 [2, 3].

На территории Грузии среди основных направлений деятельности человека, прежде всего следует назвать: сельскохозяйственное освоение земельных ресурсов и весьма высокий прессинг на урбанизированные территории (особенно в горных регионах); разработка твердых полезных ископаемых; строительство транспортных объектов (автомобильные дороги, газо- и нефтепроводные трассы); гидротехническое, мелиоративное и городское строительство, недавние военные действия в Абхазии и Шида Картли и др.

Следует отметить, что разные виды инженерно-хозяйственной деятельности могут вызывать развитие неразновидных процессов. Например, деформация склонов и возникновение оползней происходят при гидротехническом, дорожном и городском строительстве, а также в зоне действия горнодобывающих предприятий; эрозионные, селевые и оползневые процессы доминируют на сельскохозяйственных землях и в районах сельских населенных пунктов и т.д. Поэтому, при рассмотрении общих закономерностей возникновения и активизации антропогенных процессов целесообразно выделять ведущие техногенные факторы, действие которых в наибольшей степени изменяют геологическую среду, а сами процессы угрожают защищаемым объектам.

В смысле площадной пространственности отрицательного воздействия на природно-геологическую среду особое место занимают сельскохозяйственная деятельность и сельская урбанизация. В Грузии к концу 1980 г. под сельскохозяйственные угодья были заняты 3050 тыс. га (т.е. 45% от общего земельного фонда страны), а общая площадь, занимаемая сельскими поселениями равна 371,4 тыс. га [4].

Масштабы преобразования природно-

ландшафтной среды огромны и выражаются как в ускорении антропогенных процессов, так и в изменении физико-механических свойств почво-грунтов, загрязнении поверхностных и подземных вод. Модификация природной среды, вызванная хозяйственной деятельностью в сельской местности, имеет региональный характер и отмечается на всех уровнях ландшафтной системы. Однако глубина изменения геологической среды по сравнению с другими техногенными воздействиями невелика.

Интенсивное освоение территории в сельских местностях создали благоприятные условия для оживления и возникновения новых эрозионных, селевых, оползневых процессов и снежных лавин. Так, в результате активизации этих процессов за период 1970-80 годы площадь сельскохозяйственных угодий сократилась на 283 тыс. га, в том числе пашни на 95 тыс. га. Только под воздействием эрозионных процессов за период 1953-78 годы было утрачено до 202 тыс. га пашни. За период 1965-1975 гг. водная эрозия вывела из сельскохозяйственного оборота 46 тыс. га пашни и 60 тыс. га пастбищ.

В результате "ускоренной антропогенной эрозии" только на 1 га пахотных земель ежегодно происходит снос почвы на территории Восточной Грузии в среднем до 100-130 т/год а в Западной Грузии -150-200 т/год; во время проливных дождей эти показатели возрастают в 2-3 раза (до 300-500 т) (Э. Церетели, Мачавариани, 1988). Эти процессы достигли особенно угрожающих размеров в Горной Аджарии, Абхазии, Сванетии и в бассейне р. Арагви.

Эрозионные процессы особенно активизировались после 90-х годов XX века. Основными причинами такой интенсивной трансформации являются: неправильное землепользование, освоение неустойчивых крутых склонов, необдуманная вырубка леса, массовое выкорчевывание чайных плантаций, чрезмерный выпас на субальпийских и альпийских лугах и т.д. Верхняя граница леса снижена в среднем по Грузии на 200-300 м, а местами более чем на 400 м (Уклеба, 1981). Только в Абхазии с 1955 по 1974 г. вырублено свыше 10 млн м³ леса. Тем более, что 70% площади лесов расположены на склонах более 20° и, в основном, выполняют природозащитную функцию.

Согласно данным экспертов всемирного

банка за последние 15 лет площадь эродированных земель в Грузии выросла в 2,1 раза. Ежегодно эрозия размывает до 1,8-2,1% пахотных земель, что приводит к снижению урожайности на 20-30% [6].

В Грузии из общего числа закартированных оползней (а их число превышает 50,0 тысяч), около 70% приходится на территории сельскохозяйственного освоения и сельского строительства. Общая длина активно развивающихся оврагов превышает 2000 км.

В результате неправильного ведения мелиоративных работ и недооценки природных условий конкретных территории на 60% Колхидской низменности происходит вторичное заболачивание осушенных площадей.

Заслуживает внимания тот факт, что большинство катастрофических снежных лавин приурочены именно к местам необдуманной вырубки леса и оголения крутых склонов. Районы их распространения охватывают 31% всей площади страны. На территории Грузии особо интенсивная активизация снежных лавин замечается с 1970 г., а сход катастрофических лавин, сопровождавшихся гибелью людей, отмечался в 1972, 1975, 1976, 1986-87 и 1992, 1996-98 гг. Исключительно интенсивно эти процессы развиты в Горной Аджарии, Сванетском, Душетском, Казбегском и Ахметском районах. Только в 1972 г. в Горной Аджарии (с. Гурта, р.н Хуло) под лавинами погибло более 40 человек, в результате массового схода лавин в Сванетии (за 1986-88 годы было зарегистрировано более 300 сходов) погибло более 100 человек. Было разрушено 10 селений, десятки километров автомобильных дорог, а общий ущерб составил свыше 350 тыс. долларов США [5].

Значимой для Грузии является также проблема негативных воздействий орошаемых систем на геологическую среду, где общая протяженность ирригационной сети в стране составляет 28 тыс. км. В результате недооценки природно-геологических условий значительно увеличилась площадь вторичного засоления почвогрунтов и резко изменилась геоэкологическая обстановка. На ряде орошаемых площадей уровень грунтовых вод поднялся на 30-70 м, начались процессы заболачивания, подтопления, просадки грунтов и деформация жилых домов и сооружений. В зоне магистральных ороситель-

ных каналов образовались многочисленные суффозионные воронки и оползни (Гачианский, Агаанский, Арадетский, Сацхенисский, Гракальский, Кавтисхевский, группа Корнисских, Пронских и др. оползней). В результате ирригационной эрозии ежегодно вымывается с 1 га до 80-100 тыс. т высокопродуктивной почвенной массы. Из орошаемых территорий Шида Картли ежегодно выносятся до 5 млн м³ почвы [7,10].

Около 70% берегов крупных водохранилищ (т.е. примерно 500 км) деформированы и поражены различными геодинамическими процессами, в том числе: оползневые берега занимают 25%, обвалоопасные – 7,2%, абразионные – 35%, суффозионно-просадочные – 1,7%, сложные – до 12%; происходит интенсивное заиление чаши водохранилищ.

Исторически сформировавшееся динамическое равновесие Черноморских берегов Грузии со второй половины XX века катастрофически нарушается в результате техногенных воздействий. В их числе: бесконтрольное изъятие пляжных и речных наносов, строительство гидротехнических комплексов на реках Риони, Ингури, Аджарисцкали, Жоква, Бжужа и др. Добыча инертных материалов, превышавшая 20 млн м³, резко подорвала баланс между поступлением материала из рек и расходом пляжеформирующих литодинамических наносов [8].

Региональное воздействие на устойчивость геологической среды оказывают строительство и реконструкция транспортных объектов (автомобильные дороги, железнодорожные магистрали, газо- и нефтепроводы, линии электропередач и их коммуникации). В зоне высокого риска развития стихийных экзо-геологических процессов находится до 30% автомобильных дорог. Примечательно, что из-за неправильной оценки геодинамической ситуации полностью были деформированы оползневыми процессами и вышли из строя с самого момента входа в эксплуатацию участки обходных дорог г.г. Тбилиси, Сухуми и Цхинвали. В результате стихийных катастроф 1987-89 гг. в Западной Грузии возникла необходимость восстановления 16,4 км железнодорожных, 300 км автомобильных и 110 км линий электропередач.

О проблемах стабильного функционирования транспортных объектов свидетельствует нижеприведенная таблица 1.

Таблица 1

Степень подверженности транспортных объектов геологическим процессам

Наименование объекта	Количество возникших процессов			
	оползни	Обвалы, камнепады	селевые водотоки	эрозионный размыв берегов
Главные автомобильные дороги на 3000 км	500	1526	360	569
Международный нефтепровод Джандара-Супса-394 км	23	-	51	22
Нефтепровод Хашури-Батуми- 232 км	32	12	91	300
Транскавказская газовая магистраль на участке Ларси-Сагурамо-148 км	36	25	40	60
Нефтепровод Баку-Тбилиси Шахдениз	13	-	16	23

Во время реконструкции основной автомагистрали на участке Хашури-Зестафони снятый грунт в большом количестве был сброшен в русло р. Дзирула. В результате ее русло было поднято на 3-5 м, что полностью нарушило установленное динамическое равновесие, в результате активная глубинная эрозия сменилась процессами транзитной аккумуляции. Все это создало значительную экологическую опасность для Зестафони.

Аналогичный сброс техногенных масс в сухие овраги вдоль долины р. Арагви во время реконструкции автомобильной дороги Мцхета-Владикавказ создала неиссякаемый источник питания техногенных селей, удвоив масштабы заилиения чаши Жинвальского водохранилища.

Антропогенный прессинг предельно резко сказывается на горнопромышленных объектах, количество которых на территории Грузии превышает 5000, большинство которых разрабатывается открытым способом.

Горные разработки (особенно карьерные), не только преобразуют окружающий ландшафт отвалами пустой породы, терриконами, изменяют установленный режим гидрогеологических условий и т.д., но и в полной мере способствуют возникновению, в основном, ранее не существующих в данной местности техногенных оползней, обвалов и других видов деформации склонов.

В Грузии вряд ли найдутся аналоги техногенному прессингу района Чиатурского месторождения марганца, где за 100 лет эксплуатации общая площадь антропогенного рельефа превысила 150 км², а суммарная длина шахтной разра-

ботки - 200 км. В связи с тем, что подземные разработки осуществляются в весьма слабых породах с близким расположением к поверхности, происходит интенсивная деформация поверхностных горизонтов. Комплексное воздействие техногенных факторов на геологическую среду создает исключительные условия для интенсивного проявления оседания поверхности, образования провалов и развития оползневых и обвальных процессов. Вследствие этого уничтожено сотни гектаров плодородных земель, разрушены десятки населенных пунктов, более тысячи жилых домов и других сооружений.

Значительные отрицательные изменения геологической среды фиксируются в зоне действия Ткибульского, Ткварчельского, Ахалцихского угольных, Маднеульского медно-полиметаллического, Каспско-Кавтисхевского, Асканского и других горнодобывающих предприятий.

Геологическая среда любого пространства не испытывает столь большого прессинга инженерно-хозяйственной деятельности человека, как урбанизированные территории крупных городов, тем более если учесть, что освоение территорий протекает в сложной инженерно-геологической обстановке и условиях нехватки оптимально пригодных для гражданского строительства площадей, какими являются территории крупных городов Грузии – Тбилиси, Кутаиси, Батуми, Сухуми, Поти, Телави, Сигнахи, Чиатура, Гори и др.

Особенно сильное осложнение геологической среды территории Тбилиси вызвано бурным ростом численности населения. Естественно, что это потребовало расширения границ

города и строительство разного рода коммуникаций. В результате, окружающие ранее город агломерационные зоны полностью оказались в сфере урбанизированной территории.

В условиях весьма сложной морфологии и геологического преобладания в зоне геологической среды, а также острого дефицита оптимально осваиваемой территории, приходится использовать площади ранее признанными непригодными для строительства. Все это обусловило не только высокую степень антропогенной трансформации первичного рельефа, но и широкое развитие оползней, обвалов, осыпей, овражных выносов селевого характера, суффозии, просадки, подтопления и др. и осложнение геоэкологической обстановки до критического

состояния. Все это приводит к нарушению нормального ритма городской жизни, создает угрозу функционированию транспорта, деформируются и становятся непригодными для жилья сотни домов, порой приводит к человеческим жертвам.

Таким образом, учитывая значительные масштабы негативных последствий стихийных явлений, вызванных инженерно-хозяйственной деятельностью, изучение спектра вопросов, связанных с антропогенными нагрузками и прогнозирование нежелательных событий имеет определяющее значение для сбалансированного управления геологической средой и механизмами природно-техногенной системы урбанизированных территорий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью защиты населения и надежного функционирования инженерных объектов от возможного отрицательного воздействия антропогенных факторов следует определить какого вида антропогенную нагрузку выдерживает в ареале данной территории геологическая среда.

С целью оптимального решения данной проблемы необходимо иметь базисный фон состояния геологической среды и той простран-

ственной границы, в ареале которой прессинг воздействия определенных природно-антропогенных факторов может вызвать риск опасности того или иного чрезвычайного геологического события. В связи с этим следует ранжировать территорию в том направлении, что в условиях определенных техногенных нагрузок какого вида и силы можно ожидать геоэкологические осложнения.

Литература

1. **Мирицхулава Ц.Е.** Экологические нарушения. Тбилиси, Мецниереба 1993.
2. **Мирицхулава Ц.Е., Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И., Гавардашвили Г.В., Чахая Г.В., Цулкидзе Л.Н.** О наносодерживающей и противоэрозионной способности ветиверных растений. //Сборник науч. трудов Института водного хозяйства, №3. Тбилиси, 2007, с 158-168.
3. **Натишвили О.Г. Тевзадзе В.И.** Сели и гидравлика противоселевых сооружений. Тбилиси, "Исари", 1995.
4. **Натишвили О.Г. Тевзадзе В.И.** Движение селей и их взаимодействие с сооружениями. Тбилиси, «Наука», 2001.
5. **Сергеев Е.М.** Охрана и рациональное использование геологической среды. //Доклады советских геологов на международном геологическом конгрессе, XXVIII сессия, Москва, 1989, с. 7-17.
6. **Гобечия Г.Н., Церетели Э.Д.** Пароксизмные явления природных стихийных процессов на территории Грузии и их кризисные геоэкологические осложнения. // "Мецниереба и техника", № 1-3, Тбилиси, 1998, (на груз. яз.), с. 71-76.
7. **Бондырев И.В., Таварткиладзе А.М., Церетели Э.Д., Мамедов Р.М., Литвинская С.А., Ломинадзе Г.Дж.** География катастроф и риска в зоне влажных субтропиков Кавказско-Понтийского региона. Тбилиси, 2007, 357с.
8. **Церетели Э.Д., Таташидзе З.К., Куцнашвили О.З.** Проблемы смягчения уязвимости от природно-техногенных опасностей в зоне функционирования Евразийской транспортной системы. // Общероссийская конф. "Оценка и управление природными рисками", Москва, 2000.
9. Генеральная схема противоэрозионных мероприятий Груз. ССР на 1981-2000г.г. Тбилиси, 1986. 710 с

უეროზის მღბრალობა წვიმისმიერი ეროზიის პირობებში

ზემფირა ჭარბაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
ი. ჭავჭავაძის გამზ., 60, ქ. თბილისი, საქართველო

შესავალი

ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მიწების აგრომელიორაციულ შეფასებას და მის მიხედვით ტერიტორიების კლასიფიკაციას. ყველა ქვეყანას, რომელიც ებრძვის ეროზიულ მოვლენებს, სასოფლო სამეურნეო სავარგულების თავისი კლასიფიკაცია გააჩნია, თუმცა უმრავლესობა იყენებს [5] ამერიკის შეერთებული შტატების ნიადაგის დაცვის სამსახურის მიერ შემუშავებულ სქემას, რომელსაც საფუძვლად უდევს მოსაზრება, რომ მიწების სწორი გამოყენება – ნიადაგის ეროზიასთან ბრძოლის ყველაზე კარგი საშუალებაა. იგი განსაზღვრავს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების გამოყენების შეზღუდვის ხარისხს ისეთი ფაქტორებით, როგორიცაა ეროზიის წარმოშობის საშიშროება, ნიადაგის სიმძლავრე, კლიმატი და სხვა. სქემის მიხედვით სავარგულები იყოფა რვა კლასად. პირველ კლასში გაერთიანებულ ტერიტორიებს შეზღუდვები თითქმის არ გააჩნია. ეროზიის ინ-

ტენსიური განვითარების საშიშროების გამო, ბოლო მერვე კლასში შემაჯავლი ფართობები აუცილებლად უნდა დარჩეს ბუნებრივ მდგომარეობაში სახნავად კი უნდა გამოვიყენოთ მხოლოდ ის ტერიტორიები, რომლებიც პირველ ოთხ კლასს მიეკუთვნება. თითოეული კლასისთვის რეკომენდებულია კონკრეტული ნიადაგდაცვითი ღონისძიება.

კლასიფიკაციის ძირითადი ამოცანაა ტერიტორიების სასოფლო-სამეურნეო გამოყენებაზე შეზღუდვების დადგენა. იგი არ ამყარებს ურთიერთკავშირს ეროზიულ პროცესებსა და მიწათსარგებლობას შორის, ვერ ხსნის ეროზიასა წინააღმდეგო ეფექტურობის ბუნებას. ამიტომ ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების განხორციელებას წინ უძღვის რეგიონის ტერიტორიის დათვალიერება, გამოკვლევა, თუ რამდენადაა მოსალოდნელი მასზე ეროზიის ინტენსიური განვითარება.

ძირითადი ნაწილი

საქართველოს სავარგულებზე, ეროზიული პროცესების შემცირების მიზნით, მიზანშეწონილია მიწათსარგებლობის გარკვეული შეზღუდვების შემოღება – ნიადაგის ეროზიის გამომწვევი ფაქტორების ზღვრული დასაშვები მნიშვნელობები. ასეთ შეზღუდვას პირველ რიგში წარმოადგენს ასათვისებელი ტერიტორიის ნიადაგის ზედაპირის მაქსიმალურად დასაშვები ქანობი. ამ სიღრმის დასადგენად მიზნით მიზანშეწონილია ფერდობის ეროზიამდეგობის საიმედოობის (R_{H_0}) შეფასების განტოლებით სარგებლობა, რომელიც მიღებულია აკად. ცოტნე მირცხულავას მიერ ეროზიის პროგნოზირების მეთოდოლო-

გიით [2, 3]

$$R_{H_0} = 1 - \exp \left[- \sqrt{\frac{V_{\Delta 0}^{5,4} \cdot n_0^{4,4} \cdot \sqrt{a^2 + \beta^2}}{2,25 \cdot d \cdot \sigma_0 \cdot i^{-0,8} \cdot l \cdot x}} \times \left(\frac{156250}{\omega \cdot d \cdot l} \cdot H_0 + 1 \right)^{2,7} \right] \quad (1)$$

სადაც: $V_{\Delta 0}$ ნიადაგის ზღვრული არაგამრეც-

ხი ფსკერული სიჩქარეა; n_0 – კალაპოტის ფსკერის ხორკლიანობის კოეფიციენტი; ω – ნაკადის სიჩქარის პულსაციის სიხშირის საშუალო მნიშვნელობა; d – ნიადაგის მოწყვეტილი ნაწილის ზომა;

I – წვიმის ინტენსივობა; H_0 – ნაღვა-
რევის ფსკერის დასაშვები წარცხვის
სიღრმე; σ_0 – ჩამონადენის კოეფიციენ-
ტი; t – მოცემული ინტენსივობის წვიმის
ხანგრძლივობა; α და β ფერდობის ნია-
დაგის უსწორობის მახასიათებელი კოე-
ფიციენტები (მოხსნული ზედაპირისათვის
 $\alpha=13,4=13,4$; $\beta=17,6$); $i = \operatorname{tg} \varphi$ – ფერ-
დობის ქანობი; φ – ფერდობის დახრის
კუთხეა გრადუსებში.

მიუხედავად იმისა, რომ განტოლებაში
შემაგალი კოეფიციენტები და სხვადასხვა
ფაქტორები სავსე და ლაბორატორიული
კვლევების გარეშე ძნელად დასადგენი სიდი-
დეებია, ეს მეთოდი შეიძლება გამოვიყენოთ,
როგორც ფერდობის მაქსიმალური დასაშვე-
ბი ქანობის და სიგრძის მახასიათებელი სი-
დიდეების დასადგენად, აგრეთვე სათანადო
გამარტივების შემდეგ რეგიონში ეროზიის
ინტენსიური განვითარების პოტენციური სა-
შიშროების შესაფასებლად.

შემოვიღოთ კოეფიციენტი:

$$C = \frac{V_{\Delta_0}^{5,4} \cdot n_0^{4,4} \cdot t \cdot \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{1 \cdot 12 \cdot d \cdot \sigma_0 b \cdot L}, \quad (2)$$

სადაც b და L შესაბამისად, ფერდობზე
წარმოქმნილი წვიმისმიერი ნაკადულის
სიგანე და სიგრძეა; t – პროგნოზირების
პერიოდია.

(1) ტოლობიდან ჩანს, რომ C კოეფიცი-
ენტი დამოკიდებულია როგორც ნიადაგის
თვისებებზე და მისი ზედაპირის დამუშავება-
ზე, აგრეთვე ფერდობის მცენარეულ საფარ-
ზეც. რასაკვირველია ცალკეული ფერდობე-
ბის ეროზიამდეგობის შესაფასებლად საჭი-

როა დადგინდეს (1) ფორმულაში შემაგალი
ფაქტორები და კოეფიციენტები. მთლიანად
რეგიონის შესაფასებლად ამ ფაქტორების
განსაზღვრა დიდ სიძნელეებთან არის დაკავ-
შირებული. ამიტომ სამეცნიერო ლიტერატუ-
რაში [1, 2] მოცემული კვლევების შედეგების
გამოყენებით და ჩატარებული გამოთვლებით
დადგინდა C კოეფიციენტის ცვლილების საზ-
ღვრები, რომლებიც ითვალისწინებს, რო-
გორც ნიადაგის თვისებებს, აგრეთვე მცენა-
რეული საფარის თვისობრიობისა და ხარის-
ხის წვლილს ზედაპირული ჩამონადენის
ფორმირებაში (ცხრილი 1).

მარტივი მათემატიკური გარდაქმნებით
[5, 6] და ეროზიის დასაშვები ნორმის გათვა-
ლისწინებით მიღებულ იქნა ნიადაგის ზედა-
პირული ქანობის ზღვრული მნიშვნელობის
განმსაზღვრელი ფორმულა:

$$i = \left(\frac{156250}{\omega \cdot d \cdot t} H_0 + 1 \right)^{3,38} \left(\frac{K_m \cdot C}{M \cdot v_0 \cdot R^2} \right)^{1,25}. \quad (3)$$

სადაც: R – რეგიონის ეროზიის მიმართ
მდგრადობის საიმედოობის მახასიათებე-
ლი კოეფიციენტი

$$((R = -\ln(1 - R_{H_0}) = -\ln(1 - 0,5) = 0,693);$$

v_0 – ნაკადულის საშუალო რაოდენობაა
ფერდობის სიგანის ერთეულზე; K_m – მას-
შტაბურობის კოეფიციენტი; M – ნაღე-
ქების რაოდენობაა.

თუ გავითვალისწინებთ C კოეფიციენ-
ტის მნიშვნელობებს და რეგიონში მოსული
წლიური ნალექების რაოდენობას, ფორმულა
(3)-ით შესაძლებელია გამოთვლილ იქნეს ნი-
ადაგის ზედაპირის მაქსიმალურად დასაშვე-
ბი დახრილობის კუთხე.

ცხრილი 1

№	მცენარეული საფარი	კოეფიციენტის მნიშვნელობა
1.	ახლად მოხსნული ნიადაგის საფარი	1
2.	სიმინდი და სხვა სათოხნი კულტურები	1,1 – 2,5
3.	თამბაქო - ბამბა	1,4 – 2,0
4.	ციტრუსები	1,3 – 2,5
5.	საშემოდგომო კულტურები(1 წელი)	1,3 – 3,5
6.	მრავალწლიანი ნარგავები	3,3 – 9,0
7.	ინტენსიურად გამოყენებული საძოვრები	6,0 – 9,0
8.	საშემოდგომო კულტურები	9,0 – 11
9.	საძოვრები	11 – 13
10.	ტყე ან მჭიდრო ბუჩქნარები	13 – 15

აღნიშნოთ, რომ ლიტერატურაში [3] მოცემული ტეიანი ფერდობის მაქსიმალურად დასაშვები დახრილობა $14^{\circ}7'$ (მოსული წლიური ნალექების 2695 მმ შემთხვევაში) შეესაბამება ქ. ბათუმის ტერიტორიისათვის

(სადაც აღინიშნება ნალექების ასეთივე რაოდენობა) ფორმულით (3) გამოთვლილ სიდიდეს $14^{\circ}7'$, რაც მიუთითებს მისი გამოყენების საფუძვლიანობაზე

დასკვნა

ჩატარებული კვლევა იძლევა საშუალებას დადგინდეს, რომ რეგიონის იმ ფერდობებზე, რომელთა დახრილობა აღემატება (3) ფორმულით გამოანგარიშებულ სიდიდეებს, ეროზიის ბუნებრივი ინტენსივობა აჭარბებს ზღვრულ დასაშვებ დონეს. ამიტომ სასოფ-

ლო-სამეურნეო კულტურებით მათი ათვისება უნდა შეიზღუდოს და შენარჩუნებული უნდა იქნეს მათი თავდაპირველი მდგომარეობა - ტყის საფარი, საძოვარი და სხვა, რათა არ განვითარდეს კატასტროფულად საშიში ეროზიული პროცესები.

ლიტერატურა

1. **Мирцхулава Ц.Е.** Эрозия и охрана почвы. М.: МГУ, 1996, 331с.
2. **Мирцхулава Ц.Е.** Об одной методологии решения гидравлических задач с позиции надёжности. //В сб. Вопросы теории и практики надёжности гидромелиоративных сооружений. ГрузНИИГиМ, Тбилиси, 1989, с.112-129.
3. **Мирцхулава Ц.Е.** Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М., 1970, 179 с.
4. **Douglast I.** Natural and man-made erosion in the trigs of Australia, Malaysia and Singapore. //Int. Assoc. Scient. Hydrol. Pub. 75, pp. 17-30.
5. **Hudson N.W.** The influence of Rainfall on The Mechanics of Soil Erosion With Particular Reference to Southern Rhodesia. //M. Sc. Thesis, University of Cape Town, 1965, pp.17-21.
6. **Klingeheil A.A. and Montgomery P.H.** Land Capability Classification. Soil Conversation Service //Agricultural Handbook. No.210, U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C. 1966, p. 21.
7. **Nadirashvili V.** Estimation of slope Reliability from The Point of View of Erosion Caused by Rain. //Bulletin the Georgian Academy of Sciences, 157, N3, 1988, pp.67-70.

გარემოს დაცვა

აზერბაიჯანის ტერიტორიიდან კასპიის ზღვაში ჩამდინარე მცირე მდინარეების წყლის ხარისხის შეფასება

მ. ავაზოვა,¹ რ. ისმაილოვი²

- ¹ აზერბაიჯანის ეკოლოგიისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო, გარემოს მონიტორინგის დეპარტანტი,
- ² გ. ალიევის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

სტატიაში განხილულია აზერბაიჯანის ტერიტორიიდან კასპიის ზღვაში ჩამდინარე მცირე მდინარეების წყლის ხარისხის მრავალწლიური ცვლილებები. გაანალიზებულია, რომ ბევრი მცირე მდინარის ქიმიური რეჟიმი მთლიანად დარღვეულია დაბინძურების შედეგად. მდინარეთა წყლების ძირითად დამაბინძურებლებს წარმოადგენს ორგანული ნივთიერებები, სპილენძი, ამონიუმი, აზოტი და ა.შ. დადგენილია, რომ ანთროპოგენული ფაქტორების გავლენის შედეგად ბევრი მცირე მდინარის ქიმიური რეჟიმი შესართავ მონაკვეთებში მთლიანად დაირღვა და მდინარეთა ეკოლოგიური მდგომარეობა უარესდება წყალამღებების და დაბინძურების გავლენით.

საკვანძო სიტყვები: წყლის ხარისხი, სიხისტე, მინერალიზაცია, ქიმიური რეჟიმი.

გარემოს დაცვა

დიდი კავკასიონის ღვარცოფული მოვლენები აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე და მათთან ბრძოლის მეთოდები

ს. ალეკპეროვა

- გ. ალიევის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

სტატია ეძღვნება ეკონომიკურ-გეოგრაფიული მდგომარეობის ზემოქმედებას აზერბაიჯანის მეურნეობის განვითარებაზე და ღვარცოფულ მოვლენებთან ბრძოლის მეთოდებს დიდი კავკასიონის სამხრეთ კალთაზე. იმის გათვალისწინებით, რომ დიდი კავკასიონის სამხრეთი კალთა წარმოადგენს ყველაზე ღვარცოფულ რეგიონს კავკასიონის მთელ მთიან სისტემაში, მსოფლიო პრაქტიკაზე დაყრდნობით, ფართოდ განიხილება ღვარ-

ცოფულ მოვლენებთან ბრძოლის მეთოდები. ამ პრობლემის მთლიანად გადაწყვეტა ჯერ ვერ მოხერხდა, მიუხედავად იმისა, რომ ტარდება მასთან ბრძოლის მრავალი მეთოდი და ეს პრობლემა მუდმივად იმყოფება სახელმწიფოს კონტროლზე. სტატიაში ასევე მოცემულია რეკომენდაციები, სპეციალისტების სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოებზე და მსოფლიო მეცნიერთა შრომებზე დაყრდნობით, რომელთაც ყოველმხრივ შესწავლილი აქვთ ეს პრობლემა.

საკვანძო სიტყვები: ღვარცოფული მოვლენები, ინტენსიური წვიმები, კლიმატის ცვლილება, ზარალი.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

მდ. არაქსზე არმავირის არხის „კარა-კალას“ სათაო ჰიდროკვანძის ნატურული კვლევების შედეგები

პ. ბალჯიანი, ლ. ტოკმაჯიანი

- ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი ქ. ერევანი, სომხეთი

ბევრ სათაო ჰიდროკვანძს არ შეუძლია ეფექტურად მუშაობა წყალდიდობების პერიოდში, როდესაც დიდია ნატანის ხარჯი. ანალოგიურ პირობებშია ასევე კარა-კალას წყალამღები ნაგებობა. მდ. არაქსის დიდი სიმღვრივის გამო ნატანის მნიშვნელოვანი რაოდენობა შედის არმავირის არხში, შემდგომ კი – სარწყავ ნიადაგებზე.

ნაშრომში მოყვანილია კარა-კალას ჰიდროკვანძის ნატურული კვლევების შედეგები. მდ. არაქსის ჰიდროლოგიური პარამეტრების გაანალიზებით, ნატურული გაზომვების შედეგების დამუშავებით, მიღებულია მდინარით შემოტანილი, წყალსაცავში დაღეჭილი და წყალმიმღებით არხში გამავალი ნატანის მოცულობის რაოდენობრივი შეფასება. მიღებული შედეგების საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნა ვრცელი თეორიული და საველე კვლევების ჩატარების აუცილებლობაზე ეფექტური საექსპლუატაციო და კონსტრუქციული მეთოდების შესათავაზებლად ამ უარყოფითი მოვლენის საწინააღმდეგოდ.

საკვანძო სიტყვები: მდინარე, წყალამღები, არხი, ნატანი, ექსპლუატაცია.

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია
მზის რადიაციის ბალანსის გაზღენა
ტოპოკლიმატის ცვალებადობაზე

კ. ბრისი

ბუნებრივი გარემოს ფორმირებისა და
დაცვის ინსტიტუტი
ქ. ვროცლავი, პოლონეთი

ნაშრომში განხილულია მზის რადიაციის გავლენის საკითხი ტოპოკლიმატზე და მის ცვალებადობაზე სხვადასხვა ტიპის მიწათმოქმედებისათვის. გაანალიზებულია ორი კონკრეტული ზედაპირის რადიაციული ბალანსი: მარცვლოვანი კულტურებით ათვისებული ნიადაგი და ნიადაგი მცენარეული საფარის გარეშე. გამოკვლეულია ამ ბალანსის ცალკეული შემადგენელი ნაწილების ცვლილების კლიმატური მნიშვნელობა, ასევე მისი გავლენა გამოსაკვლევი ზედაპირების სითბური ბალანსის სტრუქტურაზე.

მოცემულ კონტექსტში ნაჩვენებია მცენარეული საფარის ბუფერული და თერმოიზოლაციური როლი. ეს საფარი წარმოადგენს კლიმატის ფორმირების მნიშვნელოვან ფაქტორს არა მარტო ლოკალურ მასშტაბში (ტოპოკლიმატი), არამედ რეგიონალურშიც (მეზოკლიმატი). კონტინენტალური მცენარეულობის დიდი სივრცეები (მიწათმოქმედების, სტეპის და ტყის) ერთად ასევე წარმოადგენს მნიშვნელოვან ბუფერს, რომელიც არბილებს გლობალურ კლიმატურ ცვლილებებს.

საკვანძო სიტყვები: მზის ნარჩენი რადიაცია, მოკლევადიანი ბალანსი.

გარემოს დაცვა

მდინარე არაგვის კალაპოტური
პროცესების კვლევა ჰინვალის მიწის
კაშხლიდან მდინარე მტკვრის
შესართავამდე

გ. გავარდაშვილი, რ. დიაკონიძე, გ. ჩახაია,
ლ. წულუკიძე, ი. ფირცხალაიშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია, მდ. არაგვის კალაპოტში სოფ. ნატახტარის უბანზე, შექმნილი არაორდინარული მდგომარეობა, გამოწვეული კალაპოტიდან ინერტული მასალის

მოპოვებით, რაც, მყარი ნატანის დეფიციტის არსებობის გამო, იწვევს კალაპოტური პროცესების ნეგატიური ხასიათის ცვლილებებს. აღნიშნული გარემოება საფრთხეს უქმნის აქ არსებული მილხიდის, საყრდენი მოწყობილობებისა და დიუკერის მწყობრიდან გამოსვლას. მომავალში კი ამან შეიძლება გამოიწვიოს ნატახტარში მოქმედი წყალსატუმბი სადგურის წყობრიდან გამოსვლა, საიდანაც ხორციელდება ქ. თბილისისა და მისი მიმდებარე დასახლებული პუნქტების სასმელი წყლით მომარაგება.

საკვანძო სიტყვები: მყარი ნატანი, წყლის ხარჯი, კალაპოტის დეფორმაცია, კაშხალი.

გარემოს დაცვა

ენგურის კაშხლის ნგრევის შემთხვევაში
წარმოშობილი წყალდიდობის
კომპიუტერული იმიტაცია

გ. გავარდაშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ენგურის თაღოვანი რკინა-ბეტონის კაშხლის ნგრევის შემთხვევაში წარმოშობილი წყალდიდობის კომპიუტერული იმიტაციის მიზნით ნაშრომში გადამუშავებული იქნა “Волна-2” პროგრამის ალგორითმი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს კაშხლის ნგრევის შემთხვევაში ვიანგარიშოთ ტაღლის სიჩქარე, გარბენილი მანძილი და რაც მთავარია, დატბორილი ტერიტორიის გეომეტრიული ზომები(მდინარის ღერძიდან მარჯვნივ და მარცხნივ) დროის ფაქტორის მხედველობაში მიღებით.

ენგურის კაშხლის ნგრევის შემთხვევაში დიდი საშიშროების ქვეშ დგება ის მოსახლეობა, რომელიც განლაგებულია, როგორც მდინარე ენგურის მიმდებარე ტერიტორიებზე ასევე 20–25 კმ-ის დაშორებულ პერიფერიებში; ზუგდიდი-გაღის სივრცეში და მისი გაღლის შემთხვევაში, შავი ზღვის აკვატორიაში წყლის მოცულობა ჩადინება 27 802 (მ) სიგანით, რაც შეეხება წყლის გაშლის ხარისხს იგი მიმდინარეობს როგორც აღმოსავლეთის, ასევე დასავლეთის მიმართულებით.

საკვანძო სიტყვები: კაშხალი, წყალდიდობის იმიტაცია, პროგნოზირება, ავარია.

გარემოს დაცვა

**მცენარეული საფარის გავლენა ნიადაგის
ეროზიულ პროცესებზე**

გ. დონაძე, გ. ჩიტიშვილი, ლ. კეკელიშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომი ეხება ნიადაგის ეროზიული პროცესების და მათი განმსაზღვრელი ფაქტორების შესწავლას.

მოყვანილია სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურით დაკავებულ ფერდობებზე ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგები. ყურადღება გამახვილებულია მცენარეული საფარის მიერ ფერდობის სიმქისის კოეფიციენტის ზრდაზე, გაშიშვლებულ ნიადაგთან შედარებით. დადგენილია ცალკეული კულტურებისათვის სიმქისის კოეფიციენტის საანგარიშო მნიშვნელობები.

საკვანძო სიტყვები: ნიადაგის ეროზია, ექსპერიმენტი, ეროზიული მოედანი, ზედაპირული ჩამონადენი; სიმქისის კოეფიციენტი.

წყალთა მეურნეობა

**მდინარე ზოროხის კანიონში საზღვაო
პორტის მშენებლობის შესაძლებლობის
ზოგიერთი ეკონომიკური მიდგომა**

მ. ვართანოვი, ლ. ჯავახიშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

შემოთავაზებულია მდ. ჭოროხის კანიონში საზღვაო პორტის და მისი ინფრასტრუქტურის მშენებლობისათვის საჭირო ინვესტიციების ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასების ახალი მეთოდიკური მიდგომები.

მეთოდიკა შესაძლებლობას იძლევა საკმაოდ ზუსტად შეაფასოს ინვესტიციების ეფექტურობა და უკუგების რეალური ვადები.

საკვანძო სიტყვები: ეკონომიკა, ბუნებათსარგებლობა, საპორტო ინფრასტრუქტურა, შეფასების მეთოდიკა, ეფექტურობა.

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია

**ღვარცოფების პროგნოზირება
ყირგიზეთის მთიან ხეობებში (ტიმსკაი-
ალათაუს ჩრდილოეთის ფერდობის
მაგალითზე)**

გ. ზაგინავეი

წყლის პრობლემებისა და
ჰიდროენერგეტიკის ინსტიტუტი
ქ. ბიშკეკი, ყირგიზეთი

სტატიაში მოყვანილია ტერსკეი-ალათაუს ჩრდილოეთ ფერდობის ღვარცოფსაშიში მდინარეების გამოკვლევის მონაცემები. განხილულია ღვარცოფების ტიპები და მოყვანილია მათი კლასიფიკაცია. აღწერილია ღვარცოფული კერების შეფასების არსებული მეთოდიკა, გაშუქებულია პროგნოზის ორი ძირითადი მეთოდი: ფართობის მიხედვით და დროის მიხედვით.

