

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მართვის ინსტიტუტი  
გარემოს დაცვის ეკოცენტრი



V საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია  
„წყალთა მართვის, გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და  
მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“

16-19 ივლისი, 2015

ეძღვნება აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას დაბადების 95 წლისთავს

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF GEORGIA  
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY  
Ts. MIRTSKHULAVA WATER MANAGEMENT INSTITUTE  
ECOCENTER FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION

V INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE  
„MODERN PROBLEMS OF WATER MANAGEMENT, ENVIRONMENTAL PROTECTION,  
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION“

JULY 16-19, 2015

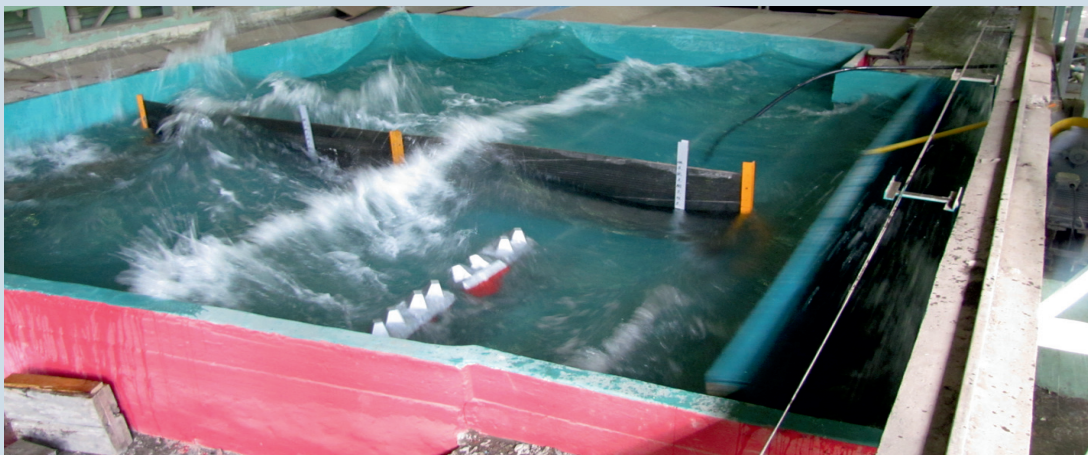
*DEDICATED TO THE 95 ANNIVERSARY OF ACADEMIC TSOTNE MIRTSKHULAVA*

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ И НАУКИ ГРУЗИИ  
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ИМ. Ц. МИРЦХУЛАВА  
ЭКОЦЕНТР ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
„СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА,  
ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА“

16-19 ИЮЛЯ, 2015

*ПОСВЯЩАЕТСЯ 95-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА ЦОТНЕ МИРЦХУЛАВА*



საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მუშრნეობის ინსტიტუტი  
გარემოს დაცვის ეკოცენტრი



საქართველოს წყალთა მუშრნეობის ინსტიტუტი  
GEORGIAN WATER MANAGEMENT INSTITUTE  
1929



V საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია  
„წყალთა მუშრნეობის, გარემოს დაცვის,  
არქიტექტურისა და მუშრნეობის  
თანამედროვე პრობლემები“

16-19 ივლისი, 2015

ეძღვნება აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას დაბადების 95 წლისთავს

---

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF GEORGIA  
TSOTNE MIRTSKHULAVA WATER MANAGEMENT INSTITUTE  
OF GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY  
ECOCENTER FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION

V INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE  
„MODERN PROBLEMS OF WATER MANAGEMENT, ENVIRONMENTAL  
PROTECTION, ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION“

16-19 JULY, 2015

*DEDICATED TO THE 95 ANNIVERSARY OF ACADEMIC TSOTNE MIRTSKHULAVA*

---

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ И НАУКИ ГРУЗИИ  
ИНСТИТУТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ИМЕНИ ЦОТНЕ МИРЦХУЛАВА  
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ЭКОЦЕНТР ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
„СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА,  
ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ,  
АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА“

16-19 ИЮЛЯ, 2015

*ПОСВЯЩАЕТСЯ 95-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА ЦОТНЕ МИРЦХУЛАВА*

---

თბილისი, საქართველო / Tbilisi, Georgia / Тбилиси, Грузия  
2015

### საორგანიზაციო კომიტეტი:

ფრანგიშვილი ა.ი. (საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარე), ბაციკაძე თ.გ. (თანათავმჯდომარე), გაგარდაშვილი გ.გ. (თანათავმჯდომარე), იმანოვი ფ.ა. (თანათავმჯდომარე), ტოკმაჯიანი ო.ვ. (თანათავმჯდომარე), ირემაშვილი ი.რ. (პასუხისმგებელი მდივანი), ბალჯიანი პ.ო., გედენიძე ზ.შ., გოჯამანოვი მ.გ., ზეინალოვი ტ.ს., კარაპეტციანი გ.ი., კოპალიანი ზ.დ., კოპიტოვსკი ვ., მაჟაისკი ი.ა., მკრტუმიანი მ.მ., ნათიშვილი ო.გ., ნურბეგი ე.ბ., რაიჩიკი ი.ე., სალუკვაძე გ.ა., სიმონიანი ა.გ., სობოტა ე., ტოკმაჯიანი ვ.ო., ღარიბოვი ი.ა.

### Organizing Committee:

Prangishvili A.I. (Chairman of the Organizing Committee), Batsikadze T.V. (Co-chairman of the Organizing Committee), Gavardashvili G.V. (Co-chairman of the Organizing Committee), Tokmajyan O.V. (Co-chairman of the Organizing Committee), Imanov F.A. (Co-chairman of the Organizing Committee), Iremashvili I.R. (Executive Secretary), Baljyan P.O., Garibov I.A., Gedenidze Z.Sh., Godjamanov M.G., Karapetyan G.I., Kopaliani Z.D., Kopitovsky V. Majaiski Iu.A., Mkrtmian M.M., Natishvili O.G., Nuriev E.B., Rajczyk J.E., Salukvadze G.A., Simonyan A.V., Sobota J., Tokmajyan V.H., Zeinalov T.S.

### Организационный комитет:

Прангишвили А.И. (председатель организационного комитета), Бацикадзе Т.В. (сопредседатель организационного комитета), Гавардашвили Г.В. (сопредседатель организационного комитета), Иманов Ф.А. (сопредседатель организационного комитета), Токмаджян О.В. (сопредседатель организационного комитета), Иремашвили И.Р. (ответственный секретарь), Балджян П.О., Гарибов И.А., Геденидзе З.Ш., Годжаманов М.Г., Зейналов Т.С., Карапетян Г.И., Копалиани З.Д., Копитовский В., Мажайский Ю.А., Мкртумян М.М., Натишвили О.Г., Нуриев Э.Б., Раичик Я.Э., Салуквадзе Г.А., Симонян А.В., Собота Е., Токмаджян В.О.

### სამეცნიერო კომიტეტი:

აიუბი ბ.მ. (აშშ), ბალჯიანი პ.ო. (სომხეთი), ბაციკაძე თ.გ. (საქართველო), ბორტვიკ ა. (დიდი ბრიტანეთი), ბოურნასკი ე. (ბულგარეთი), გაგარდაშვილი გ.გ. (საქართველო), გასიტაშვილი ზ. (საქართველო), გაგარამანლი ი.გ. (აზერბაიჯანი), დიაკონიძე რ.გ. (საქართველო), დუდაი ნ. (ისრაელი), ედოიანი ვ. (სომხეთი), ვახონინი ნ.კ. (ბელარუსი), ვლასაკი პ. (ჩეხეთი), ვუ ი. (ჩინეთი), ზეინალოვი ტ.ს. (აზერბაიჯანი), თავხელიძე დ. (საქართველო), იმანოვი ფ.ა. (აზერბაიჯანი), იორდანიშვილი ი.კ. (საქართველო), ირემაშვილი ი.რ. (საქართველო), კინგ ლ. (გერმანია), კლიმიშვილი ლ. (საქართველო), კოვალენკო პ. (უკრაინა), კუბეჩკოვა დ. (ჩეხეთი), კუპრეიშვილი შ.ზ. (საქართველო), კოპალიანი ზ.დ., (რუსეთი), კუპრეიშვილი შ.ზ. (საქართველო), ლოისკანდლ ვ. (ავსტრია), მაგომედოვა ა.ვ. (რუსეთი), მამატკანოვი დ.მ. (ყირგიზეთი), მამადოვი ა.შ. (აზერბაიჯანი), მაჟაისკი ი.ა., (რუსეთი), მკრტუმიანი მ.მ. (საქართველო), ნათიშვილი ო.გ. (საქართველო), ნურბეგი ე. (ჩინეთი), რაიჩიკი ი.ე. (პოლონეთი), სარუკხანანი ა.ა. (სომხეთი), სასკევიჩი პ.ა. (ბელარუსი), სეჰანი კ. (თურქეთი), სობოტა ე. (პოლონეთი), სუვა ხ. (იაპონია), ტოკმაჯიანი ო.ვ. (სომხეთი), ფრანგიშვილი ა.ი. (საქართველო), ღარიბოვი ი.ა. (აზერბაიჯანი), შილა ი.ნ. (ბელარუსი), ჩახაია გ.გ. (საქართველო), ჩერნომორეც ს.ს. (რუსეთი), ჯენევის რ. (იტალია), ჰაიდე ლ. (ბელარუსი).

### Научный комитет:

Айуб Б.М. (США), Балджян П.О. (Армения), Бацикадзе Т.В. (Грузия), Бортвик А. (Англия), Боурнаски Е. (Болгария), Вахонин Н.К. (Беларусь), Власак П. (Чехия), Ву И. (Китай), Гавардашвили Г.В. (Грузия), Ганде Л. (Нидерланды), Гарибов Ю.А. (Азербайджан), Гаситашвили З. (Грузия), Гахраманли Ю.В. (Азербайджан), Диаконидзе Р.В. (Грузия), Дженовойс Р. (Италия), Дудай Н. (Израиль), Едоян В. (Армения), Жанг П. (Китай), Зейналов Т.С. (Азербайджан), Иманов Ф.А. (Азербайджан), Иорданишвили И.К. (Грузия), Иремашвили И.Р. (Грузия), Кинг Л. (Германия), Климишвили Л. (Грузия), Коваленко П. (Украина), Копалиани З.Д. (Россия), Кубечкова Д. (Чехия), Кузнецов М.С. (Россия), Купреишвили Ш.З. (Грузия), Лоискандл В. (Австрия), Магомедова А.В. (Россия), Мажайский Ю.А. (Россия), Маматканов Д.М. (Кыргызстан), Мамедов А.Ш. (Азербайджан), Мейджер Дж. Дж. (США), Натишвили О.Г. (Грузия), Прангишвили А.И. (Грузия), Райчик Я.Э. (Польша), Саруханян А. (Армения), Саскевич П.А. (Беларусь), Сейхан К. (Турция), Собота Е. (Польша), Сува Х. (Япония), Тавхелидзе Д. (Грузия), Токмаджян О.В. (Армения), Чахая Г.Г. (Грузия), Черноморец С.С. (Россия), Шило И.Н. (Беларусь)

### Scientific committee:

Ayyub B.M. (USA), Baljyan P.O. (Armenia), Batsikadze T.V. (Georgia), Borthwick A. (United Kingdom), Bournaski E. (Bulgaria), Chakhaia G.G. (Georgia), Chernomorec S.S. (Russia), Diakonidze R.V. (Georgia), Dudai N. (Israel), Edoian V. (Armenia), Gahramanli Y.V. (Azerbaijan), Garibov Y.A. (Azerbaijan), Gasitashvili Z. (Georgia), Gavardashvili G.V. (Georgia), Genevois R. (Italy), Hayde L. (The Netherlands), Imanov F.A. (Azerbaijan), Iordanishvili I.K. (Georgia), Iremashvili I.R. (Georgia), King L. (Germany), Klimiashvili L. (Georgia), Kopaliaini Z.D. (Russia), Kovalenko P. (Ukraine), Kubeckova D. (Czech republic), Kupreishvili Sh.Z. (Georgia), Kuznetsov M.C. (Russia), Loiskandl W. (Austria), Magomedova A.V. (Russia), Mamatkanov D.M. (Kyrgyzstan), Mammadov A.Sh. (Azerbaijan), Majaiskiy Yu.A. (Russia), Major J.J. (USA), Natishvili O.G. (Georgia), Prangishvili A.I. Georgia, Rajczyk J.E. (Poland), Sarukhanyan A.A. (Armenia), Saskevich P.A. (Republic of Belarus), Seyhan K. (Turkey), Shila I.N. (Belarus), Sobota E. (Poland), Suwa H. (Japan), Tavkheldize D. (Georgia), Tokmajian O.V. (Armenia), Vakhonin N. K. (Belarus), Vlasak P. (Czech republic), Wu I. (China), Zeynalov T.S. (Azerbaijan), Zhang P. (China)

მისამართი: 0162, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60; ელ ფოსტა: [gwmi1929@gmail.com](mailto:gwmi1929@gmail.com); ვებ-გვერდი: <http://wmi.ge>  
Address: 0162, Tbilisi, 60 Ave. I. Chavchavadze; E-mail: [gwmi1929@gmail.com](mailto:gwmi1929@gmail.com); web-site: <http://wmi.ge>  
Адрес: 0162, Тбилиси, пр. И. Чавчавадзе 60. эл. почта: [gwmi1929@gmail.com](mailto:gwmi1929@gmail.com); веб-сайт: <http://wmi.ge>

ISSN 1512-2344

© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, 2015  
გარემოს დაცვის ეკოცენტრი, 2015

## საკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა – 95



იმ დამსახურებელ მეცნიერებს შორის, რომლებმაც ქართული მეცნიერების მიღწევები აიყვანეს მსოფლიო დონეზე, განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის, საქართველოსა და რუსეთის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიების აკადემიკოსს, „ფაზისის“ საერო აკადემიის პრეზიდენტს, წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის ყოფილ დირექტორს, ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარეს, მრავალი სახელმწიფო ჯილდოს მფლობელს, აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას.

ინსტიტუტის მეცნიერ-თანამშრომლების მიერ აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას დამსახურების, პატივისცემისა და მისი სახელის უკვდავსაყოფად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის (სტუ) წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს 2014 წლის 8 აგვისტოს გადაწყვეტილებით (ოქმი №6) ინსტიტუტმა მიმართა სტუ-ს რექტორს, აკადემიკოს არჩილ ფრანგიშვილს თხოვნით ინსტიტუტისათვის აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას სახელის მინიჭებასთან დაკავშირებით. სტუ-ს აკადემიური საბჭოს 2014 წლის 22 სექტემბრის №1263 დადგენილებით ინსტიტუტს მიენიჭა აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას სახელი. შემდგომ სტუ-ს აკადემიური საბჭოს ზემოაღნიშნული გადაწყვეტილება 2014 წლის 10 დეკემბერს შეთანხმებულ იქნა საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროსთან (წერილი MES 8 14 00995803).

ფასდაუდებელია ბატონი ცოტნეს დვაწლი წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, ჰიდროტექნიკის, ჰიდრომელიორაციის, საიმედოობის, რისკისა და სხვა მონათესავე მეცნიერების განვითარებისა და სრულყოფის საქმეში. მის მიერ დარგისთვის დატოვებული მნიშვნელოვანი მეცნიერული მემკვიდრეობა კიდევ დიდხანს გაუწევს განსაკუთრებულ სამსახურს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტს და საერთოდ, ქართულ მეცნიერებას.

ბატონი ცოტნე მირცხულავა დაიბადა ქ. ფოთში 1920 წლის 25 ივლისს. მამის – ბატონი ევგენის ადრეულ ასაკში გარდაცვალების გამო მან ბავშვობიდანვე დაიწყო შრომითი საქმიანობა. ბატონი ცოტნე წარმატებით ამთავრებს ფოთის ჰიდრომელიორაციის ტექნიკუმს და იმავე წელს მისაღებ გამოცდებს აბარებს საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამშენებლო ფაკულტეტზე, რომელსაც ნაცვლად 5 წლისა, ამთავრებს 3 წელიწადში და სამუშაოდ გაანაწილეს კახეთში, საქანეთობის ქ. წნორის ობიექტზე. მალე იგი დაწინაურდა სათავე ორგანიზაციაში მთავარ ინჟინრად.

1956 წლიდან ბატონი ცოტნე უკვე მუშაობს საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში, ხოლო 1968 წლიდან 2005 წლამდე – 37 წელი იგი იყო ინსტიტუტის დირექტორი. დიდია ბატონი ცოტნეს დამსახურება წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის საერთაშორისო ავტორიტეტის მოპოვებაში.

1956 წლიდან ბატონი ცოტნე უკვე მუშაობს საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში, ხოლო 1968 წლიდან 2005 წლამდე – 37 წელი იგი იყო ინსტიტუტის დირექტორი. დიდია ბატონი ცოტნეს დამსახურება წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის საერთაშორისო ავტორიტეტის მოპოვებაში.

გასაოცარია ის ფაქტიც, რომ თავისი შექმნილი და წარმატებით დანერგილი მექანიკის მოდელები უნარიანად გამოიყენა მედიცინაში, ადამიანის სიცოცხლის გახანგრძლივების საშუალებების შემოთავაზებით. ინტერნეტში ასეთი ფრაზაც კი გამოითქვა: „ნუთუ მირცხულავა – ეს ერთი და იგივე პიროვნებაა, რომელიც ასე ეფექტურად მუშაობს წყალთა მეურნეობასთან დაკავშირებული პრობლემების გადაწყვეტასა და ამავე დროს, მედიცინაში ადამიანის სიცოცხლის გახანგრძლივების საკითხებზე?“. ამ ფენომენის გამოყენებას მის ყოველდღიურ ცხოვრებაშიც ჰქონდა ადგილი ყოფით ურთიერთობებთან დაკავშირებული სიძნელების დაძლევისას.

მეცნიერის ეს თვისებები მას ჩამოუყალიბდა ჯერ კიდევ პოლიტექნიკური ინსტიტუტის დამთავრების შემდეგ საქნავთობის დედოფლისწყაროს ობიექტზე მოღვაწეობის პერიოდში. იგი მუშაობის დაწყების პირველივე დღეებიდანვე დაუზარლად ასრულებდა არა მარტო 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 დარჩენია „საქნავთობის“ ხელმძღვანელობას და სულ მალე გადმოყვანილ იქნა თბილისის სათავე ოფისში, ტრესტის მთავარი ინჟინრის თანამდებობაზე.

ბატონ *ცოტნეს* მაღალი რეიტინგის საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალებში გამოქვეყნებული აქვს 600-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომი, აქედან 26 მონოგრაფია, მათ შორის რამოდენიმე ითარგმნა და გამოიცა აშშ-სა და ნიდერლანდებში.

მეცნიერ-კოლეგებში გაოცებას იწვევდა ბატონი *ცოტნეს* შრომებში გამოყენებული კოლოსალური ოდენობის ლიტერატურული წყაროების შესწავლის, ანალიზისა და შეფასების უნარი, რასაც იგი ახორციელებდა მისთვის ჩვეული ოპერატიულობით, სიზუსტითა და მიზანდასახულობით. აქვე უნდა აღინიშნოს შრომების ციტირების უნარი არა მხოლოდ სამეცნიერო, არამედ მხატვრული ლიტერატურიდანაც. მან ისე მოხერხებულად იცოდა ციტირების შერჩევა, რომ მკითხველს ექმნებოდა შთაბეჭდილება, რომ თითქოს ცნობილ მწერალთა და პოეტთა ესა თუ ის გამონათქვამი სწორედ განსახილველი მეცნიერული საკითხებისადმი იყო მიძღვნილი. ამაში ადვილად შეიძლება დარწმუნება, თუ თვალს გადავაგვლებთ ბატონი *ცოტნეს* მონოგრაფიებს, შემოთავაზებულს დარგის ისეთი აქტუალური საკითხების გადასაწყვეტად, როგორცაა „ჰიდროტექნიკური და ჰიდრომელიორაციული ნაგებობების საიმედოობა“, „საშიშროებანი და რისკი წყალსამეურნეო და სხვა დანიშნულების ობიექტებისათვის“ და სხვ.

მისი ავტორობით გამოქვეყნებული სამეცნიერო შრომები სახელმწიფოებრივი ღირებულების ნორმატიულ დოკუმენტებთან ერთად, როგორცაა „წყლის ნაკადის დასაშვები არაგამრეცხი სიჩქარეების დადგენა გრუნტებისა და ნიადაგებისათვის“, „საინჟინრო ნაგებობების საიმედოობისა და რისკის გამოთვლის ორიგინალური მეთოდიკა“, „საშიშროებანი და რისკი“ – სამართლიანად იქნა აღიარებული მსოფლიოს ცნობილ სპეციალისტთა მიერ.

ბატონი *ცოტნეს* მიერ გამოქვეყნებული შრომების ამგვარი შეფასება იყო საწინდარი იმისა, რომ მეცნიერი აღიარებული ავტორიტეტითა და პატივისცემით სარგებლობდა არა მარტო მის თანამემამულე, არამედ საზღვარგარეთელ კოლეგთა 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 ჰიდრაულიკურ კვლევათა

საერთაშორისო ასოციაციის, ირიგაციისა და დრენაჟის საერთაშორისო კომიტეტის წევრის მოვალეობას.

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

ბატონი *ცოტნე* სამეცნიერო-კვლევითი მუშაობის პარალელურად 50 წლის განმავლობაში აქტიურ პედაგოგიურ მოღვაწეობას ეწეოდა საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში. მისი ხელმძღვანელობით როგორც საქართველოში, ასევე საზღვარგარეთ დაცულია 100-მდე საკანდიდატო და სადოქტორო სადისერტაციო ნაშრომი.

ბატონი *ცოტნე* გამორჩეული იყო არაჩვეულებრივი შრომისუნარიანობით და იგივეს ითხოვდა ჩვენგან – ყოფილი ასპირანტებისა და უმცროსი კოლეგებისაგან.

ბატონი *ცოტნე მირცხულავა* ბოლო წლებში რომ კიდევ აქტიურ სამეცნიერო მუშაობას ეწეოდა, ისიც ადასტურებს, რომ მისი ხელმძღვანელობით დამუშავებულია სამეცნიერო ეროვნული ფონდის 2 საგრანტო პროექტი, ხოლო იუნესკოსა და საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ერთობლივი გადაწყვეტილებით დასახელდა 2005 წლის ქვეყნის საუკეთესო მეცნიერად ტექნიკის დარგში და დაჯილდოვდა შესაბამისი მედლით.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ბატონი *ცოტნეს* მიერ აღზრდილი მეცნიერები დღესაც აქტიურად მოღვაწეობენ როგორც საქართველოში, ასევე მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში და აგრძელებენ მის მიერ დანერგილ მეცნიერულ ტრადიციებს.

ბატონი *ცოტნე*, გარდა იმისა, რომ ცხოვრების უდიდესი ნაწილი გატარებული აქვს ინსტიტუტში, იყო ბრწყინვალე ოჯახის ხელმძღვანელი, ყურადღებიანი მეუღლე, ღირსეული მამა, კარგი ბაბუა და საამაყო დიდი ბაბუა.

ბატონი *ცოტნეს* 2015 წლის 25 ივლისს 95 წელი შეუსრულდება. მისი ხსოვნა დიდხანს დარჩება წყალთა მუხრნეობის ინსტიტუტის თანამშრომლების, მისი მოსწავლეებისა და მომავალი თაობის მეხსიერებაში.

## გივი გაგარდაშვილი

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მუხრნეობის  
ინსტიტუტის დირექტორი, საერთაშორისო კონფერენციის  
საორგანიზაციო კომიტეტის თანათავმჯდომარე, ტექნიკის  
მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი*

**Dedicated to the memory of academician  
Tsoetne Mirtskhulava  
(1920-2010 years)**

TS.E. Mirtskhulava – academician of the National Academy of Sciences of Georgia and the Russian Academy of Agricultural Sciences, the president of the Universal Academy "Phasis", the former director of the Institute of Water Management, Chairman of the Scientific Council of the Institute, holder of many state awards – one of those scientists who advanced the science of Georgia on the international level.

The Scientific Council of the Water Management Institute of Technical University in August 8, 2014 (Protocol №6) addressed to the Rector of GTU Academician Prangishvili for assignment the Water Management Institute The name of Academician TS. Mirtskhulava. On September 22 GTU Academic Council decided to assign the name of the Institute Academician TS.E. Mirtskhulava. On December 10, 2014, it was agreed with the Ministry of Education and Science (letter -MES 8 1400995803).

TS.E. Mirtskhulava contribution is invaluable to the development and improvement of water management, environmental protection, hydraulic engineering, reclamation, reliability, and a number of related sciences. He left a considerable scientific heritage for many years will serve not only the Institute of Water Resources, and Science of Georgia.

TS.E. Mirtskhulava was born in July 25, 1920 in the city of Poti. After successful completion of Poti Hydromeliorative College he entered the Georgian Polytechnic Institute in the Faculty of Civil Engineering. After graduating in three years Institute (instead of the 5 years), begins to work in the trust "Gruzneft" geographically located in Kakheti (Tsnori city), where he was appointed chief engineer of the parent organization.