გაკეთებულია დასკვნა: ტერსკეი-ალათაუს ჩრდილოეთ ფერდობზე უფრო საშიში ღვარცოფული კერები წარმოიქმნა ტონის, ტოსირის, ბარსკაუნის, კიჩი-კიზილსუს ხეობებში. ამ ხეობებში შესაძლებელია ძლიერი ღვარცოფული ნაკადების ფორმირება თავსხმა წვიმების შემდეგ და ტბების გარღვევის შედეგად.

საკვანძო სიტყვები: ღვარცოფი, პროგნოზი, ტერსკეი-ალათაუ, ყირგიზეთის რესპუბლიკა.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

**კოლხეთის დაბლობის დახურული
დამშრობი მარეზულირებალი ქსელის
ზოგიერთი საკითხი**

ი. ზაქაიძე, შ. რობაქიძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია კოლხეთის ზონის თავისებურებების სპეციფიკა, რაც აისახება უხვი და ხანგრძლივი ატმოსფერული ნალექების ხასიათში, რომლის დროსაც მცენარეთა ფესვთა სისტემის გავრცელების ზონა ხასიათდება გატენიანებით. დატბორვის შემთხვევაში ფესვთა სისტემის გავრცელების არეში ჟანგბადის მიწოდება ფილტრაციული ნაკადის მეშვეობით ხდება.

აქვე მოცემულია დაშრობის საანგარიშო

ინტენსივობა, რომელიც სამი პირობით განისაზღვრება.

პირველი და მეორე პირობით შეიძლება ვისარგებლოთ კოლხეთის პერიფერიული მაღალნიშნულიანი ტერიტორიისათვის. ხოლო მესამე პირობა, რომელიც მცენარის ფესვთა სისტემის ჟანგბადით მომარაგებას ეხება, გამოიყენება კოლხეთის დაბლობის ზონისათვის.

ნაშრომში აგრეთვე მოცემულია ფილტვრაციის კოეფიციენტის საანგარიშო ფორმულა კოლხეთის მძიმე ჭარბტენიანი ნიადაგებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: დრენაჟი, ფილტვრაცია, დაშრობის ნორმა, დაშრობის ინტენსივობა.

წყალთა მეურნეობა

ყირგიზეთის რესპუბლიკის ისიკ-ყულის დასავლეთით მიმდებარე რიბაჩიე-ტამჩინსკის საბადოს მიწისქვეშა წყლების ხარისხის შეფასება მორწყვისათვის

ნ. ივანოვა, გ. ფროლოვა

ბ. ელცინის სახ. ყირგიზეთ-რუსეთის სლავური უნივერსიტეტი
ქ. ბიშკეკი, ყირგიზეთი

განხილულია ყირგიზეთის ისიკ-ყულის აუზის რიბაჩიე-ტამჩინსკის საბადოს მიწისქვეშა წყლების ხარისხის შეფასების საკითხები მორწყვის მიზნით. დასაბუთებულია ყირგიზეთის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მოსარწყავად მიწისქვეშა წყლების გამოყენების აუცილებლობა. მოცემულია მიწისქვეშა წყლების რიბაჩიე-ტამჩინსკის საბადოს ბუნებრივ-კლიმატური დახასიათება. მოყვანილია საბადოს მიწისქვეშა წყლების საექსპლუატაციო მარაგი უბნების მიხედვით, ასევე მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. განხილულია ძირითადი მაჩვენებლები მიწისქვეშა წყლების შეფასებისას, მორწყვისათვის მათი ვარგისიანობის თვალსაზრისით: ტემპერატურა, გახსნილი მარილების საერთო შემცველობა, მათი შემადგენლობა და ირიგაციული კოეფიციენტი.

შესრულებული გაანგარიშებების საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნა განსახილველი აუზის მიწისქვეშა წყლების გამოყენების

შესაძლებლობის შესახებ მორწყვის მიზნით.

საკვანძო სიტყვები: მიწისქვეშა წყლები, მთისწინა ვაკე, მორწყვა, ზედაპირული ჩამონადენი, წყალშემცავი კომპლექსი, ინფილტრაცია.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

ზემო სამგორის სარწყავი სისტემის მოწყვლადობის შეფასება

კ. იორდანიშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში მოყვანილია ზემო სამგორის სარწყავი სისტემის მოწყვლადობის კვლევების შედეგები.

არხების ფერდებზე ბეტონის საფარის ცვეთის საწინააღმდეგო უნარის ზრდისათვის განხილულია „მიკროსილიკას“ გამოყენების შესაძლებლობა, რომლის დამზადების ტექნოლოგია და გამოყენების არეალი გაანალიზებულია ნორვეგიაში მივლინების დროს კ. იორდანიშვილის მიერ.

საკვანძო სიტყვები: ბეტონის არხები, მოწყვლადობა, ცვეთის საწინააღმდეგო უნარი, „მიკროსილიკა“.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

მთიანი წყალსაცავების შიდაწყალსატევური პროცესების კომპიუტერული გაანგარიშება

ი. იორდანიშვილი, ალ. ვართანოვი, მ. ვართანოვი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

შემოთავაზებულია მრავალფაქტორიანი პროცესების პროგნოზის კომპიუტერული პროგრამის შედგენის მეთოდიკა. მთის წყალსაცავებში შიდაწყალსატევური მრავალფაქტორიანი პროცესების პროგნოზირებისათვის დამუშავებულია კომპიუტერული პროგრამა Microsoft Windows-ის გამოყენებით. კვლევების შედეგები მოყვანილია ფაქტორული მატრიცის სახით მოქმედი ფაქტორების დატვირთვით. შემოთავაზებული კომპიუტერული პროგრამა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ანალოგიური მრავალფაქტორიანი ამოცანების

გადაწყვეტის დროს.

საკვანძო სიტყვები: მრავალფაქტორიანი პროცესები, მთის წყალსაცავები, ტალღების ელემენტების ტრანსფორმაცია, კომპიუტერული პროგრამა.

**პიდროტექნიკა და მელიორაცია
გარემოს დაცვა**

**აჭარის ბამრეცხ ნაპირებზე ფასონური
მასივების ბამოყენების შესაძლებლობის
ეფექტურობის კვლევა**

**ი. იორდანიშვილი, კ. იორდანიშვილი,
ე. ხოსროშვილი, ლ. ჯავახიშვილი**

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

მოქმედი ფაქტორების დეტალური ანალიზის საფუძველზე მოყვანილია საანგარიშო დამოკიდებულებები ზღვის გამრეცხ ნაპირებზე სხვადასხვა ტიპის ნაყარის ოპტიმალური პარამეტრების დასადგენად.

სხვადასხვა ტიპის სამაგრის (ქვანაყარი, დოლოსი, ტეტრაპოდი და სხვა) ელემენტების (დიამეტრი და მასა) განსაზღვრის ანგარიში ჩატარებულია ორი პოზიციისათვის: ნაყარიდან მასივების ამოგდების, გადაადგილების გათვალისწინებით და ტალღების მაქსიმალური ჩაქრობის გათვალისწინებით ნაყარის უმტყუნო მუშაობის უზრუნველყოფისას.

საკვანძო სიტყვები: გამრეცხი ფერდობები, ნაყარი სხვადასხვა ტიპის მასივებისგან.

**პიდროლოგია და მეტეოროლოგია
ახალი სტატისტიკური მეთოდების
ბამოყენება პიდროლოგიაში
ბაანბარიშვებებში**

ფ. იმანოვი, რ. რაჯაბოვი

ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

სტატიაში მდ. მტკვრის შენაკადების შეტივნარებული ნატანის ჩამონადენის მაგალითზე განხილულია ახალი სტატისტიკური მეთოდები, რომლებიც გამოიყენება საინჟინრო პიდროლოგიაში. ნაჩვენებია, რომ გასაანალიზებელი რიგების მრავალწლიური რხევების შესაძლო აღწერისათვის შეიძლება

გამოყენებული იქნეს ლოგ-ნორმალური განაწილება, რომლის პარამეტრები მიზანშეწონილია შეფასდეს L-მომენტების მეთოდით.

გაკეთებულია დასკვნა იმის შესახებ, რომ ასიმეტრიის კოეფიციენტის ცდომილების შეფასება უკეთესია ჩატარდეს აშშ-ში გამოყენებული ფორმულით, რომელიც კრიციკი-მენკელის ცნობილი ფორმულისგან განსხვავებით ამ ცდომილებებს არსებითად არ ზრდის.

საკვანძო სიტყვები: შეტივნარებული ნატანის ჩამონადენი, უზრუნველყოფის მრუდი, განაწილების პარამეტრების ცდომილება, L-მომენტების მეთოდი.

გარემოს დაცვა

**ქვათაცვენის მოვლენა ევრაზიის
სატრანსპორტო დერეფანში და მისი
საწინააღმდეგო საინჟინრო
ღონისძიებების შერჩევა**

**ი. ირემაშვილი, ი. ფირცხალაიშვილი,
ხ. კიკნაძე, ფ. ლორთქიფანიძე**

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

პროექტი განხორციელდა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური (გრანტი №GNSF/STO9-977-5-250) მხარდაჭერით. წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული ნებისმიერი მოსაზრება ეკუთვნის ავტორს და შესაძლოა არ ასახავდეს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ინტერესებს.

ნაშრომში განხილულია ქვათაცვენის წარმომშობი მიზეზები და გზებისა და რკინიგზების მიმდებარე ფერდობებზე მისი შესაძლო შედეგები. მოყვანილია ქვათაცვენისგან თავდაცვის მიზნით მისი დამჭერი ღონისძიებების ჩამონათვალი, რაც მიმართულია ქვათაცვენისგან გზის დასაცავად და არა მის შესაჩერებლად. ფერდობების ადგილობრივი მდგრადობის შენარჩუნების მხრივ ძირითად სამოქმედო ღონისძიებად შეიძლება ჩაითვალოს მათი ზედაპირების გამაგრება ტორკრეტირების მეთოდით, რაც შეაჩერებს ან შეწყვეტს (ან ექნება ორმაგი ეფექტი) დეფორმაციის, ლოკალური ჩამოხეთქვა-მოხლეჩის, ჩამოცოცება-ჩამოწოლის, ეროზიის განვითარების პროცესს.

საკვანძო სიტყვები: ქვათაცვენა, ტორკრეტირება, ჰელიომოწყობილობა.

გარემოს დაცვა

**ნავთობით დაბინძურებული ნიადაგ-
ბრუნტების ბიოტექნოლოგიური
რეაბილიტაციის პერსპექტივები
საქართველოს ტორფების გამოყენებით**

**ლ. იტრიაშვილი, მ. შავლაყაძე,
ხ. კიკნაძე, თ. სუპატაშვილი**

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში განხილულია ნიადაგ-გრუნტების ნავთობით დაბინძურებით გამოწვეული ნეგატიური ეკოლოგიური შედეგები, რომლებიც შეიძლება წარმოიშვას საქართველოს მიერ ნავთობმატრანსპორტირებელი ფუნქციის შექმნის გამო.

ნაჩვენებია ნავთობით დაბინძურებული ფართობის ბიოტექნოლოგიური რეაბილიტაციის გზები და, კერძოდ, მისი რეკულტივაციის პერსპექტივები საქართველოს ტერიტორიების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: ნიადაგ-გრუნტები, ნავთობი, დაბინძურება, ტორფი, ბიოლოგიური რეკულტივაცია, რეაბილიტაცია.

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები

**ბრუნტების სტრუქტურების წარმოშდნის
და რეპულირების ფიზიკურ-ქიმიური
მექანიზმი**

**ლ. იტრიაშვილი, ე. ხოსროშვილი,
ნ. ნიბლაძე, მ. შავლაყაძე, ლ. მაისაია**

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური მექანიკის თეორიული პრინციპების თვალსაზრისის საფუძველზე განხილულია გრუნტები, როგორც კოლოიდურ-დისპერსიული სისტემები და მათი ზედაპირის ენერგეტიკის გავლენა ფაზურ მდგომარეობაზე.

გამოყოფილია გრუნტების სამი ძირითადი სტრუქტურა: კოაგულაციური, კონდენსაციური და კრისტალიზაციური. ნაჩვენებია წყლის გავლენა ამ სტრუქტურების წარმოშობაზე, სახეცვლილებაზე, ერთმანეთში ურთიერთგადასვლაზე და სტრუქტურის სიმტ-

კიცის განვითარების კინეტიკა.

საკვანძო სიტყვები: გრუნტი, სტრუქტურა, დისპერსიული სისტემები, მართვა.

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია

**წყალმოვარდნის პერიოდის ჩამონადენის
რყვევადობის სტოქასტური მოდელი**

**დ. კერესელიძე, გ. გრიგოლია,
გ. ტრაპაიძე, გ. ბრეგვაძე**

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

წარმოდგენილი ნაშრომი ეძღვნება წყალმოვარდნის პერიოდის ჩამონადენის სტატისტიკურ ანალიზს მრავალწლიური პერიოდისათვის.

წყალმოვარდნის პერიოდად ითვლება ის პერიოდი, როდესაც მდინარის აუზში თოვლის დნობისა და წვიმების შედეგად დროის მცირე ინტერვალში ინტენსიურად ხდება წყლის დონის აწევა. მის აღსაწერად შავი-ზღვისპირა მდინარეებისათვის შემოთავაზებულია ისეთი მოდელი, რომელიც შეიძლება ეფექტურად იქნეს გამოყენებული ჰიდროლოგიურ გაანგარიშებებში.

საკვანძო სიტყვები: წყალმოვარდნა, ჩამონადენი, სტოქასტური მოდელი.

გარემოს დაცვა

**წყალდიდობის საწინააღმდეგო
ღონისძიებების ეკონომიკის
ზოგიერთი საკითხი**

ე. კეჩხოშვილი

საქართველოს სახელმწიფო აგრარული
უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

შემოთავაზებულია წყალდიდობის საწინააღმდეგო ღონისძიებების განხორციელების და მათ წილობრივ დაფინანსებაში დაინტერესებული უწყებების მონაწილეობის შეფასების მეთოდიკა.

საკვანძო სიტყვები: წყალდიდობა, ღონისძიებები, დაფინანსება, შეფასება, მეთოდიკა.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

**არხებში მოძრაობი ტალღების
ჰიდრავლიკა**

რ. კილაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

არხის ბოლოში ან სათავეში წყლის ხარჯის შეცვლისას ფარების რეგულირების ან სხვა მიზეზთა გამო წარმოიშევა დადებითი ან უარყოფითი ტალღები, რომლებიც ვრცელდება დინების (ან საწინააღმდეგო) მიმართულებით და იწვევს არხში წყლის დონის რყევას. შესაბამისი თეორიული ბაზის გამოყენებით შესწავლილია ასეთი ტალღების წარმოშობის, გავრცელების და ტრანსფორმაციის საკითხები, რათა გამოირიცხოს ამ ტალღების მოძრაობისას არხის წყლით გადავსების ან დაშრობის შემთხვევები.

საკვანძო სიტყვები: წყლის დაუმყარებელი მოძრაობა, ტალღების ტრანსფორმაცია, თეორიული გამოკვლევა.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

**ჰორიზონტალურ ზოლებში მორწყვის
ჰიდრავლიკა და მათი ოპტიმიზაციის
შესაძლებლობები (პროცესის
კომპიუტერული იმიტაციის
საფუძველზე)**

რ. კილაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

განიხილება ჰორიზონტალურ ზოლებში რწყვის ჰიდრავლიკა და მათი ოპტიმიზაცია ეკოლოგიურ და ეკონომიკურ მოთხოვნათა საფუძველზე. ამ მოვლენის ასახვის მიზნით გამოყენებულია დინამიკის და უწყვეტობის შესაბამისი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა. მათი ამოხსნა ხდება რიცხვითი (სასრულ-სხვაობიანი) მეთოდით, რომელიც საფუძველად უდევს მორწყვის პროცესის კომპიუტერული იმიტაციის ალგორითმს.

წარმოდგენილია სპეციალური ალგორითმის სახით ოპტიმიზაციის ახალი მოდელი, რომელიც შეთავსებულია მორწყვის კომპიუტერული იმიტაციის ალგორითმთან.

რწყვების ასეთი კომპიუტერული იმიტა-

ციის და ოპტიმიზაციის მაგალითები მოყვანილია ცხრილების სახით, რომელთა დამუშავების საფუძველზე მიღებულია მაპაროქსიმირებელი ფორმულები უშუალო გამოყენებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდრავლიკა, მორწყვა, პროცესის კომპიუტერული იმიტაცია.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

**შავი ზღვის სანაპირო ზოლში
ცირკულაციური პროცესების
პროგნოზირება, შავი ზღვის მაღალი
ამოხსნალობის სანაპირო ზონის
რეგიონალური მოდელის დახმარებით**

ა. კორძაძე, დ. დემეტრაშვილი

მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში აღწერილია პროგნოზირების რეგიონალური სისტემა, რომელიც დამუშავებულია სამეცნიერო-ტექნიკური პროექტების EU ARENA და ECOOP ჩარჩოებში შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილისათვის ცირკულაციის პროცესების პროგნოზირების, საქართველოს აკვატორიის ჩათვლით 2010 წლის ივლისამდე ტემპერატურისა და მარილიანობის 3D ველების ზოგიერთი შედეგით.

პროგნოზირების სისტემის ბირთვს წარმოადგენს მასში ჩადებული შავი ზღვის დინამიკის რეგიონალური ჰიდროსტატიკური რიცხვითი მოდელის ბაზე, რომელიც დაფუძნებულია ოკეანის ჰიდროთერმოდინამიკის მარტივ განტოლებათა სისტემაზე. ეს რეგიონალური მოდელი შექმნილია აუზის (BSM) მასშტაბის მოდელის შავი ზღვის დინამიკასთან ადაპტაციის გზით. იგი დამუშავებულია მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტში (თბილისი, საქართველო) აუზის აღმოსავლეთი ნაწილისათვის და დანერგილია საზღვაო ჰიდროფიზიკური ინსტიტუტის (МГН, სევასტოპოლი, უკრაინა) BSM-ში. აღმოსავლეთ რეგიონალური ფართობი, რომელიც შემოსაზღვრულია კავკასიისა და თურქეთის სანაპირო ხაზებით და დასავლეთის წყლის საზღვრით, რომელიც ემთხვევა 39,36°E-ს, დაფარულ იქნა 193×347 ცხაურით, ჰორიზონტალურად 1კმ. სიგრძით. ვერტიკალურად განხილული იყო არაერთგვაროვანი ცხაურა

30 გამოთვლილი დონით. ჩვენ ვღებულობთ ყველა შემავალ მონაცემს ერთსაათიანი ბიჯით. იგი შეესაბამება MHI-ის ჩრ საიტით პროგნოზირების დროის 4 დღიან პერიოდს. ამჟამად სისტემა მზადაა ოპერატიული ფუნქციონირებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: შავი ზღვის ცირკულაცია, პროგნოზირების სისტემა, რიცხვითი მოდელი, ტემპერატურა, მარილიანობა.

ჰიდროტექნიკა და მედიორაცია

**კოლხეთის დაბლობზე დამფრთხ-
მარეზულირებადი ქსელის
ბაანგარიშებისას ზედაპირულ-
მოლეკულური ენერგიების გავლენა
ფილტრაციის რეოლოგიურ
მახასიათებელზე**

შ. კუპრეიშვილი, პ. სიჭინავა, ლ. მაისაია

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში დასაბუთებულია, რომ დისპერსიულობის ხარისხის ზრდა თიხა მინერალუბის პეტეროგენულ ზედაპირზე წარმოშობის სხვადასხვა ბუნების ენერგეტიკულ ველებს, რომლებიც განაპირობებენ ადსორბირებული ბმული წყლით აფსკების თავისუფალი წყლისაგან განსხვავებული ანომალური თვისებებით ფორმირებას; დადგენილია, რომ ზედაპირულ-მოლეკულური ძალების განსაკუთრებული ეფექტი გამოიხატება თიხა გრუნტებში ფილტრაციის საწყისი გრადიენტის გამოვლენაში, რომელიც განპირობებულია მოლეკულურად ბმული წყლის ნიადაგ-გრუნტის ფორებში არსებობით და ხასიათდება წყლისაგან განსხვავებული რეოლოგიური თვისებებით; შემოთავაზებულია დამოკიდებულება, რომელიც ადასტურებს ფილტრაციის სიჩქარესა და გრადიენტს შორის ხაზოვანი ფუნქციონალური კავშირის მართებულობას ნიუტონური სითხეების წინააღობის რეოლოგიური შკალისათვის.

საკვანძო სიტყვები: რეოლოგია, ზედაპირულ-მოლეკულური ძალები, ადსორბირებული ბმული წყალი, ფილტრაციის საწყისი გრადიენტი, ნიუტონური სითხეები.

მშენებლობა

**მდ. ჩუს კალაპოტის მონაკვეთის
ჰიდრავლიკური მოდელირება
ჭავჭავისმიმართველი დეზების
მოსაწყობად ფხვიერი მასალების
კარიერის შექმნისათვის ყირგიზეთის
ალაშუდუნის რაიონის
სოფელ ბირდიკის რაიონში**

**ნ. ლავროვი, ი. რუდაკოვი, გ. ლოგინოვი,
ნ. ივანოვა, ა. მაკოვსკი**

ბ. ელცინის სახ. ყირგიზეთ-რუსეთის
სლავური უნივერსიტეტი
ქ. ბიშკეკი, ყირგიზეთი

დასაბუთებულია მდ. ჩუს დარეგულირებული კალაპოტის მონაკვეთის მოდელირებისათვის ამოცანის დასა – ჭავჭავის მიმართველი დეზების მოწყობა სითხის ორფაზიანი ნაკადის რაციონალური გადანაწილების შესაქმნელად დასაპროექტებელ არამადნეული მასალების კარიერში. საწყის მონაცემებად აღებულია მდინარის განსახილველი მონაკვეთის ჰიდროლოგიური და მორფომეტრული მახასიათებლები. მოყვანილია მდ. ჩუს კალაპოტის კანალიზაციური მონაკვეთის ექსპერიმენტული კვლევების მეთოდისა და შედეგები ჭავჭავის მიმართველი დეზების მოსაწყობად ფხვიერი მასალების კარიერის შექმნისათვის ჩუს ოლქის სოფელ ბირდიკის რაიონში.

შემოთავაზებულია ფსკერის დეფორმაციის რაოდენობრივი მახასიათებლების შედარებითი შეფასების მეთოდი კალაპოტური პროცესებისას. მოცემულია მარეგულირებელი ნაგებობების მოწყობის რაციონალური ვარიანტის რეკომენდაციები – ორი სწორხაზოვანი დეზი, შესრულებული კალაპოტური დანალექისგან, მოპირკეთებული მსხვილნატეხოვანი ქვებით, რომლებიც მიმართულია 40°-ანი კუთხით მდინარის დინების მარცხენა ნაპირთან.

საკვანძო სიტყვები: არამადნეული მასალების კარიერი, დარეგულირებული კალაპოტის მონაკვეთი, მოდელირება, მოდელური კალაპოტური დანადგარი, ჭავჭავის მიმართველი დეზი.

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები

რა უშლის ხელს კლიმატის და გამყინვარების პროგნოზირებას?

დ. მამატკანოვი, ვ. შატრაფინი, ტ. ტუზოვა

წყლის პრობლემების და ჰიდროენერგეტიკის
ინსტიტუტი

ქ. ბიშკეკი, ყირგიზეთი

დადგენილია პალეოგლაციოლოგიასა და მეოთხეულ გეოლოგიაში იმ სირთულეებისა და წინააღმდეგობების ძირითადი მიზეზები, რომელთა აღმოფხვრის გარეშე შეუძლებელია გაკეთდეს კლიმატის და გამყინვარების ცვლილების გრძელვადიანი პროგნოზი. ნაჩვენებია ავტორების მიერ შემუშავებული ახალი საწყისი პოზიციები კვლევის ამ სფეროში, რაც საშუალებას იძლევა გამოირიცხოს ეს წინააღმდეგობები და შეიქმნას საიმედო საფუძველი ევრაზიის კლიმატის და გამყინვარების გრძელვადიანი პროგნოზისათვის.

საკვანძო სიტყვები: ტიან-შანი, მორენა, გამყინვარება, კლიმატის ცვლილების პროგნოზი.

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები

კლიმატის გლობალური ცვლილების გავლენა ღიდი კავკასიონის მდინარეთა ჩამონადენზე

ჯ. მამედოვი

აკად. გ. ალიევის სახ. გეოგრაფიის
ინსტიტუტი

ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

გამოვლენილია, რომ დიდი კავკასიონის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ფერდობზე წყლის ხარჯის 1977 წლამდე პერიოდის საშუალო მრავალწლიური ნორმის ფარდობა 1977 წლიდან დღემდე მდინარეთა 21 პუნქტიდან 12-ში გახდა უდიდესი, ერთში – უცვლელია, ხოლო დანარჩენ პუნქტებში – უმცირესი. აღნიშნული ფარდობა სამხრეთის ფერდობზე მდინარეთა 17 პუნქტიდან 4-ში აღმოჩნდა

უდიდესი, ხოლო დანარჩენ პუნქტებში უმცირესი. წყლის ხარჯის საშუალო მრავალწლიური ნორმის ფარდობის მსგავსი ცვლილება აღინიშნებოდა ასევე 1977 წლის პერიოდთან დღემდე 1977 წლამდე პერიოდთან შედარებით.

დიდი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობის მდინარეთა წყლის ხარჯის საშუალო მრავალწლიური ნორმის ფარდობა ორ ვარიანტში გახდა უდიდესი ჩრდილო-აღმოსავლეთის ფერდობთან შედარებით, რაც დაკავშირებულია ქვეყანაში წყალსაცავების რაოდენობის ზრდით 1976 წლის შემდეგ, აგრეთვე კასპიის ზღვის დონის აწევით.

საკვანძო სიტყვები: ჩამონადენი, კლიმატის ცვლილება, აზერბაიჯანის მდინარეები.

ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია

სამხრეთ კავკასიის კლიმატის კვლევა

ა. მამედოვი, ი. გადიევი

ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ქ. ბაქო, აზერბაიჯანი

ატმოსფეროს საერთო ცირკულაციის მოდელები ხშირად გამოიყენება კლიმატის კვლევის ამოცანებში, მაგრამ ეს მოდელები იწვევენ გარკვეულ სიძნელეებს რეგიონალური ამოცანების გადაწყვეტისას, ამიტომ, რეგიონალური ამოცანების გადასაწყვეტად ატმოსფეროს ცირკულაციის მოდელები მუშავდება გლობალური მოდელის ფონზე. დასაწყისში მოდელი ხორციელდება რეგულარულ ბადეზე $5^{\circ} \times 10^{\circ}$ ბიჯით ჩრდილოეთ ნახევარსფეროსთვის, ხოლო შემდეგ ამოხსნა გადაიტანება უფრო ხშირ ბადეზე – $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, გამოსაკვლევი რეგიონის ტერიტორიის გასათვალისწინებლად.

ამგვარად, მოდელის რეალიზებისას მიღებულია შესაძლებლობა შეფასდეს კასპიის ზღვის გავლენა სანაპირო ტერიტორიებზე.

საკვანძო სიტყვები: ატმოსფეროს საერთო ცირკულაციის მოდელები, არაადიაბატური პროცესების პარამეტრიზაცია, ოროგრაფია, სასაზღვრო პირობები.

**ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია
წყალზე მოთხოვნილება და რესურსები
მცენარეთა განვითარებისათვის**

ი. მარკოვსკა

გარემოს შემსწავლელ მეცნიერებათა
ვროცლავის უნივერსიტეტი
ქ. ვროცლავი, პოლონეთი

სტატიაში მოცემულია წყლის რესურსები ქვედა სილესიის ზოგიერთ რეგიონში მცენარეთა წყალმოთხოვნილების მიხედვით. ქვემო სილესიის ზოგიერთი რეგიონი ატმოსფერული ნალექების სიმცირეს განიცდის, განსაკუთრებით მდინარეების: სლეზა, ვიდავა, ბობრი, სკორა და ბარიჩის აუზებში და მოიცავს ქვემო სილესიის ფართობის ერთ მესამედს. ამ ოლქებისათვის კლიმატური წყლის ბალანსი უარყოფითია და 25-დან 79 მმ-მდე მერყეობს.

მსუბუქ ნიადაგებზე (>50% ნიადაგები პოლონეთში) მცენარეებისათვის ნალექები ტენის ძირითად წყაროს წარმოადგენს, ეს ნიადაგები წყალს სუსტად ინახავს, ხოლო გრუნტის წყლები ღრმად მდებარეობს. თუ დონეები ადეკვატური იქნება, რომელიც დააკმაყოფილებს მცენარის მოთხოვნილებას ტენზე, მოსავალიც მაღალი იქნება. სამწუხაროდ, კლიმატური წყლის უარყოფითი ბალანსი და მისი დროსა და სივრცეში არათანაბარი განაწილება მცენარეთა განვითარებისათვის უდიდეს პრობლემას წარმოადგენს.

საკვანძო სიტყვები: მცენარე, წყალმოთხოვნილება, წყლის რესურსები, გამყინვარება.

გარემოს დაცვა

**ბრუნტის ფერდოს მდგრადი
საანბარიშო მეთოდები და დაცვების
პროცესის მმანისმი**

ნ. მებონია, ზ. ლოხუნიძე, თ. კვარაცხელია

საქართველოს სახელმწიფო აგრარული
უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ჩატარებულია ფხვიერი გრუნტების ანალიზური გამოკვლევა ფერდოს ამსახველი სხვადასხვა სიმრუდის მქონე ზედაპირებისათვის.

დაზუსტებულია დიფერენციალური გან-

ტოლებების ინტეგრირების სასაზღვრო პირობები მთავარი წნევების განაწილების არსებული დამოკიდებულებების საფუძველზე.

შედგენილია ფერდოს ზღვრული წონასწორობის დიფერენციალური განტოლება ჰიდროდინამიკური წნევის ძალის საშუალო გრადიენტის მიხედვით.

საკვანძო სიტყვები: ფერდოს ზღვრული წონასწორობა, ჰიდროდინამიკური წნევის ძალა, იზობარული ზედაპირი, მხები ძაბვები, შინაგანი ხახუნის კუთხე, იზოტროპული ფერდო, გრადიენტი.

გარემოს დაცვა

**ტყეკავშირითი სამუშაოების
ეკოლოგიურად უზნაველი
განიგბადასატანი საბაგირო
მორსათრევი დანადგარები**

**დ. მოსულიშვილი,¹ ზ. ბალამწარაშვილი,²
მ. ნარიმანიშვილი²**

¹ წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
² საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

დადგენილია, რომ მორსათრევი საბაგირო-კიდული დანადგარები მოვლითი ჭრების შემთხვევაში ვერ უზრუნველყოფს ხე-ტყის მორთრევას ტრასამდე, რის გამოც აღნიშნული ხორციელდება სხვა სატრანპორტო საშუალებებით. საბაგირო მორსათრევი დანადგარების გამოყენების შეზღუდული საშუალება დაკავშირებულია იმასთან, რომ ჩვეულებრივი საბაგირო დანადგარებით ხორციელდება 20°-ზე მეტი დახრილობის ფერდობების ტყეკავის ვიწრო ვერტიკალური ზოლების ათვისება, რაც იწვევს დანადგარის ტრასის მრავალჯერადი გადატანის აუცილებლობას და მწარმოებლობის შემცირებას.

ხე-ტყის პირველად ტრანპორტირებაზე მორსათრევი საბაგირო დანადგარების ფართოდ დანერგვა გადაწყვეტს ამ მნიშვნელოვან საკითხს და აგრეთვე ხელს შეუწყობს მაგისტრალური ავტოტყესახიდი გზების ტყეკაფებთან მიახლოებას.

ამასთან დაკავშირებით, სტუ-ს მერქნული მასალების დამზადებისა და დამუშავების კათედრაზე შექმნილია განიგბადასატანი საჰაერო-საბაგირო მორსათრევი დანადგარების

სქემური გადაწყვეტილებები და კონსტრუქციები.

საკვანძო სიტყვები: საწვეი ბაგირი, დამხმარე ურიკა, მორსათრევი დანადგარი, მორთრევა, სატვირთო ურიკა, მზიდი ბაგირი.

გარემოს დაცვა

მორსათრევი თვითმტვირთავი აბრეშათის მღვრადობის დინამიკური გამოკვლევა შოლტების ნახევრად-დატვირთულ მღვრმარეობაში მორთრევის დროს

დ. მოსულიშვილი,¹ ზ. ბალამწარაშვილი,²
მ. ნარიშკინიშვილი²

- 1) წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
2) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

მთავორიან პირობებში ხე-ტყის მორთრევის დროს არის შემთხვევები, როცა მორთრევის განხორციელება მთლიანად დატვირთულ მღვრმარეობაში, უსაფრთხოების პირობების დაცვის აუცილებლობასთან დაკავშირებით, მიზანშეწონილი არ არის. მითუმეტეს, რომ ნახევრადდატვირთულ მღვრმარეობაში ხე-ტყის მორთრევის დროს, მთლიანად მიწაზე შოლტების მორთრევასთან შედარებით, ეკოლოგიური თვალსაზრისით, პირობები რამოდენიმეჯერ გაუმჯობესებულია და დიდ საფრთხეს არ წარმოადგენს არც მოზარდი მცენარეულობისთვის და არც ნიადაგისთვის.

საკვანძო სიტყვები: ჯამური დატვირთვა, ჯალამბრის წვეის ძალა, დატვირთვების უთანაბრობის კოეფიციენტი.

გარემოს დაცვა

წნევის დანაკარგები სიბრძნევი ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფის აბსტრაქტული თანაბარი რეჟიმით მოძრაობის დროს

ო. ნათიშვილი, ვ. თევზაძე, ქ. დადიანი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ნატანებით ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოფული ნაკადების ანომალური თვისებების

გათვალისწინებით შემოთავაზებულია განზოგადებული რეინოლდსის რიცხვის, დარსისა და შეზის კოეფიციენტების საანგარიშო დამოკიდებულებები. მათი მხედველობაში მიღება შესაძლებლობას იძლევა რაციონალურად იქნეს განთავსებული ღვარცოფსა-წინააღმდეგო ნაგებობები წყალსადინარის კალაპოტში და საგრძნობლად იქნეს გაზრდილი მათი ფუნქციონირების ვადები. დანაკარგები სიგრძეზე განისაზღვრება იგივე სქემით როგორც ეს ხორციელდება ნაკადის უდაწნევო რეჟიმით მოძრაობის შემთხვევაში; თვალსაჩინოების მიზნით შედარებულია შეზის კოეფიციენტის მნიშვნელობები წყლისა და ნატანებით ჰიპერკონცენტრირებული ნაკადებისათვის; ხაზგასმულია ამ ორ გარემოს შორის თვისობრივი და რაოდენობრივი განსხვავების პირობები.

საკვანძო სიტყვები: ნატანებით ჰიპერკონცენტრირებული ნაკადი, დანაკარგები სიგრძეზე, რეინოლდსის რიცხვი, დარსის კოეფიციენტი, შეზის კოეფიციენტი.

გარემოს დაცვა

ნორმატიული დოკუმენტების შესახებ ღვარცოფმცოდნეობის დარგში

ო. ნათიშვილი, ვ. თევზაძე,
ზ. ჭარბაძე, ქ. დადიანი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

წარმოდგენილია ინფორმაცია ადრე შემოთავაზებული სხვადასხვა დონისა და შინაარსის ნორმატიული დოკუმენტების შესახებ ღვარცოფმცოდნეობის დარგში, რომლებიც არ აკმაყოფილებს პრაქტიკის თანამედროვე მოთხოვნებს და საჭიროებს განახლებას დარგში თანამედროვე მიღწევების მხედველობაში მიღებით.

შემოთავაზებულია ახალი ნორმატიული დოკუმენტების შედგენის მეთოდოლოგია ბოლოდროინდელი მონაცემების საფუძველზე ღვარცოფების კვლევისა და ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობების დაპროექტების დარგში, რომლებიც ითვალისწინებს მოვლენის ანომალურ თვისებებს მათი ფორმირების, მოძრაობისა და ნარიყის კონუსზე გამოსვლის დროს.

საკვანძო სიტყვები: ნორმატიული დოკუმენტი, ღვარცოფმცოდნეობა, ანგარიშის მეთოდოლოგია, ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებები.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

ბოსტნეული კულტურების ზრდის გაუმჯობესება წვეთოვანი მორწყვის გამოყენებით

თ. ოდილაგაძე,¹ კ. ბზიავა,^{1,2} გ. ჰუგენბუმი,³ ი.ინაშვილი,¹ ნ. უნდილაშვილი¹

- 1) საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტი,
- 2) წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, ქ. თბილისი, საქართველო
- 3) ვაშინგტონის შტატის უნივერსიტეტი ქ. ვაშინგტონი, აშშ

სტატიაში განხილულია წვეთოვანი მორწყვის, როგორც თანამედროვე ზედაპირული მორწყვის ტექნოლოგიის, პრიორიტეტულობა და პრაქტიკული ასპექტები ბოსტნეული კულტურების კომერციული წარმოებისათვის. ნიადაგის თავისებურებების, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განვითარების სტადიების, გარემო პირობებისა და სხვა ფაქტორების გათვალისწინებით წარმოდგენილია წვეთოვანი მორწყვის რეჟიმის, ანუ მორწყვის რაოდენობისა და დროის განსაზღვრის მეთოდი. განსაკუთრებული ყურადღება ენიჭება ჯამური აორთქლების (ევაპოტრანსპირაციის) განსაზღვრას და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ბიოლოგიური კოეფიციენტების სწორ შერჩევას. დასაბუთებულია, რომ წვეთოვანი მორწყვის სისტემა წარმოადგენს სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის საკვები ნივთიერებების დროული და ეფექტური ფორმით მიწოდების იდეალურ ტექნოლოგიას.

საკვანძო სიტყვები: წვეთოვანი მორწყვა, მორწყვის რეჟიმი, ევაპოტრანსპირაცია, მცენარის ბიოლოგიური კოეფიციენტი.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

ნიადაგის წყლისმიერი და ქარისმიერი ეროზიის საწინააღმდეგო მანქანა-იარაღები

გ. სამხარაძე,¹ გ. კოკილაშვილი,² გ. ჯანელიძე²

- 1) წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
- 2) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი ქ. თბილისი, საქართველო

დადგენილია, რომ 10-20° ქანობის ფერდობიდან წელიწადში ჩამოირეცხება 200-300 ტ ჰუმუსოვანი ნიადაგი.

რეკომენდებულია წყლისმიერი ეროზიის შესაკავებლად თანამედროვე აგროტექნიკური მეთოდების, ტექნოლოგიების და ნიადაგდამამუშავებელი მექანიზმების სწორი გამოყენება.

საკვანძო სიტყვები: ქანობი, გარეცხვა, ჩამონადენი, გუთანა, ნაპრაფსაჭრელი, არხისმჭრელი.

ჰიდროტექნიკა და მელიორაცია

ნიადაგის ფერდობზე ზედაპირული ჩამონადენის რეგულირების ტექნოლოგიური სქემები ახალი ტიპის საბორო არხისმჭრელის გამოყენებით

გ. სამხარაძე,¹ გ. კოკილაშვილი,² გ. ჯანელიძე²

- 1) წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
- 2) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში განხილულია ზედაპირული ჩამონადენის რეგულირებისა და შეკავების ახალი ტექნოლოგიური სქემები. ახალი ტიპის საბორო არხისმჭრელის გამოყენებისას ეროზიის საწინააღმდეგო არხი იჭრება არა თხრით, არამედ ჭრითა და ტკეპნით, რაც უზრუნველყოფს გაჭრილი არხის მდგრადობას და ფერდობზე წყლის დინების ენერგიის დახშობას.

საკვანძო სიტყვები: ეროზია, ჩამონადენი, საკვეთური, კვლები, საბორო არხისმჭრელი.

გარემოს დაცვა

**სოფხეთის რესპუბლიკის
ჰიდროენერგეტიკული სექტორის
განვითარება და ჰიდროენერგიის
წარმოებასთან დაკავშირებული
ეკოლოგიური ზემოქმედება**

ა. სიმონიანი, ო. ტოკმაჯიანი

ერევნის არქიტექტურისა და მშენებლობის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქ. ერევანი, სომხეთი

ჰიდროენერგეტიკა განხილულია როგორც ელექტრობის მიღების წყარო სითბური აირების მინიმალური ექსპლუატაციური ამოფრქვევის და წიაღისეულის სახის საწვავის გამოყენების გარეშე. თუმცა აღნიშნულ უპირატესობებთან ერთად, ჰიდროენერგიის წარმოება დაკავშირებულია რიგ არასასიამოვნო ეკოლოგიურ ზემოქმედებასთან – ტერიტორიის გასხვისება, მიწების დატბორვა, ცვლილებები მდინარეთა დინებაში, მიმდებარე ტერიტორიის და ელექტროგადამცემი ხაზების მშენებლობა. სტატიაში წარმოდგენილია სომხეთის ენერგეტიკული სექტორის დღევანდელი სიტუაცია, ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განვითარების წინაპირობა და პერსპექტივები, ასევე განხილულია ჰიდროენერგიის წარმოებასთან დაკავშირებული ძირითადი ეკოლოგიური ზემოქმედება და მოცემულია შესაბამისი შემარბილებელი ღონისძიებები.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდროენერგეტიკა, ჰიდროენერგიის წარმოება, ეკოლოგიური ზემოქმედება, ეკოლოგიური შეფასება, შემარბილებელი ღონისძიებები.

გარემოს დაცვა

**ბარიუმის შემცველობის დადგენა
საწარმოო ნარჩენებში და ქარხნების
მიმდებარე ტერიტორიების ზედაპირულ
წყლებში**

თ. სუპატაშვილი

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

გამოკვლეულია ბარიუმის შემცველობა საქართველოში არსებული ბარიუმის მომპოვებელი და გამამდიდრებელი ქარხნების საწარმოო ნარჩენებში და მიმდებარე ტერიტორიის ზედაპირულ წყლებში. კვლევებით

დადგინდა, რომ ბარიუმის ნარჩენებთან კონტაქტის შედეგად წყლებში გაზრდილია ბარიუმის შემცველობა ფონთან შედარებით.

საკვანძო სიტყვები: ბარიტი, საწარმოო ნარჩენები, ზედაპირული წყლები.

**ჰიდროტექნიკური ნაგებობების
საიმედოობა და რისკი**

**გუნეზორივი ბარამოს საფრთხის
პროგნოზირება და ავარიის რისკის
შეფასება**

ლ. ფურცელაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია გარემოს საფრთხის პროგნოზირების ყველაზე მეტად გავრცელებული ფორმები და რისკის შეფასების მნიშვნელობა. მისი პრაქტიკული რეალიზაცია ხელს შეუწყობს მიწის რესურსების საიმედო დაცვას ეროვნული მოვლენების მანერე ზემოქმედებისაგან.

საკვანძო სიტყვები: გარემო, უსაფრთხოება, პროგნოზირება, ავარია, რისკი.

ჰიდროტექნიკა

**ჰიდრავლიკური მილების
დაპროექტებისათვის პრიზმული კედლის
ბრუნის სივრცითი ამოცანის
გადაწყვეტა ტრიგონომეტრიული
მწკრივების გამოყენებით**

გ. ყიფიანი, რ. ცხეველაძე, გ. რეხვიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში ი. ღუდუშაურის მეთოდის გამოყენებით შესწავლილია პრიზმული კედლის სივრცითი ამოცანის გადაწყვეტა ანალოგიების სახით. გადმოცემულია გამოყენებული მეთოდის უპირატესობა არსებულ მეთოდებთან შედარებით. ამოცანა გადაწყვეტილია ზოგადად ყოველგვარი ჰიპოთეზური დაშვების გამოყენების გარეშე. მოცემულია უცნობი კოეფიციენტებისაგან შედგენილი ალგებრულ განტოლებათა სისტემა, უცნობი კოეფიციენტები გამოითვლება კოლოკაციის მეთოდით. კოლოკაციის წერტილების რაოდენობა განისაზღვრება ამოცანის კრებადობის პირობით, როდესაც კოლოკაციის წერტილების

გაზრდა არ მოქმედებს ამოცანის ამოხსნის სიზუსტეზე. ზემოაღნიშნულის საფუძველზე რიცხვითი რეალიზაციისათვის შედგენილია მათემატიკური ალგორითმი და პროგრამა კომპიუტერებისათვის, სადაც შესაძლებელია ექვსი კომპონენტის გამოთვლა.

საკვანძო სიტყვები: გრესა, სივრცითი ძელი, დრეკადობა, კოლოკაციის მეთოდი, ალგებრული განტოლება, ძაბვა.

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები

საქართველოს შავი ზღვის სექტორის ზღვის, ლაგუნის და სხვა დანალექების პალეოლოგიური გამოკვლევის შედეგები

ე. ყვავაძე¹, კ. ბილაშვილი²

- ¹) საქართველოს ეროვნული მუზეუმის პალეობიოლოგიის ინსტიტუტი,
 - ²) ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
- ქ. თბილისი, საქართველო

შავი ზღვის სანაპირო ნაწილისათვის ზღვის, ლაგუნის, ალუვიალური და ჭაობის ნალექების პალეოლოგიური შესწავლის მონაცემთა ბაზა პოლოცენური დანალექების 26 პროფილს მოიცავს. პალეოლოგიური დიაგრამების ანალიზი და სინთეზი საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ პოლოცენის დანალექების სტრატиграფიული დანაწევრება და გამოვაფიქროთ კლიმატის ფლუქტუაცია ბოლო 10 000 წლის მანძილზე. ყველაზე მეტი ინფორმაციის შემცველია ზღვის ის დანალექები, სადაც არ არის წყვეტილობა ნალექების დაგროვებაში. გამოვლენილია კლიმატის დათბობის სამი მთავარი სტადია, რომელთა მაქსიმუმი მოდის 6000-5500 წლის წინ, 3800-2400 და 1350-600 წლების წინ. საკმაოდ მნიშვნელოვანი დათბობა გამოვლენილია შუა საუკუნეებისთვისაც (ჩვ. წ. VII – XI ს.ს.). დათბობის ყველა პერიოდებში შავი ზღვის დონე მატულობდა და აჭარბებდა წინა დონეს. კლიმატური ოპტიმუმების დროს ჩნდებოდა ახალი კულტურები, რაზეც მეტყველებს საქართველოს არქეოლოგიური მონაცემები. ადრეული მიწათმოქმედების კულტურა ჩნდებოდა და ვრცელდებოდა როგორც მთიანი ზოლის შუა, ასევე ზედა ნაწილებში.

საკვანძო სიტყვები: პალეოლოგია, შავი ზღვა, ზღვის დანალექები, მონაცემთა ბაზა, პალეოეკოლოგია.

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები

პალეოგლაციოლოგიური რეკონსტრუქციების ახალი საწყისი პოზიციები ევრაზიის გაყინვარებისა და კლიმატის ბრძოლვადიანი პრობლემატიკისათვის

გ. შატრაფინი, ტ. ტუზოვა

წყლის პრობლემების და ჰიდროენერგეტიკის ინსტიტუტი
ქ. ბიშკეკი, ყირგიზეთი

ტიან-შანის და პამირის მაგალითზე ნაჩვენებია თანამედროვე მეოთხეული სტრატиграფიის და პალეოგლაციოლოგიის პრობლემები და წინააღმდეგობები მორენების და ფსევდომორენების მცდარი ტრადიციული გენეტიკური ტიპიზაციის გამო აღპური სისტემის მიხედვით. ნაჩვენებია მორენების აბსოლუტური ასაკის განსაზღვრის პრობლემები. ავტორების მიერ შემუშავებული მორენების დიაგნოსტიკის და ავტოქტონური ორგანიკის მიხედვით მათი პირდაპირი C-14 დათარიღების საფუძველზე შემოთავაზებულია ჩრდილოეთ ტიან-შანის პლეისტოცენური და პოლოცენური გამყინვარების სქემა. ნაჩვენებია, რომ ტიან-შანის და პამირის მთებში იყო მხოლოდ ერთი პლეისტოცენური გამყინვარება.

საკვანძო სიტყვები: პალეოგლაციოლოგია, ევრაზია, კლიმატის ცვლილება, პროგნოზი, ჰიდროლოგია და მეტეოროლოგია.

გარემოს დაცვა

მთის ფერდობებზე მიმდინარე ეროზიული პროცესების საწინააღმდეგო თანამეფროვე ღონისძიებები

გ. ჩახაია, ზ. ვარაზაშვილი, რ. დიაკონიძე, ლ. წულუკიძე, ი. ხუბულავა

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში წარმოდგენილია ავტორთა მიერ დამუშავებული ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო თანამეფროვე ღონისძიება – ლეები “ნესფილე”. აქ განხილულია ამ ღონისძიებების უპირატესობები და ნაკლოვანი მხარეები მსოფლიოში არსებულ ანალოგებთან შედარებით. აღნიშნულია, რომ მისი დამზადების ტექნოლოგია მარტივია, რაც

განპირობებულია მასალის სიმსუბუქითა და სირბილით, მისი დაგება შესაძლებელია ნებისმიერ ეროზირებულ ფერდობზე. დანახარჯები „ნესფილე“-ს დასამზადებლად და დასაგებად ბევრად ნაკლებია, ვიდრე სხვა ანალოგებისას. იგი სრულად პასუხობს თანამედროვე სტანდარტების მოთხოვნებს და მიწის რესურსების დაცვის მიმართულებით შესაძლებელია მასშტაბურად და ეფექტურად იქნეს გამოყენებული, რაც საშუალებას მოგვცემს დეგრადირებულ ნიადაგებზე განვახორციელოთ ეროზიის პროცესების საწინააღმდეგო ღონისძიებები, აღვადგინოთ ან შევინარჩუნოთ ეკოსისტემის ბიომრავალფეროვნება და შესაბამისად დავიცვათ ეკოლოგიური წონასწორობა.

საკვანძო სიტყვები: ეროზია, ფიტომელიორაცია, ლეიბი „ნესფილე“, ზედაპირული ჩამონადენი.

წყალთა მეურნეობა

ზედაპირული წყლების დაბინძურების ინგრედიენტული მონიტორინგის მეთოდოლოგიური ასპექტები

ზ. ციხელაშვილი, თ. გველესიანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

ნაშრომში განხილულია სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემების სანიტარულ-ჰიგიენურ მდგომარეობაზე გავლენის მომხდენი საერთო საკითხები და მეთოდოლოგიური ასპექტები. ამასთან კავშირში, მოყვანილია ზედაპირული წყლების ქიმიური დაბინძურების შეფასების ძირითადი მაჩვენებლები და ქიმიური დაბინძურების ხარისხის შეფასების დესკრიფციული მოდელები შემდეგი სიტუაციების მიხედვით:

„დამაკმაყოფილებელი ეკოლოგიური სიტუაცია“ – $d \in [0,63 \div 1]$; „საგანგებო ეკოლოგიური სიტუაცია“ – $d \in [0,37 \div 0,63]$; „ეკოლოგიური უბედურება“ – $d \in 0,2 \div 0,37$ მოყვანილია ტექნოგენური და ეკოლოგიური რისკის ანალიზის მიდგომა.

საკვანძო სიტყვები: ზედაპირული წყლები, ინგრედიენტული მონიტორინგი, მეთოდოლოგიური ასპექტები, ქიმიური დაბინძურების შეფასების დესკრიფციული მოდელები, ტექნოგენური და ეკოლოგიური რისკის ანალიზი.

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები

საქართველოს ტერიტორიაზე გეოლოგიური გარემოს ანთროპოგენური ტრანსფორმაცია და ეგზოგეოლოგიური პროცესების ბართულეების მასშტაბი

**ემ. წერეთელი,¹ გ. გობეჩია,²
ც. ღონაძე,³ გ. გაფრინდაშვილი¹**

- 1) გარემოს დაცვის ეროვნული სააგენტო,
- 2) საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი რესურსების კვლევის ცენტრი,
- 3) თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში განხილულია საქართველოში ანთროპოგენური პრესინგის უარყოფითი გავლენა გეოეკოლოგიურ გართულებებზე, რომლის ზემოქმედების არეალში მოქცეულია ტერიტორიის 70%. უარყოფითი ანთროპოგენური ზემოქმედების თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია დადგინდეს მოცემული ტერიტორიის არეალში გეოლოგიური გარემოში რა სახის და მასშტაბის გეოეკოლოგიურ გართულებებს ექნება ადგილი.

საკვანძო სიტყვები: ანთროპოგენური ზემოქმედების უარყოფითი როლი, გეოეკოლოგიური გართულებები, მისი შემარბილებელი მიმართულებები.

გარემოს დაცვა

შერღობის მდგრადობა წვიმისმიერ პირობის პირობებში

ზ. ჭარბაძე

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი
ქ. თბილისი, საქართველო

სტატიაში განხილულია ფერდობის მდგრადობის საკითხი წვიმისმიერი ეროზიის პირობებში. დადგენილია ეროზიის ინტენსიური განვითარების პოტენციური საშიშროების შესაფასებლად განმსაზღვრელი მისი C კოეფიციენტის ცვლილების საზღვრები, რომლებიც ითვალისწინებს როგორც ნიადაგის სახეობას, ასევე მცენარეული საფარის თვისობრიობისა და სახეობის წვლილს ზედაპირული ჩამონადენის ფორმირებაში.

დადგენილია ნიადაგის ზედაპირული ქანობის ზღვრული მნიშვნელობების განმსაზღვრელი ფორმულა, რისი სიჭარბის შემთხვევაშიც აუცილებელია ადეკვატური ღონისძიებების განხორციელება.

საკვანძო სიტყვები: ეროზია, ქანობი, წვიმის ინტენსივობა.

АННОТАЦИИ

Охрана окружающей среды

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД МАЛЫХ РЕК, ВПАДАЮЩИХ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ С ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА

Авазова М.А.,¹ Исмаилов Р.А.²

¹) Министерство экологии и природных ресурсов
Азербайджанской Республики Департамент по
мониторингу окружающей среды,

²) Институт географии имени Г. А. Алиева,
г. Баку, Азербайджан

В статье изучены многолетние изменения качества вод малых рек, впадающих в Каспийское море с территории Азербайджана. Проанализировано, что химический режим многих малых рек полностью нарушен в результате загрязнения. Основными загрязнителями вод рек являются органические вещества, медь, аммоний азот и т.д. Установлено, что в результате влияния антропогенных факторов, химический режим многих малых рек в устьевых частях был полностью нарушен и экологическое состояние рек ухудшается под влиянием водозаборов и загрязнений.

Ключевые слова: качество вод, жесткость, минерализация, химический режим.

Охрана окружающей среды

СЕЛЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ БОЛЬШОГО КAVKAZA НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Алекперова С.О.

Институт географии имени Г. А. Алиева,
Национальная Академия Наук Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан

Статья посвящена изучению воздействия экономическо-географического состояния на развитие хозяйства Азербайджанской Республики и методам борьбы с селевыми явлениями на южном склоне Большого Кавказа. Учитывая что, южный склон Большого Кавказа является самым селевым регионом во всей горной системе Кавказа, основываясь на мировую практику,

широко исследуются методы борьбы с селевыми явлениями. Полностью решить проблему селевых явлений так и не удалось, не смотря на то, что проводится множество методов борьбы и эта проблема постоянно находится под контролем государства. Также в статье даются рекомендации, основанные на научно-исследовательских работах специалистов и мировых ученых всесторонне изучивших эту проблему.

Ключевые слова: селевые явления, интенсивные дожди, изменение климата, ущерб.

Гидротехника и мелиорация

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОЛОВНОГО ГИДРОУЗЛА АРМАВИРСКОГО КАНАЛА „КАРА-КАЛА” НА р. АРАКС

Балджян П.О., Токмаджян Л. В.

Ереванский Государственный Университет
архитектуры и строительства,
г. Ереван, Армения

Многие головные гидроузлы не в состоянии эффективно работать в период паводков, когда расход наносов велик. В аналогичных условиях находится также Кара-калинское водозаборное сооружение. Из-за большой мутности р. Аракс значительная часть наносов поступает в Армавирский канал, а далее – на орошаемые почвы.

В работе приведены результаты натурных исследований Кара-калинского гидроузла. Анализируя гидрологические параметры р. Аракс, обработав результаты натурных измерений, получена количественная оценка объема поступающих по реке наносов, отложившихся в водохранилище и проходящих через водоприемник в канал. На основе полученных результатов сделано заключение о необходимости проведения подробных теоретических и полевых исследований с целью предложения эксплуатационных и конструктивных эффективных методов борьбы этого отрицательного явления.

Ключевые слова: река, водозабор, канал, наносы, эксплуатация.

Гидрология и метеорология

**ВЛИЯНИЕ БАЛАНСА СОЛНЕЧНОЙ
РАДИАЦИИ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ
ТОПОКЛИМАТА**

Брис К.

Институт формирования и охраны естественной
среды, Естественный Университет во Вроцлаве,
г. Вроцлав, Польша

В работе рассмотрен вопрос влияния солнечной радиации на топоклимат и его изменчивость, со специальным отличием земледельческой среды. Проанализирован радиационный баланс двух контрастных поверхностей: злаковой и почвы без растительного покрова. Исследовано климатическое значение изменений отдельных составляющих частей этого баланса, а также его влияние на структуру теплового баланса исследуемых поверхностей. В данном контексте показана буферная и термоизоляционная роль растительного покрова. Этот покров – важный фактор формирования климата не только в масштабе локальном (топоклимат) или региональном (мезоклимат), большие пространства континентальной растительности (земледельческое, степное и лесное) представляют вместе также важный буфер, который смягчает глобальные климатические изменения.

Ключевые слова: остаточная солнечная радиация, коротковолновый баланс, длинноволновый баланс, тепловой баланс, изменчивость топоклимата, растительный покров.

Охрана окружающей среды

**ИССЛЕДОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
РЕКИ АРАГВИ ОТ ЖИНВАЛЬСКОЙ
ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ ДО ВПАДЕНИЯ
В РЕКУ КУРА**

**Гавардашвили Г.В., Диаконидзе Р.В.,
Чახая Г.Г., Цулукидзе Л.Н.,
Пирцхалаишвили И.Т.**

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В работе рассматривается неординарное состояние, создавшееся на участке с. Натахтари в русле р. Арагви, вызванное добычей инертных материалов из русла, что из-за дефицита

твердых наносов вызывает изменения русловых процессов негативного характера. Указанное обстоятельство создает угрозу выхода из строя существующего здесь трубопровода, опорных устройств и дюкера, а в будущем, это может вызвать выход из строя водонасосной станции действующей в Натахтари, откуда осуществляется подача питьевой воды в Тбилиси и близлежащие населенные пункты.

Ключевые слова: твердые наносы, расход воды, деформация русла, плотина.

Охрана окружающей среды

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ
НАВОДНЕНИЯ В СЛУЧАЕ РАЗРУШЕНИЯ
ИНГУРСКОЙ ПЛОТИНЫ**

Гавардашвили Г. В.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

С целью прогнозирования разрушения Ингурской арочной железобетонной плотины, для создания компьютерной программы был переработан алгоритм программы "Волна-2", который дает возможность в случае разрушения плотины рассчитать скорость волны прорыва, расстояние ее распространения и, самое главное, геометрические размеры затопленной территории с учетом фактора времени.

При разрушении Ингурской плотины в Зугдиди-Гальском пространстве и при его прохождении, в акватории Черного моря объем воды достигнет 27 802 м³, что касается распространения воды, она протекает как в восточном, так и в западном направлении.

Ключевые слова: плотина, имитация наводнения, прогнозирование, авария.

Охрана окружающей среды

**ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА
ПОЧВЕННО-ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ**

**Дохнадзе Г.П., Читишвили Г.Ш.,
Кекелишвили Л.Г.**

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В работе рассмотрены почвенно-эрозионные процессы и определяющие их факторы.

Приведены результаты экспериментов, проведенных на склонах, освоенных разными сельскохозяйственными культурами. Внимание уделяется коэффициенту шероховатости, который на склонах с растительным покровом увеличивается по сравнению с голыми почвами. Для разных культур установлены расчётные значения коэффициента шероховатости.

Ключевые слова: почвенная эрозия, эксперимент, эрозионная площадка, поверхностный сток, коэффициент шероховатости.

Водное хозяйство

НЕКОТОРЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА МОРСКОГО ПОРТА В КАНЬОНЕ Р.ЧОРОХИ

Вартанов М.В., Джавахишвили Л. Г.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Строительство порта в каньоне р.Чорохи решит проблему приема океанских судов, станет важным геополитическим фактором дальнейшего развития страны.

Предлагается методика оценки экономической эффективности инвестиций в строительство нового морского порта, а также в создание его инфраструктуры. Методика позволит с общенациональных позиций достаточно надежно оценить эффективность соответствующих затрат, оценить реальные сроки их окупаемости.

Ключевые слова: экономика, природопользование, портовое хозяйство, методика оценки, эффективность.

Гидрология и метеорология

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЛЕЙ В ГОРНЫХ ДОЛИНАХ КЫРГЫЗСТАНА (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО СКЛОНА ТЕРСКОЙ-АЛАТОО)

Загинаев В. В.

Институт водных проблем и гидроэнергетики
Национальной академии наук,
г. Бишкек, Кыргызстан

В статье приведены данные обследований селеопасных рек северного склона Терской-Алатоо. Рассмотрены типы селей и приведена

их классификация. Описана существующая методика оценки селевых очагов, освещены два основных метода прогноза: площадный и временной.

Сделан вывод: на северном склоне Терской-Алатоо наиболее опасные селевые очаги образовались в долинах Тон, Тоссор, Барскаун, Кичи-Кызылсу. В этих долинах возможно формирование мощных селевых потоков после ливневых дождей и прорывов горных озер.

Ключевые слова: сели, прогноз, Терской-Алатоо, Кыргызская Республика.

Гидротехника и мелиорация

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЗАКРЫТОЙ ОСУШИТЕЛЬНОЙ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Закаидзе И.Г., Робакидзе Ш.С.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассмотрена специфика особенностей Колхидской зоны, которая объясняется длительными и обильными атмосферными осадками, что обуславливает переувлажненность зоны распространения корневой системы растений, приводящие к заболочиванию, в результате чего подача кислорода растениям осуществляется только с помощью фильтрационного потока.

Здесь же даётся расчётная интенсивность осушения, которая определяется тремя условиями. Первое и второе условия могут быть использованы для периферийных территорий низменности с высокими гипсометрическими отметками, третье условие, которое касается снабжения корневой системы растений кислородом, используется для центральной зоны Колхиды.

Приводится также расчётная формула коэффициента фильтрации для переувлажнённых тяжёлых почв Колхиды.

Ключевые слова: дренаж, фильтрация, норма осушения, интенсивность осушения.

Водное хозяйство

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ
ОРОШЕНИЯ РЫБАЧЬЕ – ТАМЧИНСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОГО
ПРИИССЫКУЛЬЯ КЫРГЫЗСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ**

Иванова Н. И., Фролова Г. П.

Кыргызско-Российский Славянский университет
(КРСУ) им. Б.Н. Ельцина,
г. Бишкек, Кыргызстан

Рассмотрены вопросы оценки качества подземных вод Рыбачье-Тамчинского месторождения Иссык-Кульского бассейна подземных вод Кыргызстана для целей орошения. Обоснована необходимость использования подземных вод для орошения сельхозугодий Кыргызстана. Дана природно-климатическая характеристика Рыбачье-Тамчинского месторождения подземных вод. Приведены эксплуатационные запасы подземных вод месторождения по участкам, а также их физико-химические свойства. Рассмотрены основные показатели при оценке подземных вод с точки зрения пригодности их для целей орошения: температура, общее содержание растворенных солей, их состав и ирригационный коэффициент. На основании выполненных расчетов сделан вывод о возможности использования подземных вод рассматриваемого бассейна для целей орошения.

Ключевые слова: подземные воды, предгорная равнина, орошение, поверхностный сток, водоносный комплекс, инфильтрация.

Гидротехника и мелиорация

**ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ ВЕРХНЕ-
САМГОРСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Иорданишвили К.Т.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В статье приводятся результаты исследований, проведенных для оценки уязвимости Верхне-Самгорской оросительной системы (ВСОС).

С целью повышения износостойкости бетонной облицовки каналов рассмотрена возможность применения "микросилика", техно-

гия изготовления и ареал применения которого были выявлены во время командировки Иорданишвили К.Т. в Норвегию.

Ключевые слова: бетонные каналы, уязвимость, износостойкость, "микросилика".

Гидротехника и мелиорация

**КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ
ВНУТРИВОДОЕМНЫХ ПРОЦЕССОВ
ГОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ**

**Иорданишвили И.К., Вартанов А.М.,
Вартанов М.В.**

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Предлагается методика составления компьютерной программы для прогноза многофакторных внутриводоемных процессов, протекающих в горных водохранилищах. Разработана компьютерная программа в виде приложения Microsoft Windows. Результаты исследований представлены в виде факторной матрицы с нагрузкой действующих факторов. Предлагаемая компьютерная программа может быть использована при решении аналогичных многофакторных задач.

Ключевые слова: многофакторные процессы, горные водохранилища, трансформация элементов волны, компьютерная программа.

Гидротехника и мелиорация

Охрана окружающей среды

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ФАСОННЫХ МАССИВОВ НА
РАЗМЫВАЕМЫХ БЕРЕГАХ АДЖАРИИ**

**Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т.,
Хосрошвили Е.З., Джавахишвили Л.Г.**

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

На основании детального анализа действующих факторов приводятся расчетные зависимости для вычисления оптимальных параметров набросок различных типов на берега моря.

Расчеты по определению оптимальной массы (диаметра) элемента крепления (камни, доломы, тетраподы и др.) проведены для 2-х

позиций: с учетом перемещения и выворачивания массивов из крепления и с учетом обеспечения максимального волнопогашения при обеспечении безотказной работы крепления.

Ключевые слова: размываемые откосы, наброска из различных типов массивов.

Гидрология и метеорология

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ

Иманов Ф.А., Раджабов Р.Ф.

Бакинский государственный университет,
г. Баку, Азербайджан

В статье на примере стока взвешенных наносов притоков реки Куры выше Мингечаурского водохранилища рассмотрены новые статистические методы, применяемые в инженерной гидрологии. Показано, что для вероятностного описания многолетних колебаний анализируемых рядов может быть использовано логнормальное распределение, параметры которого целесообразно оценить по методу L-моментов. Сделан вывод о том, что оценку погрешностей коэффициента асимметрии лучше производить по формуле, применяемой в США, которая в отличие от известной формулы Крицкого-Менкеля эти погрешности существенно не завышает.

Ключевые слова: сток взвешенных наносов, кривая обеспеченностей, параметры распределения, погрешности параметров распределения, метод моментов, метод L-моментов.

Охрана окружающей среды

ЯВЛЕНИЕ КАМНЕПАДА В ТРАНСПОРТНОМ КОРИДОРЕ ЕВРАЗИИ И ВЫБОР ИНЖЕНЕРНЫХ МЕР ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

**Иремашвили И.Р., Пирцхалаишвили И.Т.,
Кикнадзе Х.Л., Лорткипанидзе Ф. Н.**

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассматриваются причины, вызывающие камнепад и его возможные последствия на склонах, прилегающих к авто и железно-

дорожным путям. Приведен список мер, сдерживающих камнепад, которые направлены на защиту дорог от камнепадов, а не на его предотвращение. С точки зрения локальной устойчивости склонов основной действенной мерой, возможно, является укрепление их поверхностей методом торкретирования, что приостановит или прекратит (или будет иметь двойной эффект) процесс деформации, локального скалывания, соскальзывания и развития эрозии.

Ключевые слова: камнепад, торкретирование, гелио устройство.

Охрана окружающей среды

ПЕРСПЕКТИВЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ ПОЧВОГРУНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУЗИНСКИХ ТОРФОВ

**Итриашвили Л.А., Шавлакадзе М.С.,
Кикнадзе Х.Л., Супаташвили Т.Л.**

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В статье рассматриваются негативные экологические последствия от загрязнения нефтью почвогрунтов, которые могут возникнуть в связи с обретением Грузией функции нефтетранспортного коридора.

Показаны пути биотехнологической реабилитации нефтезагрязненных участков, в частности, перспективность их рекультивации с использованием грузинских торфов.

Ключевые слова: почвогрунты, нефть, загрязнение, торф, биологическая рекультивация, реабилитация.

Исследования по изучению Земли

ФИЗИКО- ХИМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ СТРУКТУР ГРУНТОВ

**Итриашвили Л. А., Хосрошвили Е. З.,
Нибладзе Н. Ш., Шавлакадзе М. С.,
Маисаиа Л. Д.**

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

С точки зрения теоретических принципов современной физико-химической механики

рассмотрены грунты как коллоидно-дисперсные системы и влияние энергетики их поверхностей на фазовые состояния.

Выделены три основные структуры грунтов: коагуляционная, конденсационная, кристаллизационная и показано влияние воды на образование, изменение и возникновение этих структур, и развитие кинетики их устойчивости.

Ключевые слова: грунт, структуры, дисперсные системы, свойства, управление.

Гидрология и метеорология

СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛЕБАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА В ПАВОДОЧНЫЙ ПЕРИОД

**Кереселидзе Д. Н., Григолиа Г. Л.,
Трапаидзе В. З., Брегвадзе Г. И.**

Тбилисский Государственный Университет
им. И. Джавахишвили,
г. Тбилиси, Грузия

Предлагаемая работа посвящена исследованию статистических закономерностей речного стока в течение паводочного периода и многолетних колебаний его характеристик. Под паводочным периодом понимается период, когда на реке происходят краткосрочные увеличения расходов и уровней воды, вызванных дождями или снеготаянием во время оттепелей. Для их описания для рек Черноморского побережья Грузии предлагается стохастическая модель, которая может быть эффективно использована в гидрологических расчетах.

Ключевые слова: паводок, сток, стохастическая модель.

Охрана окружающей среды

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИКИ ПРОТИВОПАВОДКОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Кечхошвили Э. М.

Грузинский Государственный Аграрный
Университет,
г. Тбилиси, Грузия

Предлагается методика оценки целесообразности осуществления противопаводковых мероприятий и определения долевого участия заинтересованных ведомств в их финансировании.

Ключевые слова: противопаводковые ме-

роприятия, методика оценки эффективности, доленое участие.

Гидротехника и мелиорация

ГИДРАВЛИКА ПОЛИВОВ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ЧЕКАМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ (на основе компьютерной имитации процесса)

Киладзе Р. М.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Рассмотрена задача оптимизации поливов по горизонтальным чекам на основе удовлетворения комплекса требований экологического и экономического характера. Явление полива рассматривается как неустановившееся движение водного потока с отъемом расхода вдоль пути вследствие впитывания воды в почву.

Для описания этого явления использована соответствующая система дифференциальных уравнений движения и неразрывности. Эта система решается численным (конечно-разностным) методом, который положен в основу построения алгоритма компьютерной имитации полива.

Предложена новая модель оптимизации в форме специального алгоритма, совмещенного с алгоритмом компьютерной имитации полива.

Примеры компьютерной имитации и оптимизации таких поливов приведены в табличной форме. На основе обработки данных построены графики и выведены аппроксимационные формулы для непосредственного использования при планировании поливов.

Ключевые слова: гидравлика, орошение, компьютерная имитация процесса.

Гидротехника и мелиорация

ГИДРАВЛИКА ВОЛНОВОГО ДВИЖЕНИЯ В КАНАЛАХ

Киладзе Р. М.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В результате изменения расхода воды в начале или в конце каналов вследствие регулирования затворов или других причин возникают

положительные или отрицательные волны, которые распространяются по, или против течения и вызывают колебания уровня воды в канале. С использованием соответствующей теоретической базы изучены вопросы возникновения, распространения и трансформации этих волн во избежание случаев переполнения или оголения каналов.

Ключевые слова: неустановившиеся движения потока, трансформация волн, теоретические исследования.

Гидрология и метеорология

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ГРУЗИНСКОЙ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ С ПОМОЩЬЮ РЕГИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЧЕРНОГО МОРЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Кордзадзе А.А., Деметрашвили Д.И.

Институт Геофизики им. М.Нодия,
г. Тбилиси, Грузия

В статье описана региональная система прогнозирования, разработанная в рамках научно-технических проектов EU ARENA и ЕСООР, и некоторые результаты прогнозирования циркуляции температуры и солености 3D полей до июля 2010 года для восточной части Черного моря, включая акваторию Грузии. Ядром системы прогнозирования является вложенная сетка региональной гидростатической численной модели динамики Черного моря, которая основана на системе простых уравнений гидротермодинамики океана. Эта региональная модель создана путем адаптации модели масштаба бассейна (BSM) динамики Черного моря, разработанной в Институте геофизики им. М.Нодия (Тбилиси, Грузия) для восточной части бассейна и внедрена в BSM Морского гидрофизического института (МГИ, Севастополь, Украина). Восточная региональная площадь, которая ограничена береговыми линиями Кавказа и Турции и западной водной границей, совпадающей с 39.36°E, была накрыта решеткой 193×347 с горизонтальным разрешением 1

км. По вертикали была рассмотрена неоднородная решетка с 30 вычисленными уровнями. Мы получаем все входные данные с одночасовым шагом, который соответствует 4-дневному периоду времени прогнозирования от МНН через ftp сайт. В настоящее время система готова для оперативного функционирования.

Ключевые слова: циркуляция Черного моря, система прогнозирования, численная модель, температура, соленость.

Гидротехника и мелиорация

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-МОЛЕКУЛЯРНЫХ ЭФФЕКТОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ РАСЧЕТАХ ОСУШИТЕЛЬНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ НА КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Купрейшвили Ш. З., Сичинава П. О.,
Маисая Л. Д.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

В труде обосновано, что при увеличении степени дисперсионности на гетерогенных поверхностях глиняных минералов, возникают энергетические поля разной природы, которые обуславливают формирование отличающихся от свободной воды аномальными качествами адсорбционной связанной пленочной воды. Установлено, что особый эффект поверхностно-молекулярных сил в глинистых грунтах определяется при выявлении начального градиента фильтрации, который обусловлен молекулярно связанной водой в порах почвогрунтов и характеризуется отличающимися от воды реологическими качествами. Предложена зависимость, которая подтверждает правильность линейной функциональной связи между скоростью фильтрации и градиентом для реологической шкалы сопротивления Ньютоновых жидкостей.

Ключевые слова: реология, поверхностно-молекулярные силы, адсорбционная связанная вода, начальный градиент фильтрации, Ньютоновые жидкости.

Строительство

**ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
УЧАСТКА РУСЛА РЕКИ ЧУ ПРИ
УСТРОЙСТВЕ СТРУЕНАПРАВЛЯЮЩИХ
ШПОР ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРЬЕРА СЫПУЧИХ
МАТЕРИАЛОВ В РАЙОНЕ ПОСЕЛКА
БИРДИК АЛАМУДУНСКОГО РАЙОНА
КЫРГЫЗСТАНА**

**Лавров Н.П., Рудаков И.К., Логинов Г.И.,
Иванова Н.И., Маковский А.А.**

Кыргызско-Российский Славянский университет
(КРСУ) им. Б.Н. Ельцина
г. Бишкек, Кыргызстан

Обоснована постановка задачи моделирования участка зарегулированного русла реки Чу – устройство струенаправляющих шпор для создания рационального перераспределения двухфазного потока жидкости в проектируемом карьере нерудных материалов. В качестве исходных данных рассмотрены гидрологические и морфометрические характеристики рассматриваемого участка реки. Приводится описание методики и результатов экспериментальных исследований канализованного участка русла реки Чу при устройстве струенаправляющих шпор для создания карьера сыпучих материалов в районе поселка Бирдик Чуйской области Кыргызстана. Предлагается метод сравнительной оценки количественных характеристик деформации дна при русловых процессах. Даны рекомендации рационального варианта устройства регуляционных сооружений – две прямолинейных шпоры, выполненные из русловых отложений и облицованные крупнообломочным камнем под углом 40° к линии бокового уреза левого берега по течению реки.