Since 1956 TS. Mirtskhulava works at the Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation (now the Institute of Water Resources and GTU-). As the undisputed leader of the Institute from 1968 to 2005 for 37 years, he has made a

**Памяти академика  
Цотне Евгеньевича Мирцхулава  
(1920-2010 гг.)**

Ц.Е. Мирцхулава – академик национальной академии наук Грузии и Российской академии сельскохозяйственных наук, президент всеобщей академии "Фазис", бывший директор Института водного хозяйства, председатель научного совета Института, обладатель многих государственных наград – один из тех ученых, который выдвинул грузинскую науку на мировой уровень.

Ученый совет Института водного хозяйства технического Университета 8 августа 2014 г. (протокол №6) обратился к ректору ГТУ академику А. Прангишвили с просьбой о присвоении имени академика Ц.Е. Мирцхулава Институту водного хозяйства. 22 сентября на академическом Совете ГТУ было решено присвоить Институту имя академика Ц.Е. Мирцхулава, которое затем – 10 декабря 2014 г. было согласовано с Министерством просвещения и науки (письмо MES 8 1400995803).

Неоценим вклад, который внес Ц.Е. Мирцхулава в развитие и совершенствование водного хозяйства, охраны окружающей среды, гидротехники, гидромелиорации, надежности, риска ряда смежных наук. Оставленное им значительное научное наследство много лет будет служить не только Институту водного хозяйства, но и грузинской науке.

Ц.Е. Мирцхулава родился 25 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 "Грузнефт", территориально расположенного в Кахетии (г. Цнори), где вскоре был назначен главным инженером головной организации. С 1956 г. Ц.Е. Мирцхулава работает в НИИ гидротехники и мелиорации (ныне Институт водного хозяйства ГТУ-а). Являясь бессменным руководителем Института с 1968 по 2005 г. на протяжении 37 лет, он внес существенный вклад в развитие научно-произ-

significant contribution to the scientific and industrial base of the Institute and increases its international prestige.

Surprising is the fact that he created a model of fatigue fracture mechanics, he successfully used in medicine recommendations for increasing human longevity. The Internet was expressed at the time the phrase – "This is the person who also successfully operates in the field of solving problems related to water management, as well as in matters related to the duration of human life?" Using this phenomenon was confirmed by him in overcoming daily difficulties.

He left the scientific legacy of 26 monographs and more than 600 scientific articles published in the top-rated and foreign (USA, Netherlands) editions.

Amazing ability TS. Mirtskhulava – to study, analyze and evaluate a huge amount of literature, which he carried out with his usual promptness, accuracy and purposefulness.

It should be noted his ability to cite not only scientific, but also fiction. TS.E. Mirtskhulava knew how to skillfully choose citing that the reader the impression – as if this or that saying of the famous writer and poet – has been devoted to this issue. This can be seen if reconsider its monograph.

Monographs TS.E. Mirtskhulava "The reliability of hydraulic and drainage structures", "Hazards and risks to some water and other systems", as well as regulatory – papers of national importance – "Determination of permissible speed not washed flow ground and soils," "The original method of calculating the reliability and risk engineering structures" "The dangers and risks" – deservedly recognized and appreciated by well-known specialists of the world.

This assessment published works of TS.E. Mirtskhulava says that the scientists used a recognized authority and respect not only among countrymen, but among foreign colleagues. This is confirmed by the unanimous election TS.E. Mirtskhulava corresponding member, and later a full member of the Russian Academy of Agricultural Sciences.

водственной базы Института и повышение его международного авторитета.

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 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 трудностей.

Оставленное им научное наследство в виде 26 монографий и более 600 научных статей опубликовано в высокорейтинговых и зарубежных (США, Нидерланды) изданиях.

Удивительна способность Ц.Е. Мирцхулава – изучать, проанализировать и оценить колоссальное количество литературных источников, которую 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 сооружений", "Опасности и риски на некоторых водных и других системах", а также нормативная документация государственного значения – "Определение допустимой наразмывающей 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



Over the years, T.S.E. Mirtskhulava was the permanent chairman of the Water Resources Commission, created at the All-Union Committee of Science and Technology. Moreover, T.S.E. Mirtskhulava until the last days of his life served as a member of the International Association of Hydraulic Research, the International Committee of Irrigation and Drainage.

The well-known monograph T.S.E. Mirtskhulava "Reliable drainage structures" (1970) immediately after the publication has been translated into and published by known English publisher.

Particularly noteworthy pedagogical activity T.S.E. Mirtskhulava at the Polytechnic Institute for 50 years, under his leadership were defended about 100 master's and doctoral theses.

T.S.E. Mirtskhulava differed extraordinary capacity for work, and demanded the same from us – former graduate students and young colleagues.

Despite advanced age, T.S.E. in recent years actively participated in two grant projects National Science Foundation of Georgia. According to the provisions of UNESCO and the National Academy of Georgia in 2005 T.S.E. Mirtskhulava was awarded the title of the best scientists in the country being awarded a medal.

T.S.E. Mirtskhulava was an exemplary family head and spouse, father, grandfather and great-grandfather.

July 25, 2015 T.S.E. Mirtskhulava would have turned 95 years. His memory for years to come will be to keep its staff, students and future generations.

**Givi Gavardashvili**

Director of T.S. Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University,  
Chairman of the Organizing Committee,  
doctor of technical sciences, professor

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, созданной при Всесоюзном комитете науки и техники. Более того, Ц.Е. Мирцхулава до последних дней своей жизни исполнял обязанности члена международной ассоциации гидравлических исследований, международно-го комитета ирригации и дренажа.

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

Особо следует отметить педагогическую деятельность Ц.Е. Мирцхулава в Политехническом институте на протяжении 50 лет, под его руководством было защищено около 100 кандидатских и докторских диссертаций.

Ц.Е. Мирцхулава отличался необыкновенной трудоспособностью, того же требовал и от нас – бывших аспирантов и молодых коллег.

Несмотря на пожилой возраст, Цотне Евгеньевич в последние годы активно участвовал в двух грантовых проектах национального научного фонда Грузии. По постановлениям ЮНЕСКО и Национальной академии Грузии в 2005 г. Ц.Е. Мирцхулава было присвоено звание лучшего ученого страны с награждением медалью.

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

25 июля 2015 г. Ц.Е. Мирцхулава исполнилось бы 95 лет. Память о нем еще долгие годы будут хранить его сотрудники, ученики и будущие поколения.

**Гиви Гавардашвили**

Директор Института водного хозяйства им. Ц.Е. Мирцхулава Грузинского технического университета, председатель организационного комитета Международной конференции, доктор технических наук, профессор

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ БЕРЕГОВОЙ КОНСТРУКЦИИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ В РУСЛЕ ГОРНОЙ РЕКИ, ДЛЯ РАЗМЫВА НАНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И НЕБОЛЬШИХ ОПОЛЗНЕВЫХ МАСС

А. Ахмедов,<sup>1</sup> Х.Г. Иремашвили<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Бакинский государственный университет  
ул. Захида Халилова 23, г. Баку, AZ-148, Азербайджан  
E-mail: [Ahmed@bakinter.net](mailto:Ahmed@bakinter.net)

<sup>2</sup> Грузинский технический университет  
ул. М.Костава 77, 0175, г. Тбилиси, Грузия

**Аннотация.** На основании математического моделирования выполнен пример расчёта речной дешевой и простой береговой конструкции типа шпора, имеющей отверстия, предназначенной для размыва наносных отложений и небольших по объёму оползневых масс на определённых участках речного русла.

**Ключевые слова:** речное русло; береговая конструкция; шпора с отверстиями; размыв наносных отложений; математическое моделирование.

### ВВЕДЕНИЕ

Для очистки наносных отложений или участков, периодически собирающихся небольших оползневых масс в определённых местах вдоль берега речного руслового потока [1], нами предлагается новая конструкция (рис.1). Рассматривается вопрос определения поля скоростей жидкости у этой конструкции, как основа определения её действия в контексте с потенциальной возможностью размыва вышеуказанных грунтовых масс. Причём, на основании математического моделирования рассматривается взаимодействие трёхмерного (3D) неравномерного речного потока с указанным сооружением.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

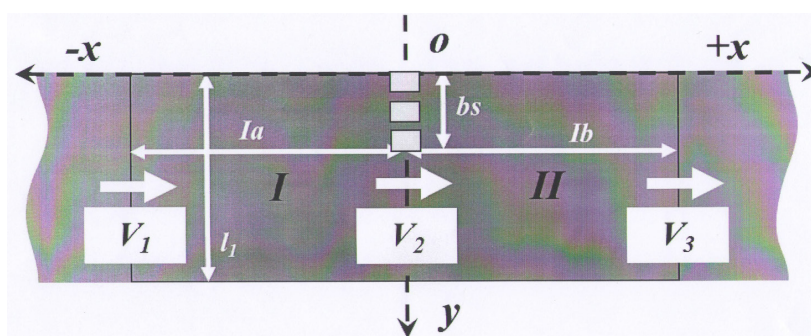
Указанная задача гидродинамики может быть решена на основании теории волн малой амплитуды в предположении, что жидкость является идеальной, а её движение потенциальным, а также безвихревым [2]. При этом можно рассчитать все три компонента скорости ( $V_x, V_y, V_z$ ), в отличие от случая использования одно- или двухмерных (в плане) расчётных схем в соответствии с теорией мелкой воды [4].

Следует отметить следующее: как известно, турбулентное движение, имеющее место в зоне рассматриваемой береговой конструкции, является в основном вихревым, особенно при паводках и половодьях, поскольку фактические силы трения играют важную роль. Однако, вихревое движение является неупорядоченным, как и турбулентные пульсации, поэтому в случае изотопной турбулентности осредненное движение можно считать безвихревым. Поэтому скорость в турбулентном потоке распределяется почти как в случае идеальной жидкости, за исключением зоны пограничного слоя. В виду этого, как отмечается рядом учёных, в частности в работе [3] – "если пограничный слой относительно тонок по сравнению с основным потоком, то для изучения и расчёта турбулентных

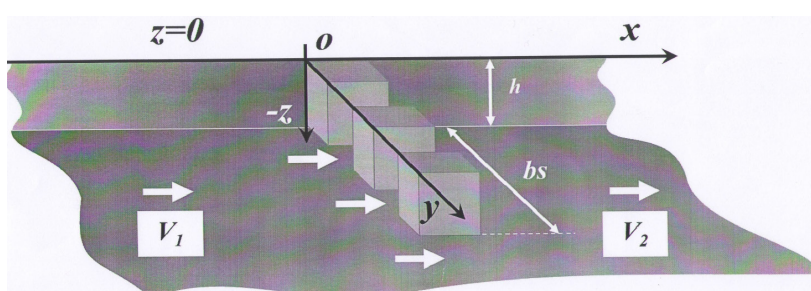
движений с успехом можно применять ряд методов, разработанных для случая идеального безвихревого потока" [3].

В работе [3] также указывается, что движение можно считать безвихревым, если линии тока конвергируют (сужаются) и распределение скорости зависит, в основном, от очертания границ рассматриваемой области.

Вышеуказанные факторы особенно важны в инженерной практике, так как позволяют достаточно точно описать картину осредненного по своим параметрам потока в любой конвергентной зоне гидротехнического сооружения небольшой длины. Этот случай достаточно хорошо соответствует движению речного потока в зоне сужающегося створа расположения рассматриваемого берегового сооружения.



**Рис. 1. Расчётная схема поперечной береговой конструкции с отверстиями**



**Рис. 2. Поперечная береговая конструкция с отверстиями**

Рассмотрим стационарное неоднородное движение речного потока. В этом случае с целью решения вышеуказанной задачи гидродинамики ищется потенциал скорости  $\varphi_I(x,y,z)$  и  $\varphi_{II}(x,y,z)$ , в соответствии для областей I и II (рис. 1, 2) из уравнений [2].

$$\Delta\varphi_I = 0 \text{ и } \Delta\varphi_{II} = 0,$$

где

$$\Delta = \left( \frac{\partial^2}{\partial X^2} + \frac{\partial^2}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2}{\partial Z^2} \right) - \text{оператор Лапласа.} \quad (1)$$

Координатные оси  $x$  и  $y$  расположены на поверхности жидкости, ось  $z$  направлена вертикально вниз, поэтому частный случай  $z = -h$  будет соответствовать уровню дна (здесь  $h$  – глубина воды в русле реки), а  $z = 0$  поверхности жидкости.

Краевые условия для областей I и II записываются следующим образом:

$$\frac{\partial\varphi_I}{\partial x} = V_1 \text{ при } x = l_a, \quad \frac{\partial\varphi_I}{\partial x} = V_2 \text{ при } x = 0 \text{ и } b_s < y < B_1 \text{ и } 0 < y < b_s$$

$$\frac{\partial\varphi_I}{\partial x} = 0 \text{ на участках 1-2, 3-4 и 5-6 при } x = 0 \text{ и } \frac{\partial\varphi_I}{\partial x} = V_2 \text{ на участках 2-3, 3-4 при } x = 0,$$

$$\frac{\partial \varphi_1}{\partial y} = 0 \text{ при } y = 0, \quad \frac{\partial \varphi_1}{\partial y} = 0 \text{ при } y = B_1 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \varphi_1}{\partial z} = 0 \text{ в области I при } z = 0$$

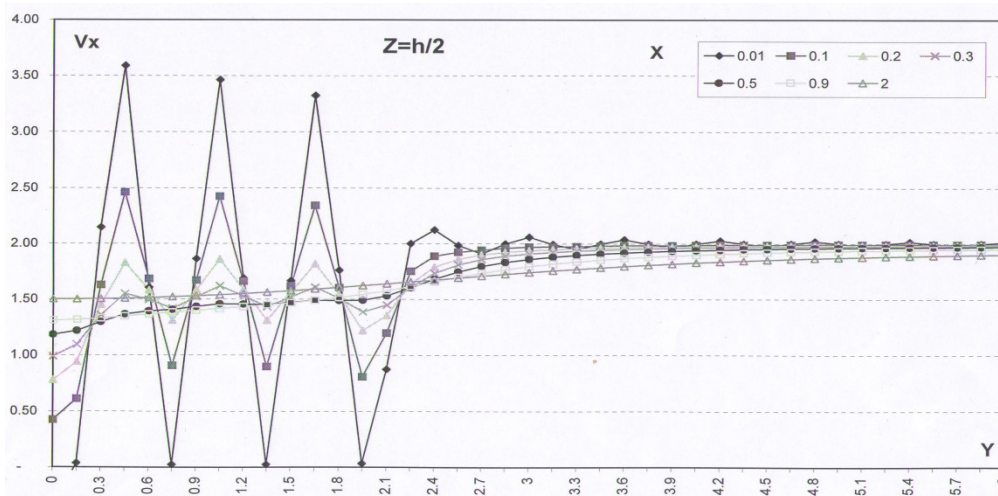
$$\frac{\partial \varphi_2}{\partial x} = V_2 \text{ при } x = 0, \quad \frac{\partial \varphi_2}{\partial x} = V_3 \text{ при } x = l_b$$

$$\frac{\partial \varphi_2}{\partial x} = 0 \text{ при } y = 0, \quad \frac{\partial \varphi_2}{\partial y} = 0 \text{ при } y = B_2$$

$$\frac{\partial \varphi_2}{\partial z} = 0 \text{ в области II при } z = 0, \quad (3)$$

გდე:  $l_a$  და  $l_b$  – დლინა უაჭტკა I და II,  $B_1$  და  $B_2$  – შირინა უაჭტკა I და II,  $B_s$  – დლინა პოპერეჩნოი შპორი,

რეშენი ვიშეუკაზანნოი ჯადაკი (1)-(3) ბილო პოლუჩენო ვ რაბოტა [2, 4]. ნა ოსნოვანი ეტოგო რეშენი ნამი ბილ ვიპოლნენ პრემერ რასჭტა დღა ოპრედელენი რასპრედელენი გორიზონტალნოი კომპონენტი სკორიტი პოტოკა ( $V_x$ ), ვოზნიკაოეში ვ რეზულტატი დეივტიია ნა პოტოკ რასმარირაემოი ბერეგოვი კონსტრუქციი (რის.2). ჯნაჩენი რასჭტნოი პარამეტროვ ბილი ვიჯტი რავნიმი:  $l_a = 10$  მ,  $l_b = 10$  მ,  $B_1 = B_2 = 10$  მ,  $b_s = 2$  მ, ისოხონი სკორიტი რეჩნოი პოტოკა  $V_1 = 2$  მ/ს; ჯნაჩენი  $V_2$  და  $V_3$  პრინიმალის პრებიჟენო, კაკ დღა უსანოვივშიგეოი პოტოკა იდეალნოი ჯიდკოტი  $V_2 = 2,5$  მ/ს და  $V_3 = 2,0$  მ/ს. კაკ ვიდნო პო დანნი, პრედსტავლენნი ნა რის.3, მაქსიმალნე ჯნაჩენი  $V_x$  ვ რეზულტატი დეივტიია პრედლოჟენნოი კონსტრუქციი უვლიჩივაოთსე პო სრავნენიო ს ისოხონი სკორიტი პოტოკა ვ რეჩნო რუსლე ვ 1,8 რავ.



რის. 3. გრაფიკ ჯავისმეი ველიჩინ  $V_x$  და  $Y$

## ჯაკლოჩენიე

პრევედენ ჩისლენნი ანალიზ დეივტიია პრედლოჟენნოი ნამი ბერეგოვი პოპერეჩნოი შპორი, იმეოეი ოვრესტიია. ეტა კონსტრუქციი პრედნაჯნაჩენა დღა რავმივა ვ ოპრედელენნე მესტა რეჩნო რუსლე, კაკ ნებოლშიო ოპოლზნევი მას, პერიოდისე სობირაოეში ნა ეტი უაჭტკა, ტაკ ი ნანოსნო ოვლოჟენი.

ვიპოლნენ პრემერ რასჭტა ეფექტივნოი დეივტიია პრედლოჟენნოი კონსტრუქციი. რეზულტატი პოკაჟილი, ტო ვ ჯონე ჯა კონსტრუქციი მაქსიმალნე კომპონენტი გორიზონტალნოი სკორიტი პოტოკა უვლიჩივაოთსე ვ 1,8 რავ პო სრავნენიო ს პრევიჩალნოი სკორიტი ვ რუსლე რეკი.

### Литература

1. Бегам Л.Г., Алтуни В.С., Ципин В.Ш. Регулирование водных потоков при проектировании дорог. Изд. "Транспорт", 1977;
2. Гвелесиани Т.Л. Теория генерации волн в приложении к задачам гидроэкологии. Изд-во "Универсал", Тбилиси, 2009;
3. Dean R.G. and Dalrymple R.A. Water wave mechanics for engineers and scientists. World Scientific. 1992;
4. Гвелесиани Т.Л. Скорости речных потоков в поверхностных и глубинных слоях жидкости в зонах их слияния с различными водотоками. // "Энергия", №2(34), Тбилиси, 2005.

### ჰიდროტექნიკა

დალექილი ნატანის და მცირე მეწყრული მასების წარმცხვის მიზნით მთის მდინარის კალაპოტში ბანლაგებული სანაპირო კონსტრუქციის მოქმედების მათემატიკური მოდელირება

ა. ახმედოვი,<sup>1</sup> ხ.გ. ირემაშვილი<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ზაჰიდ ხალილოვის ქ. 23, ქ. ბაქო, AZ-148, აზერბაიჯანი  
E-mail: [Ahmed@bakinter.net](mailto:Ahmed@bakinter.net)

<sup>2</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 77, 0175, ქ. თბილისი, საქართველო

**ანოტაცია.** მათემატიკური მოდელირების საფუძველზე შესრულებულია დეზის ტიპის იაფი და მარტივი მდინარის კალაპოტში განლაგებული სანაპირო კონსტრუქციის გაანგარიშების მაგალითი, რომელსაც აქვს ნახვრეტები. ამ კონსტრუქციის დანიშნულებაა მდინარის კალაპოტის გარკვეულ უბნებზე განახორციელოს ნატანის დანალექისა და მცირე მოცულობის მეწყრული მასების წარეცხვა.

**საკვანძო სიტყვები:** მდინარის კალაპოტი; სანაპირო კონსტრუქცია; დეზი ნახვრეტებით; ნატანის დანალექის წარეცხვა; მათემატიკური მოდელირება.

### Hydraulic engineering

#### MATHEMATICAL MODELING OF THE SHORE STRUCTURE LOCATED AT RIVER CHANNEL FOR SCOURING DEPOSITION OF SEDIMENT OR SMALL LANDSLIDE MASSES

A. Akhmedov,<sup>1</sup> Kh.G. Iremashvili<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Baku State University  
23, Zahis Halilov str. Baku, AZ-148, Azerbaijan

E-mail: [Ahmed@bakinter.net](mailto:Ahmed@bakinter.net)

<sup>2</sup> Georgian Technical University  
77, M. Kostava str. 0175, Tbilisi, Georgia

**Abstract.** Cheap and simple transversal spur type river shore structure having holes for scouring deposition of sediment or small landslide masses at specific parts of the river channel is proposed. Mathematical modeling of the characteristics of this structure action is developed.

**Keywords:** river channel; shore structure; spur with holes; deposition of sediment; mathematical modeling.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА СМЫВА ПОТОКОМ НЕСВЯЗНОГО ОДНОРОДНОГО ГРУНТА

Ս.Օ. Բալձյան,<sup>1</sup> Վ.Ս. Բալձյան <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный политехнический университет Армении  
ул. Терьяна, 105, г. Ереван 0009, Армения

E-mail: [baljyan-1951@list.ru](mailto:baljyan-1951@list.ru)

<sup>2</sup> ЗАО "АэроКомпозит"

ул. Поликарпова, 23Б, кор. 23, г. Москва 125284, Российская Федерация

E-mail: [baljyan@mail.ru](mailto:baljyan@mail.ru)

**Аннотация.** Уровень изученности процесса разрушения грунтовой среды и ее транспортировки потоком достаточно низок. Отсутствуют надежные критерии оценки характеристик изучаемого явления и прогноза его дальнейшего развития. Из-за этого невозможно управлять текущим процессом и получить конечный эффективный результат.

Целью работы является определение постановки задачи смыва потоком грунтовой среды, разработка основных положений и концепции для составления математической модели этого явления, определение и обоснование краевых условий, предложение путей решения поставленной задачи.

Поставленная в работе цель достигнута: результаты позволят получить решения по установлению зависимости между объемом грунта смытого потоком и временем, а также определить текущие параметры потока и грунтовой среды.

**Ключевые слова:** поток; грунт; гидравлический смыв; теоретическое решение.

### ВВЕДЕНИЕ

В практике есть много примеров, когда из-за поступления потока жидкости на несвязную грунтовую среду или же из-за изменения граничных условий устойчивой среды начинается ее постепенное разрушение и транспортировка грунта. Такими примерами, независимо от того возбуждены они естественным или искусственным путем, являются склоновая эрозия и образование оврагов, плановое и вертикальное изменение русел, смыв наносов, отложившихся в верхнем бьефе русловых сооружений и т.д. [1]. Перечисленные случаи являются теми разновидностями русловых преобразований, которые направлены в отрицательную сторону вертикальной оси  $Z$ .

Задачи, изучающие процесс разрушения грунтовой, наносной среды (в том числе гидравлический смыв) и транспортировки наносов потоком жидкости имеют очень важное прикладное значение. Различные способы описания этого процесса в последние десятилетия находят более широкий интерес. Однако уровень изученности данного явления, как в научном, так и экспериментальном отношениях достаточно низок. При этом не составлена полноценная теоретическая модель гидравлического смыва отложений. Это означает, что отсутствуют надежные критерии по оценке характеристик изучаемого явления и по прогнозу хода их дальнейшего развития. Из-за этого невозможно управлять протекающим процессом и тем более получить конечный эффективный результат. Следовательно, изучаемая проблема актуальна и имеет важное научно-прикладное значение.

## ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ И МЕТОДИКА

Целью работы является:

- ✓ постановка задачи смыва потоком грунтовой среды;
- ✓ разработка основных положений для составления математической модели явления;
- ✓ определение и обоснование граничных условий;
- ✓ предложение путей решения задач.

Разработки проведены по практическому случаю полагая, что границы грунтовой среды ограничены, а процесс размыва нестационарный.

Предположим, что имеется однородная несвязная грунтовая среда, с ограниченными (определенными) пространственными размерами:  $0 < x \leq L$ ,  $B_0 \leq 2y \leq B$ ,  $H_0 \leq Z \leq H$  (рис.1). Движение потока над средой стационарное и при определенных начальных условиях среды и потока грунт находится в устойчивом состоянии.