Ключевые слова: карьер нерудных материалов, участок зарегулированного русла, моделирование, модельная русловая установка, струенаправляющая шпора.

Исследования по изучению Земли

**ЧТО МЕШАЕТ СДЕЛАТЬ ДОЛГОСРОЧНЫЙ
ПРОГНОЗ КЛИМАТА И ОЛЕДЕНЕНИЯ?**

Маматканов Д.М., Шатравин В.И., Тузова Т.В.

Институт водных проблем и гидроэнергетики
НАН Кыргызской республики,
г. Бишкек, Кыргызстан

Установлены основные причины сложнос-

тей и противоречий в палеогляциологии и четвертичной геологии, без устранения которых невозможно сделать долгосрочный прогноз климатических и ледниковых изменений. Показаны разработанные авторами новые исходные позиции в этой области исследований, позволяющие исключить эти противоречия и построить надежную основу для долгосрочного прогноза климата и оледенения Евразии.

Ключевые слова: Тянь-Шань, морены, оледенение, прогноз изменений климата.

Гидрология и метеорология

Исследования по изучению Земли

**ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ
КЛИМАТА НА СТОК ВОДЫ РЕК БОЛЬШОГО
КАВКАЗА (на территории Азербайджана)**

Мамедов Дж.

Институт Географии им. акад. Г.А. Алиева
НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан

Выявлено, что на северо-восточном склоне Большого Кавказа (на территории Азербайджана) отношение среднегогодовой нормы расхода воды до периода 1977 года к периоду с 1977 года по настоящее время из 21 пункта рек в 12 – стало наибольшим, в одном – без изменения, а в остальных пунктах – наименьшим. Указанное отношение на южном склоне из 17 пунктов рек в 4-х пунктах оказалось наибольшим, а в остальных пунктах наименьшим. Подобное изменение отношения среднегогодовой нормы расхода воды наблюдалось также с периода 1977 года по настоящее время к периоду до 1977 года.

Отношение среднегогодовой нормы расхода воды рек южного склона Большого Кавказа в двух вариантах стало наибольшим в сравнении с северо-восточным склоном, что связано с увеличением количества водохранилищ в Республике, созданных после 1976 года, а также повышением уровня Каспийского моря в настоящее время.

Ключевые слова: сток, изменение климата, реки Азербайджана.

Гидрология и метеорология

**ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИМАТА
ЮЖНОГО КАВКАЗА**

Мамедов А.С., Гадиев Ю.Д.

Бакинский Государственный Университет
г. Баку, Азербайджан

Модели общей циркуляции атмосферы (МОЦА) часто используются в задачах исследований климата. Но эти модели вызывают некоторые трудности при решении региональных задач. Поэтому для решения региональных задач модели атмосферной циркуляции разрабатываются на фоне глобальной модели. Так, в начале модель реализуется на регулярной сетке с шагом $5^\circ \times 10^\circ$ для Северного полушария, а затем решения переносятся на более густую сетку – $1^\circ \times 1^\circ$ для учета территории исследуемого региона. Таким образом, при реализации модели получена возможность оценить влияние Каспийского моря на прибрежные территории.

Ключевые слова: модели общей циркуляции атмосферы, параметризация неадиабатических процессов, орография, граничные условия.

Гидрология и метеорология

**ПОТРЕБНОСТЬ В ВОДЕ И РЕСУРСЫ
ДЛЯ ПОИЗВОДСТВА РАСТЕНИЙ**

Марковска И.

Вроцлавский Университет наук
по окружающей среде,
г. Вроцлав, Польша

В статье даны водные ресурсы в некоторых регионах Нижней Силезии в отношении потребности воды в растениях. Некоторые части Нижней Силезии страдают от недостатка в атмосферных осадках, в особенности в водосборах рек Слез, Видава, Бобр, Скор и Барич, которые охватывают одну треть площади Нижней Силезии. Климатический водный баланс для этих областей отрицательный и варьирует от -25 до 79 мм.

Осадки являются основным источником воды для растений на легких почвах (>50% почв в Польше); эти почвы слабо сохраняют воду, а грунтовая вода находится глубоко. Следовательно, адекватные уровни, которые

отвечают потребностям растений, дают высокие урожаи. К сожалению, отрицательные значения климатического водного баланса и его распределение во времени и пространстве представляют огромную проблему для производства растений.

Ключевые слова: влияние воды на урожайность, водные ресурсы.

Охрана окружающей среды

**МЕТОДЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ
ОТКОСА ГРУНТА И МЕХАНИЗМ
ПРОЦЕССА СКОЛЬЖЕНИЯ**

**Мебония Н.А., Лобжанидзе З.К.,
Кварацхелия Т.Р.**

Грузинский Государственный Аграрный
Университет,
г. Тбилиси, Грузия

Проведены анализные исследования для поверхностей откосов рыхлых грунтов разной кривизны.

Уточнены граничные условия интегрирования дифференциальных уравнений на основе существующих соотношений распределения давлений.

Составлено дифференциальное уравнение граничного равновесия откосов в соответствии со средним градиентом силы гидродинамического давления.

Ключевые слова: граничное равновесие откоса, сила гидродинамического давления, градиент, изотропический откос.

Охрана окружающей среды

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗВРЕДНЫЕ
ПОПЕРЕЧНОПЕРЕДВИЖНЫЕ КАНАТНЫЕ
ТРИЛЁВЧНЫЕ УСТАНОВКИ
ЛЕСОРУБОЧНЫХ РАБОТ**

**Мосулишвили Д.И.,¹ Баламцарашвили З.Г.,²
Нариманишвили М.Г.³**

¹Институт Водного Хозяйства,

²Грузинский Технический Университет
г. Тбилиси, Грузия

Установлено, что канатно-навесные трилёвочные установки не могут обеспечить трилёвку лесо-деревя до трассы при обходной рубке,

из-за чего указанное осуществляется с помощью других транспортных средств. Ограниченное употребление канатно-навесной трилёвочной установки связано с тем, что с помощью обычной канатной установки осуществляется освоение узких вертикальных линий склона с наклоном более 20°, что требует многократного перемещения трассы установки и вызывает сокращение производительности.

Обширное внедрение канатной трилёвочной установки при первичной транспортировке лесо-дерева решит этот важный вопрос, а также приблизит авто-бревно-волоочильные магистральные дороги к лесу.

В связи с этим, на кафедре заготовления и обработки древесных материалов ГТУ созданы схематические решения и конструкции передвижной воздушно-канатной трилёвочной установки.

Ключевые слова: подъёмный канат, вспомогательная тележка, трилёвочная установка, бревноволочение, грузовая тележка.

Охрана окружающей среды

ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТРИЛЁВОЧНОГО ГРУЗОВОГО АГРЕГАТА ВО ВРЕМЯ ТРЕЛЁВКИ ПРИ НЕПОЛНОЙ НАГРУЗКЕ

Мосулишвили Д.И.,¹ Баламцарашвили
З.Г.,² Нариманишвили М.Г.³

¹Институт Водного Хозяйства,

²Грузинский Технический Университет
г. Тбилиси, Грузия

В горных условиях во время трилёвки лесо-дерева есть случаи, когда при необходимости соблюдения мер предосторожности не рекомендуется трилёвка при полной нагрузке. Тем более, что во время трилёвки при неполной нагрузке бича, в отличии от полной нагрузки, с экологической точки зрения, условия в несколько раз улучшены и не представляют большой опасности ни для растительных подростков, ни для почвы.

В связи с вышеуказанным, необходимо изучить вопрос, который относится к динамической устойчивости трилёвочного самопог-

ружающего агрегата (ТСА) во время трелёвки при неполной нагрузке, как на горизонтальном участке пути, так и на подъёме или спуске.

Ключевые слова: суммарная нагрузка, сила тяги лебедки, коэффициент неравномерности при нагрузке.

Охрана окружающей среды

ПОТЕРИ НАПОРА ПО ДЛИНЕ ГИПЕРКОНЦЕНТРИРОВАННОГО СЕЛЯ ПРИ АБСТРАКТНО РАВНОМЕРНОМ РЕЖИМЕ ДВИЖЕНИЯ

Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И., Дадияни К.З.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Учитывая аномальные свойства гиперконцентрированного наносами селевого потока, предлагаются расчетные зависимости для оценки обобщенного числа Рейнольдса а также коэффициентов Дарси и Шези. Учет этих зависимостей позволяет рационально расположить сооружения в русле водотока и значительно увеличить сроки их функционирования. Потери напора на длине определяются при безнапорном равномерном режиме движения: сопоставляются значения коэффициента Шези для водного и селевого потоков, подчеркивающие качественную и количественную разницу между этими двумя средами.

Ключевые слова: нормативные документы, селеведение, методика расчета, противоселевые мероприятия.

Охрана окружающей среды

О НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ В ОБЛАСТИ СЕЛЕВЕДЕНИЯ

Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И.,
Чарбадзе З.Д., Дадияни К.З.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Представлена информация о разработанных ранее в области селеведения нормативных документах различного уровня, которые не удовлетворяют современным требованиям практики

и нуждаются в обновлении с учетом новейших разработок в данной области. Предлагается методика составления новых нормативных документов с учетом последних достижений в сфере исследований природы селей и проектирования противоселевых сооружений, отражающих аномальные свойства этого явления на стадиях формирования, движения и при выходе на конус выноса.

Ключевые слова: нормативные документы, селеведение, методика расчета, противоселевые мероприятия.

Гидротехника и мелиорация

УЛУЧШЕНИЕ РОСТА СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Одилавадзе Т.В.,¹ Бзиава К.Г.,² Хугенбум Г.,³
Инашвил И.З.,¹ Ундилашвили Н.А.¹

¹) Грузинский Государственный Аграрный Университет,

²) Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

³) Университет штата Вашингтона, США

В статье рассмотрена приоритетность капельного орошения, как современной технологии поверхностного полива и ее практические аспекты для коммерческого производства овощных культур. Представлен метод определения количества орошаемой воды и времени орошения с учетом особенностей характеристик почвы, стадий развития сельскохозяйственных культур, климатических условий и других факторов. Главное внимание уделено определению суммарного испарения (эвапотранспирации) и биологического коэффициента сельскохозяйственных культур. Обосновано, что система капельного орошения является своевременной и эффективной идеальной технологией подачи питательных веществ сельскохозяйственным культурам.

Ключевые слова: капельное орошение, режим орошения, эвапотранспирация, биологический коэффициент растения.

Гидротехника и мелиорация

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ВОДНОЙ И ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ

Самхарадзе В.И.,¹ Кокилашвили Г.З.,²
Джанелидзе В.В.²

¹) Институт Водного Хозяйства,

²) Грузинский Технический Университет
г.Тбилиси, Грузия

В статье рассматривается регулирование водного поверхностного потока на склонах (10-20°), где водный поток смывает 200-300 т/га гумусовой почвы в год.

Для задержания водной эрозии рекомендовано использование современных агротехнических приемов, технологий и правильное использование почвообрабатывающих механизмов.

Ключевые слова: уклон, размыв, сток, плуг, щелерез, канавокопатель.

Гидротехника и мелиорация

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА СКЛОНАХ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО КАТКОВОГО КАНАЛОРЕЗА

Самхарадзе В.И.,¹ Кокилашвили Г.З.,²
Джанелидзе В.В.²

¹) Институт Водного Хозяйства,

²) Грузинский Технический Университет
г.Тбилиси, Грузия

В статье рассматривается регулирование поверхностного стока, предлагаются новые приемы, технологии и схемы с использованием нового каткового каналореза, который нарезает противозерозионные каналы не копанием, а выдавливанием, чем обеспечивается устойчивость каналов и гашение энергии водного потока на склонах.

Ключевые слова: эрозия, сток, сечение, борозды, катковый каналорез.

Охрана окружающей среды

**РАЗВИТИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
СЕКТОРА РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
СВЯЗАННЫЕ С ПРОИЗВОДСТВОМ
ГИДРОЭНЕРГИИ**

Симонян А., Токмаджян О.

Ереванский государственный Университет
архитектуры и строительства,
г. Ереван, Армения

Гидроэнергетика рассматривается как источник, позволяющий получать электричество с минимальными эксплуатационными выбросами парниковых газов и без потребления ископаемых видов топлива. Однако, наряду с указанными преимуществами, производство гидроэнергии сопряжено с рядом неблагоприятных экологических воздействий, связанных с отчуждением территории, подтоплением земель, изменениями в течении рек, строительством подводных дорог и линий электропередач. В статье представлены нынешняя ситуация энергетического сектора Армении, предпосылки и перспективы развития гидроэнергетического потенциала, а также рассматриваются основные экологические воздействия, связанные с производством гидроэнергии и предложены соответствующие смягчающие мероприятия.

Ключевые слова: гидроэнергетика, производство гидроэнергии, экологическое воздействие, экологическая оценка, смягчающие мероприятия.

Охрана окружающей среды

**УСТАНОВЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА БАРИЯ В
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДАХ ЗАВОДОВ
И В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ
ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К НИМ ТЕРРИТОРИИ**

Супаташвили Т.Л.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Исследовано количество бария в производственных отходах, существующих в Грузии добывающих и обогащательных заводов и поверхностных водах, прилегающей к ним территории. Выявлено, что после контакта с баритовыми отходами в воде повышено количество бария по сравнению с фоном.

выми отходами в воде повышено количество бария по сравнению с фоном.

Ключевые слова: барит, производственные отходы, поверхностные воды.

**Надежность и риск гидротехнических
сооружений**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ
ОПАСНОСТЕЙ И ОЦЕНКА ВЫЗВАННОГО
ИМИ РИСКА АВАРИЙ**

Пурцеладзе Л. Д.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Рассмотрено прогнозирование природных опасностей и значение оценки риска.

Даются более распространенные формы прогнозирования.

Приведенные в работе прогнозы природных опасностей, оценка риска аварий и их практическая реализация будет надежно способствовать защите земельных ресурсов от вредных эрозионных явлений.

Ключевые слова: среда, безопасность, прогнозирование, риск.

Гидротехника

**РЕШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАДАЧ
КРУЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ТРУБЫ
ПРИЗМАТИЧЕСКОЙ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ
ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ РЯДОВ**

**Кипиани Г.О., Цхведадзе Р.М.,
Рехвиашвили Г.М.**

Грузинский Технический Университет
г. Тбилиси, Грузия

В работе использован метод И. Гудушаури пространственной задачи кручения стержня призматической формы для конкретного случая. Крутящие моменты передаются стержню с помощью прикрепленных жестких дисков. Задача решается аналитическим методом. Показана достоверность других методов. Из системы алгебраических уравнений неизвестные коэффициенты можно определить, если использовать метод колокации. Тожественные уравнения удовлетворяются предварительно в точках колокации. Количество колокационных точек

определяется из условий сходимости решения задачи, когда увеличение точек колокаций уже не влияет на значения решаемой задачи в пределах заданной точности. С помощью вышеизложенного пути для реализации численных значений составлен математический алгоритм для компьютера, с помощью которого можно вычислить шесть компонентов.

Ключевые слова: стержень, кручение, упругость, пространственная задача, уравнения, метод колокации.

Исследования по изучению Земли

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКИХ, ЛАГУННЫХ И ДРУГИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЧЕРНОМОРСКОГО СЕКТОРА ГРУЗИИ

Квавадзе Э.,¹ Билашвили К.²

¹) Институт палеобиологии национального музея Грузии

²) Тбилисский Государственный Университет им.И. Джавахишвили, г. Тбилиси, Грузия

База данных по палинологическому изучению морских, лагунных, аллювиальных и болотных осадков прибрежной части Черного моря включает 26 профиля голоценовых отложений. Анализ и синтез палинологических диаграмм позволяет нам произвести стратиграфическое расчленение отложений голоцена и выявить флуктуации климата за последние 10 000 лет. Наиболее информативными оказались те морские отложения, где нет перерывов в осадконакоплении. Выявлены три главных стадий потеплений климата, максимум которых приходится на 6000-5500 лет назад, 3800-2400 и 1350-600 лет назад. Довольно значительное потепление выявлено и для средневековья (7-11 вв. н.э.). Во все периоды потеплений уровень Черного моря поднимался и превышал предыдущий уровень. Во время климатических оптимумов возникали новые культуры, о чем свидетельствуют археологические данные по Грузии. Ранне-земледельческая культура возникала и распространялась как в средней полосе гор, так и в верховьях.

Ключевые слова: палинология, Черное

море, морские отложения, база данных, палео-экология.

Исследования по изучению Земли

НОВЫЕ ИСХОДНЫЕ ПОЗИЦИИ ПАЛЕОГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДОЛГОСРОЧНОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОЛЕДЕНЕНИЯ И КЛИМАТА ЕВРАЗИИ

Шатравин В.И., Тузова Т.В.

Институт водных проблем и гидроэнергетики (ИВПиГЭ) Национальной академии наук Кыргызской республики, г. Бишкек, Кыргызстан

На примере Тянь-Шаня и Памира показаны проблемы и противоречия современной чет-вертичной стратиграфии и палеогляциологии из-за ошибочной традиционной генетической типизации морен и псевдоморен по альпийской системе. Показаны проблемы определения абсолютного возраста морен. На основе разработанных авторами методов диагностики морен и прямого C-14-датирования их по автохтонной органике предложена схема плейстоценового и голоценового оледенения Северного Тянь-Шаня. Показано, что в горах Тянь-Шаня и Памира было только одно плейстоценовое оледенение.

Ключевые слова: палеогляциология, Евразия, изменение климата, прогноз, оледенение.

Охрана окружающей среды

СОВРЕМЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ЭРОЗИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ, ПРОТЕКАЮЩИМИ НА ГОРНЫХ СКЛОНАХ

**Чаяя Г.Г., Варазашвили З.Н.,
Цулукидзе Л.Н., Хубулава И.В.**

Институт Водного Хозяйства, г. Тбилиси, Грузия

В работе представлены, разработанные авторами, современные мероприятия по борьбе с эрозией почв – матрасы "Несфиле". Рассмотрены преимущества и недостатки этих мероприятий по сравнению с существующими в мире аналогами. Отмечено, что технология изготовления матраса "Несфиле" проста, что

обусловлено легкостью и мягкостью материала, поэтому его можно настилать на любой эрозионный склон. Расходы для изготовления "Несфиле" и для его настилки небольшие, по сравнению с другими аналогами. Матрас "Несфиле" полностью отвечает требованиям современных стандартов, и его можно масштабно и эффективно использовать для защиты земельных ресурсов, что даст возможность осуществить мероприятия по борьбе с эрозионными процессами на деградированной почве, или сохранить биоразнообразие и, соответственно, сохранить экологическое равновесие

Ключевые слова: эрозия, фитомелиорация, матрас "Несфиле", поверхностный сток.

Водное хозяйство

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНГРЕДИЕНТНОГО МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Цхелашвили З.И., Гвелесиани Т.Л.

Грузинский Технический Университет,
г. Тбилиси, Грузия

В работе рассматриваются общие вопросы и методологические аспекты, влияющие на санитарно-гигиеническое состояние систем хозяйственно-питьевого водоснабжения. В связи с этим приводятся основные показатели оценки степени химического ингредиентного загрязнения поверхностных вод и соответствующие дескриптивные модели оценки качества химического загрязнения по следующим ситуациям: "сравнительно удовлетворительная ситуация" – $d \in [0,63 \div 1]$; "чрезвычайная экологическая ситуация" – $d \in [0,37 \div 0,63]$; "экологическое бедствие" – $d \in 0,2 \div 0,37$ приводится анализ техногенного и экологического риска.

Ключевые слова: поверхностные воды, ингредиентный мониторинг, методологические аспекты, дескриптивные модели оценки качества химического загрязнения, анализ техногенного и экологического риска.

Исследования по изучению Земли

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И МАСШТАБ РАЗВИТИЯ ЭКЗОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ

Церетели Э.Д.,¹ Гобечия Г.Н.,² Донадзе
Ц.Г.,³ Гаприндашвили Г.М.¹

¹⁾ Национальное Агентство окружающей среды
Грузии,

²⁾ Центр по изучению производственных сил и
природных ресурсов Грузии

³⁾ Тбилисский Государственный Университет
им. И. Джавахишвили,
г. Тбилиси, Грузия

В статье приводится критический обзор отрицательного воздействия антропогенной нагрузки на геологическую среду, в ареале которой находится 70% территории Грузии. С целью ослабления отрицательного воздействия антропогенной нагрузки следует определить в ареале определённой территории такого вида и масштабы антропогенной нагрузки – выдержит ли геологическая среда.

Ключевые слова: отрицательная роль антропогенной нагрузки; геологическая среда, смягчающая направления геологического осложнения.

Охрана окружающей среды

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ КРУТИЗНА СКЛОНА С УЧЕТОМ ЭРОЗИИ ПОЧВ

Чарбадзе З.Д.

Институт Водного Хозяйства,
г. Тбилиси, Грузия

Предлагается метод расчета максимально допустимой крутизны склона при дождевой эрозии почв. Приводятся результаты этих величин для некоторых районов Грузии. Рекомендуется, что на склонах с крутизной выше рассчитанных значений, естественная скорость эрозии превышает пороговое значение, поэтому для борьбы с ней необходимо сохранение лесов и растительного покрова.

Ключевые слова: эрозия, склон, интенсивность дождя.

ABSTRACTS

Environmental protection

ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF SMALL STREAMS FLOWING INTO THE CASPIAN SEA, AZERBAIJAN

M. Avazova ¹, R. Ismailov ²

¹) Ministry of Ecology and Natural Resources
Department of Environmental Monitoring,

²) Institute of Geography, Azerbaijan National Academy
of Sciences,
Baku, Azerbaijan

Long-term changes of the water quality of small streams flowing into the Caspian Sea within the territory of Azerbaijan have been studied. Water quality of small streams is totally influenced by the impact of various pollutants. The main pollutants that enter the streams are organic substances, copper, ammonium, nitrogen, etc. It has been ascertained that the chemical regime at downstream parts is totally disturbed and water quality of these streams is worsened, which due is mainly to the impact of water withdrawals and pollutants. To stop pollution of small streams proper water management should be introduced.

Key words: water quality, hardness, mineralization, chemical regime.

Environmental protection

MUDFLOW EVENTS IN THE GREATER CAUCASUS IN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN AND OF COMBATING THEM WAYS

S. Alekperova

The Institute of Geography of Azerbaijan, National
Academy of Sciences,
Baku, Azerbaijan

The article covers continuous flood events in the southern slopes of the greater Caucasus, economical and geographical study of ways of and their influence on the economical development of the Republic of Azerbaijan. Taking into consideration that the southern slope of the Greater Caucasus suffers most flood events, the ways of combating them are broadly studied, based on the international

experience. Although a number of measures taken against mudflow events and the mentioned issue are always under the governmental control, the problem has not received absolute solution. Besides, the article includes recommendations based on the scientific and practical work of world scientists and experts.

Key words: mudflow phenomena, intensive rainfall, climate change, damage.

Hydraulic Engineering and Reclamation

RESULTS OF NATURAL INVESTIGATIONS OF THE ARMAVIR CHANNEL HEAD HYDRO-SCHEME "KARA-KALA" ON THE RIVER ARAKS

P. Baljyan, L. Tokmajyan

Yerevan State University of Architecture and
Construction,
Yerevan, Armenia

Many head channel hydro-schemes are not able to operate efficiently in the periods of floods, when the drift expenditure is great. The "Kara-Kala" water-dam construction is under similar conditions. Because of the considerable muddiness of the river Araks, a significant part of the drift flows into the Armavir channel and further into the irrigated soils.

Full-scale investigations of the "Kara-Kala" hydro-scheme have been carried out, by analyzing the hydrologic parameters of the river Araks and processing the results of the full-scale measurements quantitative indices of the drift amount flowing along the river, accumulating in the water-reservoir and passing through the water-receptor into the canal have been obtained.

On the basis of the results obtained it has been concluded that it is necessary to carry out thorough scientific and field investigations with the purpose of proposing efficient maintenance and construction methods and ways to combat this negative phenomenon.

Key words: river, water-dam, channel, drift, maintenance.

Hydrology and Meteorology

INFLUENCE OF RADIATION BALANCE ON TOPOCLIMATE VARIABILITY

K. Brys

Institute of the Formation and Protection of the
Environment, Nature University at Wrocław,
Wrocław, Poland

The question of solar radiation influence on topo-climate and its variability, with special account of agricultural environment, is discussed in the paper. Radiation balance of two contrasting surfaces: cereal and bare soil was the subject of an analysis. The climatic significance of changes of separate components of this balance is studied as well as its influence on the structure of the thermal balance of the investigated surfaces. In this context the buffer and thermo-isolating role of vegetable cover is shown. The cover emerges as an important factor of climate forming not only on the local (topo-climate) but regional (meso-climate) scale as well. The vast areas of continental vegetation (agricultural, steppe and forest) taken together, also constitute an important buffer which mitigates global climatic changes.

Key words: radiation balance, short-wave radiation balance, long-wave radiation balance, heat balance, topo-climate variability, vegetable cover.

Environmental protection

INVESTIGATION OF THE CHANNEL PROCESSES OF THE RIVER ARAGVI FROM THE ZHINVALI EARTH-DAM TO ITS FALLING INTO THE MTKVARI

**G. Gavardashvili, R. Diakonidze, G. Chakhaia,
L. Tsulukidze, I. Pirtskhalaishvili**

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The study was carried out on the basis of Contract №150 /10/199.08 of 25 August 2005, signed between “Tbilisi Tsqali” and the Institute of Water Management.

The paper discusses the extraordinary condition in the Aragvi river bed, at the section of village Natakhtari, caused by the extraction of inert material from the channel, leading to negative

changes of channel processes because of a deficit of solid sediments. This threatens the failure of the tubular bridge, supports and inverted siphon here. In the future it may cause failure of the water-pumping station operation at Natakhtari, from where drinking water is supplied to Tbilisi adjoining settle

Key words: solid sediments, water discharge, bed deformation, dam.

Environmental protection

COMPUTER IMITATION OF FLOODING IN THE CASE OF COLLAPSE OF THE INGURI DAM

G. Gavardashvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

In order to predict the collapse of the Inguri arch iron and concrete dam the algorithm of the Volna-2 programme was reworked so as to allow – in the case of collapse of the dam – to calculate the velocity of the breakthrough wave, the distance of its spread and, most important, the geometric size of the flooded area, with account of the time factor.

In the case of an accident at the Inguri dam the volume of water in the Zugdidi-Gali area, and during its passage water surface in the Black Sea will reach the width of 27802m. As to the spread of water, it will flow both in the eastern and western directions.

Key words: dam, imitation of a flood, prediction, accident.

Environmental protection

THE EFFECT OF THE VEGETABLE COVER ON SOIL-EROSIONAL PROCESSES

G. Dokhnadze, G. Chitishvili, L. Kekelishvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper discusses soil erosional processes and the factors causing them. The results of experiments conducted on slopes sown to various agricultural crops are presented. Attention is paid to the coefficient of roughness, which increases on slopes with vegetation, as compared to bare soles.

Calculation values of the roughness coefficient have been determined for various crops.

Key words: soil erosion, experiment, erosion plot, surface runoff, roughness coefficient.

Water industry

SOME ECONOMIC APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF BUILDING A SEA PORT IN THE CANYON OF THE CHOROKHI RIVER

M. Vartanov, L. Javakhishvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

Construction of a port in the Chorokhi canyon will resolve the problem of reception of ocean vessels and will become a major geopolitical factor in the further development of the country. A method is proposed for estimating the economic efficiency of constructing a new sea port, as well as in creating its infrastructure. The method will allow estimation from general national positions of the effectiveness of relevant costs, and assess the real terms of recoupment.

Key words: economics, nature use, port economy, method of assessment, effectiveness.

Hydrology and meteorology

FORECASTING MUDFLOW IN MOUNTAIN PLAINS OF KYRGYZSTAN (as exemplified by the northern slope of Terskei-Alatoo)

V. Zaginaev

Institute of Water Problems and Water Power of the
National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic
Bishkek, Kyrgyzstan

The paper presents the data on the explorations of the mudflow hazard rivers of the northern slope of Terskei-Alatoo. The types of mudflow are considered and their classification presented. The available of methods assessment of mudflow foci are described, and light is thrown on two basic methods of forecasting: areas and temporal.

It is concluded that the most hazardous mudflow foci on the northern slope of Terskei-Alatoo have formed in the valleys of Ton, Tossor, Barskaun, and Kichi-Kuzulsu. Powerful mudflows

may be formed in these valleys following pouring rains and breakthrough of mountain lakes.

Key words: mudflow, forecast, Terskei-Alatoo, Republic of Kyrgyzstan.

Hydraulic Engineering and Reclamation

SOME QUESTIONS OF THE CLOSED DRAINAGE AND REGULATION SYSTEMS OF THE KOLKHETI LOWLAND GEORGIAN INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT

I. Zakaidze, Sh. Robakidze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper discusses the specific peculiarities of the Kolkheti zone, which are accounted for by long-lasting and abundant atmospheric precipitation, leading to extra humidification of the zone of spread of the root system of plants and water logging; as a result oxygen is supplied to the plant only by means of the filtration flow.

The calculation intensity of drainage is given, which is determined by three conditions. The first and second conditions may be used for peripheral territories of the lowland with high hydrometric benchmarks, the third condition, that refers to the supply of the root system of plants with oxygen, is used for the central zone of Kolkheti.

A calculation formula of the coefficient of filtration for excessively humidified heavy soils of Kolkheti.

Key words: drainage, filtration, norm of drainage, intensity of drainage.

Water industry

EVALUATION OF THE QUALITY OF THE GROUNDWATER RYBACHYE - TAMCHINSKOE DEPOSIT OF WESTERN ISSYK-KUL AREA OF THE KYRGYZ REPUBLIC FOR IRRIGATION

N. Ivanova, G. Frolova

B. N. Yeltsin Kyrgyz-Slavic University (KPSU),
Bishkek, Kyrgyzstan

The problems of assessing the quality of the groundwater Rybachye-Tamchinskoye deposit of the Issyk-Kul basin groundwater in Kyrgyzstan for

irrigation purposes are discussed. The necessity of using groundwater for irrigation of farmland in Kyrgyzstan is substantiated. Climatic characterization of Rybachye-Tamchinskoe deposit of underground waters is given. The exploitation reserves of underground waters of the deposit according to plots as well as their physical and chemical properties are shown. The main parameters in the evaluation of groundwaters in terms of their suitability for irrigation purposes: temperature, total dissolved salts, their structure and irrigation rate are considered. On the basis of these calculations the feasibility of using the groundwaters of the basin under consideration for irrigation purposes is concluded.

Key words: Issyk-Kul basin, groundwaters, irrigation surface runoff, water-bearing complex, infiltration, foothill plain.

Hydraulic Engineering and Reclamation
ASSESSMENT OF THE VULNERABILITY
OF THE UPPER SAMGORI IRRIGATION
SYSTEM

K. Iordanishvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper presents the results of investigations carried out for the assessment of the vulnerability of the Upper Samgori Irrigation System (USIS)

With a view to enhancing the wear resistance of the concrete facing of canals, the feasibility of applying "microsilica", the technology of its preparation and area of application were studied during K. Iordanishvili's mission to Norway.

Key words: concrete canals, vulnerability, wear resistance, "microsilica".

Hydraulic Engineering and Reclamation
COMPUTER CALCULATION OF
INTRARESERVOIR PROCESSES OF
MOUNTAIN RESERVOIRS

I. Iordanishvili, A. Vartanov, M. Vartanov

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

A method is proposed for drawing up a computer programme for predicting multifactor

intrareservoir processes occurring in mountain reservoirs. A computer programme is worked out in the form of application of Microsoft Windows. The results of studies are presented in the form of a factor matrix with loading of the effective factors. The proposed computer programme can be used in solving analogous multifactor problems.

Key words: multifactor processes, mountain reservoirs, transformation of wave elements, computer programme.

Hydraulic Engineering and Reclamation
Environmental protection

STUDY OF THE FEASIBILITY OF THE
EFFECTIVE USE OF ON THE WASHED
OUT COUST OF ADJARIA

I. Iordanishvili, K. Iordanishvili,
E. Khosroshvili, L. Javakhishvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

On the basis of a detailed analysis of the factor at work dependences are given for calculating the optimal parameters of fillings of various types on seacoust.

Calculations for calculating the optimal mass (diameter) of the elements of mounting (stones), have been carried out for two positions: with account of displacement and slipping out of concrete masses from the fillings and with accpunt of ensuring maximum damping of waves, when failure-free work of the filling is ensured.

Key words: work out slopes, filling of various types of.

Hydrology and Meteorology
USE OF NEW STATISTICAL METHODS IN
HYDROLOGIC CALCULATIONS

F. Imanov, R. Radjabov

Baku State University,
Baku, Azerbaijan

Using the example of the runoff of the suspended drift of the Kura river, above the Mingechaur Reservoir, new statistical methods applied in engineering hydrology are considered in the paper. It is shown that log-normal distribution can be used

for a probabilistic distribution of long-term variations of the series under analysis, whose parameters it is advisable to define by the method of L-moments. It is concluded that it is better to estimate the errors of the asymmetry coefficient according to the formula applied in the USE, which, unlike the well-known Kritsky-Frenkel formula, does not increase the error substantially.

Key words: runoff of suspended drift, curve of provision.

Environmental protection

**THE PHENOMENON OF ROCKFALL IN
THE TRACECA CORRIDOR AND THE
CHOICE OF ENGINEERING MEASURES
TO COMBAT IT**

**I. Iremashvili, I. Pirtskhalaishvili, Kh.
Kiknadze, F. Lortkipanidze**

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper deals with the causes of rockfall and its possible consequences on slopes adjacent to motorways and railways. A list of measures is given that hinder rockfall; these measures are directed at protecting roads from rockfalls, and not preventing them. From the standpoint of local stability of slopes the main effective measure is perhaps strengthening their surface by the method of filling, which will check or end (or both) the process of deformation, local slipping off, sliding off and development of erosion.

Key words: rockfall, concrete spraying, heliodevices.

Environmental protection

**THE PROSPECTS OF
BIOTECHNOLOGICAL REHABILITATION
OF SOILS POLLUTED WITH OIL WITH
THE USE OF GEORGIAN PEATS**

**L. Itriashvili, M. Shavlakadze,
Kh. Kiknadze, T. Supatashvili**

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper discusses the negative ecological consequences of soil pollution, which may arise in connection with Georgia assuming the function of

an oil transporting corridor. Ways of biotechnological rehabilitation of oil-polluted sections are shown, in particular the prospects of their recultivation with the use of Georgian peats.

Key words: soils, oil, pollution, peat, biological recultivation, rehabilitation

Earth sciences

**PHYSICO-CHEMICAL MECHANISM OF
THE FORMATION AND REGULATION OF
SOIL STRUCTURES**

**L. Itriashvili, E. Khosroshvili, N. Nibladze,
M. Shavlakadze, L. Maisaia**

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

Soils as colloidal-dispersive systems and the impact of energetics of their surfaces on phasal states are considered from the standpoint of the theoretical principles of physico-chemical mechanics.

Three basic structures of soils have been identified: coagulation, condensational, crystallization, and the impact of water on the formation, change and origin of these structures and the development of the kinetics of their stability is shown.

Key words: soil, structures, dispersive systems, properties, management.

Hydrology and Meteorology

**STOCHASTIC MODEL OF THE
FLUCTUATION OF RIVER RUNOFF IN
THE PERIOD OF FLOODING**

**D. Kereselidze, G. Grigolia,
V. Trapaidze, G. Bregvadze**

Tbilisi State University,
Tbilisi, Georgia

The present work deals with a study of the statistical regularities of river runoff during the flooding period and long-term fluctuations of its characteristics. The flooding period is taken to mean a period when short-term increase of discharges and water levels take place in the river, caused by rainfall or melting of snow during thaws. To describe them, a stochastic model is

proposed for the rivers of the Black Sea coast of Georgia. The model can be used effectively in hydrological calculations.

Key words: flood, runoff, stochastic model.

Environmental protection

**SOME ECONOMIC QUESTIONS
CONNECTED WITH ANTI-FLOOD
MEASURES**

E. Kechkhoshvili

Georgian State Agrarian University,
Tbilisi, Georgia

A method is proposed for assessing the advisability of implementing anti-flood measures and determining the share of participation of departments interested in funding them.

Key words: anti-flood measures, method of assessing efficiency, shared participation

Hydraulic Engineering and Reclamation

**HYDRAULICS OF IRRIGATION FOR
HORIZONTAL BORDER AND THE
FEASIBILITY OF ITS OPTIMIZATION
(based on computer simulation process)**

R. Kiladze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

An optimization problem of surface irrigation by the horizontal bottom is considered on the basis of fulfillment of a complex of ecologic and economical requirements. The phenomenon of surface irrigation is regarded as unsteady motion of water with the stream withdrawn along the path, as a result of water infiltration into the soil. To describe this phenomenon a corresponding system of differential equations of motion and continuity was applied. This system is solved by the numerical (finite-difference) method, which served as the basis for the formation of irrigation computer simulation algorithm. A new optimization model of border irrigation is proposed as a special algorithm, compatible with the algorithm of irrigation imitation.

Examples of computer imitation and optimization of such irrigations are shown in tables. On the

basis of the obtained data graphs are built and approximation formulas derived for direct application in irrigation planning.

Key words: hydraulics, irrigation, computer simulation of a process.

Hydraulic Engineering and Reclamation

**HYDRAULICS OF WAVE MOTION
IN CANALS**

R. Kiladze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

As a result of changes in water flow at the beginning or end of canals due to control gates or other reasons, positive or negative waves arise which spread along or against the flow and cause fluctuations in water level in the canal. With the use of an appropriate theoretical framework questions of the origin, spread and transformation of these waves are studied in order to avoid cases of overflow or emptying canals.

Key words: unsteady motion of flow, transformation of waves, theoretical studies.

Hydrology and Meteorology

**FORECAST OF CIRCULATION
PROCESSES IN THE GEORGIAN BLACK
SEA COASTAL ZONE BY THE HIGH-
RESOLUTION REGIONAL MODEL OF THE
BLACK SEA DYNAMICS**

A. Kordzadze, D. Demetrashvili

M. Nodia Institute of Geophysics,
Tbilisi, Georgia

In this study the regional forecasting system developed within the International scientific-technical EU projects ARENA and ECOOP and some results of the forecast of circulation, temperature and salinity 3D fields corresponding to July 2010 for the easternmost part of the Black Sea, including Georgian water area, are described. A core of the regional forecasting system is the nested grid regional hydrostatic numerical model of the Black Sea dynamics, which is based on a primitive equation system of ocean hydro-thermodynamics. This regional model is created by

adaptation of the basin-scale model (BSM) of the Black Sea dynamics developed at M. Nodia Institute of Geophysics (Tbilisi, Georgia) to the easternmost part of the basin and is nested in the BSM of Marine Hydrophysical Institute (MHI, Sevastopol/Ukraine). The easternmost regional area, which is bounded by the Caucasus and Turkish shorelines and western liquid boundary coincident with 39.36°E, was covered with grid 193x347 having horizontal resolution 1 km. On a vertical the non-uniform grid with 30 calculated levels was considered. All Input data with one hour step corresponding to 4-days forecasting time period we receive regularly from MHI via ftp site. At present, the system is ready for operational functioning.

Key words: Black Sea circulation, forecasting system, numerical model, temperature, salinity.

Hydraulic Engineering and Reclamation
THE IMPACT OF SURFACE-MOLECULAR
EFFECT ON THE RHEOLOGICALLY
INDUCED FILTRATION IN
CALCULATIONS OF THE DRAINAGE-
REGULATION NETWORK ON KOLKHETI
LOWLAND

Sh. Kupreishvili, P. Sichinava, L. Maisaia

Water Management Institute,
 Tbilisi, Georgia

It is demonstrated in the paper that at an increase of the degree of dispersivity energy fields of differing nature arise on the surfaces of clay minerals, leading to the formation of an adsorption bound filmy water, differing from free water by anomalous qualities. It has been ascertained that a special effect of surface-molecular forces in clayey soils is identified at the manifestation of the initial gradient of filtration, being conditioned by molecularly bound water in the soil pores and characterized by rheological qualities differing from water. A dependence is proposed that confirms the correctness of linear functional link between the filtration rates and gradients for the rheological scale of resistance of Newtonian liquids.

Key words: rheology, surface-molecular forces, adsorption bound water, initial gradient of filtration, Newtonian liquids.

Construction

HYDRAULIC MODELING SECTION OF
THE RIVER BED CHU AT THE DEVICE
TURNING VANE SPURS TO BUILD A
CAREER GRANULAR MATERIALS NEAR
THE VILLAGE BIRDIK ALAMUDUN
REGION OF KYRGYZSTAN

N. Lavrov, I. Rudakov, G. Loginov,
N. Ivanova, A. Makovski

Kurguz-Russian Slavic University,
 Bishkek, Kurguzstan

The statement of the problem of modeling the regulated section of the river bed Chu – arrangement of turning vane spurs to create a rational redistribution of the two-phase fluid flow in a projected quarry of nonmetallic materials is argued. The hydrological and morphometric characteristics of the river section are considered to be the initial data. The description of the methodology and results of experimental studies of the channelled section of the Chu river at arranging jet-directing spurs to create a quarry of granular materials near the village of Birdik, Chu region, Kyrgyzstan is given. A method is proposed for comparative assessment of the quantitative characteristics of the deformation of the bottom at channel processes. Recommendations are made for a rational option of arranging regulatory structures - two rectilinear spurs made of fluvial deposits and faced with coarse stone at an angle of 40° to the line side edge of the left bank of the course of the river.

Key words: quarry of non-metallic materials, section of regulated bed, modelling, model channel device, jet-directing spur.

Earth sciences

WHAT STANDS IN THE WAY OF MAKING
A LONG-TERM FORECAST OF CLIMATE
AND GLACIATION?

D. Mamatkanov, V. Shatravin, T. Tuzova

Institute of water problems and hydropower
 Bishkek, Kurguzstan

The root causes of difficulties and contradictions in palaeoglaciology and quaternary geology are determined. Without removing those causes it

is impossible to carry out a long-term forecast of climate and glacial changes. New starting positions in this research area, developed by the authors, are shown. They allow avoiding the contradictions and creating a reliable basis for long-term forecast of climate and glaciation of Eurasia.

Key words: Tien-Shan, moraines, glaciation forecasting climate changes.

**Earth sciences
Hydrology and Meteorology**

**THE INFLUENCE OF GLOBAL CHANGES
OF CLIMATE ON THE RUNOFF OF THE
RIVERS OF THE GREATER CAUCASUS**

J. Mammedov

The Institute of Geography of Azerbaijan, National
Academy of Sciences,
Baku, Azerbaijan

The article is devoted to the analysis of the changes of the average multi-year discharge of the rivers of the Greater Caucasus prior to the period of 1977 and from 1977 to the present day.

It is evident that on the north-eastern slopes of the Greater Caucasus the relation of multi-year average norm of water discharges before 1977 to the period of 1977 from 21 points of rivers was the greatest: at one points without change, but at other points the least.

The described relation on the south slopes of 17 points of rivers: at 4 points it was the greatest, but at the remaining points the least.

The relation of the average multi-year norm of the Greater Caucasus in two variants proved the greatest in comparison with the north-eastern slopes, which is connected with the increase of the number of reservoirs in the republic after 1976 and also the present rise of the level of the Caspian Sea.

Key words: runoff, climate change, rivers of Azerbaijan.

Hydrology and Meteorology

THE SOUTH CAUCASUS CLIMATE RESEARCH

A. Mamedov, U. Gadiev

Baku State University,
Baku, Azerbaijan

General Atmospheric Circulation (GAC) models are more often used in climate forming.

But these models cause some difficulties in solving regional problems. For that reason in solving regional problems the two issues are considered together. So, first in the fulfilled work GAC models are being solved in the Northern Hemisphere ($5^\circ \times 10^\circ$ network) and then primary results achieved are used to determine the initial conditions in the regional model. Afterwards solving of the problem is continued by its passing into the closer $1^\circ \times 1^\circ$ network. Such an issue in the prepared model is applied to define the role of climate forming in surrounding areas of the Caspian Sea.

Key words: General Atmospheric circulation, parameterization of non adiabatic processes, orography, boundary conditions.

Hydrology and meteorology

**WATER DEMAND AND RESOURCES FOR
PLANT PRODUCTION**

J. Markowska

Wrocław University of Environmental and Life
Sciences, Institute of Environmental Engineering
Wrocław, Poland

The article presents water resources in some basins of Lower Silesia region with respect to water demand of plants. Some parts of Lower Silesia suffer from deficient precipitation, especially in the catchments of the Slesza, the Widawa, the Bobr, the Skora and the Barycz rivers, which account for one third of the entire Lower Silesia area. Climatic water balance for these areas is negative and ranges from -25 to -79 mm.

Precipitation is the main source of water for plants on light soils (> 50% of soils in Poland) exhibiting small water retention and deep ground water. Adequate precipitation levels meeting plant requirements consequently result in high crop yields. Unfortunately, the negative values of the climatic water balance and its time and space distribution present a huge problem for plant production.

Key words: water demand in crop production, water resources.

Environmental protection

**METHODS OF CALCULATION OF
STABILITY OF A GROUND SLOPE AND
THE MECHANISM OF THE PROCESS OF
SLIDING**

N. Mebonia, Z. Lobzhanidze, T. Kvaratskhelia

Georgian State Agrarian University,
Tbilisi, Georgia

Analyses have been carried out of the surfaces of loose soil slopes of varying curvature.

Boundary conditions of integration of the differential equations on the basis of existing relationships of distribution of different pressures are specified.

A differential equation of boundary equilibrium of slopes according to the average gradient of force of hydraulic pressure is made.

Key words: boundary equilibrium of slope, force of hydrodynamic pressure, gradient, isotropic slope.

Environmental protection

**ECOLOGICALLY HARMLESS
TRANSVERSELY-MOVING CABLEWAY
LOGGING INSTALLATION OF LOGGING
WORK**

**D. Mosulishvili,¹ Z. Balamtsarashvili,²
M. Narimanishvili²**

¹⁾ Water Management Institute,

²⁾ Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

It has been ascertained that cableway logging installations cannot ensure logging to the road at round about felling, because of which logging is carried out by other means of transport. The limited use of cableway logging installation is connected with the fact that with the aid of an ordinary cable installation narrow vertical lines of a slope, with an inclination of over 20° are used, which requires numerous transfers of the route of the installation, leading to reduced productivity.

Extensive implementation of the cableway logging installation at primary transporting of timber will solve this major question, and will bring motor logging backbone roads to the forest.

In this connection schematic solutions and designs of moveable cableway logging installations have been created at the chair of dressing and treatment of wood, Georgian Technical University.

Key words: hoist rope, auxiliary car, cable travelling crab, log drawing, loading car.

Environmental protection

**DYNAMIC STUDY OF THE STABILITY OF
A LOGGING LOAD INSTALLATION WHEN
LOGGING AT INCOMPLETE LOAD**

**D. Mosulishvili,¹ Z. Balamtsarashvili,²
M. Narimanishvili²**

¹⁾ Water Management Institute,

²⁾ Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

In logging timber in mountain conditions cases occur when in need of taking safety measures, logging at full load is not recommended. The more so that in logging at incomplete load, unlike at full load, conditions are somewhat improved from the ecological standpoint, not presenting a great hazard either for young trees or the soil.

In this connection the question of the dynamic stability of the logging self-loading unit (LSU) in logging at incomplete load both at a horizontal section of the route and at an ascent or descent.

Key words: summary load, traction of logging, coefficient of disbalance at loading.

Environmental protection

**LOSS OF HEAD ALONG THE LENGTH OF
HYDROCONCENTRATED MUDFLOW AT
ABSTRACTLY EVEN REGIME OF
MOVEMENT**

O. Natishvili, V. Tevzadze, K. Dadiani

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

Taking into account the anomalous properties of a mudflow, hyperconcentrated with deposits, calculation dependences are proposed for the estimation of a generalized Reynolds number, as well as the coefficients of Darcy and Chesie. Taking these dependences into account allows rational placement of structures in the bed of the

water course and substantial increase of the terms of their functioning. The losses of flow along the length are compensated at pressureless uniform regime of motion: the values of the Chesie coefficient for water and mudflow streams are compared, emphasizing the qualitative and quantitative difference between these two media.

Key words: stream hyperconcentrated with deposits, losses along the length, Reynolds number, Darcy coefficient, Chesie coefficient.

Environmental protection

ON NORMATIVE DOCUMENTS IN THE FIELD OF MUDFLOW STUDIES

**O. Natishvili, V. Tevzadze,
Z. Charbadze, K. Dadiani**

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

Information is presented on normative documents of diverse levels, developed earlier in the field of mudflow studies that fail to meet modern demands of practice and are in need of renewal with account of recent developments in the field. A method is proposed for drawing up new normative documents, with account of the latest achievements in the sphere of investigations of the nature of mudflows and designing anti-mudflow structures, reflecting the anomalous properties of this phenomenon at the stages of formation, movement and at arrival at debris cone.

Key words: normative documents, mudflow studies, method of calculation, antimudflow measures.

Hydraulic Engineering and Reclamation

IMPROVEMENT OF THE VEGETABLES GROWING AT USING THE DRIP IRRIGATION

**T. Odilavadze,¹ K. Bziava,^{1,2}
G. Hoogenboom,³ I. Inashvili,¹ N. Undilashvili¹**

¹⁾ Georgian State Agrarian University,

²⁾ Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

³⁾ Washington State University,
Washington, USA

The paper represents the priority of the drip irrigation, as the modern surface irrigation technology and its practical aspects for commercial pro-

duction of vegetables. According to the soil characteristics, crop development stages, climatic conditions and other factors, the method for determination of the amount of supplied water and time of irrigation has been introduced. The major attention has been given towards the estimation of the total evaporation (evapotranspiration) and right selection of the crop biological factor. It is proved, that the drip irrigation system is the ideal technology for introduction of the crop nutrients on time and effectively.

Key words: drip irrigation, irrigation mode, evapotranspiration, crop biological factor.

Hydraulic Engineering and Reclamation

MACHINES AND EQUIPMENT FOR THE PROTECTION OF SOILS FROM WATER EROSION

**V. Samkharadze,¹ L. Kokilashvili,²
V. Janelidze²**

¹⁾ Water Management Institute,

²⁾ Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The paper discusses the regulation of water antierosional surface runoff. New techniques, technology and schemes with the use of a new roller channel-digger; the latter digs antierosional channel not by digging but by extrusion, which ensures the stability of the channels dug and damping the energy of water flow on slopes.

Key words: inclination, wash-out; runoff; plough, slit-cutter, channel-digger.

Hydraulic Engineering and Reclamation

TECHNOLOGICAL DIAGRAMS FOR REGULATING SURFACE RUNOFF ON SLOPES WITH THE USE OF A NEW ROLLER CHANNEL-DIGGER

**V. Samkharadze,¹ L. Kokilashvili,²
V. Janelidze²**

¹⁾ Water Management Institute,

²⁾ Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The paper discusses the regulation of water antierosional surface flow on slopes (10-20°), with

the flow washing off 200-300 t/ha humus soil. To check water erosion it is recommended to use modern agrotechnical techniques, technology and correct use of soil treatment mechanisms.

Key words: erosion, runoff, section, farrows, roller channel-digger.

Environmental protection

**CHALLENGES OF HYDROENERGY SECTOR
DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF
ARMENIA AND THE ENVIRONMENTAL
IMPACTS ASSOCIATED WITH
HYDROPOWER PRODUCTION**

A. Simonyan, H. Tokmajyan

Yerevan State University of Architecture and
Construction,
Yerevan, Armenia

Hydropower is an energy source that makes it possible to produce electricity without using fossil fuels, and is subsequently not part of the emissions caused by electricity production in coal, oil, or gas fired power plants. However, along with the mentioned positive features, the hydropower generation is also associated with adverse environmental consequences related to encroachments upon nature due to damming or lowering of the water level, changed water flow and building of roads and power lines. This paper describes existing situation of energy section in the Republic of Armenia, preconditions and perspectives of hydroenergy development as well as identifies some of the key environmental impacts associated with renewable technologies, hydropower production in particular, and suggests appropriate reactions to them.

Key words: hydroenergy, hydropower production, environmental impact, environmental assessment, mitigation measures.

Environmental protection

**DETERMINATION OF THE QUANTITY OF
BARIUM IN INDUSTRIAL WASTES AND IN
SURFACE WATER OF ADJOINING AREA**

T. Supatashvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The quantity of barium in the industrial wastes of the mining and concentration plants of Georgia

and in surface waters of adjoining area is studied. Following contact with barium-containing wastes the quantity of barium was found to increase in water in comparison with the background.

Key words: barium, industrial wastes, surface waters.

Safety and risk of hydraulic structures

**PREDICTION OF NATURAL HAZARDS
AND ASSESSMENT OF THE RISK OF
ACCIDENTS CAUSED BY THEM**

L. Purtseladze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The prediction of natural hazards and the significance of assessment of risk are discussed. The proposed predictions of natural hazards, assessment of risk of accidents and their practical implementation will facilitate real protection of land resources from detrimental erosional phenomena.

Key words: environment, safety, prediction, risk.

Hydraulic Engineering

**SOLUTION OF SPATIAL PROBLEMS OF
TORSION OF A HYDRAULIC PIPE OF
PRISMATIC FORM WITH THE AID OF
TRIGONOMETRIC SERIES**

G. Kipiani, P. Tskhvedadze, G. Rekhviashvili

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

Gudushauri's method is used in the study: spatial problem of torsion of a prismatic rod form for a concrete case. The torsion moments are conveyed to the rod at the ends by means of attached rigid discs. The problem is solved by the analytic method. The validity is demonstrated by other methods. The unknown coefficients from a system of algebraic equations may be determined by using the method of collocation. Identical equations are satisfied in advance in problems at points of collocation. The number of collocation points is determined from conditions of convergence

of solutions of the problems, when the increase of the collocation points no longer affects the values of the problem solved within the limit of prescribed precision. In order to realize the numerical values a mathematical algorithm is drawn for the computer in the above-described way, allowing to calculate six components.

Key words: rod, torsion, elasticity, special problem, equations, method of collocation.

Earth sciences

RESULTS OF PALYNOLOGICAL STUDIES OF MARINE, LAGOON AND OTHER SEDIMENTS FROM THE BLACK SEA AREA IN GEORGIA

E. Kvavadze¹, K. Bilashvili²

¹⁾ Institute of Palaeobiology of National Museum of Georgia,

²⁾ Iv.Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

The database of palynological studies of marine, lagoon, alluvial and bog sediments of the Black Sea coastline on the territory of Georgia includes 26 profiles of Holocene sediments. Analysis and synthesis of pollen diagrams allowed us to make a stratigraphic subdivision of Holocene sediments and reveal climatic fluctuations for the last 10 000 years. The most informative pollen spectra were those of marine formations with no gaps in sediment accumulation. Three main stages of climate warming have been revealed, reaching a maximum in the periods 6000-5500 BP, 3800-2400 BP and 1350-600 BP. Rather significant warming is indicated for the Middle Ages (7th-11th cent. A.D.). In all these periods the Black Sea level on the Georgian coast was some metres higher than previously. During climatic optima new cultures appeared in the Georgian archaeological record. Early agriculture penetrated not only into the middle mountain belt, but also into higher areas.

Key words: palynology, Black Sea, marine sediments, database, palaeoecology.

Earth sciences

NEW INITIAL POSITIONS OF PALAEOGLACIOLOGICAL RECONSTRUCTIONS AT LONG-TERM PREDICTION OF GLACIATION AND CLIMATE OF EURASIA

V. Shatravin, T. Tuzova

Institute of water problems and hydropower
Bishkek, Kurguzstan

Using the Tianshan and Pamir as an example, it is demonstrated that the root cause of problems and contradictions in reconstruction of the Quaternary glaciation and stratigraphic segmentation of the Quaternary alpine deposits is fallacy in traditional genetic typification of true moraines and pseudo-moraines. The absence of reliable absolute ages of moraines aggravates the problem. One can make a conclusion that all of these factors together have brought the researchers to a deadlock. Based on the author's own quantitative genetic and correlation criteria of Quaternary alpine deposits and the methodology of direct C-14 dating of moraines (on autochthonous organics), a scheme of Pleistocene and Holocene glaciation segmentation was developed for the North Tianshan; further, it was demonstrated that there was only one Pleistocene glaciation in the Tianshan and Pamir mountains.

Key words: paleoglaciology, Eurasia, climate change, forecast, glaciation.

Environmental protection

MODERN MEASURES OF COMBATING EROSIONAL PROCESSES OCCURRING ON MOUNTAIN SLOPES

G. Chakhaia, Z. Varazashvili, R. Diakonidze, L. Tsulukidze, I. Khubulava

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

The paper presents modern devices for combating soil erosion: "nesfile" mattresses, developed by the authors. The advantages and shortcomings of these measures are considered, as compared to the analogues available in the world. It is noted that the technology of making the "nesfile" mattress is

simple due to the lightness and softness of the material; hence it can be spread on any erosional slope. The cost of preparation of “nesfile” and its spread is not large in comparison with other analogues. The mattress fully meets the demands of modern standards, and it can be effectively used on a large scale for the protection of land resources, allowing to implement measures for combating erosional processes on degraded soil or to preserve biodiversity and, accordingly maintain ecological equilibrium.

Key words: erosion, phytoamelioration, mattress “nesfile”, surface runoff.

Water industry

METHODOLOGICAL ASPECTS OF INGREDIENT MONITORING OF POLLUTION OF SURFACE WATERS

Z. Tsikhelashvili, T. Gvelesiani

Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia

The general questions and methodological aspects influencing the sanitary-hygienic condition of systems of economic and drinking water supply are considered. In this connection, the basic indicators of an assessment of the degree of chemical ingredient pollution of surface waters and corresponding descriptive models of an estimation of the quality of chemical pollution in the following situations: “relatively satisfactory situation” – $d \in [0,63 \div 1]$; “extreme ecological situation” – $d \in [0,37 \div 0,63]$; “ecological disaster” – $d \in 0,2 \div 0,37$ are presented. An analysis of technogenic and ecological risk is given.

Key words: surface waters, ingredient monitoring, methodological aspects, descriptive models of estimation of the quality of chemical pollution, analysis of technogenic and ecological risk.

Earth studies

ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT AND THE SCALE OF DEVELOPMENT OF EXO-GEOLOGICAL PROCESSES ON THE TERRITORY OF GEORGIA

**E. Tsereteli,¹ G.Gobechia,²
Ts. Donadze,³ G. Gaprindashvili¹**

¹) National Environmental Agency of Georgia,

²) Research Center for the Study of Production Forces
and Natural resources of Georgia

³) Tbilisi State University,
Tbilisi, Georgia

The paper gives a critical review of the negative impact of anthropogenic activity in the geological environment, covering 70% of the territory of Georgia. In order to mitigate the negative impact of anthropogenic activity one should determine the scale of such activity the geological environment of a definite area can withstand.

Key words: anthropogenic activity, mitigation, geological environment.

Environmental protection

MAXIMUM PERMISSIBLE STEEPNESS OF A SLOPE WITH REGARD FOR SOIL EROSION

Z. Charbadze

Water Management Institute,
Tbilisi, Georgia

A method of calculation of maximum permissible steepness of a slope is offered, taking into account splash erosion of soils. The results of calculations of these values are given for some regions of Georgia. It is recommended that on slopes with a steepness higher than the designed value, the natural velocity of erosion exceeds the threshold value, therefore it is necessary to preserve the forests and vegetative cover in order to control it.

Key words: erosion, steepness, rainfall intensity.

ქ რ ო ნ ი კ ა
ინფორმაცია წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის
მოღვაწეობის შესახებ
2010 წ.

ინსტიტუტში, რომელიც დაფუძნებულია 1929 წლიდან, ამჟამად მუშაობს 72 თანამშრომელი, აქედან 52% მეცნიერ-თანამშრომელია, მათ შორის: 1 – საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ვიცე-პრეზიდენტი, აკადემიკოს-მდივანი და ამავე აკადემიის სოფლის მეურნეობის განყოფილების გამგე, 1 – საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი, 4 – საინჟინრო აკადემიის, 4 – ეკოლოგიის აკადემიის აკადემიკოსი, 7 – მეცნიერებათა დოქტორი, 16 – აკადემიური დოქტორი, 4 – დოქტორანტი და 4 – მაგისტრი.

ინსტიტუტის სამეცნიერო კვლევითი საქმიანობა

- ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლების მიერ 2010 წლის პერიოდულ გამოცემებში გამოქვეყნებულ იქნა 70-მდე სტატია, 1 მონოგრაფია და 5 სახელმძღვანელო;
- ინსტიტუტში მუშავდება 17 საბიუჯეტო თემა, რომლებიც აქტუალურია ქვეყანაში მიმდინარე გახშირებული ბუნებრივი კატასტროფებისა და გარემოს დაცვის ღონისძიებების მეცნიერულად დამუშავების თვალსაზრისით.

ინსტიტუტის სამეცნიერო ურთიერთობები

- 2010 წლის 9 აპრილს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში შედგა ნატოს პროექტის NATO SfP982227 “Water Resources Management in Agroecosystems in the South Caucasus Transboundary Regions: Armenia, Azerbaijan, Georgia” სამუშაო შეხვედრა, რომელიც შეეხო ბოლო 6 თვის პროექტის შედეგების განხილვას. სხდომას ესწრებოდნენ: წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი, დირექტორის მოადგილე, ტექნ. აკად. დოქტორი ინგა ირემაშვილი, პროექტის ხელმძღვანელი, პროფ. გერიტ

ჰუგენბუმი (აშშ-ის ჯორჯიას უნივერსიტეტი), თანახელმძღვანელები: პროფ. კონსტანტინე ბზიავა და პროფ. თამაზ ოდილავაძე (საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი), პროფ. გურგენ ეგიაზარიანი (სომხეთის სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტი), პროფ. რაფიკ ვერდიევი, პროფ. ფარდა იმანოვი (ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი), ასევე პროექტის შემსრულებლები სამხრეთ კავკასიის სამივე რესპუბლიკიდან – 12 მეცნიერ-სპეციალისტი ასპირანტი;



ფოტო 1. მარცნიდან მარჯვნივ:
პროფ. თ. ოდილავაძე, პროფ. გ. გავარდაშვილი
(საქართველო), პროფ. გ. ჰუგენბუმი (აშშ),
პროფ. გ. ეგიაზარიანი (სომხეთი)

Фото 1. Слева направо: проф. Т. Одиладдзе,
проф. Г. Гавардашвили (Грузия), проф.
Г. Хугенбум (США), проф. Г. Эгиязарян
(Армения)

Photo 1. From left to right: prof. T. Odilavadze, prof.
G. Gavardashvili (Georgia), prof. G. Hoogenboom
(USA), prof. G. Egiazaryan (Armenia)

- 2010 წლის 14-15 აპრილს ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი იმყოფებოდა სასტუმრო „ქოროთიარდ მარიოტში“, სადაც შედგა სამუშაო შეხვედრა გაეროს ეგიდით თემაზე „ბუნების სტიქიური მოვლენების რეაგირების სათადარიგო

გეგმა“. იგი მიეძღვნა საქართველოში გაეროს მიერ 2011-2015 წლებში კატასტროფების რისკის შემცირების პრიორიტეტად გამოცხადების საკითხს, რაც ეხმარება კატასტროფების შემცირების საერთაშორისო სტრატეგიის „ISDR“ 2005-2015 წლის პიუგოს სამოქმედო ჩარჩო-ხელშეკრულებას. შეხვედრაში მონაწილეობდა როგორც საქართველოს, ასევე საზღვარგარეთის სამთავრობო და არასამთავრობო ორგანიზაციების 70-მდე წარმომადგენელი;

- 2010 წლის 5 მაისს ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდა ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიური დეპარტამენტის ხელმძღვანელი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. ფარდა იმანოვი. საუბარი შეეხო წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტსა და ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტს შორის გაფორმებული ხელშეკრულების თანახმად ურთიერთ-თანამშრომლობას ახალგაზრდა მეცნიერთა გაცვლასა და მეცნიერული გამოცდილების გაზიარებას.

ინსტიტუტის დირექტორმა, ტექნ. მეცნ. დოქტორმა, პროფ. გივი გავარდაშვილმა თხოვნით მიმართა პროფ. ფარდა იმანოვს, დააყენოს საკითხი ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტის საატესტაციო კომისიის წინაშე, რათა წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული შევიდეს აზერბაიჯანის საატესტაციო კომისიის მაღალი რეიტინგის სამეცნიერო ჟურნალთა სიაში;

- 2010 წლის 31 მაისს ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდნენ აზერბაიჯანის წყლის პრობლემების სამეცნიერო კვლევათი ინსტიტუტის უფრ. მეცნ.-თანამშრომელი მ.ნ. გარაევი და წამყვანი ინჟინერი ა.ტ. სულეიმანოვი. აზერბაიჯანის მეცნიერ-სპეციალისტებმა ინსტიტუტის დირექტორს, ტექნ. მეცნ. დოქტორს, პროფ. გივი გავარდაშვილს გადასცეს მათი ინსტიტუტის დირექტორის ტექნ. მეცნ. დოქტორის, პროფ. ელჩინ განბაროვის მოკითხვა და მომავალში ურთიერთთანამშრომლობის სურვილი. შეთანხმდნენ, რომ პროფ. გივი გავარდაშვილი აღნიშნულ ინსტიტუტთან

მომავალში თანამშრომლობის მიზნით მოამზადებს მემორანდუმს სამეცნიერო თანამშრომლობის შესახებ;



ფოტო 2. მარცხნიდან წამყვანი ინჟინერი ა.ტ. სულეიმანოვი, უფრ. მეცნ. თანამშრომელი მ.ნ. კარაევი (აზერბაიჯანი), პროფ. გ. გავარდაშვილი (საქართველო)

Фото 2. Слева направо: ведущий инженер А.Т. Сулейманов, ст.научный сотр. М.Н. Караев (Азербайджан), проф. Г. Гавардашвили (Грузия)

Photo 2. From left to right: principal engineer A.T. Suleimanov, senior researcher M.N. Karaev (Azerbaijan), prof. G. Gavardashvili (Georgia)

- 2010 წლის 10 სექტემბერს ინსტიტუტსა და გერმანიის ჰესენის უნივერსიტეტს შორის გაფორმებული მემორანდუმის ფარგლებში ჰესენის უნივერსიტეტიდან ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდნენ მაგისტრანტები: ინა პოლენტჰონი და ტატიანა კელერი. საუბარი შეეხო საერთაშორისო პროექტებისა და გრანტების ერთობლივ მომზადებას;
- 2010 წლის 14 სექტემბერს ინსტიტუტში იმყოფებოდნენ სტუმრები გერმანიიდან გარემოს დაცვის სააგენტოდან: პროფესორი ფრიდრიხ გერხარდ ბახი, ტექნ. აკად. დოქტ. ნანა ვერხვიაშვილი და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სრული პროფესორი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი გელა ყიფიანი. პროფ. გ. გავარდაშვილთან საუბრისას დაიგეგმა საერთაშორისო პროექტების ერთობლივი მომზადება წყლის მეორადი გამოყენების შესახებ. კერძოდ: კანალიზაციის წყლის ბიოლოგიური მეთოდებით გაწმენდაზე;



ფოტო 3. ინსტიტუტის ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში. მარცხნიდან – პროფ. გივი გავარდაშვილი (საქართველო) და პროფ. ფრიდრიხ გერხარდ ბახი (გერმანია)

Фото 3. В гидротехнической лаборатории института. Слева направо: проф. Гиви Гавардашвили (Грузия), проф. Фридрих Герхард Бах (Германия)

Photo 3. In the Hydrotechnical Laboratory of the Institute. From left to right: prof. G. Gavardashvili (Georgia) and prof. Friedrich Gerhard Bach (Germany)

- 2010 წლის 24, 27 და 28 სექტემბერს გერმანიაში განათლებისა და კვლევის ფედერალური სამინისტროს საერთაშორისო ბიუროსა და საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროგრამის ფარგლებში საქართველოს ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტში ჩატარდა ტრენინგი თემაზე „გრუნტისა და თერმული წყლების კვლევისა და ექსპლუატაციის სისტემების განვითარება საქართველოში“, რომელშიც მონაწილეობა მიიღეს ინსტიტუტის გარემოს დაცვის ლაბორატორიის თანამშრომლებმა: მარიკა შავლაყაძემ, თამარ სუპატაშვილმა, ფერიდე ლორთქიფანიძემ და გიორგი ომსარაშვილმა;
- 2010 წლის 28 სექტემბერს ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდნენ მსოფლიოში ცნობილი ფირმის „მაკაფერის“ (MAC-

CAFERRI) გენერალური დირექტორი ჯეი ბლენდი (აშშ), „მაკაფერის“ წარმომადგენელი დსთ-ს ქვეყნებში – ალექსანდრე ინშაკოვი (რუსეთი), „მაკაფერის“ წარმომადგენელი უკრაინაში – სერგეი იურჩუკი, „მაკაფერის“ მარკეტინგის დირექტორი ტატიანა მასკალენკო (უკრაინა).

საუბარი შეეხო ნიადაგების ეროზიის კონტროლის ეკოლოგიურად განხორციელების საკითხებს და შეთანხმდნენ ინსტიტუტისა და „მაკაფერის“ მომავალ თანამშრომლობაზე სამხრეთ კავკასიის რეგიონში.



ფოტო 4. მარცხნიდან ჯეი ბლენდი (აშშ), ალექსანდრე ინშაკოვი (რუსეთი), გივი გავარდაშვილი (საქართველო), სერგეი იურჩუკი და ტატიანა მასკალენკო (უკრაინა)

Фото 4. Слева направо: Джей Блэнд (США), Александр Иншаков (Россия), Гиви Гавардашвили (Грузия), Сергей Юрчук и Татьяна Москаленко (Украина)

Photo 4. From left to right: Jay Bland (USA), Alexander Inshakov (Russia), Givi Gavardashvili (Georgia), Sergei Iurchuk and Tatyana Moskalenko (Ukraine)

- 2010 წლის 10 დეკემბერს ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდა ვალენინგის (ნიდერლანდები) უნივერსიტეტის ჰიდრაულიკის ლაბორატორიის დოქტორი, ფირმა „მელიორაციის განვითარების პროგრამის (CDP)“ კონსულტანტი ადრიან ვან დენ დრისი. ინსტიტუტის დირექტორთან საუბარი შეეხო შავი ზღვისპირეთის, კერძოდ, ანაკლიის მიმდებარე ტერიტორიაზე

სადრენაჟო სისტემების დაპროექტებისათვის შესაბამისი მეთოდოლოგიის დამუშავებას.



ფოტო 5. მარცხნიდან დოქტორი ადრიან ვან დენ დრისი (ნიდერლანდები) და პროფესორი გივი გავარდაშვილი (საქართველო)

Фото 5. Слева направо: доктор Адриан ван ден Дрис (Нидерланды) и профессор Гиви Гвардашвили (Грузия)

Photo 5. From left to right: Dr. Adrian van den Dries (Netherlands) and professor Givi Gavardashvili (Georgia)

სახელმწიფო მასშტაბის პროექტები

- 2010 წლის 24 აპრილს ინტენსიური წვიმების შედეგად ავარიული მდგომარეობა შეიქმნა გურჯაანის რაიონის სოფ. ჭერმის წყალსაცავზე. წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში პროფ. გ. გავარდაშვილის ხელმძღვანელობით გაანგარიშებულ იქნა მიწის დამბის გარღვევის შემთხვევაში ფორმირებული წყალდიდობის მიერ ტერიტორიის დატბორვის პროგნოზი, ტალღის სიმაღლე და მოძრაობის სიჩქარე. მიღებული მონაცემების მიხედვით საქართველოს მთავრობამ გამოაცხადა გურჯაანის რაიონის სოფლების – მუკუზანისა და ველისციხის ევაკუაცია და 1500 ადამიანი გაარიდეს საფრთხეს;
- 2010 წლის 10 მაისს საქართველოს რეგიონალური განვითარებისა და ინფრასტრუქტურის მინისტრის პირველ მოად-

გილეს ბატონ ჯამბულ ბაკურაძესა და ინსტიტუტის დირექტორს, პროფ. გივი გავარდაშვილს შორის შედგა სამუშაო შეხვედრა, რომელსაც ესწრებოდა მინისტრის მრჩეველი ბატონი ა. მოვსესიანი. საუბარი შეეხო საქართველოში 2010 წლის სტიქიებით მიყენებულ ზარალს, ქ. ფოთის წყალგამყოფი კვანძის მდგომარეობას და მღეთის ხევის პრობლემებს.

ჯ. ბაკურაძემ მადლობა გადაუხადა ინსტიტუტის დირექტორს, პროფ. გივი გავარდაშვილს ჭერმის წყალსაცავის პრობლემის გადაწყვეტაში წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლების აქტიური მუშაობის გამო.

შეთანხმდნენ, რომ წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი სამინისტროს წარუდგენდა ფოთის წყალგამყოფი კვანძისა და მღეთის ხევის დარეგულირების საპროექტო წინადადებებს, რომლებიც უკვე გადაეცა სამინისტროს.

საერთაშორისო მასშტაბის პროექტები

- 2010 წლის 5 ივლისს საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში საქმიანი ვიზიტით იმყოფებოდნენ პოლონეთის ქ. ვროცლავის გარემოს დაცვისა და სიცოცხლის შემსწავლელ მეცნიერებათა უნივერსიტეტის რექტორი, დოქტორი, პროფესორი რომან კოლაჩი და ამავე უნივერსიტეტის გარემოს დაცვისა და საინჟინრო მეცნიერებათა ფაკულტეტის დეკანი, დოქტორი, პროფესორი ერჟი სობოტა. წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტსა და ვროცლავის უნივერსიტეტს შორის გაფორმებული სამეცნიერო ურთიერთთანამშრომლობის მემორანდუმის საფუძველზე, რომელიც ითვალისწინებს საერთაშორისო გრანტების მომზადებასა და შემდგომში მათი ევროკავშირში წარდგენას, მომზადდა საერთაშორისო პროექტი, რომლის თემაა: „კოლხეთის დაბლობის ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა“, რაც ადგილობრივი მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური ღონის ამაღლების საშუალებას მოგვცემს კოლხეთის დაბლობზე განთავსებული სოფლის მეურნეობის სავარგულების რეაბილიტაციის გზით. პროექტში ჩართულია

როგორც პოლონეთის მთავრობა, პოლონეთის საგარეო საქმეთა სამინისტრო, პოლონეთის საელჩო საქართველოში, რომელსაც დიდი მიზნები გააჩნია წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მიმართ, ასევე საქართველოს მხრივ ინფორმაცია უკვე მიწოდებულია საქართველოს მთავრობასა და პარლამენტში.