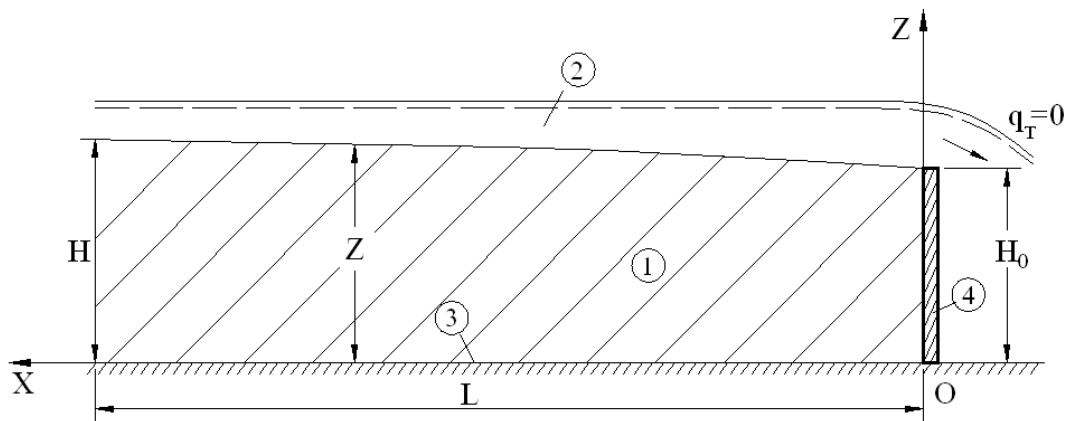


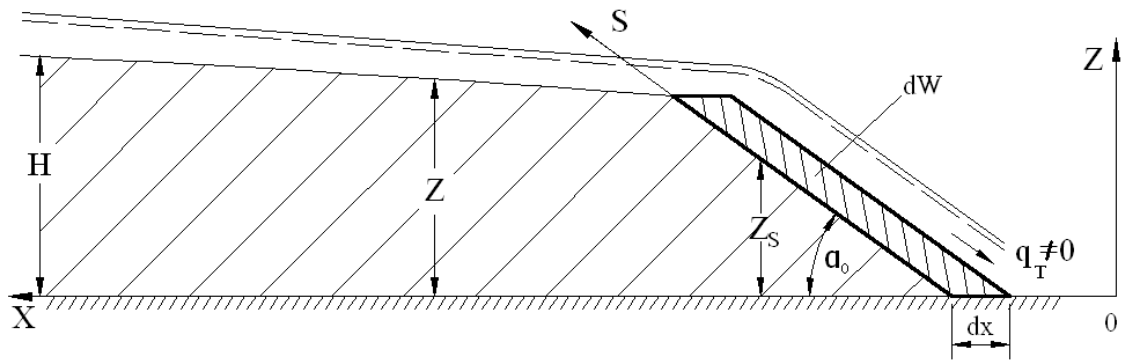
Рис. 1. Схема устойчивого периода грунтовой среды и ее начальные условия  
1 – однородная грунтовая среда; 2 – стационарный поток;  
3 – нижняя граница грунта; 4 – граничные условия.

Начиная с какого-то периода, нарушаются условия, обеспечивающие устойчивость среды, и начинается процесс разрушения и транспортировки грунта потоком.

При исходных заданных параметрах необходимо установить закономерности изменения геометрических характеристик грунтовой среды и гидравлических параметров потока в зависимости от времени и расстояния. Принимая начало координат в точке 0 (рис.1) можем констатировать, что в устойчивом состоянии в данной точке имеем:  $x = 0$ ,  $y = \pm \frac{B_0}{2}$ ,  $Z = H_0$ ,  $q_T = 0$  (где  $q_T$  – объем грунта, размываемого и унесенного потоком). В начальный момент времени –  $t = 0$  (конец устойчивого состояния) при изменении условия  $Z = H_0$  на  $Z = 0$ , начнется процесс размыва.

В течение короткого времени происходит саморазрушение лобового вертикального фронта несвязного грунта, и он в зависимости от типа и гранулометрических характеристик приобретает соответствующий естественный откос. Влияние указанного явления незначительное. После этого сразу начинается основной процесс – размыв грунта потоком и его транспортировка. На рис.2 приведена схематическая модель этого процесса.

Как показывают натурные и лабораторные исследования [4,5], угол лобовой поверхности грунтовой среды может в течение всего процесса размыва оставаться постоянным или уменьшаться (рис.2). Первый случай в основном имеет место в примерах, когда длина среды сравнима с ее поперечными размерами.



რის. 2. სხემა პროცესა ნა თეკუში მომენტი

ნეობხიდიო ომეტიტი, ქო ნო მნოღი პრაქტიკესი ჯადახა ვიშეოპისანო იზმენი გრანიჩნის უსოვი მოქოთ პროისქოდიტი ნე თოქო ნო ვსეუ ფრონტუ  $B_0 \left( y = \pm \frac{B_0}{2} \right)$ , ნო ი ნა ეო ოდნო ილი ნესქოღი უსოვი. ობოზნაქა შირინუ უსოვი რაზმვა  $b_0$ , მოქოთ ნაქსატი  $\sum b_0 \leq B_0$ . ნ ვეოთ ვარიანტი რაზრუშენი გრუნთოვი სრედი ნაქნესა ი პროტექოთ ნე ნო ვსეუ ფრონტუ, ა ნ სოოთვესთვინი ს რაზმრისა ეთი უსოვი. თოღა ნ თექენი ვრემენი ნუთრი გრუნთოვი სრედი ნო ოსი  $x$  ობრავუნესა ოდნო ილი ნესქოღი რუსელი, სლედოვატელნი, ნ ეოთ ვარიანტი ნეობხიდიო იმეტი დობავოქნისი ჯანონმერნისი ნო ოქუტი ვიდიოიზმენისი რუსელი, ობრავუნესი ნუთრი გრუნთოვი სრედი. ესენუნუნო, ჯადახა დანოღი სლუქა ნემნოღი უსოვნიქნესა. ოპრედელენი მენიქნესა ი გრანიჩნის უსოვი, ოდნო ნოვი რეშენისი სუქსენუნუნო ნე ოთლიქნესა ოთ პრედუდუქოღი, ქოღა რაზმვი იდოთ ნო ვსეუ ფრონტუ.

ს ქელი რაზრავოტი მათემატიკესი მოდელი პრედსთავლენი ჯადახი ოპრედელიტი თე პოლოქენისი ი კონცექსი, ქოთრე ხარაქტერისუოთ ოსონისი პროცესი ისლედუემოღი ფიზიკესიო ჯელენისი. ნ ქაქნისი, დი ოქუტი ჯავისმისი მუქოთ რასქოდნო ი ობქომოთ ტრანსპორტირუემოღი პოქოქოთ გრუნთა სოსთავლესა ურავნენი ბალანსი ნანოსი, ნაქსანო დი ოლემენტარნოღი პრომუქუტი ვრემენი. დი ოპრედელენი ველიქინი ეოთო რასქოდი ბუდოთ ისქოლვოვანა ოდნა ილი სუქსენუნუნო ფორმულ [1,2]. დივინენი პოქოქი, ბეზ სუქსენუნუნო დოქუნესი, მოქოთ პრინიქნესა ოდნომერნისი ი სთაციონარნისი, ნე ნე რავნომერნისი. ანალოგიქნა სიტუაციი იმეტი მესოთ ნო მნოღი პრაქტიკესი ჯადახა. ნ უკაქნისი უსოვი პრინიქნესა ურავნენი სენ-ვენანა, ნაქსანო დი ოდნომერნოღი დივინენი [3].

ურავნენისი, ოქუტივავოქნესი ვიშეუკაქანისი პოლოქენისი, ოქვლესა თოი ოსონი, ნა ქოთორი სოოთრესა მათემატიკესი მოდელი ნო ოპისანიუ რაზმვი გრუნთოვი სრედი პოქოქოთ ჯიქოქინი. ნ სისტემუ ურავნენი ვქოდიტი ქრავისი უსოვი, გეომეტრიკესი ი ტრიგონომეტრიკესი სვიაქი, პრედსთავლესი გრუნთოვი სრედი.

## ვივოდისი ი რეკომენდაქსი

ისლედოვანი პროცესი რაზრუშენი ვოდნისი პოქოქოთ გრუნთოვი სრედი ილი გიდრავლიკესიო სმვი ოთლოქივნიქსი ნანოსი იმეტი ვაქნო ნაუნო-პრაქტიკესიო ჯანესი. ნ ექსპერიმენტარნო ი თეორეტიკესი ოთნოქენისი ეთა პრობლესა ნედოსთაქოქნო რეშენა.

ნ რავოტი დანო ოპრედელენი პოსთანოქი ჯადახი, რაზრავოთანი ოსონისი პოლოქენისი მათემატიკესი მოდელი პროცესი, პრედსთავლენი ი ობოსონავი პრინიქნესი გრანიჩნისი უსოვი, პრედოქნესი პუტი რეშენი ჯადახი.

პოლქოქნესი რეზულთისი პოვოლესა ნ დალქნესიქნე სლედოთი ქელოსთნისი რეშენისი, თ.ე. ოსთანოვნი ჯავისმისი მუქოთ ობქომოთ გრუნთა სმვი პოქოქოთ ი ვრემენი, ა თაქნე ოპრედელიტი თეკუქისი პარამეტრისი პოქოქი ი გრუნთოვი სრედი.



### Литература

1. **Маккавеев Н.И., Чалов Р.С.** Руслловые процессы. – М.: МГУ, 1988. – 264 стр.;
2. **Исмагилов Х.А.** Гидравлические основы расчета противоселевых сооружений для предгорной зоны Средней Азии. //Автореф.- М.: 1991. – 46 стр.;
3. **Чоу В.Т.** Гидравлика открытых каналов. (Пер. с англ. под ред. А.И.Богомолова).- М.: Госстройиздат, 1969. – 464 стр.;
4. **Балджян П.О., Токмаджян Л.О.** Результаты натурных исследований головного гидроузла Армавирского канала "Кара-Кала" на р. Аракс. //Сб. Науч, труд. Института водного хозяйства Грузии, Тб., №5, 2010, стр. 21-22;
5. **Балджян П.О., Бахсян А.О.** Метод расчета высоты отложений в верхнем бьефе противоселевых сооружений новой конструкции // Материалы V Всероссийской. н/т конференции, ч.1. – Красноярск, 2007. стр. 341-347.

### Hydraulic engineering and irrigation

#### MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE PROCESS OF LOOSE HOMOGENEOUS SOIL WASH AWAY BY FLOW

**P.O. Baljyan,<sup>1</sup> V.P. Baljyan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> National Polytechnic University of Armenia  
109, Teryan str., Yerevan, Armenia

**E-mail: *baljyan-1951@list.ru***

<sup>2</sup> Closed Joint-Stock Company "AeroComposit"  
23b, h. 23, Polikarpov str., Moscow, Russian Federation

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

**Abstract.** Few papers are known devoted to soil medium destruction and its transportation process by the stream. There are no reliable criteria for evaluating characteristics of the phenomenon under study and forecasting its further development. Because of this it is impossible to control a current process and obtain final effective result.

The purpose of the present paper is to define the statement of the problem of soil medium wash away by flow, develop basic provisions and concentrations for building a mathematical model of the said phenomenon, determination and grounding of boundary conditions, suggestion of ways for solving the stated problem.

The aim of the stated in the paper problem has been achieved: The obtained results enable to establish relation between the volumes washed away by the flow soil, and also determine current parameters of the flow and soil medium.

**Keywords:** flow; stream; soil; hydraulic wash away; theoretical solution.

**შენობების ბაანგარიშება დინამიურ რხევებზე  
მასალის წრფივი ბანმტკიცების ბათვალისწინებით**

თ.გ. ბაციკაძე, დ.გ. ტაბატაძე, ვ.გ. სოხაძე

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

E-mail: demuritabatadze@yahoo.com

**ანოტაცია.** განხილულია საკითხი დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გამოკვლევის შესახებ ნაგებობებში, რომლებიც თითოეული სართულის ფარგლებში მუშაობენ ძვრახე. რხევები გამოწვეულია გრუნტის იმპულსური გადაადგილების შედეგად, ხოლო კონსტრუქციების მზიდი ელემენტები შეიძლება განიცდიდნენ დრეკად-პლასტიკურ გადაადგილებებს. რაც შეეხება ძალა-გადაადგილების დამოკიდებულებას, ის წარმოდგენილია ბიწრფივი სახით ე.ი. მზიდი კონსტრუქციების მასალა წრფივად განმტკიცებადია.

მოყვანილია ორ და თექვსმეტსართულიანი შენობების გაანგარიშების შედეგები. ნახვენებია, რომ ბიწრფივ დიაგრამაზე ერთი წრფიდან მეორეზე მდორე გადასვლა მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს განტოლებათა სისტემის ამოხსნის იტერაციული პროცესის კრებადობას.

**საკვანძო სიტყვები:** ძვრა; დრეკად-პლასტიკური გადაადგილება; ბიწრფივი დიაგრამა; დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა.

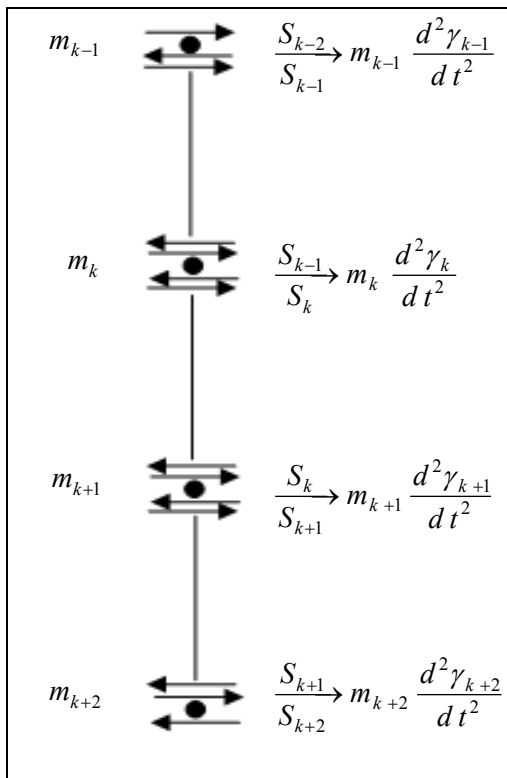
**შესავალი**

ეპიცენტრალურ ზონაში რაოდენობრივად შენობათა რხევის ინტენსივობა 1,5-2,5-ჯერ აღემატება იმ ინტენსიურობას, რასაც გვაძლევს 9 ბალის საანგარიშო სეისმურობა [1, 2]. ეს მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ ასეთ ზონებში მშენებლობა მოითხოვს განსაკუთრებულ მიდგომას, მათ შორის იმპულსური ზემოქმედების გათვალისწინებასაც, რაც განსაკუთრებით ძლიერად გამოვლინდება სწორედ ასეთ ზონებში. ამავ დროს შენობათა უმეტესობა, განსაკუთრებით მაღლივი შენობები, რომ აღარაფერი ვთქვათ მსხვილპანელურ შენობებზე, განსორციელებულია სიხისტის დიაფრაგმებით, რაც საშუალებას გვაძლევს დავუშვათ, რომ ეს შენობები თითოეული სართულის ფარგლებში მუშაობენ ძირითადად ძვრახე.

ამგვარად, ისმის საკითხი დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გამოკვლევის შესახებ ნაგებობებში, რომლებიც თითოეული სართულის ფარგლებში მუშაობენ ძვრახე. რხევები გამოწვეულია გრუნტის იმპულსური გადაადგილების შედეგად, ხოლო კონსტრუქციების მზიდი ელემენტები შეიძლება განიცდიდნენ დრეკად-პლასტიკურ გადაადგილებებს. რაც შეეხება ძალა-გადაადგილების დამოკიდებულებას, ის წარმოდგენილი იქნება ბიწრფივი სახით ე.ი. მზიდი კონსტრუქციების მასალა წრფივად განმტკიცებადია.

**პირითადი დამოკიდებულებანი**

მრავალსართულიანი ნაგებობა საანგარიშო სქემაზე წარმოვადგინოთ უწონადო, გრუნტში ჩამაგრებული დეროს სახით, რომელზედაც სართულშუა გადახურვის დონეზე მოთავსებულია შეყურსული მასები (ნახ. 1). ზემოქმედება გრუნტის იმპულსური



ნახ. 1. საანგარიშო სქემა

გადაადგილება წარმოვადგინოთ სახით:  $YF = ate^{\beta t}$ , სადაც  $a$  გრუნტის გადაადგილების საწყისი სიხქარეა,  $1/\beta$  კი დრო, რომლის დროსაც გრუნტის გადაადგილება აღწევს მაქსიმუმს.

ნებისმიერი  $m_k$  მასის მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებას ექნება სახე:

$$m_k \frac{d^2 y_k}{dt^2} + S_{k-1} - S_k = 0. \quad (1)$$

თუ რხევის ხანგრძლივობას დაველოთ დროის მცირე მონაკვეთებად და თითოეულ ძალას წარმოვადგენთ ამ დროის მონაკვეთებში მუდმივი ძალების ჯამის სახით, გვექნება [3]:  $S_k = \sum_{i=1}^l S_{k,i}$ .

გავაინტეგრავთ (1) განტოლებას ნულოვანი საწყისი პირობებით მივიღებთ:

$$y_k = -\sum_{i=1}^l \frac{(t_l - t_{i-1})^2}{2m_k} S_{k-1,i} + \sum_{i=1}^l \frac{(t_l - t_{i-1})^2}{2m_k} S_{k,i}.$$

დროის თითოეული ბიჯისათვის  $S_k$  ძალის

ნაზრდი განისაზღვრება  $m_k$  და  $m_{k+1}$  მასებისა და მათ შორის მდებარე ღეროს ბოლოების გადაადგილებათა უწყვეტობის პირობიდან.

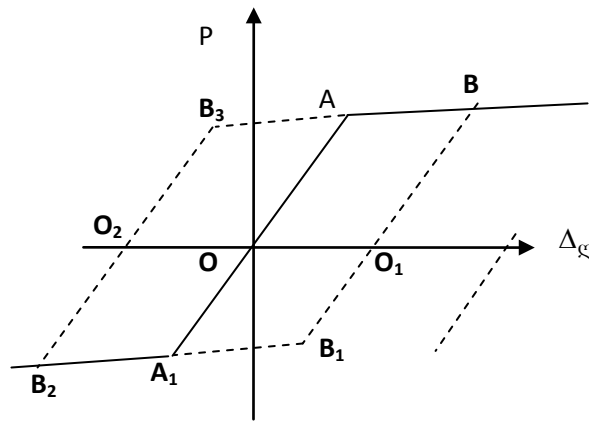
ეს პირობა პირველი  $\Delta t$  მონაკვეთისათვის ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$-S_{k-1,1} \frac{\Delta t^2}{2m_k} + \left( \frac{\Delta t^2}{2m_k} + \frac{\Delta t^2}{2m_{k+1}} + FL_1 \right) S_{k,1} - S_{k+1,1} \frac{\Delta t^2}{2m_{k+1}} = 0.$$

ნებისმიერი  $l$  ბიჯისათვის:

$$\begin{aligned} & -S_{k-1,l} \frac{\Delta t^2}{2m_k} - \sum_{i=1}^{l-1} S_{k-1,i} \frac{(t_l - t_{i-1})H^2}{2m_k} + S_{k,l} \left[ \Delta t^2 \left( \frac{1}{2m_k} + \frac{1}{2m_{k+1}} \right) + FL_1 \right] + \\ & + \sum_{i=1}^{l-1} S_{k,i} \left[ (t_l - t_{i-1})H^2 \left( \frac{1}{2m_k} + \frac{1}{2m_{k+1}} \right) + FL_1 \right] - S_{k+1,l} \frac{\Delta t^2}{2m_{k+1}} - \sum_{i=1}^{l-1} S_{k+1,i} \frac{(t_l - t_{i-1})H^2}{2m_{k+1}} = 0. \end{aligned}$$

სადაც  $FL_1 = FL \times FK$ . აქ  $FL$  დრეკად  $A_1 - A$  (ნახ. 2) უბანზე ძალის ნაზრდით გამოწვეული გადაადგილების ნაზრდია, შესაბამისად  $FK = 1$ , ხოლო  $B_3 - B$  და  $B_2 - B_1$  უბნებზე  $FK$ -ს მნიშვნელობა შეესაბამება განმტკიცების ხარისხს, ე.ი. წრფეების დახრილობას. ეს გრაფიკი მიღებულია არაწრფივი სტატიკური ანგარიშით. ნაგულისხმევია, რომ მასალა, როგორც ერთი, ასევე მეორე მიმართულებით ძვრის შემთხვევაში, მუშაობს ერთნაირად. ე.ი.  $OA$  და  $OA_1$  წარმოადგენენ ერთმანეთის გაგრძელებებს, წინააღმდეგ შემთხვევაში  $OA_1$ -ს ექნება სხვა დახრის კუთხე და, შესაბამისად იგივე კუთხით იქნებოდნენ დახრილი  $O_1B_1$  და  $O_2B_2$ . ე.ი. დატვირთვა ხდება  $OAB$  და  $OA_1B_2$  ტეხილის გასწვრივ, ხოლო განტვირთვა  $BO_1$  და  $B_2O_2$  წრფეების გასწვრივ. ცხადია, რომ რხევისას შეიძლება ძალამ გადააჭარბოს  $B$  წერტილის შესაბამის მნიშვნელობას. მაშინ მოძრაობა გაგრძელდება  $AB$ -ს გაგრძელებაზე, განტვირთვა კი  $BO_1$ -ის პარალელურ სხვა წრფეზე.



ნახ. 2. ძალა-გადაადგილების გრაფიკი

მოყვანილი უწყვეტობის პირობები სამართლიანია ყველა დეროსათვის, გარდა პირველი და ბოლო დეროებისა. პირველი დეროსათვის განტოლებაში არ შევა პირველი ორი წევრი, ხოლო ბოლო განტოლებაში – ბოლო ორი. ამავე დროს ბოლო განტოლებას დაემატება გრუნტის გადაადგილება  $YF$ .

მიღებული განტოლებათა სისტემა იხსნება მიმდევრობითი მიახლოების ხერხით. დროის თითოეული  $\Delta t$  ბიჯისათვის მარჯვენა მხარეში საძიებელ სიდიდეებს ვანიჭებთ რაღაც (ნულოვან) მნიშვნელობებს, ვითვლით ახალ მნიშვნელობებს. შეგვაქვს მარჯვენა მხარეში, კვლავ ვითვლით ახალ მიახლოებებს და ა.შ. ამავე დროს ვადარებთ წინა მიახლოების მნიშვნელობებს და როცა სხვაობა აღმოჩნდება მოთხოვნილ სიზუსტეზე ნაკლები, გადავიდვართ დროის შემდეგ ბიჯზე. დროის ყოველი ბიჯისათვის თითოეულ დეროში მოწმდება, ხომ არ აჭარბებს მიღებული ძალა მის ზღვრულ დრეკად მნიშვნელობას. თუ აჭარბებს, მაშინ აიღება  $FL_1$ -ის შესაბამისი მნიშვნელობა. ხდება შემოწმება დატვირთვის ნაზრდისა, ხომ არა აქვს ადგილი განტვირთვას. თუ გვაქვს განტვირთვა, მაშინ აიღება  $FL_1$ -ის პირვანდელი (დრეკადის შესაბამისი) მნიშვნელობა. ეს შემოწმება ხდება ძალების როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი მნიშვნელობებისათვის.

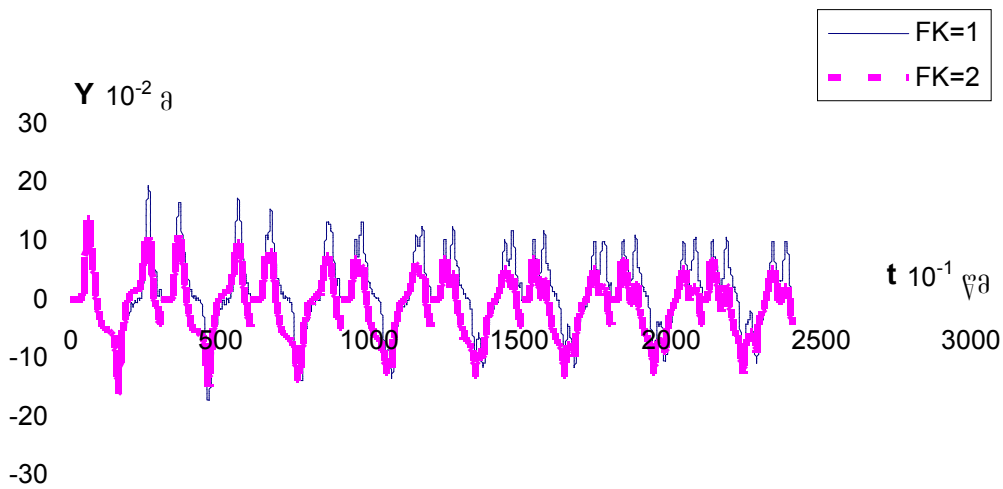
### ჩატარებული გამოთვლის შედეგები

მოვიყვანოთ თექვსმეტსართულიანი შენობის არაწრფივი რხევის შედეგები: (როცა  $a = 50$ ,  $\beta = 2$ ,  $FK = 2$ ) გადაადგილებები ჩვეულებრივ მაქსიმალურია ზედა სართულზე როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი მიმართულებით. შემდეგ ორივე სიდიდე მცირდება, განსაკუთრებით დადებითი; უარყოფითი რჩება თითქმის ორჯერ მეტი. შუას ქვემოთ უარყოფითი მცირდება, დადებითი კი იზრდება ისე, რომ ქვედა სართულზე დადებითი გამოდის ორჯერ მეტი უარყოფითზე. მაქსიმალური დადებითი არის 13,62 სმ, უარყოფითი 15,78 სმ (ნახ. 3, 4). ნახაზებზე 3 და 4 ზევიდან მე- $n$  სართულის რხევის დასაწყისი ემთხვევა აბსცისას  $(n-1) \times 300$ , მე-9 სართულიდან ქვევით  $(n-9) \times 300$ .