როგორც ვროცლავის უნივერსიტეტის რექტორმა რომან კოლახმა განაცხადა, ორივე მხარისთვის ზემოხსენებულ პროექტებში მეტად მნიშვნელოვანია წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის უნიკალური ჰიდროტექნიკური ლაბორატორიის გამოყენება. პოლონეთიდან საქართველოში გამოგზავნილი იქნებიან ახალგაზრდა მეცნიერები, დოქტორანტები და მაგისტრანტები, რომლებიც აღნიშნულ ლაბორატორიაში ჩაატარებენ მსხვილმასშტაბიან მოდელირებას როგორც წყალდიდობის, გარემოსდამცავი ღონისძიებების, ასევე დამხშობი ქსელის სარეაბილიტაციო სამუშაოების მხრივაც. სამუშაოები უკვე დაწყებულია, რომელშიც მოკლე დროში ჩაერთვებიან ვარშავის და კრაკოვის ახალგაზრდა მეცნიერებიც;

- 2010 წლის 22 ივლისს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში შედგა NATO-ს პროექტის NATO SfP982227 “Water Resources Management in Agroecosystems in the South

Caucasus Transboundary Regions: Armenia, Azerbaijan, Georgia” სამუშაო შეხვედრა, რომელიც შეეხო ბოლო 6 თვის პროექტის შედეგების განხილვას. სხდომას ესწრებოდნენ: წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი, დირექტორის მოადგილე, ტექნ. აკად. დოქტორი ინგა ირემაშვილი, პროექტის ხელმძღვანელი, პროფ. გერიტ ჰუგენბუმი (აშშ, ჯორჯიას უნივერსიტეტი), თანახელმძღვანელები: პროფ. კონსტანტინე ბზიავა და პროფ. თამაზ ოდილაძე (საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი), პროფ. გურგენ ეგიაზარიანი (სომხეთის სასწავლმო აგრარული უნივერსიტეტი), პროფ. რაფიკ ვერდიევი, პროფ. ფარდა იმანოვი (ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი), ასევე პროექტის შემსრულებლები სამხრეთ კავკასიის სამივე რესპუბლიკიდან (10 მეცნიერ-სპეციალისტი და ასპირანტი). NATO-ს პროექტის რეალიზაციის მიზნით წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში NATO-ს შეკვეთით საფრანგეთის კერძო კომპანიის მიერ გადაღებულ იქნა ფილმი, რომელიც ნაჩვენებია ქ. ლისაბონში NATO-ს მინისტერიალის სამიტზე 2010 წლის 10 ნოემბერს (<http://natochronicles.org/#/en/episode4>);



ფოტო 6. NATO-ს დელეგაცია წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში

Фото 6. Делегация НАТО в институте водного хозяйства

Photo 6. The delegation of NATO in the Institute of Water Management



ფოტო 7. NATO-ს გადამღები ჯგუფი ინსტიტუტის ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში ფილმის გადაღების პროცესში

Фото 7. Съёмочная группа NATO во время съёмки фильма в гидротехнической лаборатории института

Photo 7. The process of shooting the film in the Hydrotechnical Laboratory of the Institute of Water Management

- 2010 წლის 19 ნოემბრიდან 2 დეკემბრამდე ინსტიტუტში სტუმრად იმყოფებოდნენ პოლონეთის დელეგაცია: პოლონეთის ქ. ვროცლავის გარემოს დაცვისა და სიცოცხლის შემსწავლელ მეცნიერებათა უნივერსიტეტის გარემოს დაცვისა და საინჟინრო მეცნიერებათა ფაკულტეტის დეკანი, დოქტორი, პროფესორი ერუი სობოტა და ამავე უნივერსიტეტის პროფესორი, დოქტორი რომან ზმუდა. ინსტიტუტის დირექტორთან, ტექნ. მეცნ. დოქტ. პროფ. გივი გავარდაშვილთან საუბრისას განიხილეს ახალი საერთაშორისო გრანტ-პროექტის მომზადება თემაზე: „სოფელ პატარა ფოთის მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური პირობების გაუმჯობესება, კოლხეთის დაბლობზე სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის გათვალისწინებით“. სამუშაო ჯგუფი ადგილზე გაეცნო სოფელ პატარა ფოთის სოფლის მეურნეობის სავარგულებს;



ფოტო 8. პროექტის გაცნობა ხობის რაიონის სოფელ პატარა ფოთის რწმუნებულთან ჯემალ სილაგავასთან, ინსტიტუტის კოლხეთის ბაზის გამგესთან ოთარ გაგუასა და შპს „კოლხეთი-მ“-ის წარმომადგენელ ვახტანგ ლოლუასთან

Фото 8. Ознакомление с проектом совместно с поверенным села Патара Потти Хобского р-на Джамал Силагава, заведующим Колхетской базы института Отар Гагуа и представителем ООО "Колхети-М" Вахтанг Лолуа

Photo 8. Familiarization with the project, attending are: Jemal Silagava, representative of Patara Poti, Khobi district; Otar Gagua, head of the Kolkheti base of the institute and Vakhtang Lolya, representative of the Chairman of Kolkheti-M LTD



ფოტო 9. სოფელ პატარა ფოთის დაჭაობებული ფართობების დათვალიერება. მარჯვნიდან პროფ. ე. სობოტა (პოლონეთი) და პროფ. გ. გავარდაშვილი (საქართველო)

Фото 8. Осмотр заболоченных земель села Патара Потти. Справа проф. Е. Собота (Польша) и проф. Г. Гваподшвили (Грузия)

Photo 9. Inspection of the marsh-ridden areas of v. Patara Poti, Khobi district. On the right: prof. E. Sobota (Poland) and prof. G. Gavardashvili (Georgia)



ფოტო 10. პოლონეთის გრანტის განხილვა ხობის რაიონის ადგილობრივი მმართველობის გამგებელთან იგორ ტეხუჩავასთან. (მარცხნიდან ინსტიტუტის მეცნიერ თანამშრომლები: აკად. დოქტორები ლ. წულუკიძე, და რ. დიაკონიძე, პროფ. გ. გავარდაშვილი, ი. ტეხუჩავა და ბ. ნაჩკებია)

Фото 10. Обсуждение Польского гранта с управляющим Хобского района Игорем Ткебучава (Слева направо: научные сотрудники института, академические доктора Л. Цулукидзе и Р. Диаконидзе, проф. Г. Гавардашвили, И. Ткебучава и Б. Начкебия)

Photo 10. Discussion of the Polish Grant with the Governor of the Local Maagement of Khobi district Igor Tkebuchava (from left: scientifc collaborators of the Institute Acad. Doctors: L. Tsulukidze and R. Diakonidze, prof. G. Gavardashvili, I. Tkebuchava and B. Nachkebia)

საერთაშორისო სამეცნიერო ფორუმები

- 2010 წლის 15-24 მაისს ინსტიტუტის დირექტორი ტეჟნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი იმყოფებოდა კვიპროსში, ქ. ლიმასოლში, ევროგაერთიანების საგრანტო პროექტის “UP-GRADE BS-SCENE”-ის (კონტრაქტი №226592) შესრულებასთან დაკავშირებით ერთწლიანი მუშაობის სამეცნიერო ანგარიშის წარდგენის მიზნით;
- 2010 წლის 24-25 ნოემბერს თურქეთში, ქალაქ სტამბულში გაიმართა მე-4 სამუშაო შეხვედრა საგრანტო პროექტის “შავი ზღვის სამეცნიერო ქსელი”, რომელსაც დაესწრო წარმომადგენლები

სხვადასხვა ქვეყნის 30 ორგანიზაციიდან. შეხვედრის მიზანი იყო ევრო გრანტის 6 თვის ანგარიშის წარდგენა. საქართველოდან შეხვედრას ესწრებოდა 6 ორგანიზაციის წარმომადგენლები. მათ წარადგინეს პრეზენტაციები, რომლებიც დადებითად იქნა შეფასებული ევროკავშირის მრჩეველთა საბჭოს მიერ. ინსტიტუტიდან მოხსენება გააკეთა დოქტორანტმა თამარიკო სუპატაშვილმა.



ფოტო 11. ქ. ლიმასოლში (კვიპროსი) სამუშაო შეხვედრისას

Фото 11. Во время рабочей встречи в г. Лимасол (Кипр)

Photo 11. Limassol (Cyprus) at the work meeting



ფოტო 12. დოქტორანტი თ. სუპატაშვილი თურქეთში მოხსენებისას

Фото 12. Докторант Т. Супаташвили во время доклада в Турции

Photo 12. T. Supatashvili presenting her paper in Turkey

ინსტიტუტის სახელშეკრულებო საქმიანობა

- 2010 წლის 19-28 ივნისს ინსტიტუტის დირექტორი ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი იმყოფებოდა პოლონეთის ქ. ვროცლავში. ინსტიტუტის დირექტორმა ვროცლავის უნივერსიტეტში მოხსენება გააკეთა წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის 2010 წლის სამეცნიერო თემატიკაზე, საერთაშორისო ურთიერთობებსა და ინსტიტუტის პერსპექტივებზე. ინსტიტუტის დირექტორსა და ქ. ვროცლავის გარემოს დაცვისა და სიცოცხლის შემსწავლელ მეცნიერებათა უნივერსიტეტის რექტორს პროფ. რომან კოლაჩს შორის მოლაპარაკების შემდეგ მომზადდა მემორანდუმის პროექტი;



ფოტო 13. პროფ. გ. გავარდაშვილი ვროცლავის უნივერსიტეტში მოხსენებისას

Фото 13. Проф. Г. Гавардашвили во время доклада во Вроцлавском Университете

Photo 13. Prof. G. Gavardashvili while presenting his report at Wroclaw University

- 2010 წლის 5 ივლისს საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში საქმიანი ვიზიტით იმყოფებოდნენ პოლონეთის ქ. ვროცლავის გარემოს დაცვისა და სიცოცხლის შემსწავლელ მეცნიერებათა უნივერსიტეტის რექტორი, დოქტორი, პროფესორი რომან კოლაჩი და ამავე უნივერსიტეტის გარემოს დაცვისა და საინჟინრო მეცნიერებათა ფაკულტეტის დეკანი, დოქტორი, პროფესორი ერჟი სობოტა. წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტსა და ვროცლავის უნივერსიტეტს შორის

ხელი მოეწერა სამეცნიერო ურთიერთთანამშრომლობის მემორანდუმს, რომელიც ითვალისწინებს საერთაშორისო გრანტების მომზადებას და შემდგომში მათ ევროკავშირში წარდგენას;



ფოტო 14. ვროცლავის უნივერსიტეტის სააქტო დარბაზი მოხსენების მსვლელობისას

Фото 14. Актный зал Вроцлавского Университета во время доклада

Photo 14. The Conference Hall of Wroclaw University hearing the report



ფოტო 15. მემორანდუმის ხელმოწერისას (მარჯვნიდან პროფ. რ. კოლაჩი და პროფ. გ. გავარდაშვილი)

Фото 15. Подписание меморандума (Справа проф. Р. Колач и проф. Г. Гавардашвили)

Photo 15. Signing the Memorandum (Left: prof. R. Colac and prof. G. Gavardashvili)

- 2010 წლის 1 ოქტომბერს დილით ქ. ჯერმუკში და სომხეთის არქიტექტურისა და მშენებლობის უნივერსიტეტსა და წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტს შორის

გაფორმებული მემორანდუმის თანახმად შედგა სამუშაო შეხვედრა უნივერსიტეტის რექტორთან ტმდ პროფ. ოგანეს ტოკმაჯიანსა და ინსტიტუტის დირექტორს ტმდ პროფ გივი გავარდაშვილს შორის. შეხვედრას ესწრებოდნენ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სრული პროფესორები, ტექნ. მეცნ. დოქტორი გელა ყიფიანი და რევაზ ცხვედაძე, ხოლო დღის მეორე ნახევარში მიღება გაიმართა სომხეთის მეცნიერებისა და ტექნიკის კომიტეტის თავმჯდომარესთან ტექნ. მეცნ. დოქტორ, პროფ. სამველ არუთინიანთან;



ფოტო 16. უნივერსიტეტში სამუშაო შეხვედრაზე (ერევანი). მარჯვნიდან - პროფესორები: გ. გავარდაშვილი, ო. ტოკმაჯიანი, გ. ყიფიანი და რ. ცხვედაძე

Фото 16. Во время рабочей встречи в университете (Ереван). Справа налево: профессора Г.Гавардашвили, О. Токмаджян, Г. Кипиани и Р. Цхведадзе

Photo 16. Working meeting at the University. (Left) Professors G.Gavardashvili, O. Tokmajian, G. Kipiani and R. Tskhvedadze

- 2010 წლის 9 დეკემბერს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში ინსტიტუტის დირექტორმა ტექნ. მეცნ. დოქტ. პროფ. გივი გავარდაშვილმა და აზერბაიჯანის წყლის პრობლემების სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის დირექტორმა ელჩინ განბაროვმა ხელი მოაწერეს მემორანდუმს ინსტიტუტებს შორის სამეცნიერო-პრაქტიკული ურთიერთთანამშრომლობის შესახებ.



ფოტო 17. სომხეთის მეცნიერებისა და ტექნიკის კომიტეტში. მარჯვნიდან პროფესორები: ო. ტოკმაჯიანი, გ. ყიფიანი, ს. არუთინიანი, გ. გავარდაშვილი და რ. ცხვედაძე

Фото 17. В комитете науки и техники Армении. Справа налево: профессора О. Токмаджян, Г. Кипиани, С. Арутинян, Г.Гавардашвили и Р. Цхведадзе

Photo 17. At the Armenian Committee of Science and Technology. (Right) Professors O. Tokmajian, G. Kipiani, S. Arutinjan, G.Gavardashvili, and R. Tskhvedadze

სტაჟირება საზღვარგარეთ

- 2010 წლის 8-30 მაისს ინსტიტუტის საერთაშორისო ურთიერთობის სექტორის უფროსი მეცნ-თანამშრომელი, ტექნ. აკად. დოქტორი კონსტანტინე ბზიავა ნატოს „მეცნიერება მშვიდობისათვის“ პროგრამით დაფინანსებული პროექტის (კონტრაქტი №982227) „წყლის რესურსების მართვა აგროეკოსისტემებში“ ფარგლებში მივლინებულ იქნა აშშ-ში, ჯორჯიის უნივერსიტეტში, ტრენინგში „სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის მოდელირება“ მონაწილეობის მისაღებად 21 დღის ვადით.

კონფერენციებში და სიმპოზიუმებში მონაწილეობა

საერთაშორისო

- 2010 წლის 17-18 ივნისს ქ. ქუთაისის აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტში გაიმართა საერთაშორისო-პრაქტიკული კონფერენცია თემაზე „ინოვაციური ტექნოლოგიები და თანამედროვე

მასალები”, რომელშიც მონაწილეობა მიიღეს ინსტიტუტის გარემოს დაცვის ლაბორატორიის თანამშრომლებმა, დოქტორანტებმა: თამარ სუპატაშვილმა და მარიკა შავლაყაძემ;

- 2010 წლის 19-28 ივნისს ინსტიტუტის დირექტორი ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი იმყოფებოდა პოლონეთის ქ. ვროცლავში საერთაშორისო კონფერენციაზე „საინჟინრო ღონისძიებების თანამედროვე პრობლემები“ მონაწილეობის მისაღებად. ქ. კარპაჩში ინსტიტუტის დირექტორმა საერთაშორისო კონფერენციაზე მოხსენება გააკეთა თემაზე: „Termination of stability for the springboard-type trapezoidal dam against debris flow taking into account static and dynamic loads of debris flow“;



ფოტო 18. პროფ. გ. გავარდაშვილი მოხსენების მსვლელობისას (ქ. კარპაჩი, პოლონეთი)

Фото 18. Проф. Г. Гавардашвили во время доклада (г. Карпач, Польша)

Photo 18. Prof. G. Gavaradashvili presenting his paper (Karpacz, Poland)

- 2010 წლის 12-22 აგვისტოს ქ. ქობულეთში ჩატარდა ახალგაზრდა მეცნიერთა, დოქტორანტთა და ასპირანტთა საერთაშორისო კონფერენცია თემაზე: „გარემოს დაცვის მშენებლობისა და არქიტექტურის თანამედროვე პრობლემები“, რომელიც მიეძღვნა აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას ხსოვნას. კონფერენციის ორგანიზატორი იყო საქართველოდან –



ფოტო 19. პროფ. გ. გავარდაშვილი კონფერენციის მონაწილეებთან ერთად (ქ. კარპაჩი, პოლონეთი)

Фото 19. Проф. Г. Гавардашвили вместе с участниками конференции (г. Карпач, Польша)

Photo 19. Prof. G. Gavaradashvili with the participants of the Conference (Karpacz, Poland)

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი. კონფერენციის საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარე: წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი, ტექნ. მეცნ. დოქტ. პროფესორი გივი გავარდაშვილი, ხოლო თანათავმჯდომარე – სომხეთის მშენებლობისა და არქიტექტურის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რექტორი, ტექნ. მეცნ. დოქტ. პროფესორი ოგანეს ტოკმაჯიანი.

მოხსენებებში ძირითადად წარმოდგენილი იყო მსოფლიოში კლიმატის გლობალური დათბობის ფონზე ბუნებრივი კატასტროფების პროგნოზირებისა და მათთან ბრძოლის თანამედროვე მეთოდები, მშენებლობისა და არქიტექტურის მსოფლიო მიდწევების ფონზე არსებული პრობლემები და მათი გადაწყვეტის თანამედროვე გზები.

კონფერენციის დასასრულს მონაწილეებმა რეკომენდაციის სახით მიიღეს ერთობლივი რეზოლუცია, რომელიც გადაეგზავნათ საქართველოსა და სომხეთის მთავრობებს. ანალოგიურ რეზოლუციას ამზადებს აზერბაიჯანის წყლის პრობლემების სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი აზერბაიჯანის მთავრობისათვის გადასაგზავნად.



ფოტო 20. კონფერენციის მონაწილეთა ერთი ჯგუფი. ქ. კობულეთი (საქართველო)

Фото 20. Группа участников конференции. Г. Кобулетти (Грузия)

Photo 20. A group of conferees in Kobuleti (Georgia)



ფოტო 21. კონფერენციის პრეზიდიუმში (მარჯვნიდან დოც. ლ. ტოკმაჯიანი, პროფ. ო. ტოკმაჯიანი, პროფ. გ. გავარდაშვილი, დოქტ. ნ. ნადარაია)

Фото 21. В президиуме конференции (Справа налево: доц. Л. Токмаджян, проф. О. Токмаджян, проф. Г. Гавардашвили, доктор Н. Надараия)

Photo 21. At the Presidium of the Conference (From right to left: associate prof. L. Tokmajian, prof. O. Tokmajian, prof. G. Gavardashvili, DPil. N. Nadaraia)

- 2010 წლის 17-24 სექტემბერს უკრაინის ქ. სიმფეროპოლში გაიმართა პოლონეთ-

უკრაინის სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია თემაზე „ლანდშაფტის მრავალფეროვნება“, რომელშიც მონაწილეობა მიიღეს ინსტიტუტის დირექტორმა, ტექნ. მეცნ. დოქტორმა, პროფ. გ. გავარდაშვილმა, ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლებმა: ტექნ. მეცნ. დოქტ. პროფ. ვ. თევზაძემ, ტექნ. აკად. დოქტ. გ. ჩახაიამ, გეოლოგ-მინერ. მეცნ. დოქტ. თ. თევზაძემ, გეოგრ. აკად. დოქტ. რ. დიაკონიძემ, ტექნ. აკად. დოქტ. ლ. წულუკიძემ და მაგისტრმა ი. ფირცხალაიშვილმა;

- 2010 წლის 30 სექტემბერი – 3 ოქტომბერს სომხეთის ქალაქ ჯერმუკში გაიმართა II საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია თემაზე „არქიტექტურა და მშენებლობა – აქტუალური პრობლემები“, რომლის საორგანიზაციო კომიტეტის თანახელმძღვანელი იყო ინსტიტუტის დირექტორი ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი. მასში მონაწილეობა მიიღეს ტექნ. მეცნ. დოქტორმა, პროფ. გ. გავარდაშვილმა, მეცნიერ-თანამშრომლებმა: ტექნ. მეცნ. დოქტ. პროფ. ვ. თევზაძემ, აკად. ო. ნათიშვილმა, ტექნ. მეცნ. დოქტ. ი. იორდანიშვილმა,

ტექნ. აკად. დოქტ. ი. ირემაშვილმა, ტექნ. აკად. დოქტ. კ. იორდანიშვილმა, მეცნ-თანამშრ. ე. ხოსროშვილმა;



ფოტო 22. კონფერენციის პრეზიდიუმი (ქ. ჯერმუკი, სომხეთი)

Фото 22. Президиум конференции (г. Джермук, Армения)

Photo 22. The presidium of the Conference (Jermuk, Armenia)

- 2010 წლის 10-11 ნოემბერს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში გაიმართა საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია თემაზე „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“. ინსტიტუტი-

დან კონფერენციაში მონაწილეობა მიიღეს: ინსტიტუტის დირექტორმა, ტექნ. მეცნ. დოქტორმა, პროფ. გ. გავარდაშვილმა, მეცნიერ-თანამშრომლებმა: ტექნ. მეცნ. დოქტ. ი. იორდანიშვილმა, ტექნ. აკად. დოქტ. კ. იორდანიშვილმა, ტექნ. აკად. დოქტ. ი. ირემაშვილმა, მეცნ-თანამშრ. ე. ხოსროშვილმა, ტექნ. აკად. დოქტ. გ. ჩახაიაძე, გეოგრ. აკად. დოქტ. რ. დიაკონიძემ, ტექნ. აკად. დოქტ. ზ. ვარაზაშვილმა, ტექნ. აკად. დოქტ. ლ. წულუკიძემ, გეოლ-მინერ. აკად. დოქტ. თ. თევზაძემ, დოქტორანტმა მ. შავლაყაძემ;

- 2010 წლის 24-25 ნოემბერს საქართველოს სახელმწიფო აგრარულ უნივერსიტეტში გაიმართა საერთაშორისო კონფერენცია თემაზე: აგრობიომრავალფეროვნების დაცვა და სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარება, რომელშიც მონაწილეობა მიიღეს: ინსტიტუტის დირექტორმა, ტექნ. მეცნ. დოქტორმა, პროფ. გ. გავარდაშვილმა, ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლებმა: ტექნ. აკად. დოქტ. კ. იორდანიშვილმა, ნ. ნიბლაძემ, ტექნ. აკად. დოქტ. ლ. იტრიაშვილმა, ე. ხოსროშვილმა, ტექნ. აკად. დოქტ. კ. ბზიავაძემ.



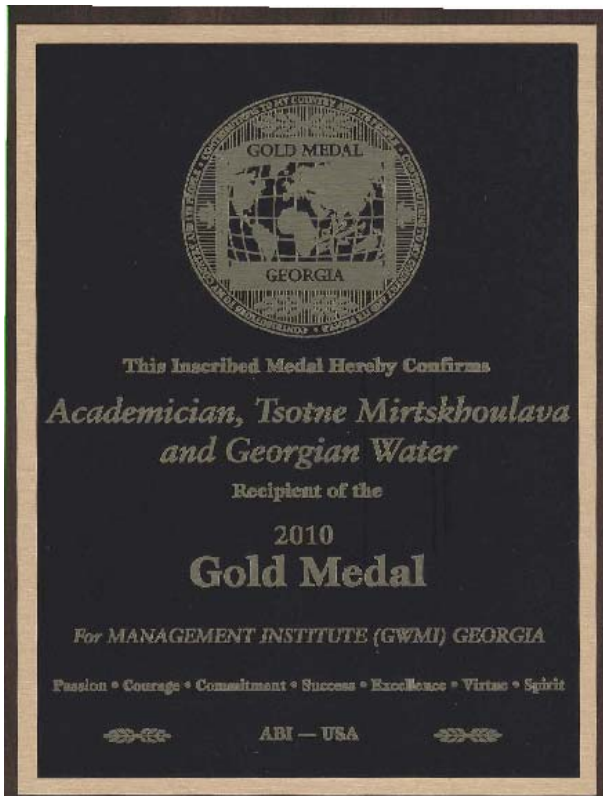
ფოტო 23. კონფერენციის მონაწილეები (ქ. ჯერმუკი, სომხეთი)

Фото 23. Участники конференции (г. Джермук, Армения)

Photo 23. A group of conferees of the conference in Jermuk (Armenia)

ინსტიტუტის დაჯილდოება

- 2010 წლის 1 ოქტომბერს აკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა და წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი დაჯილდოვდა აშშ-ის ბიოგრაფიის ინსტიტუტის (ABI) ოქროს მედლით

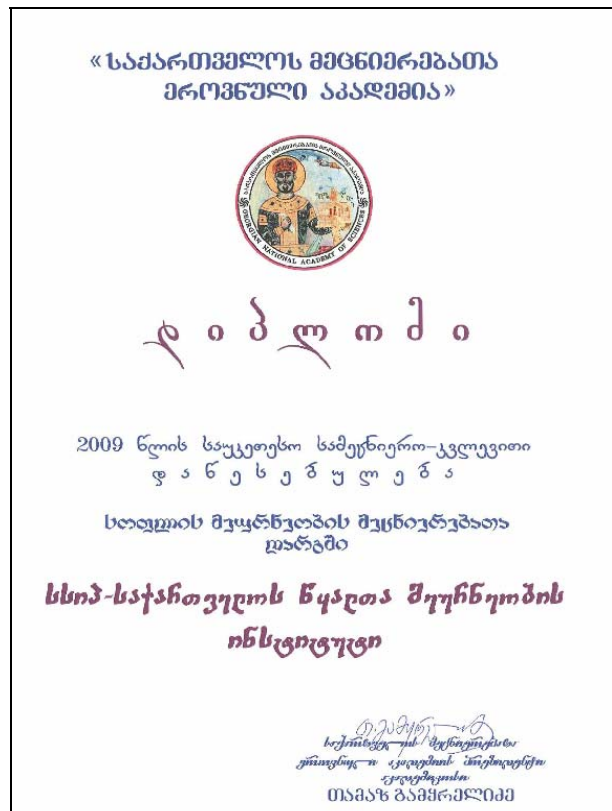


ფოტო 24.

Фото 24.

Photo 24.

- 2010 წლის 10 ნოემბერს საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნულ აკადემიაში გაიმართა მეცნიერების საერთაშორისო დღისადმი მიძღვნილი საზეიმო სხდომა, რომელზეც წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დარგში დაჯილდოვდა ქვეყნის 2009 წლის საუკეთესო სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულების დიპლომით;



ფოტო 25. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის დიპლომი

Фото 25. Диплом Национальной Академии Наук Грузии

Photo 25. The diploma of the National Academy of Sciences of Georgia

ინსტიტუტის 2010 წლის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გამარჯვებული გრანტები

1. გრანტი №GNSF/ST09-977-5-250

„ევრაზიის სატრანსპორტო დერეფნის ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვა ქვათაცვენის მოვლენებისაგან თანამედროვე საინჟინრო ტექნოლოგიების გამოყენებით“, 01.01.2010 – 31.12.2011 (ხელმძღვანელი – ტექნ. აკად. დოქტ. ი. ირემაშვილი);

2. გრანტი №GNSF/ST09_622_7-105

„საქართველოს მთის წყალსაცავების, შემტბორავი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მოწვევადობის და მათი საიმედო ექსპლუატაციის პირობების შეფასება“, 1.01.2010-31.12.2012 (ხელმძღვანელი – ტექნ. აკად. დოქტ. კ. იორდანიშვილი);

3. გრანტი №GNSF/ST09-799-7-109

„ზედაპირული რწყების ჰიდრაულიკა, მათემატიკური მოდელირება, პროცესის კომპიუტერული იმიტაცია და ოპტიმალური მართვის შესაძლებლობები“, 1.01.2010-31.12.2011 (ხელმძღვანელი – ტექნ. მეცნ. დოქტ. რ. კილაძე).

**პრეზიდენტის ინდივიდუალური
სამეცნიერო გრანტების პროგრამით
”ახალგაზრდა მეცნიერთათვის”
წარდგენილი გრანტებიდან გაიმარჯვა**

1. „ბარიტის გამამდიდრებელი და მომხმარებელი ქარხნების საწარმოო ნარჩენების გაგვლის შესწავლა საქართველოს ეკოლოგიურ კონიუნქტურაზე“, 01.01.2010 – 31.12.2010 (ხელმძღვანელი – დოქტორანტი თ. სუპატაშვილი);

2. „სამხრეთ კავკასიის სატრანსპორტო დერეფანში მიმდინარე ეროზიული პროცესების ინტენსივობის შეფასება ნიადაგ-გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური მახასიათებლების დადგენის საფუძველზე“, 01.01.2010 – 31.12.2010 (ხელმძღვანელი – ინჟინერი ფ. ლორთქიფანიძე);
3. „ზემო სამგორის დაძველებული სარწყავი სისტემის მოწყვლადობის, უსაფრთხო მდგომარეობის და ფუნქციონალური უნარიანობის ხანგრძლივობის გამოკვლევა“, 01.01.2010 – 31.12.2010 (ხელმძღვანელი – ტექნ. აკად. დოქტ. კ. იორდანიშვილი);
4. „კოლხეთის მძიმე თიხნარ ნიადაგებში ფილტრაციის საწყისი გრადიენტის კვლევა და მისი გათვალისწინება დრენებს შორის მანძილების განსაზღვრისას“, 01.01.2010 – 31.12.2010 (ხელმძღვანელი – ტექნ. აკად. დოქტ. შ. კუპრეიშვილი).

**ИНФОРМАЦИЯ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В 2010 ГОДУ
ХРОНИКА
INFORMATION ON THE ACTIVITY OF THE INSTITUTE
WATER MANAGEMENT IN 2010
CHRONICLE**

В Институте, основанном в 1929 году, в настоящее время работают 72 сотрудника, из которых 52% научные сотрудники, в том числе: 1 – вице-президент, академик-секретарь и заведующий отделом сельского хозяйства Национальной Академии Наук Грузии, 1 – член-корреспондент Академии сельскохозяйственных наук Грузии, 4 – академика Инженерной Академии, 4 – академика Академии Экологии, 7 докторов наук, 16 академических докторов, 4 докторанта и 4 магистранта..

The staff of the Institute (founded in 1929) has 72 collaborators, of whom 52% are scientific works; among these one is Vice-President of the Georgian National Academy of Sciences, Academician-Secretary and Head of the Agricultural Department of the same Academy, one Corresponding Member of the Georgian Academy of Agricultural Sciences, four of the Engineering Academy, four academicians of the Ecology Academy, seven doctors of science, sixteen academic doctors and four masters.

**Научно-исследовательская деятельность
Института**

- Научные сотрудники Института в 2010 году в периодических изданиях опубликовали 70 статей, выпустили одну монографию и пять руководств;
- В Институте разрабатывается 17 бюджетных тем, актуальность которых определяется участвовавшими природными катастрофами, необходимостью научного обоснования мероприятий по охране окружающей среды.

Scientific Research work of the Institute

- The scientific workers of the Institute published up to 70 papers in periodicals in 2010, one monograph and 5 textbooks;
- Work is under way on 17 budget themes at the Institute; the themes are topical owing to the frequent natural disasters in the country from the standpoint of working out measures for environmental protection.

Научные связи Института

- 9 апреля 2010 года в Институте водного хозяйства состоялась рабочая встреча, связанная с проектом NATO SFP “Water Resources Management in Agro ecosystems in the South Caucasus Transboundary Regions: Armenia, Azerbaijan, Georgia”. На встрече рассматривались результаты исследований по проекту, полученные в течение последних 6 месяцев. На заседании присутствовали: директор Института водного хозяйства, профессор Гиви Гавардашвили, заместитель директора, академический доктор Инга Иремашвили, руководитель проекта, профессор Герит Хугенбум (университет штата

Scientific Contacts of the Institute

- On 9 April 2010 a work meeting was held at the Institute of Water Management on the project: NATO SFP982227 “Water Resources Management in Agro Ecosystems in the Caucasus Transboundary Regions: Armenia, Azerbaijan, Georgia”. It dealt with the discussion of the project results over the last 6 months. The session was attended by Prof. Givi Gavadashvili, Director of the Institute of Water Management, Inga Iremashvili, Deputy Director, Doctor of Tech. Sci., Prof. Gerrit Hoogenboom (University of Georgia, USA), co-directors: Prof. Konstantine Bziava and Prof. Tamaz Odilavadze (Georgian Agrarian University), Prof. Gurgen Egiazargyan (Armenian State Agrarian University), Prof. Rafiq Verdiev,

Джорджиа, США), соруководители: профессор Константин Бзиава и профессор Тамаз Одиладзе (Грузинский Аграрный университет), профессор Гурген Егиазарян (Государственный Аграрный университет Армении), профессор Рафиг Вердиев, профессор Фарда Иманов (Бакинский Государственный университет), а также исполнители проекта в лице 12 ученых-специалистов и аспирантов всех трех республик Южного Кавказа (стр. 308, фото 1);

- 14-15 апреля 2010 года директор Института доктор технических наук, профессор Гиви Гавардашвили принимал участие в рабочей встрече “План реагирования на стихийные проявления природы”, проходившей под эгидой ООН в Тбилиси. Встреча была посвящена вопросу снижения риска катастроф, который в соответствии с действующим рамочным договором Хиого “ISDR 2005-2015 годов” международной стратегии уменьшения опасности бедствий, был объявлен ООН приоритетным в Грузии в 2011-2015 годах. На встрече присутствовали около 70 представителей грузинских и зарубежных представителей правительственных и неправительственных организаций.
- 5 мая 2010 года Институт посетил руководитель гидромелиоративного департамента Бакинского Государственного Университета доктор технических наук, профессор Фарда Иманов. В соответствии с договором о сотрудничестве между Грузинским Институтом водного хозяйства и Бакинским Государственным Университетом, беседа касалась вопросов обмена молодыми учеными и обмена опытом научных исследований. Директор Института доктор технических наук, профессор Гиви Гавардашвили обратился к профессору Фарда Иманову с просьбой поставить вопрос перед аттестационной комиссией Бакинского Государственного Университета о включении сборника научных трудов Грузинского института водного хозяйства в список высокорейтинговых журналов аттестационной комиссии Бакинского Государственного Университета;

Prof. Farda Imanov (Baku State University), as well as executors of the project from the three republics of South Caucasia, numbering 12 scientific specialists and postgraduates (page 308, photo 1);

- On 14-15 April 2010 Prof. Givi Gavardashvili, Director of the Institute, Doctor of Tech. Sci. was at the Hotel Courtyard Marriott, where a working meeting was held under UN aegis, and a Reserve Plan was drawn up to respond to natural disasters. The meeting was devoted to the question of proclaiming the priority of reducing the risk of catastrophes in 2011-2015, responding to the Hugo action frame treaty ISDR 2005-2015 on the international Strategy for Disaster Reduction. Up to 70 representatives of Georgian and foreign governmental and non-governmental organizations attended the meeting;
- On 5 May 2010 the Institute was visited by the Head of the Hydrometeorological Department of Baku State University, Prof. Farda Imanov, Doctor of Tech. Sci. The talks dealt with the exchange of young scientists and sharing scientific experience according to an agreement signed between the Institute of Water Management and Baku State University. Prof. Givi Gavardashvili, Director of the Institute, Doct. of Tech. Sci. requested Prof. Farda Imanov to raise the question before the Certification Commission of Baku State University of entering the Proceedings of the Institute of Water Management in the list of high rating scientific journals of the Azerbaijan Certification Commission;
- On 31 May 2010 the Institute was visited by M. M. Garaev, senior research worker of the Azerbaijan Research Institute of Water Problems, and leading engineer A.T. Suleimanov. The Azerbaijan guests conveyed the greetings of the Director of their institute, Doctor of Tech. Sci. Prof. Elchin Ganbarov to Prof. Givi Gavardashvili, and a wish for future cooperation. On this they agreed that Prof. Givi Gavardashvili would prepare a memorandum on future scientific cooperation with the said Institute (page 309, photo 2);

- 31 мая 2010 года Институт посетили старший научный сотрудник Азербайджанского научно-исследовательского Института водных проблем М.М. Караев и ведущий инженер того же Института А.Т. Сулейманов. Азербайджанские ученые передали директору Института водного хозяйства доктору технических наук, профессору Гиви Гавардашвили пожелание директора Азербайджанского НИИ водных проблем доктора техн. наук, профессора Елчин Гамбарова установить между Институтами партнерские отношения. Было достигнуто соглашение о том, что профессор Гиви Гавардашвили подготовит текст меморандума о научном сотрудничестве между Институтами (стр. 309, фото 2);
- В рамках расширенного меморандума между Институт и Гессенским университетом (Германия) 10 сентября 2010 года Институт посетили магистранты Гессенского университета: Ани Ролентхон, Татьяна Келер. Беседа касалась вопросов международных проектов и совместной подготовки грантов;
- 14 сентября 2010 года Институт посетили гости из агентства охраны окружающей среды Германии профессор Фридрих Герхард Бах, акад. доктор Нана Верхвиашвили и полный профессор Грузинского технического университета, доктор техн. наук Гела Кипиани. В беседе с профессором Гиви Гавардашвили была запланирована совместная подготовка международного проекта, связанного с повторным использованием вод, в частности, биологическая очистка канализационных вод (стр. 310, фото 3);
- 24, 27 и 28 сентября 2010 года в рамках программы, финансируемой Международным бюро Федерального Министерства Образования и Исследований Германии и Национальным научным Фондом Грузии в Грузинском Государственном Университете имени Ильи Чавчавадзе прошел тренинг на тему: “Развитие системы исследования и эксплуатации грунтовых и термальных вод Грузии”, в котором приняли участие сотрудники лаборатории охраны окружающей среды Института Марика Шавлакадзе, Тамрико Супаташвили, Фериде Лорткипанидзе, Георгий Омсарашвили;
- On 10 September 2010 the Institute was visited by Inna Polenthon and Tatyana Keller, workers on Masters degree, from the University of Hessen, Germany. Their visit was carried out within the memorandum signed between the Institute and the University of Hessen. The discussion concerned the joint preparation of international projects and grants;
- On 14 September 2010 the Institute was visited by Professor Friedrich Gerhard Bach from Germany’s Agency for Environmental Protection, Doctor Nana Verkhviashvili from the Technical Academy, and Full Professor of the Georgian Technical University. Gela Qipiani, Doctor of Tech. Sci. In their conversation with Prof. G. Gavardashvili joint preparation was planned of international projects on the secondary use of water, in particular purification of sewage water with biological methods (page 310, photo 3);
- On 24, 27, 28, September 2010, within the framework of a programme funded by the International Bureau of the German Federal Ministry of Education and Research and the Georgian National Science Fund, a training was held at the Ilia State University of Georgia on the theme; “Development of the Study of Ground and Thermal Waters and Systems of Exploitation in Georgia”. The following collaborators of the Laboratory of Environmental Protection of the Institute took part in the training: Marika Shavlaqadze, Tamriko Supatashvili, Peride Lortkipanidze and Giorgi Omsarashvili;
- On 28 September 2010 the Institute was visited by Jay Bland, Director-General of the well-known firm “Maccaferri” (USA) in CIS countries, Aleksandr Inshakov (Russia) representative of Maccaferri in CIS countries, Sergei Yurchuk, representative of Maccaferri in Ukraine, and Marketing Director Tatyana Moskalenko (Ukraine). The talk touched on questions of ecological resolution of the control of soil erosion. An agreement was reached on the future cooperation in the South Caucasus region between the Institute and Maccaferri (page 310, photo 4);

- 28 сентября 2010 года Институт посетили генеральный директор по странам СНГ известной в мире фирмы “Макафери” (“MACCAFERRI”) Джео Бленд (США), представитель “Макафери” в СНГ Александр Иншаков (Россия), представитель “Макафери” в Украине Сергей Юрчук, директор маркетинговой службы “Макафери” Татьяна Москаленко (Украина).