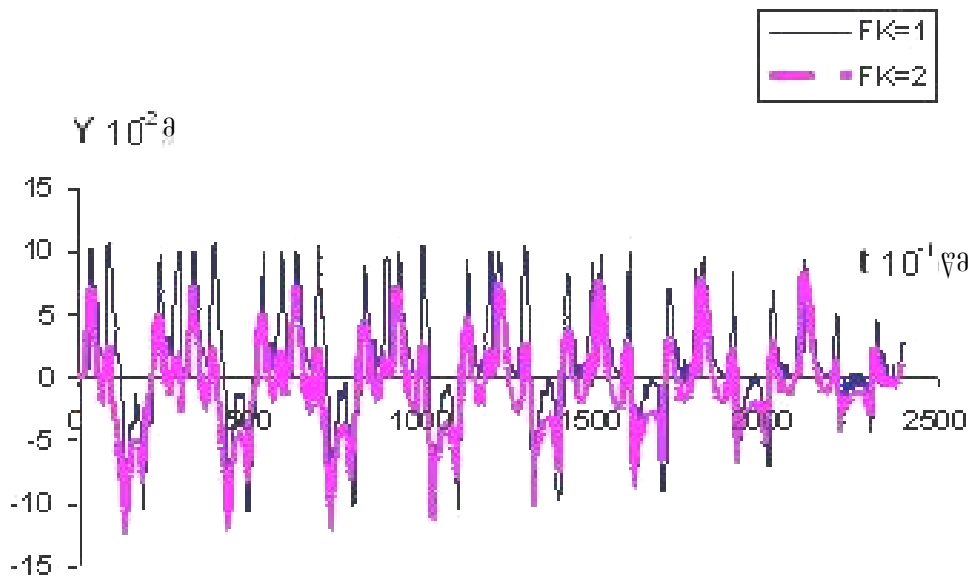
ძალების შემთხვევაში სურათი განსხვავებულია, ზედა ნახევარში მაქსიმალური ძალები აღიძვრება ზევიდან მეორე დეროში და ისინი ტოლია უარყოფითი  $\approx 1,5 \cdot 10^6$  კგ, დადებითი  $1,2 \cdot 10^6$  კგ. შემდეგ ძალები მცირდება და დაახლოებით თანაბარია ქვედა სამ სართულამდე. შემდეგ ინტენსივობა იზრდება და აღწევს დადებითი  $1,64 \cdot 10^6$  კგ, უარყოფითი

-1,3·10<sup>6</sup> კგ. ე.ი. ზევით მე-5-დან მე-11-მდე სართულები განიცდის შედარებით მცირე დატვირთვას.

აღსანიშნავია, რომ ძალები მაქსიმალურ მნიშვნელობას, როგორც დრეკად, ასევე დრეკად-პლასტიკური რხევისას, აღწევენ ზევიდან მეორე დეროში (დრეკადში -2,24·10<sup>6</sup> კგ და 2,07·10<sup>6</sup> კგ, დრეკად პლასტიკურში -1,5·10<sup>6</sup> კგ და 1,2·10<sup>6</sup> კგ), რაც თითქმის იგივეა, რაც ქვედა პირველ დეროში (-2,25·10<sup>6</sup> კგ და 1,95·10<sup>6</sup> კგ). დრეკადი რხევისას ძალების მნიშვნელობა მაღალია ზევიდან მესამე დეროშიც 1,93·10<sup>6</sup> კგ და 1,92·10<sup>6</sup> კგ. ქვევით ძალები მცირდება: რამდენიმე დეროში 1,5·10<sup>6</sup> კგ-დან და -1,5·10<sup>6</sup> კგ-მდე, ხოლო ზევიდან მე-9 დეროდან დადებითები თანდათანობით იზრდება 1,6·10<sup>6</sup> კგ-დან, ხოლო უარყოფითები ჯერ თითქმის თანაბარია -1,2·10<sup>6</sup> კგ, ბოლო ოთხ დეროში კი კვლავ იზრდება.



ნახ. 3. 9-16 სართულის გადაადგილება



ნახ. 4. 1-8 სართულის გადაადგილება

## დსკპნსა

1. იმპულსის მოქმედების შემთხვევაში ძალა-გადაადგილების ბიწრფივი დიაგრამისას, დრეკად-პლასტიკური სისტემის გადაადგილებები ნაკლებია დრეკადი რხევისას გადაადგილებებთან შედარებით;
2. დრეკად-პლასტიკური სისტემის შემთხვევაში იმპულსის მოქმედების დამთავრების შემდეგ რხევა ხდება ნარჩენი პლასტიკური გადაადგილებების მიმართ;
3. იმპულსის მოქმედების შემთხვევაში ერთი და იგივე აჩქარება შეიძლება გამოწვეული იყოს სხვადასხვა სიდიდის სიჩქარით, რასაც შეესაბამება გადაადგილებებისა და ძალების არსებითად განსხვავებული მნიშვნელობანი. აქედან გამომდინარე ტექტონიკური რღვევის მიმდებარე ტერიტორიაზე, სადაც ზემოქმედებას აქვს იმპულსის ხასიათი, სეისმური დარაიონების ზონად მიზანშეწონილია აღებული იყოს არა აჩქარება, არამედ სიჩქარე;
4. განმეორებითი იმპულსის შემთხვევაში, იმისგან დამოკიდებულებით, თუ რა მომენტში ხდება განმეორებითი ზემოქმედება, შედეგი იქნება სხვადასხვა;
5. ზუსტი შედეგების მისაღებად საჭიროა დროის ბიჯი ტოლი იყოს 0,0002 წმ-ს. თუმცა პრაქტიკისათვის საკმარისი სიზუსტის შედეგები, ზოგიერთი გამონაკლისის გარდა, შეიძლება მიღებული იყოს 0,001 წმ ბიჯის დროსაც;
6. ბიწრფივ დიაგრამაზე ერთი წრფიდან მეორეზე მღორე გადასვლა მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს განტოლებათა სისტემის ამოხსნის იტერაციული პროცესის კრებადობას.

## ლიტერატურა

1. Bulletin of earthquake Engineering. Official publication of the European association for earthquake engineering. November 2008, V. 6, N4. pp. 175-182;
2. **Ицков И.Е.** Инструментальные данные о параметрах движения земной поверхности в зонах очагов сильных землетрясений. Сейсмическое строительство. Безопасность сооружений. 2004. №3, стр. 49-55;
3. **Gabrichidze G., Giorgadze D., Chkhikvadze K., Chlaidze N.** Delay-algorithm to study linear and nonlinear motion of the constrained particles system. //First inter. confer. of seismic safety. Tbilisi. 2008, pp. 75-81.

## Construction

### ANALYSIS OF BUILDINGS ON DINAMIC OSCILLATIONS WITH TAKING INTO ACCOUNT OF LINEAR STRENGTHENING OF MATERIAL

**T.V. Batsikadze, D.V. Tabatadze, V.G. Sokhadze**

Georgian Technical University  
77, M. Kostava str. 0175, Tbilisi, Georgia  
E-mail: demuritabatadze@yahoo.com

**Abstract.** Is considered the issue of research of mode of deformation in buildings that within the each storey are working on shear. The oscillations are caused as result of ground impulse motion and the load bearing elements of structures would undergo elastic-plastic displacements. As for force-displacement relation it is presented as bi-linear, i.e. the material of load bearing structures is linearly strengthening.

Are stated results of two and sixteen storey buildings analysis. Is indicated that on bi-linear diagram the smooth transition from one line on another significantly improves the convergence of iteration process of simultaneous equations solution.

**Keywords:** displacement; elastic-plastic displacements; bi-linear diagram; deflected mode.

Строительство

## РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ С УЧЕТОМ ЛИНЕЙНОГО УПРОЧНЕНИЯ МАТЕРИАЛА

Т.В. Бацикадзе, Д.В. Табатадзе, В.Г. Сохадзе

Грузинский технический университет  
ул. М. Костава 77, 0175, г. Тбилиси, Грузия  
E-mail: [demuritabatadze@yahoo.com](mailto:demuritabatadze@yahoo.com)

**Аннотация.** Рассмотрен вопрос об исследовании напряженно-деформированного состояния сооружений, которые в пределах каждого этажа работают на сдвиг. Колебания вызваны импульсивным перемещением грунта, в результате чего в несущих конструкциях могут возникать упруго-пластические перемещения. Что касается зависимости сила-перемещение, она представлена в билинейной форме, т.е. материал несущих конструкций линейно упрочняется. Приведены результаты расчетов для двух- и шестнадцатизэтажных сооружений.

Показано, что на билинейной форме плавный переход от одной прямой к другой значительно улучшает сходимость итерационного процесса при решении систем уравнений.

**Ключевые слова:** сдвиг; упруго-пластическое перемещение; билинейная диаграмма; напряженно-деформированное состояние.

საქართველოს საზღვრებში – შავი ზღვის სანაპირო ზოლში 2015 წლის  
აკრილის თვეში განხორციელებული სავლე კვლევის შედეგები\*

ა.გ. გავარდაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 77, 0175 ქ. თბილისი, საქართველო  
E-mail: a.gavardashvili@gmail.com

**ანოტაცია.** საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის სანაპირო ზოლში 110 კმ სიგრძეზე თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემების შეფასების მიზნით 2015 წლის 21-30 აპრილს განხორციელდა სავლე-სარეკოგნოსციურებო კვლევები.

სარფიდან განმუხურამდე ზღვის სანაპირო ზოლში შერჩეულ იქნა 35 უბანი, სადაც აღებულ იქნა ზღვის წყლის ნიმუშები. GPS-ის გამოყენებით დაფიქსირდა კოორდინატები და ადგილზე გაზომილ იქნა წყლისა ( $t_1$ ) და ჰაერის ( $t_2$ ) ტემპერატურები, რომელთა ფარდობითი სიდიდეები იცვლება 0,74–1,00, ზღვის წყლის მუავიანობა (pH) – 8,11–8,69, ხოლო მარილიანობა (TDS) კი – 3,84–13,50 საზღვრებში.

**საკვანძო სიტყვები:** შავი ზღვა; სანაპირო ზოლი; ეკოლოგიური პარამეტრები; ინტერფეისის ფუნქციონალური მოთხოვნები.

შესავალი

შავი ზღვა თავისი გეოგრაფიული მდებარეობით აერთიანებს 6 ქვეყანას: ბულგარეთი, რუმინეთი, უკრაინა, რუსეთი, საქართველო და თურქეთი. შავი ზღვის მაქსიმალური სიგრძე დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ 1150 კმ-ია; ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ – 580 კმ; ყველაზე ვიწრო ადგილზე – 265 კმ; ფართობი – 422 000 კმ<sup>2</sup>; წყლის მოცულობა – 555 000 კმ<sup>3</sup>; მაქსიმალური სიღრმე – 2210 მ; საშუალო სიღრმე – 1240 მ.

საქართველოზე მოდის შავი ზღვის სანაპიროს სიგრძის 9% – 310 კმ. მაგრამ მიუხედავად ამისა, იგი დიდ გავლენას ახდენს კლიმატის ფორმირებაზე. ამჟამად, 200 კმ შავი ზღვის აკვატორიისა ანექსირებულია რუსეთის მიერ და შესაბამისად ქვეყნის მთავრობა ექსპლუატაციას უწევს შავი ზღვის აკვატორიას მხოლოდ 110 კმ სიგრძეზე.

საქართველოს საზღვრებში არსებულ შავი ზღვის აკვატორიაში ბოლო წლებში (2012-2014 წწ.) დაფიქსირებულმა შტორმებმა, რომელთა სიმძლავრე აღემატებოდა 5 ბალს, დიდი ზიანი მიაყენა ადგილობრივ მოსახლეობასა და ქ. ბათუმში სანაპიროზე განთავსებულ ბულვარს, დაანგრია სანაპირო ზოლი თითქმის 5 კმ სიგრძეზე (სურ. 1), ქ. ქობულეთში მწყობრიდან გამოვიდა 100 მ-მდე სიგრძის რკინაბეტონის ნაპირდამცავი კედელი, დაიტბორა ტერიტორიები, ასევე დიდი ზიანი განიცადა გრიგოლეთსა და ანაკლიაში ტურიზმის ინფრასტრუქტურამ, კერძოდ, დაიტბორა და სილით აივსო სასტუმროები, კოტეჯები, კაფე-ბარები და ა.შ. სურ. 2-ზე ნაჩვენებია შავ ზღვაში 5-ბალიანი შტორმის ხედი მწვანე კონცხის მიმდებარე ტერიტორიაზე.

\* სამეცნიერო კვლევები განხორციელდა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დოქტორანტურის საგანმანათლებლო პროგრამის (საგრანტო პროექტის №DO/75/2-132/14 – „შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრების კვლევა მულტიმედიური ბაზების საფუძველზე“) ფინანსური მხარდაჭერით.



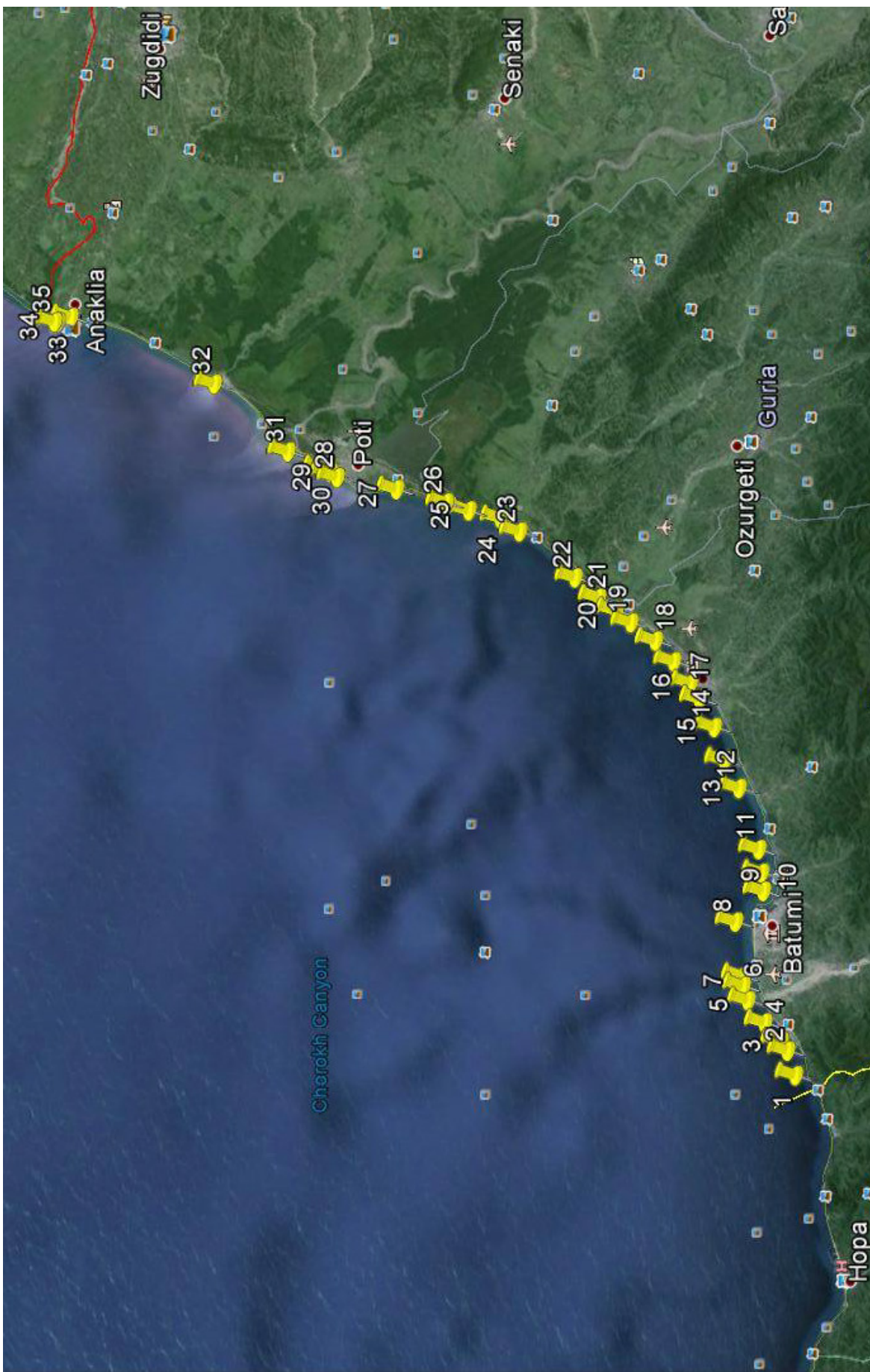


სურ. 1. ადლის გარეცხილი სანაპირო



სურ. 2. შავ ზღვაზე მწვანე კონცხის მიმდებარე ტერიტორიაზე 5-ბალიანი შტორმი (აგტორის ფოტო)

კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე იმატა შავი ზღვის აკვატორიაში ჩამდინარე მდინარეთა კალაპოტებში წყალდიდობების სისშირემ, რომელთა ესტუარებსა და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე ხშირია ზღვის სანაპირო ზოლის ეროზია (აბრაზია), რაც მთავრდება უარყოფითი ეკოლოგიური შედეგით, კერძოდ, მიმდინარეობს ზღვის მიერ საქართველოს საზღვრებში სანაპირო ზოლის – ხმელეთის მიტაცება და უფრო შიგნით ხმელეთის სიდრემში ზღვის შემოსვლა.



სურ. 3. საქართველოს საზღვრებში არსებულ შავი ზღვის სანაპირო ზოლში საველე კვლევების ჩატარების სქემა (21-30 აპრილი, 2015)

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს შავ ზღვაზე განთავსებული ქვეყნის სტრატეგიული მიმართულებების: ქ. ბათუმის, ქ. ფოთის, სოფ. ყულევის და მშენებარე ანაკლიის საზღვაო პორტების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, რაც პირდაპირ უკავშირდება შავი ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების მეცნიერულ შესწავლასა და მის სრულყოფას, პროგნოზირებას თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამებისა და ტექნოლოგიების გამოყენებით.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, შავი ზღვის ეკოლოგიური საკითხების მეცნიერული კვლევა და მისი პროგნოზირება თანამედროვე კომპიუტერული ტექნიკისა და პროგრამების გამოყენებით საქართველოსათვის მეტად აქტუალურია. იგი წარმოადგენს ქვეყნის სტრატეგიულ მიმართულებას, ხოლო შავი ზღვის სანაპირო ზოლისა და მისი მიმდებარე ტერიტორიების შენარჩუნება და დაცვა ქვეყნის მთავრობას აღიარებული აქვს, როგორც სახელმწიფოს პრიორიტეტული მიმართულება.

### **შავი ზღვის აკვატორიაში საბაზაფხულო საველე-მძსავედიციური კვლევები და მისი შედეგები**

2015 წლის 21-30 აპრილს საქართველოს საზღვრებში შავი ზღვის სანაპირო ზოლში საბაზაფხულო საველე-ექსპედიციური კვლევების მიზანს წარმოადგენდა ძირითადი (მთავარი) მდინარეების ესტუარებისა და მის მიმდებარე მოწყვლადი უბნების დაფიქსირება GPS კოორდინატებში; ზღვის სანაპირო ზოლის სენსიტიურ უბნებზე თურქეთის საზღვრიდან – სარფიდან წყლის სინჯების აღება მათი ძირითადი ფაქტორების ადგილზე გაზომვით: წყლისა ( $t_1$ ) და ჰაერის ( $t_2$ ) ტემპერატურის დაფიქსირება; წყლის მჟავიანობისა (pH) და მარილიანობის (TDS) რაოდენობრივი მაჩვენებლების განსაზღვრა.

შავი ზღვის 110 კმ სიგრძის სანაპირო ზოლში სარფიდან სოფ. განმუხურამდე შერჩეულ იქნა 35 უბანი, სადაც გაიზომა ზემოთ აღნიშნული სიდიდეები (სურ. 3), ხოლო საველე კვლევის ჯამური მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 1.

**ცხრილი 1**

**საველე კვლევის შედეგები**

№	ადგილის დასახელება	GPS – კოორდინატები		ფარდობითი ტემპერატურა ( $t_1 / t_2$ )	წყლის მჟავიანობა (pH)	მარილიანობა (TDS)
		X	Y			
1	2	3	4	5	6	7
1	სარფი	41526956	41548731	0,93	8,49	13,45
2	კვარიათი-1	41545542	41561587	0,93	8,38	12,54
3	კვარიათი-2	41554651	41563841	0,92	8,42	13,20
4	გონიო	41574588	41565589	0,92	8,37	13,23
5	ჭოროხი-მარცხენა	41596952	41569943	0,92	8,38	12,80
6	ჭოროხი-მარჯვენა	41607866	41577288	0,96	8,42	12,88
7	ადლია	41614371	41583944	0,91	8,23	6,60
8	ბათუმი (დელფინარი-უმთან)	41649103	41621114	0,86	8,34	11,80
9	ბათუმი (დასაწყისი)	41650823	41666129	0,86	8,36	8,66
10	ბათუმი (ბენზე)	41662161	41678955	0,86	8,11	7,07
11	მახინჯაური (რკინიგზის სადგურთან)	41677322	41694925	0,88	8,28	13,20

1	2	3	4	5	6	7
12	ჩაკვი	41723714	41727073	0,75	8,27	12,86
13	ბუკნარი	41747684	41737649	0,86	8,38	6,23
14	ციხისძირი	41772644	41755505	0,85	8,32	6,15
15	ბობოყვათი	41797243	41766211	0,88	8,35	11,3
16	ქობულეთი (მდ. კინტრიშ-თან)	41811607	41771416	1,00	8,29	5,23
17	ქობულეთი – აღმაშენებლის ქ. 270	41833693	41775383	0,86	8,43	12,98
18	ქობულეთი – აღმაშენებლის ქ. 552	41856175	41777474	0,86	8,56	14,65
19	ქობულეთის ბოლო	41880721	41772763	0,86	8,45	13,87
20	მდ. ჩოლოქი	41895964	41770675	0,90	8,21	15,27
21	მდ. ნატანები	41913572	41767241	0,85	8,45	4,34
22	სოფ. შეკვეთილი	41938746	41764857	0,91	8,43	12,90
23	დაბა ურეკი	41997287	41758008	0,91	8,38	11,76
24	მდ. სუფსა	42016078	41753594	0,90	8,36	12,67
25	სოფ. გრიგოლეთი (დასაწყისი)	42038751	41735281	0,90	8,43	13,50
26	სოფ. გრიგოლეთი (ბოლო)	42056578	41723947	0,83	8,25	13,60
27	მდ. მალთაყვა	42092887	41,695954	0,87	8,34	7,22
28	ქ. ფოთი (მდ. რიონის სამხრეთი ჩადინება)	42134187	41659283	0,87	8,39	15,32
29	ქ. ფოთი (მაშველები)	42140873	41657926	0,83	8,41	6,37
30	ქ. ფოთი (მოლი)	42147686	41,655392	0,78	8,48	13,60
31	აბადა (მდ. რიონის ჩრდილოეთი ჩადინება)	42177666	41,641295	0,74	8,72	7,80
32	ჭულევი	42259918	41,637102	0,78	8,37	15,12
33	ანაკლია (რეპერთან)	42382543	41,577101	0,78	8,32	14,45
34	ანაკლია (სასტუმროსთან)	4238744	41563028	0,78	8,29	7,67
35	ანაკლია (მდ. ენგურის მარცხენა ნაპირი)	42389302	41560674	0,78	8,32	12,67

ამრიგად, თუ ჩავატარებთ პირველ ცხრილში მოყვანილი სიდიდეების ანალიზს, დავინახავთ, რომ წყლისა ( $t_1$ ) და ჰაერის ( $t_2$ ) ტემპერატურის ( $C^\circ$ ) ფარდობითი სიდიდეები იცვლება 0,74–1,00; ზღვის წყლის მჟავიანობის (pH) – 8,11–8,69, ხოლო მარილიანობის (TDS) რაოდენობრივი მაჩვენებლები კი 3,84–13,50 საზღვრებში.

### დასკვნა

2015 წლის 21-30 აპრილის თვეში ჩატარებული საველე-სამეცნიერო კვლევის შედეგები საშუალებას მოგვცემს შევაფასოთ შავი ზღვის ძირითადი ეკოლოგიური პარამეტრები, დავაზუსტოთ მათი რაოდენობრივი და თვისობრივი მახასიათებლები, კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე დავაფიქსიროთ საქართველოს საზღვრებში ზღვის

სანაპირო ზოლის ახალი მოწყველადი უბნები შესაბამისი ფართობებით გეოგრაფიული GPS კოორდინატების მიხედვით, რაც საშუალებას მოგვცემს შემდეგ ეტაპზე სტატისტიკური რიგის გამოყენებით შევაფასოთ შავი ზღვის ეკოლოგიური პარამეტრები ანალიტიკოსის ინტერფეისის ფუნქციონალური მოთხოვნების განსაზღვრის ობიექტ-ორიენტირებული მეთოდებით (UML: UseCase, Activity დიაგრამების აგება).

ყოველივე ზემოთ აღნიშნული საშუალებას მოგვცემს კომპლექსურად შევაფასოთ შავი ზღვის თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემები და დაიგეგმოს მისი სანაპირო ზოლისა და მიმდებარე ტერიტორიების ეკოლოგიური უსაფრთხოების ღონისძიებები.

### **ლიტერატურა**

1. ბილაშვილი კ., ელიზბარაშვილი მ., წიგწივაძე ნ. – ზღვის ეკოლოგია. თბილისი, თსუ გამომცემლობა, 2009, 238 გვ;
2. სუპატაშვილი გ., ქაჯაია გ. – გარემო და ადამიანი. თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 2001, 156 გვ;
3. **Gavardashvili A.G.** The Program Software to Create United Database of Black Sea Ecological Characteristics. //Collected Papers of Water Management Institute of Georgian Technical University, №68, Tbilisi, 2013, pp. 27-32;
4. **Gavardashvili G.V., Chakhaya G.G., Diakonidze R.V., Tsulukidze L.N., Supatashvili T.L.** The Results and Analysis of Studies Carried out in 2011 in the Black Sea Water Area within the Boundaries of Georgia. //3<sup>rd</sup> Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference. Odessa, Ukraine, 1-4 November, 2011, pp. 205;
5. **Gavardashvili G.V., Chakhaya G.G., Diakonidze R.V., Tsulukidze L.N., Supatashvili T.L.** The Investigation of the Black Sea Coastal Zone Within the Boundaries of Georgia. //2<sup>nd</sup> International Scientific-Technical Conference "The Modern Problems of Environmental Protection, Architecture and Construction". Tbilisi-Kobuleti, Georgia, 2012, pp. 23-29.

### **Environmental protection**

## **RESULTS OF FIELD RESEARCH IN THE BLACK SEA COAST LINE WITHIN THE BORDERS OF GEORGIA IN APRIL 2015**

**A.G. Gavardashvili**

Georgian Technical University  
77, M. Kostava str. 0175, Tbilisi, Georgia  
**E-mail: a.gavardashvili@gmail.com**

**Abstract.** The field-precognitive research was carried out on the Black Sea coastline of 110 km length within the boarder of Georgia on April 21-30, 2015 in order to assess the modern ecological problems.

The sea water samples were taken from the 35 points chosen from Sarpi to Ganmukhuri area. The coordinates were determined using the GPS and the water ( $t_1$ ) and air temperatures ( $t_2$ ) were measured, which relative values vary from 0,74 to 1,00; acidity (PH) was 8,11–8,69 and salinity of the water (TDS) was within 3,84–13,50.

**Keywords:** Black Sea; coastal line; ecological parameters; functional requirements of interface.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОВЕДЕННЫХ В АПРЕЛЕ  
МЕСЯЦЕ 2015 ГОДА НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЧЕРНОГО МОРЯ В ГРАНИЦАХ ГРУЗИИ**

**А.Г. Гавардашвили**

Грузинского технического университета  
ул. М.Костава 77, 0175, г. Тбилиси, Грузия  
**E-mail: a.gavardashvili@gmail.com**

**Аннотация.** С целью оценки современных экологических проблем на 110 км участке побережья Черного моря в границах Грузии, с 21-30 апреля 2015 года были осуществлены полевые исследования

На прибрежном участке Сарпи-Ганмухури были выбраны 35 участков, где были взяты образцы воды, при помощи GPS определены координаты и на месте были измерены температура воды ( $t_1$ ) и воздуха ( $t_2$ ), величины которых меняются в пределах 0,74-1,00, кислотность воды (pH) 8,11-8,69 и соленость воды (TDS) -3,84-13,50.

**Ключевые слова:** Черное море; побережье; экологические параметры; требования функции интерфейса.

## INTRODUCTION OF MODERN RISK METHODOLOGIES FOR PROVISION OF SECURITY MEASURES FOR POPULATION LOCATED IN DISASTER AREAS IN CASE OF FAILURES OF HIGH EARTHEN DAMS

G.V. Gavardashvili,<sup>1</sup> B.M. Ayyub,<sup>2</sup> K.G. Bziava<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University

60 I. Chavchavadze Avenue 0162 Tbilisi, Georgia

E-mail: [gwmi1929@gmail.com](mailto:gwmi1929@gmail.com); [givi\\_gava@yahoo.com](mailto:givi_gava@yahoo.com); [k\\_bziava@yahoo.co.uk](mailto:k_bziava@yahoo.co.uk)

<sup>2</sup> Center for Technology and Systems Management  
Department of Civil and Environmental Engineering

University of Maryland, College Park, USA

E-mail: [ba@umd.edu](mailto:ba@umd.edu)

**Abstract.** The main goal of the research is the development and introduction of a regional strategy and action plan for managing risks due to natural and human-caused hazards (including terrorism) for South Caucasus regions including Armenia, Azerbaijan and Georgia, taking into consideration the Hugo international strategy (Hyogo Declaration and Hyogo Framework for Action) for 2005-2015 years (18-22 January, 2005, Kobe, Hyogo prefecture, Japan) to reduce disaster risk.

The main attention is given towards use a formal risk analysis framework, such as the Critical Asset and Portfolio Risk Analysis (CAPRA) method, to examine human-caused threats, such as terrorism events, and natural hazards, such as flooding due to dam failures, with a focus on potential failure modes due to deterioration. Three case studies of dams in Armenia, Azerbaijan, and Georgia will be developed including the use of monitoring systems and the statistical analysis of collected data.

**Keywords:** earthen dam; natural disaster; risk management; terrorist act; population security; CAPRA.

### PREAMBLE

South Caucasus is a territory of the Caucasian isthmus south from the Main Caucasian Range and includes three countries – Armenia, Azerbaijan and Georgia. The geographical location of the South Caucasus complicated mountainous terrain, and other factors shape the wide diversity of the climate. The South Caucasus has various climate zones starting with everlasting snowcaps and glaciers to warm humid subtropical forests and humid semi-desert steppes. Various hazardous meteorological and hydrological phenomena, such as mudflows, debris-flows, droughts, floods, avalanches, etc. are observed over the region. It is anticipated that the frequency of occurrence of extreme weather and climate events will increase due to the climate change. However, there are no systematic studies on the variability of climate over this region.

The South Caucasus Rivers belong to the basins of the Black, Azov and Caspian seas. In 70% the territory of the South Caucasus, water drains into the Caspian Sea. The annual average flow of the South Caucasus Rivers fluctuates between 1,000 to 2,000 mm to 50 mm and lower. A small amount of flow is characteristic of the Kura-Araks lowland and the Caspian lowland. The middle mountains have a flow

from 600 to 1,000 mm and low mountains from 200 to 600 mm. The major data on main rivers of the South Caucasus are given in the Table 1.

Table 1

General Data of the South Caucasus major Rivers

River basin	River	Length, km	Basin drainage area, m <sup>2</sup>	Average discharge, m <sup>3</sup> /sec	Basin height, m
Caspian Sea	Araks	1 072	102 000	210	3 400
	Kura	1 364	188 000	575	2 100
	Sulak	332	13 400		3 580
	Terek	600	43 700	302	3 199

The unequal distribution of regional water resources in the South Caucasus causes problems with water allocation in the region, especially in the Kura-Araks river basin. In the future, this problem may become the source of regional conflict. For example, while Georgia is the richest country in water resources among the South Caucasus countries, Azerbaijan suffers from water shortages the most.

The Southern Caucasus is one of the most vulnerable regions to natural disasters. **In recent years, the disaster risk has increased due to faulty land-use planning.** Outdated building codes lead to inadequate building construction. There is a lack of real data on natural disasters and the impact of mudflows, floods, debris flows etc. on land-use planning and prompt actions after above mentioned catastrophes. Therefore it is an important task to carry out assessments of critical structures sensitive to natural threats such as dams and reservoirs.

In order to be able to improve the resistance of hydraulic engineering structures it is necessary to utilize a formal risk analysis framework, such as the Critical Asset and Portfolio Risk Analysis (CAPRA) method, to examine human-caused threats, such as terrorism events, and natural hazards, such as flooding due to dam failures, with a focus on potential failure modes due to deterioration. The use of such methods requires data on their response to natural disasters and human-caused events (such as terrorist attacks). Meeting the data need requires developing a regional digital strong motion network which will collect recordings of regional and local disasters that may be appeared at the dams and reservoirs. The results obtained from the analysis of the data will provide information crucial for developing tools of disaster responses and management plans in the South Caucasus. In addition, the proposed methodology will extend the cooperation between scientist in academic and private sectors and government policymakers.

Provided methodology by using CAPRA analytical tool touches upon cross-border environmental concerns to enhance peace and security by:

- Assessing risk profiles and the environmental impact of strong natural disasters and possible terrorist attacks and secondary hazards triggered by them. The data obtained shall allow objective analyses in order to increase the safety of population, infrastructure and environment.
- Training of young scientists on strong motion network installation, data processing and data analysis.
- Establishing communication channel between scientists and local authorities in order to increase the knowledge of decision-makers on possible consequences of strong threats impact.
- Identifying critical assets that need to be protected from threats (e.g., dams, reservoirs).

Modern evidences of the use of hydraulic engineering structures reveal that the present world requires protecting a population from the results caused by terrorist attacks, which provoke not only big ecological, but also economic, social and demographic problems. Damage to or destruction of the nation's water supply and water quality infrastructure by terrorist attack or natural disaster could disrupt the



delivery of vital human services in the country, threatening public health and the environment, or possibly causing loss of life. Interest in such problems has increased greatly since the September 11, 2001 terrorist attacks in the United States.

Taking into account that it is generally impossible to implement accurate prediction of emergency situations that occur at hydraulic engineering structures (such as dams, reservoirs, etc.) under the influence of different factors and at different time periods, we have not any universal method to assess these processes. Therefore, it is necessary to take science-based preventive measures using innovatory means and modern technologies. Special attention should be paid to the development of rapid response mechanisms and operative warning of population about possible danger.

The majority of existing dams can be considered as difficult and combined systems, which include structures of different scopes and kinds. Though, a failure of any structure may cause especially difficult results, possibly, human life loss. In the majority of cases the cause of incidents for dams, wharf walls, reservoirs etc. may be their deterioration and influence of external dynamic (due to for example earthquake, landslide, inundation, intensive erosion processes etc.) as well as mechanical forces (due to for example terrorist attacks). Construct gaps occurred in design and construction phases cannot be omitted as well. On a world scale the majority of dam failures generally happened in earth dams, which in the majority of cases were induced by soil wash-out caused by seepage processes in the dam's core.

**Safe operation of dams and reservoirs (both natural and artificial) existing in Transboundary Regions of the South Caucasus: Armenia, Azerbaijan and Georgia, including, Zhinvali earth dam (Georgia), Azat Reservoir (Armenia) and Bahramtapa hydro-system (Azerbaijan) is complicated by the condition that they entered the phase of *deterioration and aging*.** The monitoring system for dams and reservoirs, which should give us opportunities to get information about existing and newly originated problems and to solve such gaps in time, does not exist. At present there are no warning systems, which in case of failure inform State Authorities and, appropriately, populations to reduce or control impact on the populations. Taking into account the above-mentioned situation, the mentioned structures can be easier destroyed by a terrorist attack, and as a result, the scale of failure will be immeasurable.

On the basis of emergency monitoring, the probability of their realization will be obtained as a result of predictions made at a specified time. Prediction-following data will be used to provide stabilization of weakened components of a system and to improve their stability.

The results obtained from the realization of the proposed methodology allows to prolong the life of hydraulic engineering structures including both separate components or a system as a whole by slowing down deterioration, and to implement qualified rehabilitation works in time, and, appropriately, to improve their economic efficiency.

In case of a catastrophe caused by failures of dams / hydraulic structures or terrorist attacks, the areas, which will be under the influence of wave propagation, as well as the height and velocity of wave causing its destructive effect, will be determined using modern software programs. Moreover, cost-effective protection measures can be identified based on risk-reduction benefit to cost analysis.

Practically, the systems of safety and operative warning do not exist. The modern methods of rehabilitation given within the framework of the project guarantee that in case of a dam failure or other kinds of destructions the message will be timely delivered to State Authorities, which shall provide warning of population and save human lives.

Considerable ecological, economic and social effects, the appropriate measures and their realization will be achieved by the solution of the problems given bellow:

- Thousands of human lives could be saved of people living within the area located near the dams (unstable sections);
- Normal operation of dams will allow us to control hydrologic conditions, to avoid negative results

caused by floods and inundations, which will be considered as preconditions to safe industrial, agricultural, recreational and other kinds of objects, infrastructure, including, uninterrupted operation of hydraulic structures needed to supply drinking and irrigation water to population;

- Protection of mountainous regions and development of their infrastructures will be provided as a result of measures implemented against inundations, floods and mudflows;
- Safe operation of hydraulic structures serving strategic purposes will allow us to provide safety and economic development of Transboundary Regions of the South Caucasus.

This implementation of the results of these proposed methods enhances peace and security through the protection and safe operation of hydraulic engineering structures located within the Transboundary Region of the South Caucasus. Thus, the economics, safety, environmental stability of South Caucasus Transboundary Region including Armenia, Azerbaijan and Georgia and lives of population living within the boundaries of possible failure depend on the above-mentioned project.

## GENERAL PART

The paper focuses on the implementation of the **Critical Asset and Portfolio Risk Analysis (CAPRA) method** for quantifying risks associated with dams due to human-caused and natural hazards with a focus on potential failure modes due to deterioration. Three dams from Armenia, Azerbaijan, and Georgia will be monitored, and data collected will be analyzed.

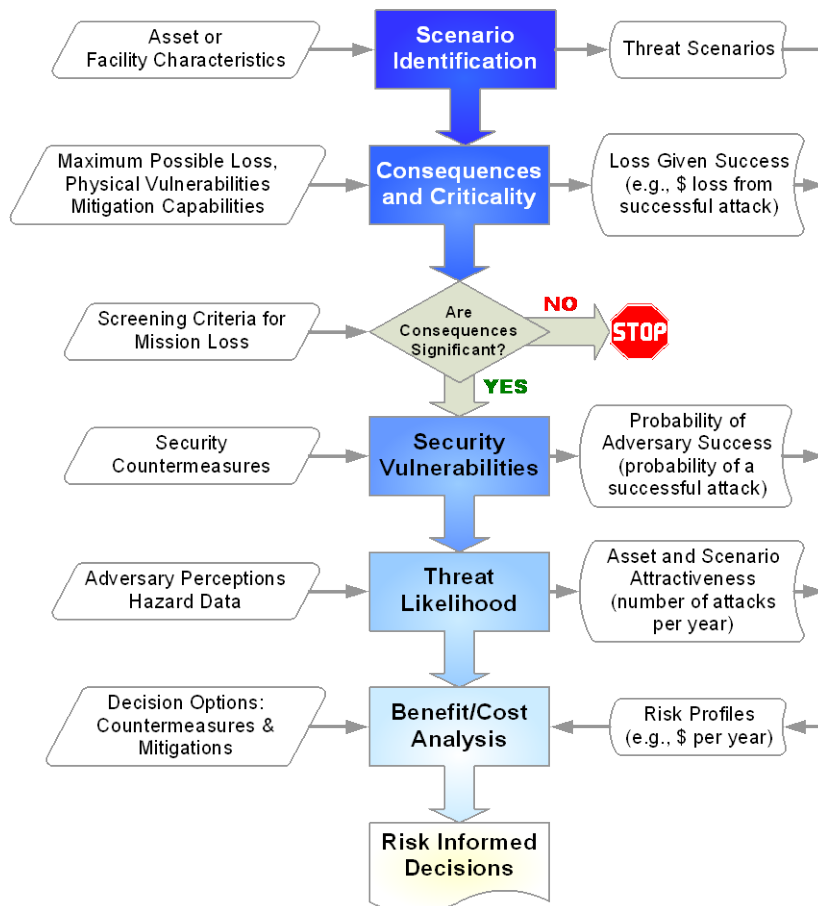


Figure 1. Critical Asset and Portfolio Risk Analysis (CAPRA)

The implementation of the proposed activities for this methodology includes basic and applied research, the development of demonstration areas in three South Caucasus countries, capacity building, and training of the investigators, local population and the dissemination of information and recommendations to stakeholders. The details of these activities are described below.

### **Step 1. Implementation of the Critical Asset and Portfolio Risk Analysis (CAPRA) Method [2]**

CAPRA provides a quantitative approach for all-hazards risk analysis [1, 2]. CAPRA is a five-phase process that identifies hazard scenarios that are relevant to the region or asset of interest, assesses the losses for each of these scenarios given they were to occur, allows for consequence-based screening, assesses the annual rate occurrence for each scenario, and provides results suitable for benefit-cost analysis. CAPRA produces risk assessments that can form the basis for identifying alternative risk mitigation strategies and evaluating them for their cost-effectiveness, affordability, and ability to meet risk reduction objectives. Figure 1 provides the CAPRA analysis tasks, the analysis techniques, and the output of each task. The figure provides a high-level definition of the CAPRA steps.

### **Step 2. Database creation, field investigations**

#### ***2.1 Diagnostics and monitoring***

Description of survey objects (dams, reservoirs), diagnostics and cadastre can be implemented using computer software GIS by creating a general database for the South Caucasus region. The approach requires the following:

- Research materials and bibliographic sources about the survey issues, systematized and analyzed as well;
- General statistics for the accidents of hydraulic structures in the World, including the South Caucasus Region (Transcaucasia) – Georgia, Azerbaijan and Armenia;
- A description (object title, its purpose, age etc.) of the following hydraulic objects: Zhinvali Reservoir (Georgia), Azat Reservoir (Armenia) and Bahramtapa hydro-system (Azerbaijan);
- Assessments of the technical conditions of survey objects by each Partner country.

#### ***2.2 Selection of survey area***

Earth dams are selected for field surveys, which will be implemented on the territories of Partner countries. Being under the risk of erosion (suffosion) processes just such kind of dams can be characterized with a large number of accidents.

#### ***Zhinvali Reservoir***

The survey object located on the territory of Georgia is a Zhinvali Reservoir. Selected Object – Zhinvali Hydraulic Complex is located 35 km from Tbilisi entrance (Avchala), 49 km from Tbilisi center (Baratashvili Bridge). Covering multifunctional assignments in the fields of power, irrigation, water-supply, flood and inundation control this object can be considered as a very important for Georgia from ecological and economic point of view. According to preliminary calculation, the following can be assumed in case of failure:

- Destruction of areas located nearby, including about tens of thousands hectares of agricultural lands;
- Destruction of populated areas, the ancient and the new capitals of Georgia (Mtskheta, Tbilisi) as well as a significant part of Rustavi;
- Failure of strategic objects (Natakhtari water-pumping station, which supplies drinking water to 40% of Tbilisi population and to a significant part of Dusheti, Mtskheta, Gardabani and Rustavi; Transcaucasia railway station, highways and bridges located on the territory of Georgia);

- Dam failure can cause a lot of human victims.

The problems found and detected on the survey areas (determination of the deterioration of dams to provide their further study; assessment of their technical conditions with indication of their damages; prediction of possible failure etc.) assessed in accordance with their functional assignment.

The field surveys considered for determining particularly the following: intensive seepage of earth dams, erosion (suffosion) of dam body, functioning of drainage scheme on the downstream side of the dam etc.

The similar demo objects are selected on the territories of Armenia (Azat reservoir) and Azerbaijan (Bahramtapa hydro-system).

### ***Azat Reservoir***

Azat reservoir is located at an altitude of 1650 m above sea level and a distance of 20 km from the capital city of Yerevan. General data for Azat reservoir includes: Height of dam: 77 m; Volume: 70 million.m<sup>3</sup>; Surface: 2.85 million m<sup>2</sup>; Date of construction: 1976. According to the initial calculations more than 10 settlements with a population of 90,000 would be flooded in case of the failure of the Azat reservoir.

### ***Bahramtapa hydro-system***

The Bahramtapa hydro-system has been put in operation in 1959. The purpose of this complex hydrosystem built on the Araz River consists in diversion of water necessary for irrigation of 157 thousand hectares territory of Mil-Mugan plain and for supply of potable water to more than 1.5 million population from the river.

The hydro-system is designed for running of flood waters in volume of 2500 m<sup>3</sup>/sec. The hydro-system complex includes concrete dam, a water intake, concrete and earth settlers, head controlling facilities of channels, fishway and other facilities. The water taken from the river by means of a water intake is being delivered in Main Mugan (65 m<sup>3</sup>/sec), Azizbekov (50 m<sup>3</sup>/sec) and Rasul Arkh (16 m<sup>3</sup>/sec) channels.

After conducting of redesign of the water intake carrying capacity of the Azizbekov channel has been increased to 63 m<sup>3</sup>/sec.

### **Step 3. Preparation of mathematical models**

GIS software is one of the significant tools for creation of the Large-scale topographic maps. Using computer simulation, determination of the following parameters in case of dam failure is considered:

- Maximum height and velocity of water wave;
- Water wave motion in time;
- Inundation areas and duration of inundation;
- Distribution of inundation zone to the left and to the right from the river axis.

Simulations of damages of dam can be manipulated to determine the potential effects of natural disaster and terrorist attacks on dams. In a case of damages of dam it allows to provide types of damages including possible damages of the downstream and upstream sides of the dam, seepage conditions of dam body, etc. [5]. Certainly, for development of the above mentioned concept, it is necessary to take into account hypsometric (altitudes above sea level), morphometric (slopes, gradient of riverbeds) and geomorphologic (geology, landscape) properties of survey objects.

Determination of the possible kinds of terrorist attacks is another task for defining rates of: dam explosion, explosion of different units of hydraulic structure, explosion of spillway etc., and determining possible risk and results of terrorist attack and predicting their probability.

#### **Step 4. Adoption of modern technologies and computer programs**

Using computer (three dimensional) modeling enable us to determine the following:

- Maximum height and velocity of water wave caused by object failure as a result of terrorist attack or natural disaster on dams, wave motion (distribution) in time;
- Inundation areas and duration of inundation caused by a terrorist attack. Distribution of inundation zone to the left and to the right from the river axis will be determined as well.

All above-mentioned parameters require assessment taking into account ecological and economical damage, social-demographic conditions and possible danger.

In order to predict possible disastrous effects caused by a terrorist attack, including damages caused by expected flood and inundation, damage caused by flood and inundation, and determine reduction of damages, we use mathematical statistics and computer programs.

#### **Step 5. Development and test of the laboratory model of survey area**

Further step of the proposed methodology considers laboratory modeling of possible flood and debris flow caused by terrorist attacks on dams using typical widely-approved methods and tests conducted on a model are maximally approximated to reality, which will occur in case of a dam failure.

Prediction of possible failure using modern analytical method “CAPRA”. The model CAPRA will be used to assess and analyze the emergency risk caused by a terrorist attack on hydraulic structures (dams) or deterioration of structures, initially, in Georgia. In general, CAPRA is a five-phase process that identifies hazard scenarios that are relevant to the region or asset of interest, assesses the losses for each of these scenarios given they were to occur, allows for consequence-based screening, assesses the annual rate occurrence for each scenario, and provides results suitable for benefit-cost analysis. CAPRA produces risk assessments that can form the basis for identifying alternative risk mitigation strategies and evaluating them for their cost-effectiveness, affordability, and ability to meet risk reduction objectives.

On the territory of experimental engineering structure – “Zhinvali” Dam, the local meteorological conditions and weather and soil data enable us to determine a degree of influence of climatic factors on static conditions (stability, a filtration, a level of penetration of water, etc.) of hydraulic engineering constructions (e.g. dam), control and define sensitive sites of experimental site.

#### **Step 6. Comparison of theoretical and practical mathematical models**

This step includes the following activities:

- Comparison between values obtained using laboratory modeling of flood and debris flow caused by a terrorist attack on hydraulic structure and values obtained using computer simulation.
- Development of measures to mitigate negative results obtained from a terrorist attack on dams or its prevention. After the implementation of project, it shall contain all those recommendations, which will allow us to mitigate all negative results caused by disasters, or their prevention. Such kind of measures are as follows: anti-debris flow structures developed by the Institute of Water Management, phyto- and forest anti-erosion measures as e.g. cultivation of Vetiver plants, pampas grasses and endemic trees etc. within the erosion and debris flow regions.
- Development of rapid response mechanisms and operative warning in case of dam failure. Rapid and operative response mechanisms can be developed using modern sensor technologies.
- Planning of readiness and response mechanisms in case of a failure on hydraulic structure, trainings of local population, state and regional authorities to mitigate damage.
- Determining the sensitive sections of deteriorated structures, developing cadastre for hydraulic structure and implementing diagnostics and prediction, the main target of Theoretical and Practical

---

Centre established within the framework of grant project can be considered as applying the results into practice.