Беседа касалась вопросов экологического контроля эрозий почв, между Институтом и фирмой “Макафери” было достигнуто соглашение о дальнейшем сотрудничестве в регионе Южного Кавказа (стр. 310, фото 4);

- 10 декабря 2010 года в Институте в гостях находился доктор лаборатории гидравлики Вагенингского университета (Нидерланды), консультант фирмы “Программа развития мелиорации (CDP)” Адриан Ван Ден Дрис. Беседа с директором Института касалась Черноморского побережья, в частности, разработки соответствующей методологии для проектирования дренажной системы на территории прилегающей к Анаклиа (стр. 311, фото 5);

Проекты государственного масштаба

- 24 апреля 2010 года в результате интенсивных дождей в Гурджаанском районе на водохранилище Череми создалась аварийная ситуация. В Институте водного Хозяйства под руководством профессора Г. Гавардашвили был составлен прогноз последствий прорыва земляной дамбы водохранилища. Были определены затопляемая территория, высота волны и скорость ее распространения. На основании полученных данных, правительство Грузии объявило в селах Мукузани и Велисхихе Гурджаанского района эвакуацию населения. 1500 человек были выведены из опасной зоны;
- 10 мая 2010 года состоялась рабочая встреча между первым заместителем министра Регионального Развития и Инфраструктуры г-ном Джамбулом Бакурадзе и директором Института профессором Г. Гавардашвили. На встрече присутствовал советник министра г-н А. Мовсесян. Беседа касалась вопросов

- In 10 December 2010 Mr. Adrian Van Den Dries, the Director of the Hydraulics Laboratory at the Wageningen University and Expert of the firm “Development Program of Amelioration (CDP)”, has been visited the Georgian Water Management Institute. The Discussion conducted with the Director of the Institute has been covered the topics related to the development of methodologies appropriated to the design of drainage systems located nearby to the territory of village Anaklia, which is situated on the Black Sea coast (page 311, photo 5);

State Scale Projects

- On 24 April 2010, as a result of intensive rainfall an emergency situation developed at the reservoir of v. Cheremi, Gurjaani district. Under the direction of Prof. G. Gavardashvili at the Institute a forecast was calculated for the flooding of the territory in the case of breakdown of the dam, the height of the wave and the velocity of movement. According to the obtained data, the Georgian government ordered the evacuation of the residents of the Mukuzani and Velistsikhe villages of Gurjaani district. 1500 persons were moved to safe areas;
- On 10 May 2010, a working meeting took place between Mr. Jambul Bakuradze, First Deputy Minister of Georgia’s Regional Development and Infrastructure and Prof. Givi Gavardashvili, Director of the Institute. The meeting was attended by the Minister’s adviser, Mr. A. Movsesyan. The talk touched on the losses inflicted by the natural disasters in Georgia in 2010, the state of water-shed unit of Poti and the problems of Mletis-khevi.

J. Bakuradze thanked the Director of the Institute Prof. Givi Gavardashvili for the active work of the scientific collaborators of the Institute of Water Management in solving the problem of Cheremi reservoir.

It was agreed that the Institute of Water Management would submit to the Ministry project proposals for regulating the Poti watershed unit and Mletis-khevi. The proposals have already been submitted to the Ministry.

ущерба нанесенного стихией в 2010 году, состоянием вододелительного узла г. Потти и проблемы Млетского ущелья.

Д. Бакурадзе объявил благодарность проф. Г.Гавардашвили за активное участие научных сотрудников Института в решении проблемы водохранилища Череми.

Договорились, что Институт водного хозяйства представит Министерству проектные предложения по регулированию Потийского вододелительного узла, а также по решению проблем Млетского ущелья. Часть предложений в настоящее время переданы министерству.

Проекты международного масштаба

- 5 июля 2010 года Институт водного хозяйства с деловым визитом посетили ректор университета Охраны окружающей среды и изучения жизни (г. Вроцлав, Польша), доктор, профессор Роман Колач, декан факультета охраны окружающей среды и инженерных наук того же университета, доктор, профессор Ержи Собота. На основании меморандума о научном сотрудничестве между Институтом водного хозяйства и Вроцлавским университетом, достигнута договоренность о совместной подготовке международных грантов и представлении их в Евросоюз. Подготовлен международный проект: “Обеспечение экологической безопасности Колхидской низменности; повышение социально-экономического уровня жизни местного населения за счет реабилитации сельскохозяйственных угодий региона”. В проект включены правительственные организации Польши, министерство иностранных дел Польши, посольство Польши в Грузии, которые предлагают Институту водного хозяйства в дальнейшем более углубленное сотрудничество. Информация о достигнутых договоренностях передана в Правительство и Парламент Грузии.

Как заявил ректор Вроцлавского Университета Роман Колач, для обеих сторон участников вышеназванного проекта очень важно использовать уникальную гидротехническую лабораторию Института водного

International Scale Projects

- On 5 July 2010, Doctor, Professor Roman Rolac, Rector of the Wroclaw University of the Sciences of Environmental Protection and Study of Life (Poland) and Professor Erzhi Sobota, Doctor, Dean of the Faculty of Sciences of Environmental Protection and Engineering of the same University were on a business visit at the Institute of Water Management on the basis of a memorandum on mutual scientific cooperation between the Institute of Water Management and Wroclaw University, which envisages preparation of international grants and their subsequent submission to the European Union. An international project was prepared on the theme: ensuring the ecological safety of Kolkheti Lowland, which will allow to raise the socio-economic level of the local population through the rehabilitation of the arable lands of Kolkheti Lowland. Involved in the project are: the Polish Government, the Polish Ministry of Foreign Affairs, the Polish Embassy in Georgia, the latter having major plans of cooperation with the Institute of Water Management. Information on this has been supplied to the Georgian Government and Parliament;

The Rector of Wroclaw University Roman Koval stated that in the above-said projects very important for both sides is the use of the unique hydrotechnical laboratory of the Institute of Water Management. Young scientists and those working on degrees of Doctor and Master will be sent from Poland to Georgia to conduct large-scale modelling of floods, develop measures towards environmental protection, as well as rehabilitation work of the drainage network. Work has already commenced, and Young scientists from Warsaw and Krakow will soon join it;

- On 22 July 2010 a working meeting was held at the Institute of Water Management devoted to consideration of the results of work over the past 6 months on the NATO project SPP 982227 “Water Resources Management in Agrosystems in the South Caucasus Transboundary Regions: Armenia, Azerbaijan,

хозяйства. Из Польши в Грузию будут направлены молодые ученые, докторанты и магистранты, которые в лаборатории Института проведут крупномасштабное моделирование как наводнений и мероприятий по охране окружающей среды, так и работ по реабилитации осушительной сети. Работы начались. В ближайшее время в них примут участие молодые ученые Варшавы и Кракова

- 22 июля 2010 года в Институте водного хозяйства состоялась рабочая встреча, связанная с проектом NATO “Water Resources Management in Agro ecosystems in the South Caucasus Transboundary Regions: Armenia, Azerbaijan, Georgia”. На встрече рассматривались результаты исследований по проекту, полученные в течение последних 6 месяцев. На заседании присутствовали: директор Института водного хозяйства, профессор Гиви Гавардашвили; заместитель директора, академический доктор Инга Иремашвили; руководитель проекта, профессор Герит Хугенбум (университет штата Джорджия, США); профессор Константин Бзиава и профессор Тамаз Одиладзе (Грузинский Аграрный университет); профессор Гурген Егиазарян (Государственный Аграрный университет Армении); профессор Рафиг Вердиев, профессор Фарда Иманов (Бакинский Государственный университет); исполнители проекта в лице 10 ученых-специалистов и аспирантов всех трех республик Южного Кавказа. С целью реализации проекта NATO в гидротехнической лаборатории Института водного хозяйства по заказу NATO французской частной компанией был снят фильм, показанный в г. Лиссабоне на саммите NATO 10 ноября 2010 года (<http://natochronicles.org/#/en/episode4>) (стр. 312, фото 6; стр. 313, фото 7);
- С 19 ноября по 2 декабря 2010 года Институт посетила делегация из Польши: декан факультета охраны окружающей среды Вроцлавского университета окружающей среды и изучения жизни, доктор, профессор Эржи Собота и профессор того же Университета, доктор Роман Змуда. В беседе с директором Института, доктором технических

Georgia”. The meeting was attended by the Director of the Institute of Water Management Prof. Givi Gavardashvili, Deputy Director Inga Iremashvili, Doctor of Tech. Sci., Director of the Project Garit Hugenboom (University of Georgia, USA), co-heads Prof. Konstantine Bziava and Prof. Tamaz Odilavadze (Georgian Agrarian University), Prof. Gurgen Egiazaryan (Armenian State Agrarian University), Prof. Rafig Verdiev, Prof. Farda Imanov (Baku State University), as well as executors of the project from the three republics of the South Caucasus, represented by 10 scientists-specialists and post-graduates. In order to implement the Nato project a film was shot by a private French company on Nato’s order at the Hydrotechnical Laboratory of the Institute of Water Management. The film was shown at the Nato Ministerial Summit in Lisbon on 10 November 2010 (<http://natochronicles.org/#/en/episode4>) (page 312, photo 6; page 313, photo 7);

- From 19 November 2 December 2010 the Institute hosted guests from Poland. The delegation included: Doctor, Professor Ersi Sobota, Dean of the Faculty of Environmental Protection and Engineering Sciences of Wroclaw University, Poland, Professor Roman Zmuda of the same University. At talks with the Director of the Institute, Prof. Givi Gavardashvili, Doctor of Tech. Sci. they discussed the preparation of a new international grant-project on the theme: “Improvement of the Sosio-econmic Conditions of the Populataion of v. Patara Poti, with Account of Ensuring Ecological Safety on the Arable Lands of Kolkheti Lowland”. The work group familiarized itself on the spot with the arable lands of the village of Patara Poti (page 313, photo 8, 9; page 314, photo 10);

International Scientific Forums

- On 15-24 May 2010 the Director of the Institute, Doctor of Tech. Sci., Prof. Givi Gavardashvili was on a visit to Limassol, Cyprus in order to present a scientific report on the annual work on the implementation of the European Union Grant Project “UP-Grade BS-SCENE (contract № 226592) (page 314, photo 11);

наук, профессором Гиви Гавардашвили была рассмотрена возможность подготовки нового международного грант-проекта на тему: “Улучшение социально-экономических условий жизни населения села Патара Потти с учетом экологической безопасности сельскохозяйственных угодий Колхидской низменности”. Рабочая группа на месте ознакомилась с состоянием сельскохозяйственных угодий села Патара Потти (стр. 313, фото 8, 9; стр. 314, фото 10).

Международные научные форумы

- 15-24 мая 2010 года с целью представления результатов исследований первого года по гранту Евросоюза “UP-GRADE BS-SCENE” (контракт №226592) директор Института доктор техн. наук, профессор Гиви Гавардашвили находилась на Кипри в г. Лимасол (стр. 314, фото 11);
- 24-25 ноября 2010 г. в Турции в Стамбуле была проведена 4-ая рабочая встреча участников Еврогранта “Научная сеть Черного моря”, в которой принимали участие представители 30 организаций из различных стран мира. Целью встречи было представление полугодового отчета Еврогранта. На встрече присутствовали представители 6-ти организаций Грузии. Они представили презентации, которые были положительно оценены советниками Совета Евросоюза. Доклад представила докторант Института Тамрико Супаташвили (стр. 314, фото 12).

Договорная деятельность Института

- 19-28 июня 2010 г. директор Института доктор техн. наук, профессор Гиви Гавардашвили находился в Польше, в г. Вроцлаве. Во Вроцлавском университете директор Института Г. Гавардашвили представил доклад о научной деятельности Института в 2010 г., международных взаимоотношениях и перспективах Института. Затем между директором Института и ректором Университета по изучению охраны окружающей среды и жизни, проф. Р. Колачем после согласования был подготовлен проект меморандума (стр. 315, фото 13, 14);

- On 24-25 November 2010 Istanbul, Turkey hosted the 4th working meeting of the grant project “The Black Sea Scientific Network”, attended by representatives of 30 organizations of various countries. The purpose of the meeting was presentation of a 6-month report on a Euro-grant. From Georgia the meeting was attended by representatives of 6 organizations. They made presentations that were appraised positively by the Council of Advisers of the European Union. From the Institute a report was made by Tamriko Supatashvili, who is working for a doctor’s degree (page 314, photo 12);

Contract Activity of the Institute

- On 19-28 June 2010 the Director of the Institute, Prof. Givi Gavardashvili, Doctor of Tech. Sci. was on a visit to Wroclaw, Poland. He delivered a report at Wroclaw University on the 2010 scientific themes of the Institute of Water Management, international contacts and the prospects of the Institute. Following the talks between the Director of the Institute and Prof. Roman Colac, Rector of Wroclaw University for the study of Environmental Protection and Life, the draft of a memorandum was drawn (page 315, photo 13, 14);
- On 5 July 2010 the Georgian Institute of Water Management was the venue of a business visit by Professor, Doctor Roman Colac, Rector of Wroclaw University for the Study of Environmental Protection and Life, and Doctor Professor Ersi Sobota, Dean of the Faculty of Environmental Protection and Engineering Sciences. A Memorandum on Mutual Scientific Cooperation was signed between the Institute of Water Management and Wroclaw University envisaging preparation of international grants and their subsequent submission to the European Union (page 315, photo 15);
- In the morning of 10 October 2010, a morning meeting was held at Jermuk according to a memorandum signed between the Armenian University of Architecture and Construction

- 5 июля 2010 г. в Институте с деловым визитом находились ректор Вроцлавского университета по изучению охраны окружающей среды и жизни доктор, профессор Роман Колач и декан факультета инженерных наук, профессор Эржи Собота. Между Институтом и Вроцлавским Университетом подписан меморандум по научному взаимосотрудничеству, который предусматривает подготовку международных грантов и их представление в Евросоюз (стр. 315, фото 15);
- 1 октября 2010 г. утром в г. Джермуке, в соответствии с оформленным меморандумом между Университетом архитектуры и строительства Армении и Институтом водного хозяйства Грузии, состоялась рабочая встреча ректора Университета докт. техн. наук проф. О. Токмаджяна и директора Института докт. техн. наук Г. Гавардашвили. На встрече присутствовали полные профессора Грузинского технического университета докт. техн. наук Г. Кипиани и Р. Цхведадзе; во второй половине дня состоялся прием у председателя комитета науки и техники Армении докт. техн. наук проф. С. Арутюняна (стр. 316, фото 16, 17);
- 9 декабря 2010 г. в Институте водного хозяйства директор Института докт. техн. наук проф. Г. Гавардашвили и директор НИИ водных проблем Азербайджана Э. Ганбаров подписали меморандум по научному и практическому взаимосотрудничеству между Институтами.

Стажировка за границей

- 8-30 мая 2010 г. руководитель сектора международных отношений Института ст. научн. сотрудник, акад. доктор техники К. Бзиава, в соответствии с программой НАТО “Наука для мира” и профинансированного проекта (контракт № 982227) “Управление водными ресурсами в агроэкосистемах”, был командирован на 12 дней в США в Университет г. Джорджия для принятия участия в тренинге “Моделирование урожайности с/х культур”.

and the Institute of Water Management, represented respectively by the Rector Prof. Ogan Tokmajyan, Doctor of Tech. Sci. and the Director of the Institute, Prof. Givi Gavardashvili, Doctor of Tech. Sci. The meeting was attended by Full Professors Gela Qipiani, Doctor of Tech. Sci. and Revaz Tskhvedadze, Doctor of Tech. Sci. In the afternoon a meeting was held with Prof. Samvel Arutinyan, Doctor of Tech. Sci, Chairman of the Armenian Committee for Science and Technology (page 316, photo 16, 17);

- On 9 December 2010, at the Institute of Water Management, the Director of the Institute Prof. Givi Gavardashvili, Doctor of tech. Sci. and the Director of the Azerbaijanian Research Institute of Water Problems Elchi Ganbarov signed a Memorandum on scientific-practical cooperation between the Institutes.

Training Abroad

- On 8 May 2010, the senior research-worker of the Institute’s International Relations Sector Konstantine Bziava, Tech. Acad. Doctor, was sent to the University of Georgia (USA) on a 21 day mission to take part in the training “Modelling of the Yields of Agricultural Crops” within the project “Management of Water Resources in Agro-systems”, funded by the NATO programme” Science for Peace (Contract № 982227).

Participation in Conferences and Symposiums

International

- On 17-18 June 2010 an international-practical conference was held at Kutaisi Akaki Tsereteli State University on the theme “Innovation Technologies and Modern Materials”, in which works of the Laboratory of environmental protection of the Institute Tamriko Supatashvili and Marika Shavlakadze took part;

Участие в конференциях и симпозиумах

В международных

- 17-18 мая 2010 г. в Государственном университете им. А. Церетели г. Кутаиси была проведена международная практическая конференция на тему “Инновационные технологии и современные материалы”, в которой приняли участие сотрудники лаборатории охраны окружающей среды – Т. Супаташвили и М. Шавлакадзе;
- 19-28 июня 2010 г. директор Института докт. техн. наук Гиви Гавардашвили принял участие в международной конференции “Современные проблемы инженерных мероприятий”, (Польша, г. Вроцлава). На международной конференции в г. Карпачи директор Института выступил с докладом на тему: “Termination of stability for the springboardtype trapezoidal dam against debris flow taking into account static and dynamic loads of debris flow” (стр. 317, фото 18, 19);
- 12-22 августа 2010 г. в г. Кобулеті проведена конференция молодых ученых, докторантов и аспирантов на тему: “Современные проблемы защиты окружающей среды строительства и архитектуры”, посвященная памяти академика Ц. Е. Мирцхулава. Организатором конференции со стороны Грузии был Институт водного хозяйства Министерства просвещения и науки Грузии. Председатель организационного комитета конференции – директор Института водного хозяйства докт. техн. наук проф. Г. Гавардашвили, сопредседатель – ректор государственного Университета строительства и архитектуры Армении докт. техн. наук проф. О. Токманджян. Доклады были представлены, в основном, на тему прогнозирования природных катастроф и современных методов борьбы с ними на фоне глобального потепления климата и на фоне мировых достижений строительства и архитектуры, существующих проблем и современные пути их решения. В заключении участники конференции приняли рекомендации в виде единой резолюции, которые были разосланы правительствам Грузии и Армении (стр. 318, фото 20, 21);
- On 19-28 June 2010 the Director of the Institute Prof. Givi Gavardashvili, Doctor of Tech. Sci. took part in an international conference: “Modern Problems of Engineering Measures” in Wroclaw, Poland. In Karpat, the Director of the Institute presented a paper at an international conference: “Determination of the stability of a Spring-board type Trapezoidal Dam Against Debris Flow, Taking into Account Static and Dynamic Loads of Debris Flow” (page 317, photo 18, 19);
- On 12-22 October 2010 an international conference of young scientists, those working for Doctoral thesis and postgraduates was held in Kobuleti on the theme: “Modern Environmental Problems of Construction and Architecture”, dedicated to the memory of Acad. Tsotne Mirtskhoulava. The conference was organized by the Institute of Water Management of the Georgian Ministry of Education and Science. The Organizing Committee of the Conference was chaired by the Director of the Institute of Water Management, Professor Givi Gavardashvili, Doctor of Tech. Sci., and the co-chairman was Professor Oganeg Tokmajyan, Doctor of Tech. Sci., Rector of the Armenian State University of Construction and Architecture.

The papers largely dealt with forecasting natural disasters against the background of global warming of the climate, and with modern methods of combating the disasters, as well as problems facing construction and architecture against the background of world achievements and modern ways of solving them.

At the end of the Conference, the participants passed a joint resolution, by way of recommendation, which was sent to the Governments of Georgia and Armenia (page 318, photo 20, 21);

- On 17-24 September a Polish-Ukrainian Scientific-practical conference was held at Simferopol, Ukraine, on the theme: “ Diversity of Landscapes; its participants were: Director of the Institute, Prof. Givi Gavardashvili,

- 17-24 сентября 2010 г. в г. Симферополе (Украина) проведена польско-украинская научно-практическая конференция на тему “Многообразие ландшафта”, в которой приняли участие директор Института докт. техн. наук, проф. Г. Гавардашвили, научные сотрудники Института В. Тевзадзе, Г. Чахая, Т. Тевзадзе, Р. Диаконидзе, Л. Цулукидзе и И. Пирцхалаишвили;
- 30 сентября – 3 октября 2010г. в г. Джермук (Армения) состоялась 2-я международная научно-техническая конференция на тему “Архитектура и строительство – актуальные проблемы”, соруководителем которой был директор Института докт. техн. наук, проф. Г.Гавардашвили. В конференции приняли участие также научные сотрудники института: В. Тевзадзе, О. Натишвили, И. Иорданишвили, И. Иремашвили, К. Иорданишвили, Е. Хосрошвили (стр. 319, фото 22, 23);
- 10-11 ноября 2010 г. в Техническом Университете Грузии проведена международная научно-техническая конференция на тему: “Охрана окружающей среды и устойчивое развитие”. В ней приняли участие директор Института докт. техн. наук, проф. Г. Гавардашвили и научные сотрудники: И. Иорданишвили, К. Иорданишвили, И. Иремашвили, Е. Хосрошвили, Г. Чахаиа, Т. Тевзадзе, Р. Диаконидзе, Л. Цулукидзе, З. Варазашвили, М. Шавлакадзе;
- 24-25 ноября 2010г. в Государственном Аграрном Университете Грузии проведена международная конференция на тему: “Защита агробиомногообразия и устойчивое развитие сельского хозяйства”, в котором приняли участие директор Института докт. техн. наук, проф. Г. Гавардашвили и научные сотрудники: К. Иорданишвили, Л. Итриашвили, К. Бзиава, Е. Хосрошвили, Н. Нибладзе.

Награды Института

- 1 октября 2010г. академик Ц.Е. Мирцхулава и Институт водного хозяйства награждены золотой медалью Института биографии США (ABI) (стр. 321, фото 24);

Doctor of Tech. Sci. and scientific collaborators of the Institute: V. Tevzadze, G. Chakhaia, T.Tevzadze, R. Diakonidze, L. Tsulukidze and I. Pirtskhalaishvili;

- On 30 September-3 October 2010 the 2nd International Scientific-technical Conference was held in Jermuk, Armenia on the theme: “Architecture and Construction – Topical Problems”. It was co-chaired by Prof. Givi Gavardashvili, Doctor of Tech. Sci., Director of the Institute. The Director of the Institute Prof. G. Gavardashvili and scientific-collaborators: G Tevzadze, O. Natishvili, I. Iordanishvili, I. Iremashvili, K. Iordanishvili and V. Khosroshvili took part in the Conference (page 319, photo 22, 23);
- On 10-11 November 2010 an international scientific-technical conference on the theme “Environmental Protection and Stable Development” was held at the Georgian Technical University. From the Institute its participants were: Director of the Institute Prof. G. Gavardashvili, Doctor of Tech. Sci., Scientific collaborators: I. Iordanishvili, I. Iremashvili, V. Khosroshvili, G. Chakhaia, R. Diakonidze, Z. Varazashvili, L. Tsulukidze, T. Tevzadze, M. Shavlaqadze;
- On 24-25 November 2010 an international conference was held at the Georgian State Agrarian University on the theme, “Protection of agrobiodiversity and stable development of agriculture”. The Director of the Institute, Prof. G. Gavardashvili, Doctor of Tech. Sci, Scientific-collaborators of the Institute: K. Iordanishvili, N. Nibladze, L. Itriashvili, E. Khosroshvili, K. Bziava took part in it.

Award for the Institute

- On 1 October 2010 Academician Tsotne Mirtskhoulava and the Institute of Water Management were awarded the Gold Medal of the USA Biography Institute (page 321, photo 24);
- On 10 November 2010 a solemn meeting devoted to the International Day of Science

- 10 ноября 2010г. в национальной академии наук Грузии проведено праздничное заседание, посвященного дню международной науки, в которой Институт водного хозяйства был награжден дипломом как научная исследовательская организация страны в 2009г. в области сельскохозяйственных наук (стр. 321, фото 25).

Гранты Института, победившие в 2010 г.

Гранты национального научного фонда

1. **Грант № GNSF/STO9-977-5-250**
“Защита экологической безопасности транспортного коридора Евразии от камнепадных явлений с использованием современных инженерных технологий”. 01.01.2010-31.12.2011 (Руководитель гранта – акад. докт. И. Иремашвили).
2. **Грант № GNSF/STO9-622-7-105**
“Оценка уязвимости и условий надежной эксплуатации горных водохранилищ Грузии и их водоподпорных гидротехнических сооружений”. 1.01.2010-31.12.2012 (Руководитель гранта – акад. докт. К. Иорданишвили);
3. **Грант № GNSF/STO9-799-7-109**
“Математическое моделирование, гидравлика компьютерная имитация процесса, и возможности оптимального управления поверхностного полива”. 1.01.2010-31.12.2011 (Руководитель гранта – докт. техн. наук Р. Киладзе).

Победившие индивидуальные научные гранты по президентской программе гранты «Молодых учёных»

1. “Исследование влияния производственных отходов барита из обогащательных и потребительских предприятий на экологическую конъюнктуру Грузии”. 01.01.2010-31.12.2010 (Руководитель гранта – докторант Т. Супаташвили);
2. “Оценка интенсивности протекающих эрозийных процессов в транспортном коридоре южного Кавказа на основе установления

was held at the Georgian National Academy of Sciences, at which the Institute of Water Management was awarded the Diploma of the Best scientific-research Institution of the country for 2009 in the field of agricultural sciences (page 321, photo 25).

Grants of the Georgian National Science Foundation won by the Institute in

1. Grants №GNSF /STO9-977-5-250

“Protection of the ecological safety of the Eurasian Transport Corridor from rockfall phenomena, using modern engineering technologies, 01.01.2010-31.12.2011 (Research Director – PhD I. Iremashvili);

2. Grants №GNSF/STO9-622-7-105

“Assessment of the conditions of the vulnerability of Georgia’s mountain reservoirs, storage hydraulic engineering structures and of their reliable exploitation conditions”, 1.01.2010-31.12.2012 (Research Director – PhD K. Iordanishvili);

3. Grants №GNSF/STO9-799-7-109

“Hydraulics of surface irrigation, mathematical modelling, computer imitation of the process and possibilities of optimal control”, 1.01.2010-31.12.2011 (Research Director – Dr. R. Kiladze).

Of the grants submitted for “Young scientists” by the President’s programme of individual scientific grants the following were won:

1. Study of the impact of the industrial wastes of plants concentrating and using barite on Georgia’s ecological situation, 01.01.2010 – 31.12.2010 (Research Director – Master T. Supatashvili).
2. “Assessment of the intensity of the erosional processes in the South Caucasus transport corridor on the basis of determining the physic-mechanical and chemical characteristics of soils”, 01.01.2010 – 31.12.2010 (Research Director – Master F. Lortkipanidze).

-
- физико-технических и химических характеристик почво-грунтов”. 01.01.2010-31.12.2010 (Руководитель гранта – магистр Ф. Лорткипанидзе);
3. “Исследование уязвимости, безопасного состояния и продления функциональной способности Земо-Самгорской оросительной системы”. 01.01.2010-31.12.2010 (Руководитель гранта – акад. докт. К. Иорданишвили);
4. “Исследование фильтрационного начального градиента в тяжёлых глинистых почвах Колхиды и его влияние при определении расстояний между дренами”. 01.01.2010-31.12.2010 (Руководитель гранта – акад. докт. Ш. Купреишвили).
3. “Study of the vulnerability, safe condition and duration of the functional capacity of the Upper Samgori obsolescent irrigation system, 01.01.2010 – 31.12.2010 (Research Director – PhD K. Iordanishvili).
4. Study of the initial gradient of filtration in the heavy loamy soils of Kolkheti and taking it into consideration in determining the distances between the drains, 01.01.2010 – 31.12.2010 (Research Director – PhD Sh. Kupreishvili).

ავტორთა საძიებელი

აგაზოვა მ.	10	ლორთქიფანიძე ფ.	101
ალექსეროვა ს.	15	მაისაია გ.	112, 147
ბალამწარაშვილი ზ.	180, 186	მაკოვსკი ა.	152
ბალჯიანი პ.	21	მამატკანოვი დ.	159
ბზიავა კ.	199	მამედოვი ა.	166
ბილაშვილი კ.	235	მამედოვი ჯ.	163
ბრეგვაძე გ.	118	მარკოვსკა ა.	171
ბრისი კ.	23	მეზონია ნ.	175
გადიევი ი.	166	მოსულიშვილი დ.	180, 186
გავარდაშვილი გ.	31, 42	ნათიშვილი ო.	191, 193
გაფრინდაშვილი გ.	258	ნარიშკინიშვილი მ.	180, 186
გველეხიანი თ.	249	ნიბლაძე ნ.	142
გობეჩია გ.	258	ოდილაშვილი თ.	199
გრიგოლია გ.	118	რაჯაბოვი რ.	95
დადიანი ქ.	191, 193	რობაქიძე შ.	68
დიაკონიძე რ.	31, 244	რეხვიაშვილი გ.	229
დემეტრაშვილი დ.	140	რუდაკოვი ი.	152
დონაძე ც.	258	სამხარაძე ვ.	205, 211
დონაძე გ.	53	სიმონიანი ა.	215
ვართანოვი ალ.	83	სიჭინავა პ.	147
ვართანოვი მ.	59, 83	სუპატაშვილი თ.	108, 219
ვარაზაშვილი ზ.	243	ტოკმაჯიანი ლ.	21, 215
ზაგინაევი ვ.	64	ტრაპიძე ვ.	118
ზაქაძე ი.	68	ტუზოვა ტ.	159, 240
თევზაძე ვ.	191, 193	უნდილაშვილი ნ.	199
იმანოვი ფ.	95	ფირცხალაიშვილი ი.	31, 101
ინაშვილი ი.	199	ფროლოვა გ.	71
იორდანიშვილი ი.	83, 88	ფურცელაძე ლ.	223
იორდანიშვილი კ.	76, 88	ყვავაძე ე.	234
ივანოვა ნ.	71, 152	ყიფიანი გ.	229
ირემაშვილი ი.	101	შავლაყაძე მ.	108, 112
ისმაილოვი რ.	10	შატრაშვილი ვ.	159, 240
იტრიაშვილი ლ.	108, 112	ჩახაია გ.	31, 244
კეკელიშვილი ლ.	53	ჩიტიშვილი გ.	53
კერესელიძე დ.	118	ციხელაშვილი ზ.	249
კეჩოშვილი ე.	124	ცხვედაძე რ.	225
კვარაცხელია თ.	175	წერეთელი ემ.	258
კიკნაძე ხ.	101, 108	წულუკიძე ლ.	31, 243
კილაძე რ.	128, 132	ჭარბაძე ზ.	193, 262
კოკილაშვილი გ.	205, 211	ხოსროშვილი ე.	88, 112
კორძაძე ა.	140	ხუბულავა ი.	243
კუპრეიშვილი შ.	147	ჯავახიშვილი ლ.	59, 88
ლაგროვი ნ.	152	ჯანელიძე ვ.	205, 211
ლობჯანიძე ზ.	175	ჭუგენბუმი გ.	199
ლოგინოვი გ.	152		

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Авазова М.А.	10	Лавров Н.П.	152
Алекперова С.О.	15	Логинов Г.И.	152
Баламцарашвили З.Г.	180, 186	Лобжанидзе З.К.	175
Балджян П.О.	21	Лордкипанидзе Ф.Н.	101
Бзиава К. Г.	199	Маисаиа Л.Д.	112, 147
Билашвили К.	235	Маматканов Д.М.	159
Брегвадзе Г.И.	118	Маковский А.А.	152
Брис К.	23	Мамедов А.С.	166
Варазашвили З.Н.	244	Мамедов Дж.	163
Вартанов А.М.	83	Марковска И.	171
Вартанов М.В.	59, 83	Мебония Н.А.	175
Гавардашвили Г.В.	31, 42	Мосулишвили Д.И.	180, 186
Гадиев Ю.Д.	166	Нариманишвили М.Г.	180, 186
Гаприндашвили Г.М.	258	Натишвили О.Г.	191, 193
Гвелесиани Т.Л.	249	Нибладзе Н.Ш.	112
Гобечия Г.Н.	258	Одилавадзе Т.В.	199
Григолиа Г. Л.	118	Пирцхалаишвили И.Т.	31, 101
Дадияни К.З.	191, 193	Пурцеладзе Л.Д.	223
Деметрашвили Д.И.	140	Раджабов Р.Ф.	75
Диаконидзе Р.В.	31	Рехвиашвили Г.М.	229
Джавахишвили Л. Г.	59	Робакидзе Ш.С.	68
Джанелидзе В.В.	205, 211	Рудаков И.К.	152
Донадзе Ц.Г.	258	Самхарадзе В.И.	205, 211
Дохнадзе Г.П.	53	Симонян А.	215
Загинаев В. В.	64	Сичинава П.О.	147
Закаидзе И.Г.	68	Супаташвили Т.Л.	108, 219
Иванова Н. И.	71, 152	Тевзадзе В.И.	191, 193
Иманов Ф.А.	75	Токмаджян Л. В.	21, 215
Инашвил И.З.	199	Трапаидзе В.З.	118
Иорданишвили И.К.	83, 88	Тузова Т.В.	159, 204
Иорданишвили К.Т.	76, 88	Ундилашвили Н. А.	199
Иремашвили И.Р.	101	Фролова Г. П.	71
Исмаилов Р.А.	10	Хосрошвили Е.З.	88, 112
Итриашвили Л.А.	108, 112	Хубулава И.В.	244
Кекелишвили Л.Г.	53	Хугенбум Г.	199
Кереселидзе Д.Н.	118	Цихелашвили З.И.	249
Кечхошвили Э.М.	124	Церетели Эм.Д.	258
Квавадзе Э.	235	Цулукидзе Л.Н.	31, 244
Кварацхелия Т.Р.	175	Цхведадзе Р.М.	229
Кикнадзе Х.Л.	101, 108	Чарбадзе З.Д.	193, 263
Киладзе Р.М.	128, 132	Чახая Г.Г.	31, 244
Кипиани Г.О.	229	Читишвили Г.Ш.	53, 88
Кокилашвили Г.З.	205, 211	Шавлакадзе М.С.	108, 112
Кордзадзе А.А.	140	Шатравин В.И.	159, 240
Купрейшвили Ш. З.	147		

AUTHOR INDEX

Avazova M.	10	Kvaratskhelia T.	175
Alekperova S.	15	Kvavadze E.	235
Balamtsarashvili Z.	180, 186	Lavrov N.	152
Baljyan P.	21	Lobzhanidze Z.	175
Bilashvili K.	235	Loginov G.	152
Bregvadze G.	118	Lortkipanidze F.	101
Brys K.	23	Maisaia L.	112, 147
Bziava K.	199	Makovski A.	152
Chakhaia G.	31, 244	Mamatkanov D.	159
Charbadze Z.	193, 263	Mamedov A.	166
Chitishvili G.	53	Mamedov J.	163
Dadiani K.	191, 193	Markowska J.	171
Demetrashvili D.	140	Mebonia N.	175
Diakonidze R.	31, 244	Mosulishvili D.	180, 186
Dokhnadze G.	53	Narimanishvili M.	180, 186
Donadze Ts.	258	Natishvili O.	191, 193
Frolova G.	71	Nibladze N.	112
Gadiev U.	166	Odilavadze T.	199
Gaprindashvili G.	258	Pirtskhalaishvili I.	31, 101
Gavardashvili G.	31, 42	Purtseladze L.	223
Gobechia G.	258	Radjabov R.	95
Grigolia G.	118	Rekhviashvili G.	229
Gvelesiani T.	249	Robakidze Sh.	68
Hoogenboom G.	199	Rudakov I.	152
Imanov F.	95	Samkharadze V.	205, 211
Inashvili I.	199	Sichinava P.	147
Iordanishvili I.	83, 88	Simonyan A.	215
Iordanisvili K.	76, 88	Shatravin V.	159, 240
Iremashvili I.	101	Shavlakadze M.	108, 112
Ismailov R.	10	Supatashvili T.	108, 219
Itriashvili L.	108, 112	Tevzadze V.	191, 193
Ivanova N.	71, 152	Tokmajyan H.	21, 215
Janelidze V.	205, 211	Trapaidze V.	118
Javakhishvili L.	59, 88	Tsereteli E.	258
Kechkhoshvili E.	124	Tsikhelashvili Z.	249
Kekelishvili L.	53	Tskhvedadze P.	229
Kereselidze D.	118	Tsulukidze L.	31, 244
Kiknadze Kh.	101	Tuzova T.	159, 240
Kiladze R.	128, 132	Undilashvili N.	199
Kipiani G.	229	Varazashvili Z.	244
Khosroshvili E.	88, 112	Vartanov A.	83
Khubulava I.	244	Vartanov M.	59, 83
Kokilashvili L.	205, 211	Zaginaev V.	64
Kordzadze A.	140	Zakaidze I.	68
Kupreishvili Sh.	147		