One of the important components of the given methodology is attraction of the local population, with the representatives of the Emergency Situation Management Department of the Ministry of Internal Affairs of Georgia towards the problem to deliver the following information related to the above research and carry out activities listed below:

- Assessment of predicted engineering situation using the results of scientific survey and possible failure. Zoning of territories. Determination of general parameters of high probability;
- Creation of databases about the zones (territories) of emergency situations and, their archiving in digital format (data about demography, hydraulic geology, military forces and social-political and other existing forces and means)
- Development of recommendations about possible emergency situations to provide control, warning and exchange of information about schemes and properties;
- Development and implementation of plans to provide quick response to possible emergency situation;
- Training for the officials of regional authorities and those, who are responsible for hydraulic object;
- Training for the population in the zones of possible failure in accordance with the zoning of risk;
- Preparation and implementation of complex training for quick response to emergency situations;
- Analysis of weak points revealed as a result of training and development of appropriate recommendations.

## CONCLUSIONS

The implementation of the above mentioned methodology allows us:

- to assess and forecast possible risks within the boundaries of South Caucasus Transboundary Regions (Armenia, Azerbaijan, Georgia);
- to provide emergency service and public assistance during or immediately after a disaster,
- to manage process that analyses specific potential events of emerging situations that might threaten society and establishes arrangements in advance to enable timely, effective and appropriate responses to such events and situations
- to build of capacities of the governments, professional response and recovery organizations, communities and individuals of effectively anticipate, respond to, and recover from, the impacts of hazard events or conditions
- to introduce activities raising the common knowledge about disaster risks, the factors that lead to disasters and the actions that can be taken individually and collectively to reduce exposure and vulnerability to hazards;
- to stimulate the process by which people, organizations and society systematically stimulate and develop their capacities over time including through improvement of knowledge, skills, systems and institutions;
- to set capacities needed to generate and disseminate timely and meaningful warning information to enable individuals, communities and organizations threatened by a hazard to prepare and to act appropriately and in sufficient time to reduce the possibility of harm or loss.

References

1. **Ayyub B.M.** 2003. Risk Analysis in Engineering and Economics. Chapman & Hall/CRC. A CRC Press Company. Boca Raton London New York Washington, D.C. 571 p.;
2. **Ayyub, BM, McGill, WL, Kaminskiy, M.** Critical Asset and Portfolio Risk Analysis for Homeland Security: An All-Hazards Framework (CAPRA). //Risk Analysis International Journal, Society for Risk Analysis, Vol. 27, No3, 2007, pp. 789-801, DOI: 10.1111/j.1539-6924, 2007, 00911.x.;
3. **Gavardashvili G.V.** Forecasting of Erosion and Debris flow Processes for the Energy Supply and Transport Corridors of Georgia Using the Theory of Reliability and Risk. First International Conference on Vulnerability and Risk Analysis and Management (ICVRAM), April 11-13, 2011, University of Maryland, USA, pp. 813-820;
4. **Gavardashvili G.V., Ayyub B.M.** The Field Investigation of Erosion and Debris Flow Processes in Catchment Basin of the Duruji River. //5th International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation, Mechanics, Prediction and Assessment. Padua, ITALY – 14-17 June 2011, pp. 63-71;
5. **Gavardashvili G.V., Ayyub B. M., Sobota J., Bournaski E., Arabidze V.** Simulation of Flood and Mud Flow Scenarios in Case of Failure of the Zhinvali Earth Dam. //International Symposium on Floods and Modern Methods of Control Measures (Under the support of UNESCO). Tbilisi, Georgia, pp.148-163.

ჰიდროტექნიკური ნაკვებების  
უსაფრთხოება და რისკი

მიწის მაღლივი კაშხლების შესაძლო ავარიის შემთხვევაში სტიქიის ზონაში  
მოსახლეობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით რისკის  
თანამედროვე მეთოდოლოგიის დამუშავება

გ.გ. გავარდაშვილი,<sup>1</sup> ბ.მ. აიუუბი,<sup>2</sup> კ.გ. ბზიავა<sup>1</sup>

<sup>1</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო

E-mail: [gwmi1929@gmail.com](mailto:gwmi1929@gmail.com); [givi\\_gava@yahoo.com](mailto:givi_gava@yahoo.com); [k\\_bziava@yahoo.co.uk](mailto:k_bziava@yahoo.co.uk)

ტექნოლოგიებისა და სისტემების მართვის ცენტრი  
სამოქალაქო ინჟინერიისა და გარემოს დაცვის დეპარტამენტი  
მერილენდის უნივერსიტეტი, კოლეჯ პარკი, აშშ

E-mail: [ba@umd.edu](mailto:ba@umd.edu)

**ანოტაცია.** კვლევის ძირითად მიზანს წარმოადგენს სამხრეთ კავკასიის რეგიონებში (სომხეთი, აზერბაიჯანი, საქართველო) ბუნებრივი და ანთროპოგენური კატასტროფების რისკის მართვის რეგიონულ სტრატეგიის და სამოქმედო გეგმის შემუშავება და დანერგვა, 2005-2015 წლებისათვის ჰიოგოს (18-22 იანვარი, 2005 წ., კობე, ჰიოგოს პრეფექტურა, იაპონია) კატასტროფების შემცირების საერთაშორისო სტრატეგიის (ჰიოგოს დეკლარაცია და სამოქმედო ჩარჩო-პროგრამა) მხედველობაში მიღებით.

ძირითადი ყურადღება ეთმობა კრიტიკული ფონდისა (აქტივისა) და რისკის ანალიზის პორტფოლიოს მეთოდის (Critical Asset and Portfolio Risk Analysis – CAPRA) გამოყენებას, რომელიც განიხილავს ადამიანის მოქმედებით გამოწვეულ საშიშროებას – ტერორისტულ

აქტებს და ბუნებრივ კატასტროფებს (მაგ., მოძველებული კაშხლის გარღვევით გამოწვეული ტერიტორიების დატბორვა და სხვ.). მეთოდოლოგია ითვალისწინებს სამი საპილოტე ტერიტორიის მაგალითზე (სომხეთი, აზერბაიჯანი, საქართველო) მონიტორინგის სისტემის შექმნას და მიღებული მონაცემების სტატისტიკურ ანალიზს.

**საკვანძო სიტყვები:** კაშხალი; ბუნებრივი კატასტროფა; რისკის მართვა; ტერორისტული აქტი; მოსახლეობის უსაფრთხოება; CAPRA.

**Безопасность и риск**  
**гидротехнических сооружений**

**РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННОЙ МЕТОДОЛОГИИ РИСКА В ЦЕЛЯХ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНЕ БЕДСТВИЯ  
В СЛУЧАЕ ВОЗМОЖНОЙ АВАРИИ ВЫСОКИХ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН**

**Г.В. Гавардшвили,<sup>1</sup> Б.М. Аюб,<sup>2</sup> К.Г. Бзиава<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И. Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия

**E-mail: gwmi1929@gmail.com; givi\_gava@yahoo.com; k\_bziava@yahoo.co.uk**

Центр по управлению технологиями и системами  
Департамент гражданской инженерии и охраны окружающей среды  
Мэрилендский университет в Колледж-Парке, США

**E-mail: ba@umd.edu**

**Аннотация.** Основной целью исследования является разработка и внедрение региональной стратегии и плана действий по управлению природными и антропогенными рисками в странах Южного Кавказа принимая во внимание международную стратегию Хиого (Хиогская декларация и Рамочная программа действий) на 2005-2015 годы (18–22 января 2005 года в Кобе, префектура Хиого, Япония) по уменьшению опасности бедствий.

Основное внимание уделяется использованию метода портфолио-анализа критических фондов и рисков (Critical Asset and Portfolio Risk Analysis – CAPRA), который рассматривает вопросы, связанные с возникновением бедствий в следствие человеческого фактора – террористического акта и природных катастроф (напр., заболачивание территорий вследствие прорыва устаревшей плотины и др.). Методология учитывает создание системы мониторинга и статистический анализ полученных данных.

**Ключевые слова:** плотина; природные катастрофы; управление рисками; террористический акт; безопасность населения; CAPRA.



**მცურავი ტალღაჩამქრობის (დემპფერის) მოქმედების მათემატიკური  
მოდელების განხორციელების მეთოდის შესახებ\***

**თ.ლ. გველესიანი,<sup>1</sup> ზ.მ. ციხელაშვილი,<sup>2</sup> გ.ი. ბერძენაშვილი,<sup>2</sup> ხ.გ. ირემაშვილი<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო

<sup>2</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 77, 0175, ქ. თბილისი, საქართველო

**ანოტაცია.** ნაშრომში შემოთავაზებულია ზღვის შეღვის სანაპირო ზონაში მცურავი ტალღაჩამქრობის (დემპფერის) მოქმედების მათემატიკური მოდელების მეთოდის ორგანიზაციული (2D) ჰიდროდინამიკის ამოცანის თ. გველესიანის მიერ ადრე მიღებული ამონახსნის გამოყენების საფუძველზე.

**საკვანძო სიტყვები:** მცურავი ტალღაჩამქრობი; ჰიდროდინამიკის (2D) ამოცანა; მათემატიკური მოდელების.

**შესავალი**

მცურავი ტალღაჩამქრობი ნაგებობის (დემპფერის) ზღვის სანაპირო შეღვში განლაგების მიზანშეწონილობა განპირობებულია პორტების საიმედო ფუნქციონირებისა და სანაპირო ზონის უსაფრთხოების პირობების უზრუნველყოფით. ნაშრომი ეხება იმ ძირითადი პრინციპის აღწერას, რომლის საფუძველზე შეიძლება განხორციელდეს ტალღაჩამქრობის მოქმედების მათემატიკური მოდელების.

**პირითადი ნაწილი**

**ტალღური მოძრაობის ბრტყელი სასაზღვრო ამოცანის მათემატიკური  
ფორმულირება შეზღუდული ან ნახევრად შეზღუდული წყლის არეებისათვის**

განვიხილოთ სხვადასხვა წყლით მოცული შეზღუდული ან ნახევრად შეზღუდული არეს (წყალსაცავი, ტბა, ზღვა, მისი უბე და სხვ.), აუზის (რეზერვუარი ან ზღვის შეღვი) ზედაპირზე ტალღების გენერაციის პროცესი, თუ მათ წყალშეუღწევ საზღვრებზე (ფერდობები, სანაპირო ზოლი, ფსკერი) განსაზღვრულ დროის მონაკვეთში ( $0 \leq t \leq t_0$ ) მოქმედებს გარეშე „შეშფოთება“, რომლის გამომწვევი მიზეზი შეიძლება იყოს ქარის ან სეისმური ზემოქმედება, მეწყრული პროცესები, ინტენსიური წყალმოვარდნა და სხვ. იგულისხმება, რომ როდესაც  $t < 0$  და  $t > t_0$  აღნიშნულ „შეშფოთებას“ ადგილი არ აქვს. როდესაც  $0 \leq t \leq t_0$  დროის მონაკვეთში, აღნიშნულ საზღვრებთან გარეშე ძალების ზემოქმედების შედეგად აღიძვრება წყლის ნაწილაკების მოძრაობა,

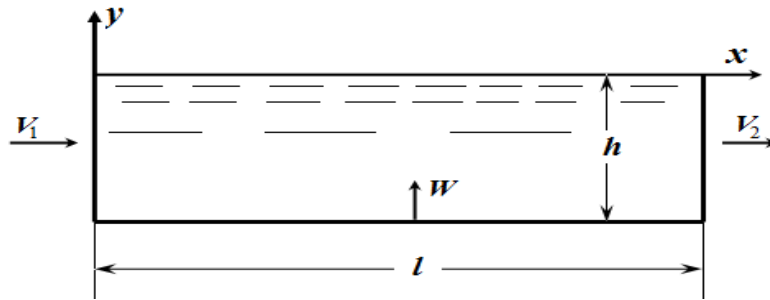
\* სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის ფონდის მხარდაჭერით საგრანტო პროექტ NFR/360/3-105/13-ის ფარგლებში.

რომლის სინქარე ამ საზღვრებისადმი ნორმალის გასწვრივ და წყალსატევის შიგნით (ან გარეთ) არის მიმართული ეს განპირობებულია აღნიშნული „შეშვოთების“ შედეგად წყლის განსაზღვრული მოცულობის

შემოდინებით (ან გადინებით) აღნიშნულ დროის ინტერვალში. თავის მხრივ ეს მოცულობები შეესაბამება კერძო შემთხვევაში, წყალსატევის არეში წარმოქმნილ ნარჩენი დეფორმაციების ზომებს (კერძო შემთხვევაში, წყალში ჩადირული მეწერული ქანების მოცულობას, სეისმურ-ტექტონიკური გადანაცვლების სიდიდეს და სხვ.) [1].

ქვემოთ განვიხილოთ ბრტყელი სასაზღვრო ამოცანა ტალღური მოძრაობის შესახებ სწორკუთხა ფორმის ( $l$  – სიგრძისა და  $h$  – სიღრმის) წყალსატევეში, რომლის გრძივი ვერტიკალური კვეთი შეესაბამება  $XOY$  სიბრტყეს. ამასთან  $y$  ღერძი მიმართულია ვერტიკალურად ზემოთ,  $x$  ღერძი კი ემთხვევა წყლის სტატიკურ ზედაპირს (როცა  $y=0$ ) (ნახ. 1).

ზოგად შემთხვევაში, გარეშე ზემოქმედებათა სპეციფიკის გათვალისწინებით, წყალსატევის არეში წარმოქმნილი დეფორმაციების (გადაადგილებების) სინქარეები, მიმართული წყალსატევის ბორტებისა და ფსკერის მართობულად, შეიძლება წარმოდგენილ იქნას შესაბამისად შემდეგი ფუნქციების სახით  $V_1(y,t)$ ,  $V_2(y,t)$ ,  $W(x,t)$  (ნახ. 1).



ნახ. 1. საანგარიშო სქემა სითხით მოცულ არეში წყლის ზედაპირზე გენერირებული ორგანზომილებიანი (2D) ტალღების შესწავლის მიზნით

აღნიშნული არეს შემზღუდველი საზღვრები ( $X=0$ ,  $X=l$ ,  $Y=-h$ ) შეიძლება იყოს როგორც მყარი, ასევე კერძო შემთხვევაში, სითხე (ანუ საზღვარი „ღია“).

ამ შემთხვევაში ჰიდროდინამიკური (ტალღური) ამოცანის მათემატიკური ფორმულირება, ზოგად შემთხვევაში, მცირე ამპლიტუდის ტალღების (მატ) თეორიის გამოყენებით [1], გამოიხატება შემდეგნაირად:

უნდა ამოიხსნას მეორე რიგის ორგანზომილებიანი კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლება

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0. \quad (1)$$

ანუ მოინახოს  $\varphi(x,y,t)$  ფუნქცია (სინქარის პოტენციალი), რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ პირობებს:

ა) საწყის პირობებს (როდესაც  $t = 0$ )

$$\varphi(x,y,t) \Big|_{t=0} = \varphi(x,y,0) = 0; \quad \frac{\partial \varphi(x,y,0)}{\partial t} = 0. \quad (2)$$

ბ) სასაზღვრო პირობებს შესაბამისად ბორტებზე ( $x=0$ ,  $x=l$ ), ფსკერზე ( $y=-h$ ) და წყლის ზედაპირზე ( $y=0$ ) (ნახ. 1)

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} \Big|_{x=0} = V_1(y,t); \quad \frac{\partial \varphi}{\partial x} \Big|_{x=l} = V_2(y,t), \quad (3)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} \Big|_{y=-h} = W(x,t); \quad \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{1}{g} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} \Big|_{y=0} = 0. \quad (4)$$

აღნიშნული „შეშვოების“ სიჩქარეები შეიძლება მოქმედებდნენ შესაბამისი მყარი ან პირობითად მყარი საზღვრების მთელ სიგრძეზე. ამ შემთხვევაში  $V_i$  ( $i=1$  ან  $2$ ) სიჩქარეებისათვის მოქმედების არე განისაზღვრება ასე:  $-h \leq y \leq 0$ , ხოლო  $W$  სიჩქარეებისათვის კი, ასე:  $0 \leq x \leq l$ . მაგრამ ზოგჯერ, ამ სიჩქარეების მოქმედების არე შეიძლება იყოს შეზღუდული. მაგალითად, სიჩქარე  $V_1$  შეიძლება მოქმედებდეს წყალსაცავის ბორცის (ფერდობის) მხოლოდ გარკვეულ მონაკვეთზე  $-H_2 \leq y \leq -H_1$ , ხოლო  $W$  სიჩქარე კი ფსკერის  $S_1 \leq x \leq S_2$  მონაკვეთზე [1].

ტალღაჩამქრობის მოქმედების მათემატიკური მოდელირების მეთოდიკა ნახ. 2-ზეა წარმოდგენილი ზღვის შეღვის სანაპიროსთან მიმდებარე არეს საანგარიშო სქემა. ამ სქემის მიხედვით იგულისხმება, რომ საწყის კვეთში (წყლის შრეში) წარმოებს ამა თუ იმ სიმაღლისა და სიგრძის ტალღის გენერაცია ქარის ზემოქმედების შედეგად. ეს ზემოქმედება კერძო სახით შეიძლება გამოსახულ იქნეს ასე:

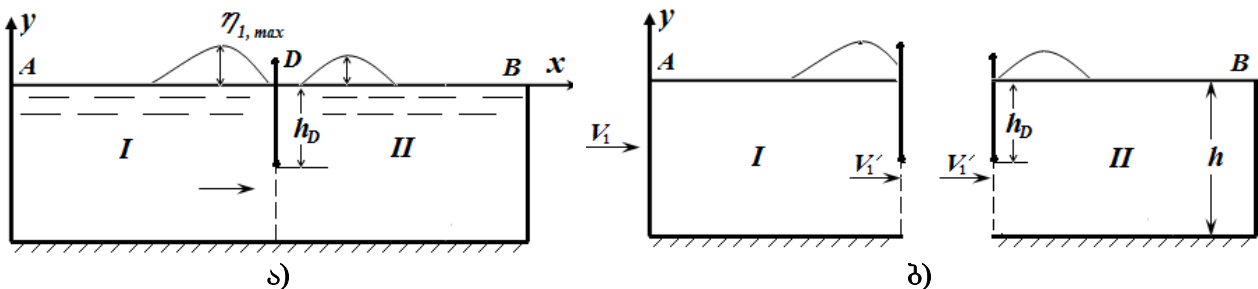
$$V_1(y,t) = V_1 \sin \frac{2\pi}{T} t, \quad (5)$$

სადაც  $V_1$  არის ქარის ზემოქმედების სიჩქარის მაქსიმალური ამპლიტუდა,  $T$  – რხევის პერიოდი.

აღნიშნულ საანგარიშო სქემაზე კვეთში განლაგებულია მარტივი სახის ტალღაჩამქრობის კონსტრუქცია (დემპფერი) [2]. დემპფერის ქვეშ წარმოქმნილი ქარის ტალღის ზემოქმედების შედეგად წარმოიქმნება წყლის ნაკადი შესაბამისი  $V_1'$  სიჩქარით. ამ სიდიდის შეფასება შესაძლებელია გენერირებული ქარის ტალღის ცნობილი პარამეტრების მიხედვით [3, 4].

საანგარიშო სქემის მიხედვით კვეთში ზღვის ციცაბო სანაპირო ზოლია განლაგებული, სადაც იგულისხმება, რომ კერძო შემთხვევაში, სიჩქარე  $V_2 = 0$  (ნახ. 1).

პროექტში დასმული ამოცანის ამოხსნის საწყის ეტაპზე ცალკე განიხილება ნახ. 2-ზე გამოსახული სქემის I და II არეები (ნახ. 2ბ). თ. გველესიანის მიერ მიღებული 2D ტალღური სასაზღვრო ამოცანის ანალიზური ამონახსნის [1]. საფუძველზე ხორციელდება აღნიშნულ არეებში პირველი (I არეში) და მეორე (II არეში, დემპფერის შემდეგ) ტალღის პარამეტრების გაანგარიშება და კონკრეტულ პირობებში მოცემული ტალღის მაქსიმალური სიმაღლის ჩაქრობის შემცირების (ჩაქრობის) ხარისხის დადგენა დემპფერის შემდეგ მიმდებარე ზონაში [3].



ნახ. 2. საანგარიშო სქემა ზღვის შეღვის უბანზე გენერირებული 2D ტალღის პროფილის დეფორმაციის (ტალღის ჩაქრობის) შესწავლის მიზნით მოტივირებულ დემპფერის ფუნქციონირების შემთხვევაში. ( $X = I$  კვეთში საზღვარი მყარია,  $X = 0$ , საზღვარი „ღია“).

---

## დასკვნა

შემოთავაზებულია მეთოდის ზღვის სანაპირო შეღფში განლაგებული მცურავი ტალღაჩამქრობის (დემპფერის) მოქმედების მათემატიკური მოდელირების განხორციელების მიზნით, ჰიდროდინამიკის ორგანზომილებიანი (2D) ამოცანის თ. გველესიანის მიერ მიღებული ამონახსნის გამოყენების საფუძველზე.

## ლიტერატურა

1. **Гвелесиани Т.Л.** Количественные характеристики волн на поверхности воды в водохранилище, возбуждаемые землетрясением. /В кн.: Сейсмические воздействия на гидротехнические и энергетические сооружения. М.: Наука, 1980, стр. 159-174;
2. **ცხელაშვილი ზ., გველესიანი თ., ხაზალია კ.** მოტივტივე ტალღაშემარბილებელი ექსპერიმენტული მოდელის გამოცდის პროცესის დაგეგმვის მათემატიკურ-დესკრიფციული აღწერის სისტემური ასპექტები. //სამეცნ. ტექნ. ჟურნალი „ენერგია“, №3(71), 2014;
3. **Гвелесиани Т.Л., Бердзенашвили Г.И.** Установление основных принципов гашения волн посредством демпфера на основании аналитической модели. //The 3-th International Scientific-Technical Conference „The Modern Problems of Environmental Protection, Architecture and construction“ ,Collection Papers. Tbilisi, Borjomi, 2013;
4. **Gvelesiani T., Tsikhelashvili Z., Berdzenashvili G., Kodua M., Iremashvil Kh.** On research aspects of a new-type floating wave damping hydro-technical complex for protection of coastal line and open ports from storm waves. //The 4-th International Scientific-Technical Conferences „The Modern Problems of environmental Protection, Architecture and construction“, Georgian technical university, Tbilisi, 2014.

## Hydrotechnic and Reclamation

### ON THE METHOD OF MATHEMATICAL MODELING OF THE FLOATING WAVEDAMPING (DAMPER) ACTION

T.L. Gvelesiani,<sup>1</sup> Z.M. Tsikhelashvili,<sup>2</sup> G.I. Berdzenashvili,<sup>2</sup> Kh.G. Iremashvili<sup>2</sup>

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia

<sup>2</sup> Georgian Technical University  
77, M. Kostava str. 0175, Tbilisi, Georgia

**Abstract.** The method of mathematical modeling of the floating (at cost zone of the sea shelf) wave damping structure (which were proposed by the author of the work), based of the usage of the 2D hydrodynamic problem solution obtained formerly by T. Gvelesiani is proposed.

**Keywords:** floating wave damper; (2D) hydrodynamic problem; mathematical modeling.

**О МЕТОДИКЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ДЕЙСТВИЯ ПЛАВАЮЩЕГО ВОЛНОГАСИТЕЛЯ (ДЕМПФЕРА)**

**Т.Л. Гвелесиани,<sup>1</sup> З.М. Цхелашвили,<sup>2</sup> Г.И. Бердзенашвили,<sup>2</sup> Х.Г. Иремашвили<sup>2</sup>**

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И. Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия  
<sup>2</sup> Грузинский технический университет  
ул. М. Костава 77, 0175, г. Тбилиси, Грузия

*Аннотация.* В работе предлагается методика математического моделирования плавающей в зоне берегового шельфа моря волногасящей конструкции (предложенной ранее авторами работы) на основании решения двумерной (2D) задачи гидродинамики, полученной ранее Т.Л. Гвелесиани.

*Ключевые слова:* плавающий волногаситель; (2D) задача гидродинамики; математическое моделирование.

## RIVER FLOW VELOCITIES DISTRIBUTION AT THE TRANSVERSAL COAST-PROTECTING STRUCTURE ZONE

T.L. Gvelesiani,<sup>1</sup> Kh.G. Iremashvili,<sup>1</sup> A. Akhmedov,<sup>2</sup> G.I. Berdzenashvili<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Georgian Technical University  
77, M. Kostava str., Tbilisi, Georgia

<sup>2</sup> Baku State University  
23, Zahis Halilov str. Baku, AZ-148, Azerbaijan  
E-mail: [Ahmed@bakinter.net](mailto:Ahmed@bakinter.net)

**Abstract.** The solution of the boundary value problem on the 3D ununiformed fluid motion in a river channel has been obtained formerly by T. Gvelesiani. This solution is used to plot for a concrete example the field of velocities at the cost-protecting transversal spur zone.

**Keywords:** river channel; transversal spur; flow velocities distribution.

### INTRODUCTION

The solution of the boundary value problem of the 3D steady ununiformed fluid motion in the river channel with the rectangular cross-section has been obtained by T. Gvelesiani [1], [2]. This solution may be used in particular, to plot the field of channel flow velocities. It is illustrated in a concrete case, when the cost-protecting structure-transversal spur is located at the river bank.

### MAIN PART

It is required to compute the river flow velocity distribution in area 0<sup>1</sup>23 (Figure 1), which is conditioned by the cross coast-protecting spur (at the site X=0) having the width,  $b_s$ . The length of the area considered is equal to  $\ell = 10$  m and the depth is  $h = 2.0$  m. The flow velocity at the site a-a (on the distance  $\ell_a = 10$  m from the spur) is amount to  $U_1^{(x)} = 2.0$  m/s. The Chezy coefficient is assessed as  $C = 32$  m<sup>0.5</sup>/s.

Firstly we have determined velocities  $V_1$  and  $V_2$  at the sites  $X = 0$  and  $X = \ell$  (Figure 1).

Based on the usage of the Bernoulli equation the fluid steady motion velocity at the final site 2-3 is determined as

$$V_2 = \sqrt{(U_1^{(x)})^2 - 2ghw} = \sqrt{(U_1^{(x)})^2 - 2g[(h_w)_{loc} + (h_w)_l]}, \text{ m/s} \quad (1)$$

where  $h_w = (h_w)_{loc} + (h_w)_l$  = total hydraulic losses;  $(h_w)_{loc}$  = local head losses conditioned by the abrupt contraction of the river channel at the site of the cross spur;  $(h_w)_l$  = head losses along the length of channel between the sites a-a and 2-3 (on the distance  $\ell_a + l = l_f = 20$  m).

The values  $(h_w)_{loc}$  and  $(h_w)_l$  are determined by the following dependences

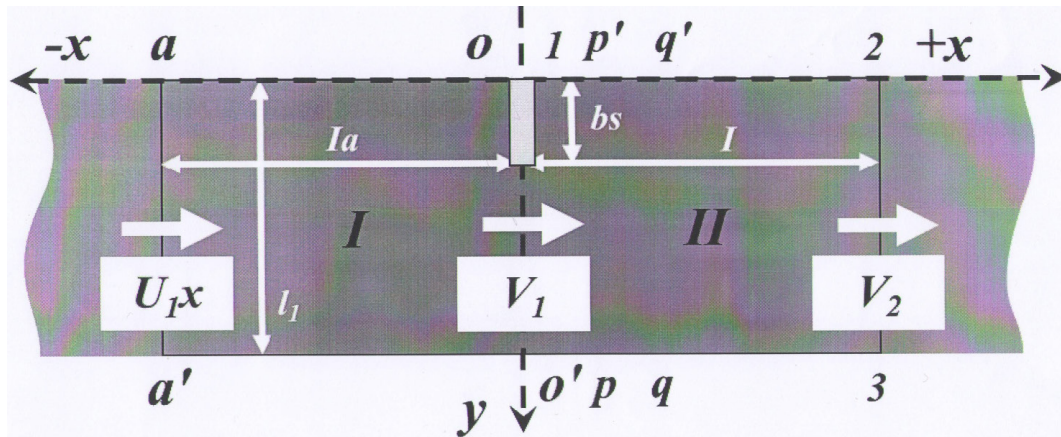
$$(h_w)_{loc} = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{l_1 - b_s}{l_1} \right) \left( \frac{[U_1^{(x)}]^2}{2g} \right) = 0.02 \text{ m}; \quad (2)$$

$$(h_w)_l = \frac{[U_1^{(x)}]^2 l_f}{C^2 \cdot h} = \frac{4 \cdot 20}{1024 \cdot 2} = 0.04 \text{ m}; \quad (3)$$

Since  $h_w = 0.06$  m, we obtain from the formula (1) that  $V_2 = 1.7$  m/s. As for the velocity at the site 0-1 (figure 1), it may be approximately determined according to

$$V_1 = \frac{Q_1}{(l_1 - b_s)} = \frac{l_1 U_1^{(x)}}{(l_1 - b_s)} = 2.5 \text{ m/s.} \quad (4)$$

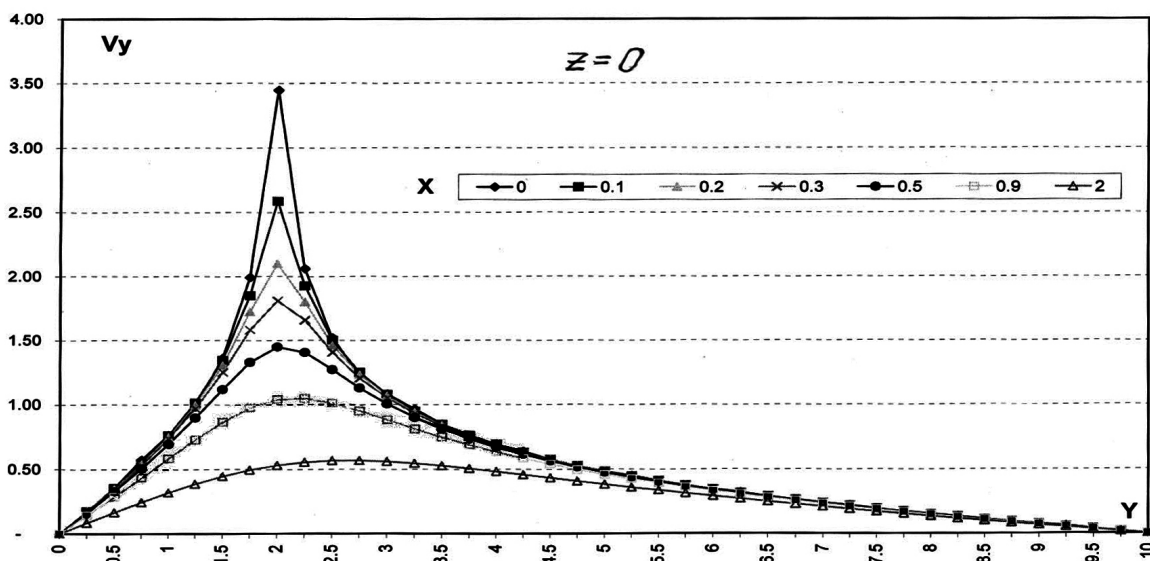
Where  $Q_1$  – river flow discharge



**Fig. 1. The design scheme (plan) for the computation of the river flow velocities at the zone of the cost-protecting structure (spur)**

Results of computations using the expression presented in [2] are shown in the form of the graphs in Figure 2–Figure 4. Where  $V_y$  and  $V_x$  are the components of the flow velocity along the spur ( $y$ -axis) and the river channel ( $x$ -axis).

In particular, the graphs show that in the spur zone near the part of bank  $p$ – $q$  (Figure 1) the longitudinal flow velocity is varied in the range  $0 \leq V_x \leq 1.7$  m/s, and near the opposite bank ( $p$ – $q$ ) that variation amounts to  $1.7 \leq V_x \leq 2.5$  m/s. Maximum value of the transverse surface ( $z = 0$ ) velocity component  $V_y$  is equal about 3.5 m/s when  $x = 0$  at the edge of the spur ( $y = b_s = 2$  m). When  $x = 2.0$  this velocity is a little more than 0.5 m/s (Fig. 2).



**Fig.2. Distribution of the transverse velocity component of the flow  $V_y$  along the width of the river channel at the water surface ( $z = 0$ ) for different distance from the front-line of spur ( $x$ )**

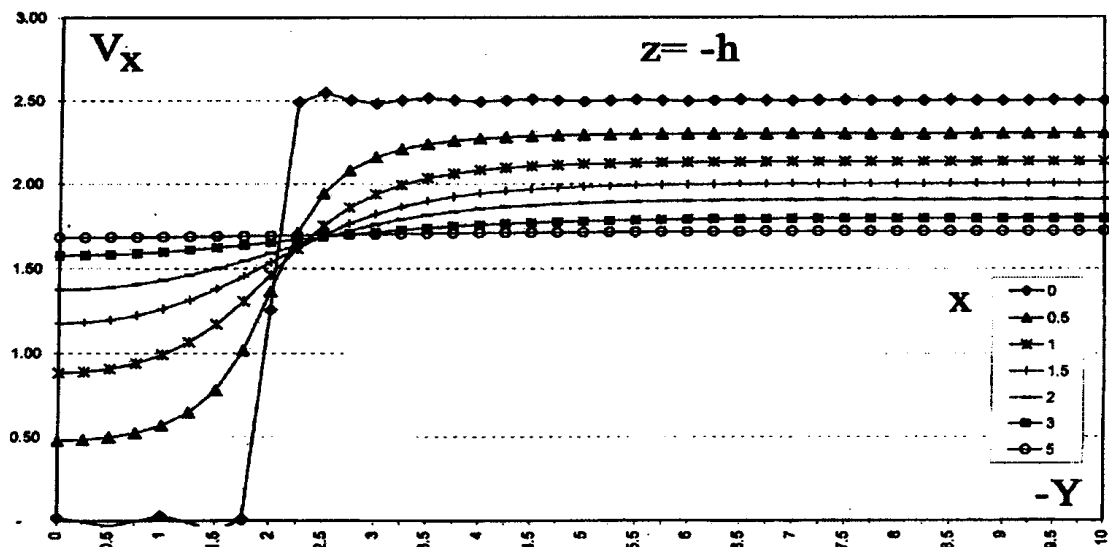


Fig.3. Influence of the riverside cross spur on the distribution of the flow velocity Component ( $V_x$ ) when  $z = -h$  (at the channel bottom).

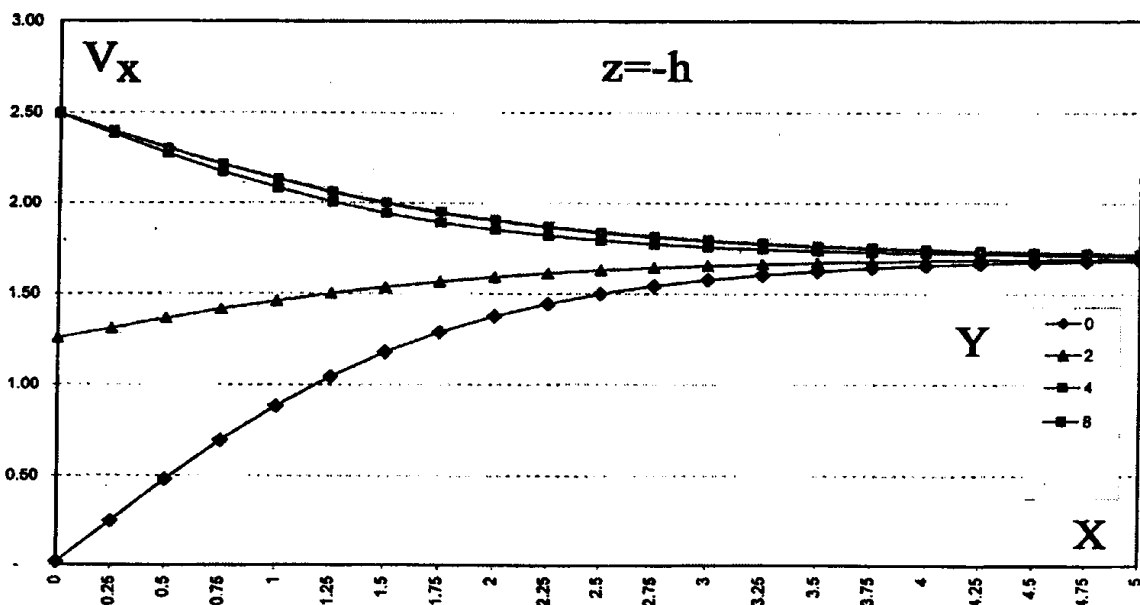


Fig. 4. Variation of the velocity ( $V_x$ ) from x value for different y coordinates.

## CONCLUSIONS

Based on the solution of the 3D boundary value problem on the steady ununiformed fluid motion, the field of the velocities distribution at the cost-protecting spur zone is carried out. Such technique can be applied for the river channel process regulation. As it is seen from that example, the fluid velocity's variation are depended mainly on the width of the spur, the flow initial velocity (at the site a-a ) and the channel bed roughness. The influence of these factors may be determined assuming concrete computations based on the above mention solution of the corresponding boundary value problem, that is practical important, in particular, for design of hydraulic structures in stream courses and forecasting their effectiveness in operation.



### References

1. **Гвелесиани Т.Л.** Теория генерации волн в приложении к задачам гидроэкологии. (Редактор – академик АН Грузии Ц.Е. Мирцхулава) Изд. „Универсал“, Тбилиси, 2009;
2. **Gvelesiani T.L.** The velocities of river flows in the fluid surface and deep layers at the zones of their confluences with different streams. //j. Energy. N2, 2005 (ISSN 1512-0120);
3. **Бегам Л.Г., Алтуниин В.С., Цирин В.Ш.** Регулирование водных потоков при проектировании дорог. Изд.„Транспорт“, 1977.

ჰიდროტექნიკა

### მდინარის ნაკადის სიჩქარეთა განაწილება ბანივი ნაპირდამცავი ნაგებობის უბანზე

თ.ლ. გველესიანი,<sup>1</sup> ხ.გ. ირემაშვილი,<sup>1</sup> ა. ახმედოვი,<sup>2</sup> გ.ი. ბერძენაშვილი<sup>1</sup>

<sup>1</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 77, ქ. თბილისი, საქართველო

<sup>2</sup> ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ზაჰიდ ხალილოვის ქ. 23, ქ. ბაქო, AZ-148, აზერბაიჯანი

E-mail: [Ahmed@bakinter.net](mailto:Ahmed@bakinter.net)

**ანოტაცია.** სასაზღვრო ამოცანის ამონახსნი, რომელიც შეეხება სითხის სამ-განზომილებიან (3D) დამყარებულ არათანაბარ მოძრაობას მდინარის კალაპოტში, ადრე მიღებულ იქნა თ. გველესიანის მიერ. აქ ეს ამონახსნი გამოიყენება კონკრეტულ შემთხვევაში ნაკადის სიჩქარეთა ველის კომპიუტერული აგების მიზნით, განივი ნაპირდამცავი ნაგებობის – დეზის განლაგების უბანზე.

**საკვანძო სიტყვები:** მდინარის კალაპოტი; განივი დეზი; ნაკადის სიჩქარეთა განაწილება.

Гидротехника

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ В ЗОНЕ ПОПЕРЕЧНОГО БЕРЕГОЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ

Т.Л. Гвелесиани,<sup>1</sup> Х.Г. Иремашвили,<sup>1</sup> А. Ахмедов,<sup>2</sup> Г.М. Бердзенашвили<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Грузинский технический университет  
ул. М.Костава 77, 0175, г. Тбилиси, Грузия

<sup>2</sup> Бакинский государственный университет  
ул. Захида Халилова 23, г. Баку, AZ-148, Азербайджан

E-mail: [Ahmed@bakinter.net](mailto:Ahmed@bakinter.net)

**Аннотация.** Ранее Т.Л. Гвелесиани было получено решение трёхмерной (3D) краевой задачи о неравномерном движении потока в русле реки. Здесь, это решение используется для конкретного случая компьютерного построения поля скоростей потока на участке расположения поперечного берегозащитного сооружения-шпоры.

**Ключевые слова:** речное русло; поперечная шпора; распределение скоростей потока.

## ON PREDICTION AND PREVENTION OF DEBRIS FLOW CATASTROPHIC IMPACTS ON HYDRAULIC PROJECTS IN MOUNTAIN AREAS

T.L. Gvelesiani,<sup>1</sup> G. Jinjikhashvili,<sup>2</sup> G.I. Berdzenashvili,<sup>1</sup>  
T. Stepania, G. Aronia

<sup>1</sup> Georgian Technical University  
77, M. Kostava str., Tbilisi, Georgia

<sup>2</sup> Israel Electric Corporation  
Netiv Haor str. P.O.B 10, Haifa 3100, Israel  
E-mail: [gabrielg@iec.co.il](mailto:gabrielg@iec.co.il)

**Abstract.** Topicality and research novelty of the problem on prediction and prevention of debris flow negative environmental impact in mountainous regions as well as its great social, ecological and economic importance are specified.

**Keywords:** debris flow; environmental impact; hydraulic project; mathematical modeling.

### 1. TOPICALITY OF THE PROBLEM AND RESEARCH NOVELTY

The importance of the problem under consideration in the project is stipulated by the following: during design and operation of hydraulic systems (works) in mountain, sub-mountain and seismically active regions is urgent to carry out reliable and accurate prediction of high (extreme) waves parameters in reservoirs caused by natural and man-made disasters in order to make extreme waves environmental impact assessment (EIA) and reservoirs monitoring purposes, to ensure safe operation of the dam and to minimize (or eliminate) extreme waves adverse (or catastrophic) effect on adjacent regions.

As it is known in a number of cases a debris flow, when it is propagating on a dry channel, causes an environmental catastrophe in mountain and sub-mountain regions. The same type of catastrophic consequences happen as a result of debris flow large masses influx into the reservoir and moving in it that leads to the extreme wave generation on the surface of the reservoir. These waves, which may be called debris flow – genic (or impulse) waves are similar to tsunami waves, however, as opposed to them, they possess a number of specific properties concerning their transformation, interference, etc. [1].

Debris is a fast-moving flow of a great destruction force comprising mixtures of water, loose rock and fragmental debris. The steep front edge height of a debris flow wave varying within the range of 5-15 m creates the “head” and moves as a continuous-solid wall. The density of this flow achieves 1.2-2.0 gram/sm<sup>3</sup> and more. Such “heavy-weight” flow (with high eroding characteristics) has a much more intensive impact on the river channel and crashes all obstructions on its way [2].

Debris flows are of great danger for people, national economy, highways, railways, channels, bridges, communication and electric lines, farmlands and lead to human tolls. So the liquefaction of loess deposits in the Gansu (China) province as a result of the earthquake in 1920 caused landslides and debris flows involved about 180 000 human victims. In Peru in 1970 a large mass of water-saturated and fragmental material moving with velocity of more than 150 km/hour covered two towns and killed 10 000 people. Destructive debris flows in the USA (Los Angeles area) resulted in fatalities (300 human beings). Some cases of catastrophic debris flows creation in the Caucasus and Central Asia countries are also known (so in Azerbaijan in 1910 one village was destroyed and 400 men were killed; in Alma Ata in 1921

400 men were killed). In such small country as Georgia there are more than 1000 sources of potential debris flows.

In mountain and pre-mountain regions a high risk of catastrophic consequences is stipulated by the debris flow inflow in the reservoir when high waves can be generated that causes the dam crest overtopping. Here can be mentioned that in 1936, as a result of inflow of a liquefied landslide mass in the Loen Lake (Norway), the generated huge wave washed away the village with its population in the coastal zone. In Denmark, when the Fort-Pek dam under construction was destroyed and the generated debris flow killed 80 workers.

In case a dam is built from natural materials (earth, rockfill or boulder dam) the water flow arising owing to the dam overtopping by extreme waves may cause complete or partial scour of the dam that leads to the destructive debris flow propagation at downstream and catastrophic consequences: victims, destruction of buildings, structures, traffic and irrigation systems, flooding of territories, etc. The same event may take place in case of the explosion even of a small part of dam during the war or as a result of a terrorist act. [3, 4].

It is important to note that about year ago (17.05.14) the huge mass of debris flow recovered the main road (Georgia – the North Caucasus) and the channel of the river Tergi (Terek) and formed the natural lake and dam which could be eroded creating the catastrophic consequences at downstream. As a result of the urgent measures the channel of the river has been restored, though the main road is not functioned during two months. The results of this event are the seven human victims and the significant material losses.

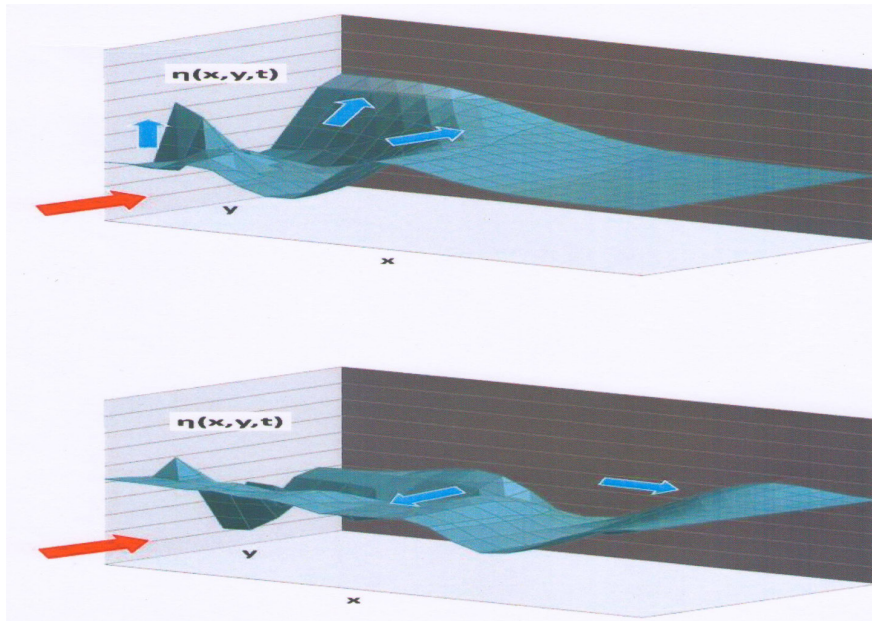
It should be noted that at present almost 70 hydroelectric and irrigation works are in operation in mountain and sub-mountain regions of Georgia, and many of them are earth and boulder dams (some of them have the height reaching 90-100m). Hence, prevention of a hazard caused by the catastrophic hydrodynamic (wave) action or mitigation of its intensity is of great importance for the security and adjacent environment protection. That may be implemented by the imitation (mathematical modeling) of the complex hydrodynamic processes under study. Effective prediction of above extreme conditions and preventive, scientifically based optimal and proper measures can be carried out basing practically only on the reasonable adequate mathematical models, their numerical realization and the obtained data analysis [4, 5].

The problem of investigations is related directly to design and operation of hydro systems in mountain and seismically active regions when it is urgent to carry out a reliable and accurate prediction of high (extreme) waves parameters in the reservoir caused by a debris flow in order to make the environmental impact assessment (EIA) exerted by these waves and reservoirs monitoring.

At present there is no method of a short-term forecast of the steady non-uniform debris flow parameters (velocity, depth) when a channel cross section varies (undergoes narrowing or expansion). Problems of waves generation in a reservoir when the liquefied landslide mass (debris flow) only inflows in it near the site of reservoir bank slope (but not moves further) are researched in detail in the works [3, 4, 5] (see Fig. 1).

As for the problem of unsteady impulse wave processes generated in the reservoir due to the debris flow motion at its bottom practically it have not been yet investigated.

Therefore, it is essential, the new short-term forecast method of the main parameters of a non-uniform debris flow motion in the condition, when a channel's longitudinal and transverse characteristics are changing, have to be developed. Besides the new complex hydrodynamic problems connected with mathematical modeling both two-and three dimensional (2D and 3D) extreme unsteady impulse waves' processes in the reservoir due to the debris flow motion at its bottom have to be solved. Also, new aspects of the debris flow impact both on the environment at the downstream as a result of a partially or completely scour of the earth dam and on the extreme waves damping structures must be considered.



**Fig. 1. Graphical realization of the 3D wave generation model (developed formerly by the authors due to a landslide at the reservoir bank slope**

In concern with the research methods used in the project we are presented here the opinion of the scientific expert - Dr. Arnon Chait (NASA, USA): “the approach undertaken by Professor T. Gvelesiani is a classical yet powerful technique, which allows for accurate calculations of large amplitude wave generation in practical applications” (See Foreword to the book of T. Gvelesiani. [3])

Also, the new express methods for the prediction of a maximum run-up height of an impulse wave at dam site, the possibility of the dam overtopping and the process intensity are developed in the project.

New theoretical approaches to the computational problem of the proposed anti-wave and anti-debris flow structures (dampeners) are needed too (Fig.3). Considering a debris flow it is supposed that it is a homogeneous mixture (with a higher density than water) and the interaction of its aqueous and solid phases with a channel is characterized by the integral resistance term (which can be determined experimentally).

Methodologically the research on the project chosen to reach the objectives will be developed involving modern technologies in solving boundary value problems on unsteady impulse wave motion by analytic and numerical methods. Accordingly, the finite integral transformation and finite difference methods will be used.

## 2. RESEARCH METHODS AND EXPECTED OUTCOMES

The calculation of extreme impulse waves may be carried out based on the small amplitude wave (SAW) theory and shallow water (SW) or long waves' theory [4]. The SAW theory is based on following assumptions: the rotational component of the fluid motion is equal to zero and it is potential; the fluid is ideal and incompressible; the ratio of the wave amplitude to its length is characterized by small values. So, when solving boundary value problems with corresponding initial and boundary conditions the velocity potential can be determined. By means of that function we can determine all hydrodynamic parameters.