შ ი ნ ა ა რ ს ი

აკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა – 90	3
აგაზოვა მ., ისმაილოვი რ. აზერბაიჯანის ტერიტორიიდან კასპიის ზღვაში ჩამდინარე მცირე მდინარეების წყლის ხარისხის შეფასება (აზერბაიჯანი)	10
ალექსეროვა ს. დიდი კავკასიონის სელური მოვლენები აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე და მათთან ბრძოლის მეთოდები (აზერბაიჯანი)	15
ბაღჯიანი პ., ტოკმაჯიანი ლ. მღ. არაქსზე არმავირის არხის “კარა-კალა“-ს სათაო ჰიდროკვანძის ნატურული კვლევების შედეგები (სომხეთი)	21
ბრისი კ. მზის რადიაციის ბალანსის გავლენა ტოპოკლიმატის ცვალებადობაზე (პოლონეთი)	23
გაგარდაშვილი გ., დიაკონიძე რ., ჩახაია გ., წულუკიძე ლ., ფირცხალაიშვილი ი. მღ. არაბ-ვის კალაპოტური პროცესების კვლევა ჰინვალის მიწის კაშხალიდან მღ. მტკვრის შესართავამდე (საქართველო)	31
გაგარდაშვილი გ. ენგურის კაშხლის ნგრევის შემთხვევაში წარმოშობილი წყალდიდობის კომპიუტერული იმიტაცია (საქართველო)	42
დონაძე გ., ჩიტიშვილი გ., კეკელიშვილი ლ. მცენარეული საფარის გავლენა ნიადაგის ეროზიულ პროცესებზე (საქართველო)	53
ვართანოვი მ., ჯავახიშვილი ლ. მდინარე ჭოროხის კანიონში საზღვაო კორტის შექმნის შემთხვევის შესაძლებლობის ზოგიერთი ეკონომიკური მიზნით (საქართველო) ..	59
ზაგინავეი ვ. ღვარცოვნების პროგნოზირება ყირგიზეთის მთიან ხეობებში (ტიმსკი-ალათაუს ჩრდილოეთის ფერდობის მაგალითზე) (საქართველო)	64
ზაქაძე ი., რობაქიძე შ. კოლხეთის დაბლობის დახურული დამშრობი მარეზულირებადი ძეგლის ზოგიერთი საკითხები (საქართველო)	68
ივანოვა ნ., ფროლოვა გ. ყირგიზეთის რესპუბლიკის ისიკ-ყულის დასავლეთით მიმდებარე რიბაჩი-ტაშინის საბაღო მიწისქვეშა წყლების ხარისხის შეფასება მორწყვისათვის (ყირგიზეთი)	71
იორდანიშვილი კ. ზემო სამგორის სარწყავი სისტემის მოწყობის შეფასება (საქართველო)	76
იორდანიშვილი ი., ვართანოვი ალ., ვართანოვი მ. მთიანი წყალსაცავების შიდაწყალსატევური პროცესების კომპიუტერული ბაანბარიშება (საქართველო)	83
იორდანიშვილი ი., იორდანიშვილი კ., ხოსროშვილი ე., ჯავახიშვილი ლ. აჭარის ბამრეც ნაპირებზე ვასონური მასივების ბამოყენების შესაძლებლობის ექსპტურობის კვლევა (საქართველო)	88
იმანოვი ფ., რაჯაბოვი რ. ახალი სტატისტიკური მეთოდების ბამოყენება ჰიდროლოგიურ ბაანბარიშებებში (აზერბაიჯანი)	95
ირემაშვილი ი., ფირცხალაიშვილი ი., კიკნაძე ხ., ლორთქიფანიძე ფ. ძვანთაძენის მოვლენა ევრაზიის სატრანსპორტო დერეფანში და მისი საწინააღმდეგო საინჟინრო ღონისძიებების (საქართველო)	101
იტრიაშვილი ლ., შავლაყაძე მ., კიკნაძე ხ., სუბატაშვილი თ. ნავთობით დაბინძურებული ნიადაგ-ბრუნტების ბიოტექნოლოგიური რეაბილიტაციის პრესკიტივები საქართველოს ტოროების ბამოყენებით (საქართველო)	108
იტრიაშვილი ლ., ხოსროშვილი ე., ნიბლაძე ნ., შავლაყაძე მ., მაისაია ლ. ბრუნტების სტრუქტურების წარმომადგენის და რეზულირების ფიზიკურ-ქიმიური მქანოში (საქართველო)	112

კერესელიძე დ., გრიგოლია გ., ტრაპაძე ვ., ბრეგვაძე გ. წყალმოვარდნის პერიოდის ჩამონადენის რეგულაციის სტრატეგიული მოდელი (საქართველო)	118
კენჭოშვილი ე. წყალდიდობის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ეკონომიკის ზოგირითი საპიოხი (საქართველო)	124
კილაძე რ. არხებში მოძრავი ტალღების ჰიდრაულიკა (საქართველო)	128
კილაძე რ. ჰორიზონტალურ ზოლებში მორწყვის ჰიდრაულიკა და მათი ოპტიმიზაციის შესაძლებლობები (პროცესის კომპიუტერული იმიტაციის საფუძველზე) (საქართველო)	132
კორძაძე ა., დემეტრაშვილი დ. შავი ზღვის სანაპირო ზოლში ცირკულაციური პროცესების პროგნოზირება, შავი ზღვის მაღალი ამოსუნთქვის სანაპირო ზონის რეგონალური მოდელის დახმარებით (საქართველო)	140
კუპრეიშვილი შ., სიჭინავა პ., მაისია ლ. კოლხეთის დაბლობზე დამშრობ-მარეზულირებადი ქსელის გაანგარიშებისას ზედაპირულ-მოლეკულური ევოლუციის გავლენა ფილტრაციის რეოლოგიურ მახასიათებელზე (საქართველო)	147
ლაფროვი ნ., რუდაკოვი ი., ლოგინოვი გ., ივანოვა ნ., მაკოვსკი ა. მდ. ჩუშ კალაპოტის მონაკვეთის ჰიდრაულიკური მოდელირება ჰავლისმიმართული დუბების მოსაწყობად უხვიერი მასალების კარიერის შემდგომი ფირფიტის აღამუშვნის რაიონის სოფელ გირდის რაიონში (ყირგიზეთი)	152
მამატკანოვი დ., შატრაიანი ვ., ტუხოვა ტ. რა უშლის ხელს კლიმატის და გამყინვარების ბრძოლაშიანი პროგნოზის გაკეთებას? (ყირგიზეთი)	159
მამედოვი ჯ. კლიმატის გლობალური ცვლილების გავლენა დიდი კავკასიონის მდინარეთა ჩამონადენზე (აზერბაიჯანი)	163
მამედოვი ა., გადიევი ი. სამხრეთ კავკასიის კლიმატის კვლევა (აზერბაიჯანი)	166
მარკოვსკა ი. წყალზე მოთხოვნილება და რესურსები მცენარეთა განვითარებისათვის (პოლონეთი)	171
მეზონია ნ., ლოხანიძე ზ., კვარაცხელია თ. ბრუნტის უბრდოს მდგრადობის სანგარიშო მეთოდები და დაცვების პროცესის მმანში (საქართველო)	175
მოსულიშვილი დ., ბაღამწარაშვილი ზ., ნარიმანიშვილი მ. ტექკავითი სამუშაოების ეკოლოგიურად უვნებელი განივგადასატანი საბაბირო მორსათრევი დანადგარები (საქართველო)	180
მოსულიშვილი დ., ბაღამწარაშვილი ზ., ნარიმანიშვილი მ. მორსათრევი თვით-მტვრითავი აბრეგატის მდგრადობის დინამიკური გამოკვლევა შოლტების ნახევრადღატვრითულ მდგომარეობაში მორთრევის დროს (საქართველო)	186
ნათიშვილი თ., თევზაძე ვ., დადიანი ქ. წნევის დანაბარები სიბრძნე ჰიპერკონცენტრირებული ღვარცოვის აბსტრაქტული თანაბარი რეჟიმით მოძრავის დროს (საქართველო)	191
ნათიშვილი თ., თევზაძე ვ., ჭარბაძე ზ., დადიანი ქ. ნორმატიული დოკუმენტების შესახებ ღვარცოვმცოდნეობის დარბში (საქართველო)	193
ოდილაძე თ., ბზიავა კ., ჰუგენბუმი გ., ინაშვილი ი., უნდილაშვილი ნ. ბოსტნული კულტურების ზრდის გაუმჯობესება წვეთური მორწყვის გამოყენებით (საქართველო, აშშ)	199
სამხარაძე ვ., კოკილაშვილი გ., ჯანელიძე ვ. ნიადაბის წყლისმიერი და ქარისმიერი ეროზიის საწინააღმდეგო მანქანა-იარაღები (საქართველო)	205
სამხარაძე ვ., კოკილაშვილი გ., ჯანელიძე ვ. ნიადაბის უბრდოზე ზედაპირული ჩამონადენის რეზულირების ტექნოლოგიური სქემები ახალი ტიპის საბორი არხისმჭრელის გამოყენებით (საქართველო)	211

სიმონიანი ა., ტოკმაჯიანი თ. სომხეთის რესპუბლიკის ჰიდროენერგეტიკული სექტორის განვითარება და ჰიდროენერგიის წარმოებასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური ზემოქმედება (სომხეთი)	215
სუპატაშვილი თ. ბარიუმის შემცველობის დადგენა საწარმოო ნარჩენებში და ქარხნების მიმდებარე ტერიტორიების ზედაპირულ წყლებში (საქართველო)	219
ფურცელაძე ღ. ბუნებრივი გარემოს საფრთხის პროგნოზირება და აპარიის რისკის შეფასება (საქართველო)	223
ყიფიანი გ., ცხევედაძე რ., რეხვიაშვილი გ. ჰიდრაულიკური მილების დააროქმტებისათვის პრიზმული კმლის ბრუნვის სივრცითი ამოცანის გადაწყვეტა ტრიბონომეტრიული მწკრივების გამოყენებით (საქართველო)	229
ყვავაძე ე., ბილაშვილი კ. საქართველოს შავი ზღვის რეგიონის ზღვიური, ლაგუნური და სხვა სახის ნალექების კალინოლოგიური კვლევის შედეგები (საქართველო)	235
შატრაიანი ვ., ტუზოვა ტ. პალეობლაციოლოგიური რეკონსტრუქციების ახალი საწყისი პოზიციები ევრაზიის გამყინვარების და კლიმატის ბრძოლვადიანი პროგნოზირებისას (ყირგიზეთი)	240
ჩახაია გ., ვარაზაშვილი ზ., დიაკონიძე რ., წულუკიძე ღ., ხუბულავა ი. მთის ფერღობებზე მიმდინარე ეროზიული პროცესების საწინააღმდეგო თანამედროვე ღონისძიებები (საქართველო)	244
ციხელაშვილი ზ., გველესიანი თ. ზედაპირული წყლების დაბინძურების ინტერდისციპლინური მონიტორინგის მეთოდოლოგიური ასპექტები (საქართველო)	249
წერეთელი ემ., გობეჩია გ., დონაძე ც., გაფრინდაშვილი გ. საქართველოს ტერიტორიაზე გეოლოგიური გარემოს ანთროპოგენური ტრანსფორმაცია და ეგზოგენოლოგიური პროცესების ბართულებების მასშტაბი (საქართველო)	258
ჭარბაძე ზ. ფერღობის მდგრადობა წვიმისმიერი ეროზიის პირობებში (საქართველო)	263
ანოტაციები (ქართულ ენაზე)	266
ანოტაციები (რუსულ ენაზე)	281
ანოტაციები (ინგლისურ ენაზე)	295
ძრონიკა (ქართულ ენაზე)	308
ძრონიკა (რუსულ და ინგლისურ ენებზე)	322
ავტორთა საძიებელი (ქართულ ენაზე)	334
ავტორთა საძიებელი (რუსულ ენაზე)	335
ავტორთა საძიებელი (ინგლისურ ენაზე)	336

СОДЕРЖАНИЕ

АКАДЕМИК Ц.Е.МИРЦХУЛАВА – 90	3
Авазова М.А., Исмаилов Р.А. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД МАЛЫХ РЕК, ВПАДАЮЩИХ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ С ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА (Азербайджан)	10
Алекперова С.О. СЕЛЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ БОЛЬШОГО КАВКАЗА НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ (Азербайджан)	15
Балджян П.О., Токмаджян Л.В. РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОЛОВНОГО ГИДРОУЗЛА АРМАВИРСКОГО КАНАЛА "КАРА-КАЛА" НА р. АРАКС (Армения)	21
Брис К. ВЛИЯНИЕ БАЛАНСА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТОПОКЛИМАТА (Польша)	23
Гавардашвили Г.В., Диаконидзе Р.В., Чахая Г.Г., Цулукидзе Л.Н., Пирцхалаишвили И.Т. ИССЛЕДОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ РЕКИ АРАГВИ ОТ ЖИНВАЛЬСКОЙ ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ ДО ВПАДЕНИЯ В РЕКУ КУРУ (Грузия)	31
Гавардашвили Г.В. КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИЯ НАВОДНЕНИЯ В СЛУЧАЕ РАЗРУШЕНИЯ ИНГУРСКОЙ ПЛОТИНЫ (Грузия)	42
Дохнадзе Г.П., Читишвили Г.Ш., Кекелишвили Л.Г. ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ПОЧВЕННО-ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ (Грузия)	53
Вартанов М.В., Джавахишвили Л. Г. НЕКОТОРЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА МОРСКОГО ПОРТА В КАНЬОНЕ Р.ЧОРОХИ (Грузия)	59
Загинаев В. В. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЛЕЙ В ГОРНЫХ ДОЛИНАХ КЫРГЫЗСТАНА (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО СКЛОНА ТЕРСКОЙ-АЛАТОО) (Кыргызстан)	64
Закаидзе И.Г., Робакидзе Ш.С. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЗАКРЫТОЙ ОСУШИТЕЛЬНОЙ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (Грузия)	68
Иванова Н. И., Фролова Г. П. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ РЫБАЧЬЕ – ТАМЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОГО ПРИИССЫКУЛЬЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (Кыргызстан)	71
Иорданишвили К.Т. ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ ВЕРХНЕ-САМГОРСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ (Грузия)	76
Иорданишвили И.К., Вартанов А.М., Вартанов М.В. КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ ВНУТРИВОДОЕМНЫХ ПРОЦЕССОВ ГОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ (Грузия)	83
Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т., Хосрошвили Е.З., Джавахишвили Л.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФАСОННЫХ МАССИВОВ НА РАЗМЫВАЕМЫХ БЕРЕГАХ АДЖАРИИ (Грузия)	88
Иманов Ф.А., Раджабов Р.Ф. ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ (Азербайджан)	95
Иремашвили И.Р., Пирцхалаишвили И.Т., Кикнадзе Х.Л., Лорткипанидзе Ф. Н. ЯВЛЕНИЕ КАМНЕПАДА В ТРАНСПОРТНОМ КОРИДОРЕ ЕВРАЗИИ И ВЫБОР ИНЖЕНЕРНЫХ МЕР ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ (Грузия)	101
Итриашвили Л. А, Шавлакадзе М. С., Кикнадзе Х. Л., Супаташвили Т.Л. ПЕРСПЕКТИВЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ ПОЧВОГРУНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУЗИНСКИХ ТОРФОВ (Грузия)	108

Итриашвили Л. А., Хосрошвили Е. З., Нибладзе Н. Ш., Шавлакадзе М. С., Маисаиа Л. Д. ФИЗИКО- ХИМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ СТРУКТУР ГРУНТОВ (Грузия)	112
Кереселидзе Д. Н., Григолиа Г. Л., Трапаидзе В. З., Брегдадзе Г.И. СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛЕБАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА В ПАВОДОЧНЫЙ ПЕРИОД (Грузия)	118
Киладзе Р.М. ГИДРАВЛИКА ВОЛНОВОГО ДВИЖЕНИЯ В КАНАЛАХ (Грузия)	127
Киладзе Р.М. ГИДРАВЛИКА ПОЛИВОВ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ЧЕКАМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ (на основе компьютерной имитации процесса) (Грузия)	132
Кордзадзе А.А., Деметрашвили Д.И. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ГРУЗИНСКОЙ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ С ПОМОЩЬЮ РЕГИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЧЕРНОГО МОРЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ (Грузия)	140
Купрейшвили Ш. З., Сичинава П. О., Маисая Л. Д. ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-МОЛЕКУЛЯРНЫХ ЭФФЕКТОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ РАСЧЕТАХ ОСУШИТЕЛЬНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СЕТИ НА КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (Грузия)	147
Лавров Н.П., Рудаков И.К., Логинов Г.И., Иванова Н.И., Маковский А.А. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКА РУСЛА РЕКИ ЧУ ПРИ УСТРОЙСТВЕ СТРУЕ-НАПРАВЛЯЮЩИХ ШПОР ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРЬЕРА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В РАЙОНЕ ПОСЕЛКА БИРДИК АЛАМУДУНСКОГО РАЙОНА КЫР (Кыргызистан)	152
Маматканов Д.М., Шатравин В.И., Тузова Т.В. ЧТО МЕШАЕТ СДЕЛАТЬ ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ КЛИМАТА И ОЛЕДЕНЕНИЯ? (Кыргызистан)	159
Мамедов Дж. ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА СТОК ВОДЫ РЕК БОЛЬШОГО КАВКАЗА (на территории Азербайджана) (Азербайджан)	163
Мамедов А.С., Гадиёв Ю.Д. ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИМАТА ЮЖНОГО КАВКАЗА (Азербайджан)	166
Марковска И. ПОТРЕБНОСТЬ В ВОДЕ И РЕСУРСЫ ДЛЯ ПОИЗВОДСТВА РАСТЕНИЙ (Польша)	171
Мебония Н.А., Лобжанидзе З.К., Кварацхелия Т.Р. МЕТОДЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ГРУНТА И МЕХАНИЗМ ПРОЦЕССА СКОЛЬЖЕНИЯ (Грузия)	175
Мосулишвили Д.И., Баламцарашвили З.Г., Нариманишвили М.Г. ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗВРЕДНЫЕ ПОПЕРЕЧНОПЕРЕДВИЖНЫЕ КАНАТНЫЕ ТРЕЛЁВОЧНЫЕ УСТАНОВКИ ЛЕСОРУБОЧНЫХ РАБОТ (Грузия)	180
Мосулишвили Д.И., Баламцарашвили З.Г., Нариманишвили М.Г. ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТРИЛЁВОЧНОГО ГРУЗОВОГО АГРЕГАТА ВО ВРЕМЯ ТРЕЛЁВКИ ПРИ НЕПОЛНОЙ НАГРУЗКЕ (Грузия)	186
Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И., Дадияни К.З. ПОТЕРИ НАПОРА ПО ДЛИНЕ ГИПЕР-КОНЦЕНТРИРОВАННОГО СЕЛЯ ПРИ АБСТРАКТНО РАВНОМЕРНОМ РЕЖИМЕ ДВИЖЕНИЯ (Грузия)	191
Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И., Чарбадзе З.Д., Дадияни К.З. О НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ В ОБЛАСТИ СЕЛЕВЕДЕНИЯ (Грузия)	193
Одилавадзе Т.В., Бзиава К.Г., Хугенбум Г., Инашвил И.З., Ундилашвили Н.А. УЛУЧШЕНИЕ РОСТА СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ (Грузия, США)	199

СОДЕРЖАНИЕ

Самхарадзе В.И., Кокилашвили Г.З., Джанелидзе В.В. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ВОДНОЙ И ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ (Грузия)	205
Самхарадзе В.И., Кокилашвили Г.З., Джанелидзе В.В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА СКЛОНАХ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО КАТКОВОГО КАНАЛОРЕЗА (Грузия)	211
Симонян А., Токмаджян О. РАЗВИТИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЯЗАННЫЕ С ПРОИЗВОДСТВОМ ГИДРОЭНЕРГИИ (Армения)	215
Супаташвили Т.Л. УСТАНОВЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА БАРИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДАХ ЗАВОДОВ И В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К НИМ ТЕРРИТОРИИ (Грузия)	219
Пурцеладзе Л. Д. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ И ОЦЕНКА ВЫЗВАННОГО ИМИ РИСКА АВАРИЙ (Грузия)	223
Кипиани Г.О., Цхведадзе Р.М., Рехвиашвили Г.М. РЕШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАДАЧ КРУЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ТРУБЫ ПРИЗМАТИЧЕСКОЙ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ РЯДОВ (Грузия)	229
Квавадзе Э., Билашвили К. РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКИХ, ЛАГУННЫХ И ДРУГИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЧЕРНОМОРСКОГО СЕКТОРА ГРУЗИИ (Грузия)	235
Шатравин В.И., Тузова Т.В. НОВЫЕ ИСХОДНЫЕ ПОЗИЦИИ ПАЛЕОГЛЯЦИОЛОГИЧЕС- КИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДОЛГОСРОЧНОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОЛЕДЕНЕНИЯ И КЛИМАТА ЕВРАЗИИ (Кыргизистан)	240
Чахая Г.Г., Варазашвили З.Н., Цулукидзе Л.Н., Хубулава И.В. СОВРЕМЕННЫЕ МЕРО- ПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ЭРОЗИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ, ПРОТЕКАЮЩИМИ НА ГОРНЫХ СКЛОНАХ (Грузия)	244
Цихелашвили З.И., Гвелесиани Т.Л. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНГРЕДИЕНТ- НОГО МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД (Грузия)	249
Церетели Э.Д., Гобечия Г.Н., Донадзе Ц.Г., Гаприндашвили Г.М. АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И МАСШТАБ РАЗВИТИЯ ЭКЗОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ (Грузия)	258
Чарбадзе З.Д. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ КРУТИЗНА СКЛОНА С УЧЕТОМ ЭРОЗИИ ПОЧВ (Грузия)	263
АННОТАЦИИ (на грузинском языке)	266
АННОТАЦИИ (на русском языке)	281
АННОТАЦИИ (на английском языке)	295
ХРОНИКА (на грузинском языке).....	308
ХРОНИКА (на русском и английском языке)	322
УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на грузинском языке)	334
УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на русском языке)	335
УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ (на английском языке)	336

C O N T E N T S

ACADEMICIAN TSOTNE MIRTSKHOULAVA – 90	3
Avazova M., Ismailov R. ASSESMENT OF WATER QUALITY OF SMALL STREAMS FLOWING INTO THE CASPIAN SEA, AZERBAIJAN (Azerbaijan).....	10
Alekperova S. MUDFLOW EVENTS IN THE GREATER CAUCASUS IN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN AND OF COMBATING THEM WAYS (Azerbaijan)	15
Baljyan P., Tokmajyan L. RESULTS OF NATURAL INVESTIGATIONS OF THE ARMAVIR CHANNEL HEAD HYDRO-SCHEME “KARA-KALA” ON THE RIVER ARAKS (Armenia)	21
Brys K. INFLUENCE OF RADIATION BALANCE ON TOPOCLIMATE VARIABILITY (Poland)	23
Gavardashvili G., Diakonidze R., Chakhaia G., Tsulukidze L., Pirtskhalaishvili I. INVESTIGATION OF THE CHANNEL PROCESSES OF THE RIVER ARAGVI FROM THE ZHINVALI EARTH-DAM TO ITS FALLING INTO THE MTKVARI (Georgia)	31
Gavardashvili G. COMPUTER IMITATION OF FLOODING IN THE CASE OF COLLAPSE OF THE INGURI DAM (Georgia)	42
Dokhnadze G., Chitishvili G., Kekelishvili L. THE EFFECT OF THE VEGETABLE COVER ON SOIL-EROSIONAL PROCESSES (Georgia)	53
Vartanov M., Javakhishvili L. SOME ECONOMIC APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF BUILDING A SEA PORT IN THE CANYON OF THE CHOROKHI RIVER (Georgia)	59
Zaginaev V. FORECASTING MUDFLOW IN MOUNTAIN PLAINS OF KYRGYZSTAN (as exemplified by the northern slope of Terskei-Alatoo) (Kyrgyzstan)	64
Zakaidze I., Robakidze Sh. SOME QUESTIONS OF THE CLOSED DRAINAGE AND REGULATION SYSTEMS OF THE KOLKHETI LOWLAND GEORGIAN INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT (Georgia)	68
Ivanova N., Frolova G. EVALUATION OF THE QUALITY OF THE GROUNDWATER RYBACHYE - TAMCHINSKOE DEPOSIT OF WESTERN ISSYK-KUL AREA OF THE KYRGYZ REPUBLIC FOR IRRIGATION (Kyrgyzstan)	71
Iordanisvili K. ASSESSMENT OF THE VULNERABILITY OF THE UPPER SAMGORI IRRIGATION SYSTEM (Georgia)	76
Iordanishvili I., Vartanov A., Vartanov M. COMPUTER CALCULATION OF INTRARESER- VOIR PROCESSES OF MOUNTAIN RESERVOIRS (Georgia)	83
Iordanishvili I., Iordanishvili K., Khosroshvili E., Javakhishvili L. STUDY OF THE FEASIBIL- ITY OF THE EFFECTIVE USE OF ON THE WASHED OUT COUST OF ADJARIA (Georgia) ..	88
Imanov F., Radjabov R. USE OF NEW STATISTICAL METHODS IN HYDROLOGIC CALCULATIONS (Azerbaijan)	95
Iremashvili I., Pirtskhalaishvili I., Kiknadze Kh., Lortkipanidze F. THE PHENOMENON OF ROCKFALL IN THE TRACECA CORRIDOR AND THE CHOICE OF ENGINEERING MEASURES TO COMBAT IT (Georgia)	101
Itriashvili L., Shavlakadze M., Kiknadze Kh., Supatashvili T. THE PROSPECTS OF BIOTECH- NOLOGICAL REHABILITATION OF SOILS POLLUTED WITH OIL WITH THE USE OF GEORGIAN PEATS (Georgia)	108

Itriashvili L., Khosroshvili E., Nibladze N., Shavlakadze M., Maisaia L. PHYSICO-CHEMICAL MECHANISM OF THE FORMATION AND REGULATION OF SOIL STRUCTURES (Georgia) ..	112
Kereselidze D., Grigolia G., Trapaidze V., Bregvadze G. STOCHASTIC MODEL OF THE FLUCTUATION OF RIVER RUNOFF IN THE PERIOD OF FLOODING (Georgia)	118
Kechkhoshvili E. SOME ECONOMIC QUESTIONS CONNECTED WITH ANTI-FLOOD MEASURES (Georgia)	124
Kiladze R. HYDRAULICS OF WAVE MOTION IN CANALS (Georgia)	128
Kiladze R. HYDRAULICS OF IRRIGATION FOR HORIZONTAL BORDER AND THE FEASIBILITY OF ITS OPTIMIZATION (based on computer simulation process) (Georgia)	132
Kordzadze A., Demetrashvili D. FORECAST OF CIRCULATION PROCESSES IN THE GEORGIAN BLACK SEA COASTAL ZONE BY THE HIGH-RESOLUTION REGIONAL MODEL OF THE BLACK SEA DYNAMICS (Georgia)	140
Kupreishvili Sh., Sichinava P., Maisaia L. THE IMPACT OF SURFACE-MOLECULAR EFFECT ON THE RHEOLOGICALLY INDUCED FILTRATION IN CALCULATIONS OF THE DRAINAGE-REGULATION NETWORK ON KOLKHETI LOWLAND (Georgia)	147
Lavrov N., Rudakov I., Lorinov G., Ivanov N., Makovski A. HYDRAULIC MODELING SECTION OF THE RIVER BED CHU AT THE DEVICE TURNING VANE SPURS TO BUILD A CAREER GRANULAR MATERIALS NEAR THE VILLAGE BIRDIK ALAMUDUN REGION OF KYRGYZSTAN (Kurguzstan)	152
Mamatkanov D., Shatravin V., Tuzova T. WHAT STANDS IN THE WAY OF MAKING A LONG-TERM FORECAST OF CLIMATE AND GLACIATION? (Kurguzstan)	159
Mammedov J. THE INFLUENCE OF GLOBAL CHANGES OF CLIMATE ON THE RUNOFF OF THE RIVERS OF THE GREATER CAUCASUS (Azerbaijan)	163
Mamedov A., Gadiev U. THE SOUTH CAUCASUS CLIMATE RESEARCH (Azerbaijan)	166
Markowska J. WATER DEMAND AND RESOURCES FOR PLANT PRODUCTION (Poland)	171
Mebonia N., Lobzhanidze Z., Kvaratskhelia T. METHODS OF CALCULATION OF STABILITY OF A GROUND SLOPE AND THE MECHANISM OF THE PROCESS OF SLIDING (Georgia) .	175
Mosulishvili D., Balamtsarashvili Z., M. Narimanishvili ECOLOGICALLY HARMLESS TRANSVERSELY-MOVING CABLEWAY LOGGING INSTALLATION OF LOGGING WORK (Georgia)	180
Mosulishvili D., Balamtsarashvili Z., M. Narimanishvili DYNAMIC STUDY OF THE STABILITY OF A LOGGING LOAD INSTALLATION WHEN LOGGING AT INCOMPLETE LOAD (Georgia)	186
Natishvili O., Tevzadze V., Dadiani K. LOSS OF HEAD ALONG THE LENGTH OF HYDRO-CONCENTRATED MUDFLOW AT ABSTRACTLY EVEN REGIME OF MOVEMENT (Georgia)	191
Natishvili O., Tevzadze V., Z. Charbadze, Dadiani K. ON NORMATIVE DOCUMENTS IN THE FIELD OF MUDFLOW STUDIES (Georgia)	193
Odilavadze T., Bziava K., Hoogenboom G., Inashvili I., Undilashvili N. IMPROVEMENT OF THE VEGETABLES GROWING AT USING THE DRIP IRRIGATION (Georgia, USA)	199
Samkharadze V., Kokilashvili L., Janelidze V. MACHINES AND EQUIPMENT FOR THE PROTECTION OF SOILS FROM WATER EROSION (Georgia)	205

СОДЕРЖАНИЕ

Samkharadze V., Kokilashvili L., Janelidze V. TECHNOLOGICAL DIAGRAMS FOR REGULATING SURFACE RUNOFF ON SLOPES WITH THE USE OF A NEW ROLLER CHANNEL-DIGGER (Georgia)	211
Simonyan A., Tokmajyan H. CHALLENGES OF HYDROENERGY SECTOR DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF ARMENIA AND THE ENVIRONMENTAL IMPACTS ASSOCIATED WITH HYDROPOWER PRODUCTION (Armenia)	215
Supatashvili T. DETERMINATION OF THE QUANTITY OF BARIUM IN INDUSTRIAL WASTES AND IN SURFACE WATER OF ADJOINING AREA (Georgia)	219
Purtseladze L. PREDICTION OF NATURAL HAZARDS AND ASSESSMENT OF THE RISK OF ACCIDENTS CAUSED BY THEM (Georgia)	223
Kipiani G., Tskhvedadze P., Rekhviashvili G. SOLUTION OF SPATIAL PROBLEMS OF TORSION OF A HYDRAULIC PIPE OF PRISMATIC FORM WITH THE AID OF TRIGONOMETRIC SERIES (Georgia)	229
Kvavadze E., Bilashvili K. RESULTS OF PALYNOLOGICAL STUDIES OF MARINE, LAGOON AND OTHER SEDIMENTS FROM THE BLACK SEA AREA IN GEORGIA (Georgia)	235
Shatravin V., Tuzova T. NEW INITIAL POSITIONS OF PALAEOGEOLOGICAL RECONSTRUCTIONS AT LONG-TERM PREDICTION OF GLACIATION AND CLIMATE OF EURASIA (Kurguzstan)	240
Chakhaia G., Varazashvili Z., Diakonidze R., Tsulukidze L., Khubulava I. MODERN MEASURES OF COMBATING EROSIONAL PROCESSES OCCURRING ON MOUNTAIN SLOPES (Georgia)	244
Tsikhelashvili Z., Gvelesiani T. METHODOLOGICAL ASPECTS OF INGREDIENT MONITORING OF POLLUTION OF SURFACE WATERS (Georgia)	249
Tsereteli E., Gobechia G., Donadze Ts., Gaprindashvili G. ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT AND THE SCALE OF DEVELOPMENT OF EXO-GEOLOGICAL PROCESSES ON THE TERRITORY OF GEORGIA (Georgia)	258
Charbadze Z. MAXIMUM PERMISSIBLE STEEPNESS OF A SLOPE WITH REGARD FOR SOIL EROSION (Georgia)	263
ABSTRACTS (in Georgian)	266
ABSTRACTS (in Russian)	281
ABSTRACTS (in English)	295
CHRONICLE (in Georgian).....	308
CHRONICLE (in Russian and in English).....	322
AUTHOR INDEX (in Georgian)	334
AUTHOR INDEX (in Russian)	335
AUTHOR INDEX (in English)	336

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 წარმოდგენილ 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:
 - სამეცნიერო მიმართულება (მარჯვენა ზედა კუთხეში);
 - ავტორის (ან ავტორების) სახელი, მამის სახელი და გვარი, საკონტაქტო პირის E-mail-ის მითითებით;
 - სტატიის სახელწოდება;
 - ორგანიზაციის დასახელება, სადაც შესრულებულია ნაშრომი, საფოსტო მისამართის მითითებით;
 - შესავალი;
 - ძირითადი ნაწილი (კვლევის ობიექტი და მეთოდიკა);
 - დასკვნები და რეკომენდაციები;
 - გამოყენებული ლიტერატურა (არა უმეტეს 10-ისა);
 - საკვანძო სიტყვები (არა უმეტეს 6-ისა);
 - ანოტაცია (10–15 სტრიქონი).
5. გამოყენებული ლიტერატურა წარმოდგენილი უნდა იქნეს შემდეგი თანმიმდევრობით: ავტორის (ავტორების) გვარი და ინიციალები, შრომის დასახელება, კრებულის ან ჟურნალის დასახელება და ნომერი, გამოცემის ადგილი (ქალაქი), წელი, გვერდები. გამოყენებული ლიტერატურის თანმიმდევრობა უნდა შეესაბამებოდეს სტატიის ტექსტში მითითებულ ციტირებას;
6. გამოსაქვეყნებლად დაწუნებული სტატიები ავტორებს არ უბრუნდება.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В СБОРНИКЕ НАУЧНЫХ ТРУДОВ ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Назначение сборника – создание условий для развития науки, а также публикация материалов результатов научных новых достижений исследователей и специалистов.

В сборнике публикуются статьи следующих научных направлений:

- водное хозяйство;
- гидротехника и мелиорация;
- гидрология и метеорология;
- охрана окружающей среды;
- надёжность и риск гидротехнических сооружений;
- строительство;
- исследования по изучению Земли.

Статьи, опубликованные в сборнике, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Статья может быть представлена на грузинском, русском или английском языке, объёмом не более 10 страниц. К статье прилагаются аннотации (к статье на грузинском языке – аннотации на грузинском, русском и английском языке; русском – аннотации на русском и английском языке; английском – аннотации на английском языке). Один автор может представить не более 2-х статей.
2. К статье прилагается направление организации, в которой выполнена работа.
3. Статьи направляются по электронной почте **gwmi1929@gmail.com**. Формат листа – А4; интервал – 1,5; шрифт – 12; поля – с четырех сторон по 25 мм; статья выполняется в виде **DOC** файла (MS Word). Статьи, представленные на

грузинском языке выполняются шрифтом **AcadNusx**; 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:
 - научное направление исследования (в верхнем правом углу);
 - имя, отчество и фамилия, автора (авторов) с указанием E-mail контактного лица;
 - название статьи;
 - название организации, где выполнена работа с указанием ее почтового адреса;
 - введение;
 - основная часть (объект исследований и методика);
 - выводы и рекомендации;
 - использованная литература (не более 10);
 - ключевые слова (не более 6);
 - аннотация (10-15 строк).
5. Использованная литература должна быть представлена в следующем порядке: фамилия и инициалы автора (авторов), название работы, название сборника или журнала, номер, место издания (город), год, страницы. Список использованной литературы составляется в порядке цитирования в тексте.
6. Отклонённые статьи авторам не возвращаются.

CONTRIBUTIONS TO THE COLLECTED SCIENTIFIC PAPERS OF THE INSTITUTE OF WATER MANAGEMENT

The main objective of collected papers is to favor the development of science and to publish the results and materials of studies and new achievements obtained by scientists and professionals.

The collected papers should include the following scientific directions:

- water industry;
- hydraulic engineering and irrigation;
- hydrology and meteorology;
- environmental protection;
- safety and risk of hydraulic structures;
- construction;
- Earth sciences.

Contributions to the collected scientific papers are as follows:

1. Papers can be submitted in Georgian, Russian or English languages, no more than 10 pages. Paper summaries must be attached to the papers (to the paper in Georgian language – Georgian, Russian and English Summaries; to the paper in Russian language – Russian and English Summaries; to the paper in English language – English Summary). One author can submit no more than two papers.
2. The paper submitted to the Institute must include the letter of reference from the organization, where the study took place;
3. The paper must be submitted electronically to the following e-mail:
gwmi1929@gmail.com.

4. Sheet format – A4, interval – 1.5 and font size 12, margins 25 mm for four sides; the paper must be submitted in DOC format (MS Word), recorded on CD-R; for Georgian Text – AcadNusx; 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:

- Scientific 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.



UNESCO-ს ეგიდით ჩატარებული ინსტიტუტის 80 წლის იუბილისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სიმპოზიუმის პრეზიდიუმი (2009)
 Президиум Международного симпозиума, посвященного 80-летию юбилею института, Китайская проведенного под эгидой ЮНЕСКО (2009)
 The Presidium of the International Conference which is held under the auspices of the UNESCO and dedicated to the 80 Anniversary of the Georgian Water Management Institute(2009)



ინსტიტუტში ჩინეთის დელეგაციის სტუმრობისას (2007)
 Китайская делегация в институте (2007 г.)
 The Chinese Delegation visited the Georgian Water Management Institute (2007)