During solving the hydrodynamic problem based on the SW theory numerical methods for one or two dimensional (in plan) can be used. As a rule, in this case a computational procedure requires much time and accuracy of obtained results unknown in advance. In addition the results can be applied only to a specific case, inasmuch as the vertical component of wave oscillations velocity is not considered, the error

of computed data would be considerable (especially, if the waves are not long, e.g. in case of the most dangerous quick debris flow phenomena).

So using SAW theory the more efficient and complex method based essentially on the new analytical solutions of two- and three-dimensional boundary value problems on waves of any length combined with numerical methods (if reservoir has a complex shape) have to be developed. (see Fig. 2c; Fig. 2d; Fig. 3).

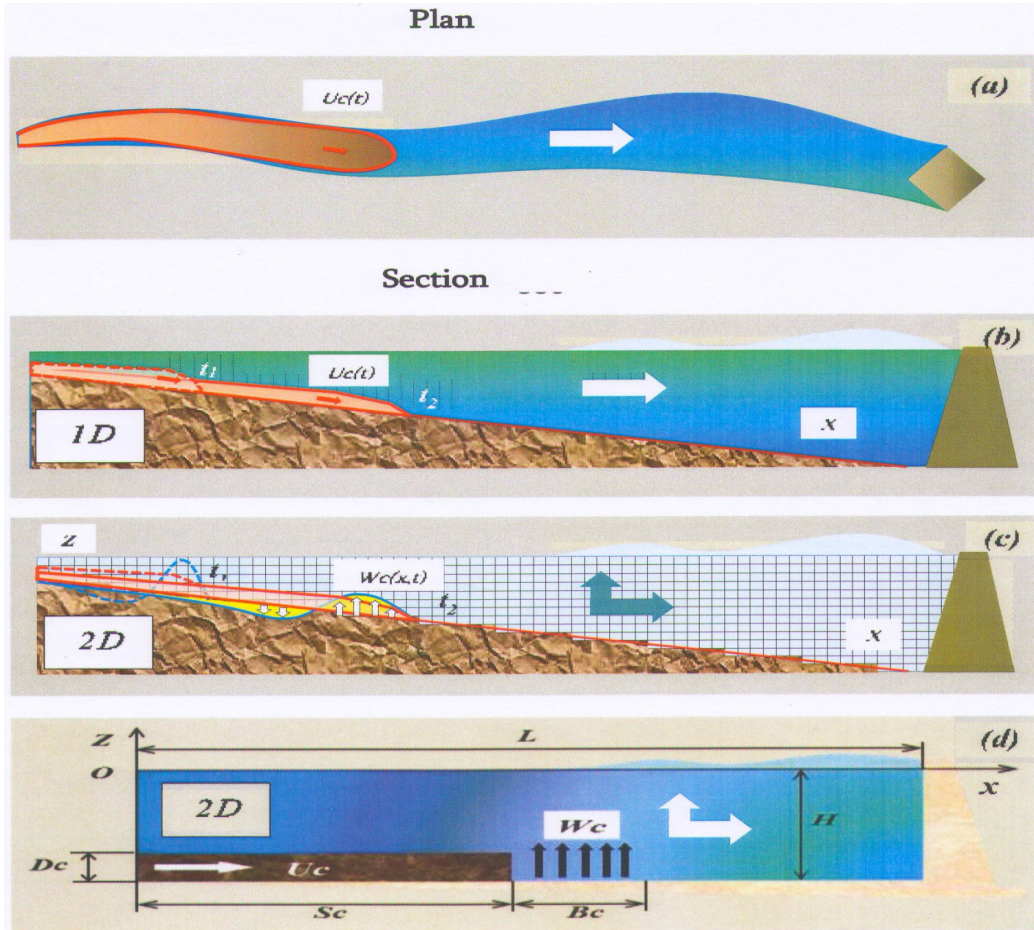
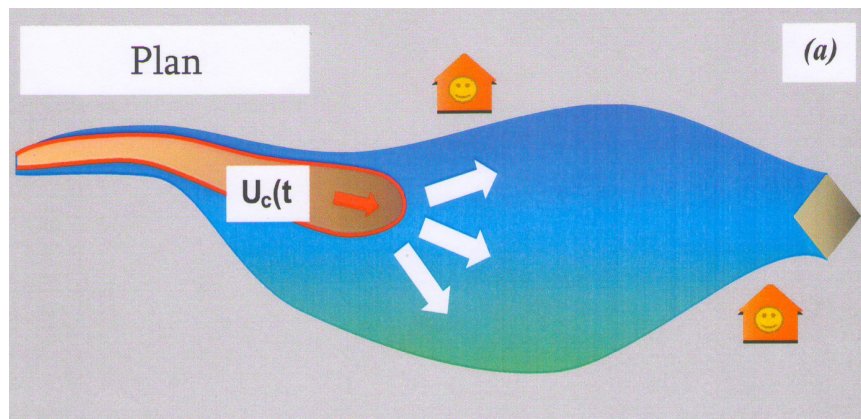
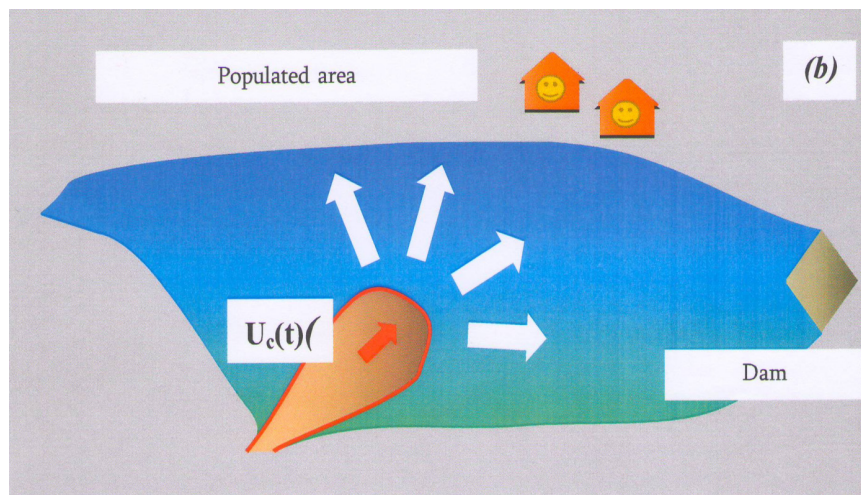


Fig.2 design schemes for mathematical modeling of the water waves generation 1D/2D processes in a narrow mountain reservoir (a) in case of numerical (b, c) and analytical (d) solution of the problem proposed in the project





**Fig.3 design schemes for mathematical modeling of 3D waves in a relatively wide reservoir due to a debris flow motion at its bottom based on the analytical solution of the hydrodynamic boundary value problem proposed in the project in the following cases**

- a) Longitudinal motion of debris flow along of reservoir**
- b) Lateral motion of debris flow across reservoir**

In addition, such important factor as vertical component of velocity for the accurate description of a wave motion will be considered; the accuracy of the computational results is given in advance and additional testing is not required at all (as opposed to the method based on SW theory).

## CONCLUSION

The ultimate goal and research novelty of the project which will be connected with the problem under consideration have to be developed the new refined technique based on mathematical modeling for the explicit description of whole 2D and 3D processes of high (extreme) wave generation caused by a motion of debris flow in mountain reservoirs including the reliable prediction of hydrodynamic pressures on dams and environmental impact (exerted by that waves), in order to prevent or eliminate potential hazards to adjacent regions, as well as to ensure adequate secure conditions for hydro-project operation. The solution of the problems under study is of great social, ecological and economic importance.

## References

1. **Gvelesiani T., Berdzenashvili G., Jinjikhashvili G.** Modeling aspects of wave generation processes in reservoirs under seismic action. //International Conf. ECCE-GSCE-WCCE-Seismic 2014, „Seismic stability and Rehabilitation of structures“, Georgia, Tbilisi 29-30 may, 2014;
2. **ნატიშვილი О.Г., Тевзадзе В.И.** Одномерные наносонесущие русловые потоки. Москва, „Научтехлитиздат“, 2012, 191 стр.;
3. **Gvelesiani T.** Mathematical models of transient waves generation in problems of environment. Tel-Aviv, „Studio fresco publishers“ 2010, 216 p.;
4. **Гвелесиანი Т.Л.** Теория генерации волн в приложении к задачам гидроэкологии „Универсал“ Тбилиси, 2009, 245 стр.;
5. **Мамрадзе Г.П., Гвелесиანი Т.Л., Джинджихашвили Г.Я.** Прогнозирование волн в водохранилищах при сейсмических воздействиях. Москва, Энергоатомиздат, 1991, 143 стр.

**ღვარცოფის კატასტროფული ზემოქმედების პრობლემა და  
პრევენცია მთიან რეგიონებში განლაგებულ ჰიდროკვანძებზე**

**თ.ლ. გველესიანი,<sup>1</sup> გ. ჯინჯიხაშვილი,<sup>2</sup> გ.ი. ბერძენაშვილი,<sup>1</sup>  
თ. სტეფანია, გ. არონია**

<sup>1</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 77, ქ. თბილისი, საქართველო

<sup>2</sup> ისრაელის ელექტროკორპორაცია  
ნეტივ ჰაორის ქ. P.O.B 10, ქ. ხაიფა 3100, ისრაელი  
**E-mail: gabrielg@iec.co.il**

**ანოტაცია.** აღნიშნულია მნიშვნელობა და სამეცნიერო სიახლე პრობლემისა, რომელიც დაკავშირებულია ღვარცოფის კატასტროფული ზემოქმედების პრობლემა და პრევენციაზე მთიან რეგიონებში განლაგებულ ჰიდროკვანძებზე. აღნიშნულ პრობლემას აქვს დიდი სოციალური, ეკოლოგიური და ეკონომიკური მნიშვნელობა.

**საკვანძო სიტყვები:** ღვარცოფი; გარემოზე ზემოქმედება; ჰიდროკვანძი; მათემატიკური მოდელირება..

**ОТНОСИТЕЛЬНО ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗА И ПРЕВЕНЦИИ  
КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕЛЕВОГО ПОТОКА  
НА ГИДРОУЗЛЫ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ**

**Т.Л. Гвелесиани,<sup>1</sup> Г. Джинджихашвили,<sup>2</sup> Г.М. Бердзенашвили,<sup>1</sup>  
Т. Степаниа, Г. Арониа**

<sup>1</sup> Грузинский технический университет  
ул. М.Костава 77, 0175, г. Тбилиси, Грузия

<sup>2</sup> Израильская электрическая корпорация  
Ул. Невил Хаор P.O.B. 10, Хаифа 3100, Израиль  
**E-mail: gabrielg@iec.co.il**

**Аннотация.** Отмечается актуальность и научная новизна, а также социальное, экологическое и экономическое значение проблемы, касающейся прогноза и превенции негативного воздействия селевого потока на окружающую среду в горных районах.

**Ключевые слова:** селевой поток; окружающая среда; гидроузел; математическое моделирование.

## УРАВНИВАНИЕ СЕТЕЙ, ПОСТРОЕННЫХ ОТНОСИТЕЛЬНОМ МЕТОДОМ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИИ

**М.Г. Годжаманов, А.И. Исмаилов**

Бакинский государственный университет  
ул. Захида Халилова 23, г. Баку, AZ-148, Азербайджан  
E-mail: [mgodja@yandex.ru](mailto:mgodja@yandex.ru); [alishir5701@mail.ru](mailto:alishir5701@mail.ru)

**Аннотация.** Данная статья посвящена вопросам уравнивания сетей, построенных относительноным методом спутниковой геодезии. Общая постановка задачи уравнивания спутниковых сетей не отличается от традиционного уравнивания плановых сетей. При наличии избыточных измерений в сетях любого вида возникает переопределенная система уравнений, для однозначного решения которой применяется принцип Гаусса-Маркова для независимых измерений, и, обобщенный метод наименьших квадратов, если используются функции результатов измерений или измерения коррелированы между собой. С теоретической точки зрения все способы уравнивания (коррелятивный, параметрический и их модификации) эквивалентны. Для уравнивания спутниковых GPS сетей (ВГС, СГС-1), построенных относительноным методом спутниковой геодезии, заманчиво использовать коррелятивный способ. Однако до сих пор не удалось разработать алгоритм (и, соответственно, вычислительную программу на ЭВМ) автоматического отбора независимых условных уравнений поправок и их составления. Поэтому, основным методом уравнивания GPS сетей остается параметрический.

**Ключевые слова:** спутниковая геодезия; координаты; уравнивание; параметрический способ; коррелятивный способ; поправка.

### ВВЕДЕНИЕ

Классическое уравнивание пространственных построений предусматривает редуцирование измеренных горизонтальных направлений и длин сторон на поверхность выбранного референц-эллипсоида. Из обработки на поверхности референц-эллипсоида получают геодезическую широту  $B$  и долготу  $L$  пунктов сети. Расчет геодезической высоты  $H$  рассматривают как отдельную задачу. Для обработки сети на более простой математической поверхности обычно ее элементы проектируют с референц-эллипсоида на плоскость. Тогда возникает задача уравнивания плановых сетей с определением координат Гаусса-Крюгера. Что касается технологических схем обработки спутниковых сетей, то они отличаются от схем обработки классических наземных сетей.

Для объединения спутниковых и наземных сетей необходимо совмещение на местности части пунктов спутниковой сети с пунктами астрономо-геодезической сети (АГС) или привязка пунктов GPS наблюдения к ближайшим пунктам АГС.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

#### 1. Измеренные величины и их уравнения связи

Для построения спутниковой геодезической сети (в комбинации Высокоточной Геодезической (ВГС) и Спутниковой Геодезической сети (СГС)) относительноным методом в качестве измеренных величин принимаются величины, полученные из наблюдений с наземных пунктов положений



искусственных спутников Земли (ИСЗ).

В качестве определяемых неизвестных в геодезических сетях, как правило, используются координаты пунктов (пространственные прямоугольные, криволинейные, плоские). При решении некоторых специальных задач и, особенно, в научных исследованиях, могут вводиться другие параметры (например, уклонения отвеса, систематические смещения, элементы орбиты и др.).

В относительном методе спутниковой геодезии (ОМСТ) определяются разности прямоугольных координат  $(x, y)$  между двумя пунктами  $i, k$ , на которых были выполнены синхронные наблюдения одних и тех же ИСЗ

$$\begin{aligned} \Delta x_{ki} &= x_i - x_k; \\ \Delta y_{ki} &= y_i - y_k; \\ \Delta z_{ki} &= z_i - z_k; \end{aligned} \tag{1}$$

или криволинейных геодезических  $(B, L)$

$$\begin{aligned} \Delta B_{ki} &= B_i - B_k; \\ \Delta L_{ki} &= L_i - L_k; \\ \Delta H_{ki} &= H_i - H_k. \end{aligned} \tag{2}$$

Если система координат связана с каким-либо эллипсоидом, то в качестве измеренной величины можно использовать геодезическую высоту пункта или его радиус-вектор. Уравнения связи для них имеют вид [1]

$$H = \sqrt{R^2 - \frac{1}{4} e^4 N^2 \sin^2 2B + e^2 N \sin^2 B} - N, \tag{3}$$

и

$$R = A \sqrt{1 - \frac{2e^2 N}{A} \sin^2 B + \frac{e^4 N^2}{A^2} \sin^2 B}, \tag{4}$$

где:  $R^2 = x^2 + y^2 + z^2$ ;

$N = a / \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}$ ;

$A = N + H^\gamma + \zeta$ ;

$\zeta$  – высота квазигеоида;

$e^2$  – первый эксцентриситет эллипсоида;

$a$  – большая полуось эллипсоида;

$H^\gamma$  – нормальная высота точки;

$N$  – радиус кривизны первого вертикала;

$B$  – геодезическая высота.

## 2. Уравнения поправок

При уравнивании сетей ВГС, построенных относительным методом спутниковой геодезии, в качестве необходимых неизвестных целесообразно выбрать прямоугольные гринвичские координаты определяемого пункта [2]. Рассмотрим уравнения поправок, вытекающие из соответствующих уравнений связи (1)–(4).

Из уравнений связи (1) уравнения поправок в прямоугольных координатах имеют вид:

$$\begin{aligned} dx_i - dx_k + l_{ki}^{\Delta x} &= v_{ki}^{\Delta x}; \\ dy_i - dy_k + l_{ki}^{\Delta y} &= v_{ki}^{\Delta y}; \\ dz_i - dz_k + l_{ki}^{\Delta z} &= v_{ki}^{\Delta z}, \end{aligned} \tag{5}$$

а из уравнений (2) в криволинейных координатах:

$$\begin{aligned} dB_i - dB_k + l_{ki}^{\Delta B} &= v_{ki}^{\Delta B}; \\ dL_i - dL_k + l_{ki}^{\Delta L} &= v_{ki}^{\Delta L}; \\ dH_i - dH_k + l_{ki}^{\Delta H} &= v_{ki}^{\Delta H}. \end{aligned} \quad (6)$$

Свободные члены вычисляют по общим правилам, например,  $l_{ki}^{\Delta x} = \Delta x_{ki}^0 - \Delta x_{ki}^{изм.}$ ;  $l_{ki}^{\Delta B} = \Delta B_{ki}^0 - \Delta B_{ki}^{изм.}$  и т.д.

Если трактовать радиус – вектор как наклонную дальность, измеренную от начала координат, то на основе уравнения (4) получим:

$$l_R dx + m_R dy + n_R dz + \bar{l}_R = v_R, \quad (7)$$

где:  $l_R = \frac{x_0}{R_0}$ ,  $m_R = \frac{y_0}{R_0}$ ,  $n_R = \frac{z_0}{R_0}$ ,  $R_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + z_0^2}$ ,  $x_0, y_0, z_0$  – приближенные координаты

пункта наблюдения или  $l_R = \cos \Phi \cos L$ ,  $m_R = \cos \Phi \sin L$ ,  $n_R = \sin \Phi$ ,  $\Phi$  – геоцентрическая широта пункта, вычисляемая по формуле  $tg \Phi = (1 - e^2) tg B$ .

Свободный член уравнения (7) найдем из выражения

$$\bar{l}_R = R_0 - R_{изм} = R_0 - A_0 \sqrt{1 - \frac{2e^2 N_0}{A_0} \sin^2 B_0 + \frac{e^4 N_0^2}{A_0^2} \sin^2 B_0}, \quad (8)$$

$$A_0 = N_0 + H^\gamma + \zeta.$$

Обзор параметрических уравнений поправок показывает, что структура их однотипна, формулы для вычисления коэффициентов и свободных членов удобны для программирования на ЭВМ. Все это выдвигает параметрический способ в качестве основного при уравнивании спутниковых сетей.

Математическую обработку этих измерений предлагается выполнить в такой последовательности[3]:

1. Приведение спутниковых измерений к центрам пунктов;
2. Формирование исходных данных: установление исходного пункта или их системы; установление весов измерений; вычисление предварительных координат пунктов;
3. Оценка точности спутниковых измерений;
4. Уравнивание ВГС.

Возможны различные варианты установления исходного пункта или его системы. Если потребителю важнее получить точное взаимное положение пунктов, то геодезическая сеть уравнивается как свободная (с одним исходным пунктом). Затем по методу наименьших квадратов сеть, как жесткое построение, вставляется в совокупность исходных пунктов. Именно этот метод реализуется в фирменных пакетах программ. В этом случае взаимное положение пунктов сохранится, но на исходных пунктах возникнут неустраняемые координатные невязки.

Если спутниковые измерения уравнивать, взяв за исходные пункты наземные сети, то ошибки этих пунктов распространятся по всей геодезической сети, что приведет к искажению положения определяемых пунктов и ухудшению оценок точности результатов уравнивания.

Возможен вариант уравнивания с буферной зоной [4], где ошибки исходных пунктов в буферной зоне будут в значительной степени погашены.

При уравнивании, каждому измерению приписывают вес  $P_i = \frac{\mu^2}{m_i^2}$ , где  $\mu$  – среднеквадратичная ошибка единицы веса;  $m_i$  – среднеквадратичная ошибка текущего измерения  $i$ . Для приращений

координат эти ошибки могут быть вычислены по формулам:

$$\mu = a + bS_{км}^0, \quad m_i = a + bS_{км}, \quad (9)$$

где  $S_{км}^0$  – произвольная величина, численно равная среднему из длин векторов в километрах;  $S_{км}$  – длина вектора.

В сети ВГС значения этих коэффициентов принимаются:  $a = 3$  мм,  $b = 0,05$  мм/км. Для среднего вектора ВГС АР с длиной 200 км, получим:

$$\mu = 3 \text{ мм} + 0,05 \text{ мм} \cdot 200 = 13 \text{ мм}.$$

Тогда: 
$$p_i = \frac{(13 \text{ мм})^2}{(3 \text{ мм} + 0,05 \text{ мм/км} \cdot S_{км})^2}.$$

Веса  $P_i$  располагают на главной диагонали весовой матрицы  $P$ . Если измерения равноточные, то все веса одинаковы, т.е. равны единице, и  $P=E$ .

Неучет корреляций между измерениями искажает поправки из уравнивания до 20% [5]. Для их учета нужно использовать корреляционную матрицу  $K$ .

При уравнивании сетей, построенных методом ОМСГ, параметрическим способом предварительные координаты рекомендуется вычислять по измеренным приращениям [6]. Это правило распространяется на сети с фиксированными исходными пунктами и на те, в которых отыскиваются поправки в координаты всех пунктов. Для решения задачи во втором случае, когда исходные пункты не фиксированы, применяется аппарат псевдообратных матриц.

Предварительную оценку точности (качества) разностей координат в принципе можно выполнять по трем критериям:

- по соответствию диагональных элементов ковариационных матриц, по установленным допускам;
- по невязкам по ходовым линиям между исходными пунктами;
- по свободным членам условных уравнений для замкнутых фигур сети.

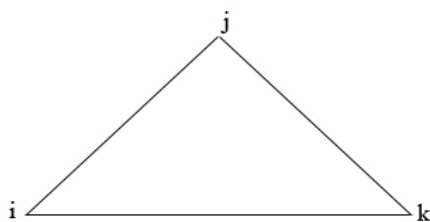
Отбраковка по второму критерию привела бы к исключению доброкачественных измерений, так как точность исходной геодезической основы – АГС значительно ниже точности спутниковых измерений.

Допуски к диагональным элементам устанавливаются по результатам статистической обработки достаточного количества измерений для каждого типа приемной аппаратуры и в соответствии с требованиями к точности, создаваемого класса геодезической сети.

В методе ОМСГ оценка разности координат по третьему критерию представляется более реалистичной, чем формальная оценка по диагональным элементам. Например, в треугольнике  $ijk$  (рис. 1) для приращений  $\Delta x$  можно записать:

$$\Delta x_{ij} + \Delta x_{jk} + \Delta x_{ki} = W_x, \quad (10)$$

(аналогично для  $\Delta y$  и  $\Delta z$ ).



**Рис. 1. Треугольник  $ijk$**

Обход треугольников (или других фигур) надо выполнять либо по часовой стрелке, либо против, но одинаково, причем надо учитывать, что  $\Delta x_{ki} = -\Delta x_{ik}$ . Подсчитав невязки для  $n$  треугольников  $W_1, W_2, \dots, W_n$ , сравнивают их с допустимым значением  $W_{дон} \leq 2.5 \cdot W_0$ .

Для  $W_0$  по аналогии с (9) можем записать:

$$W_0^{\Delta x} = (a_{мм} + b_{мм} \sum |\Delta x_{км}|). \quad (11)$$

Для ВГС:

$$(W_0^{BFC})_{\Delta X} = (3_{MM} + 0,05_{MM} \sum |\Delta X_{KM}|),$$

где  $\sum |\Delta X_{KM}|$  – сумма модульных значений приращений по периметру треугольника; коэффициент 2,5 соответствует доверительной вероятности  $\beta = 0,988$ . Для вычисления точного значения допустимой невязки полигона следует брать формулу:  $W_{дон.} = \pm t \sigma_0 \sqrt{\sum 1/p_i}$ .

В заключение вычисляют СКО приращений по осям  $x, y, z$  для данной сети (аналог формулы Ферреро).

$$m_{\Delta x(\Delta y, \Delta z)} = \sqrt{\frac{\sum W_{x(y,z)}^2}{3n}}, \quad (12)$$

где  $n$  – число невязок.

После отбраковки недоброкачественных измерений приступают к уравниванию.

### Коррелятивный способ

Подсчет числа независимых условий  $r$  ведется по общим правилам:  $r = n - k$ , где  $n$  – число всех измерений;  $k$  – число необходимых измерений.

Условные уравнения поправок имеют вид, вытекающий из (10). Для треугольника  $ijk$  (рис.1) получим:

$$v_{ij} + v_{jk} + v_{ki} + W_i = 0, \quad (13)$$

где  $W_i$  вычисляют по формуле (10).

Возникающую систему условных уравнений для всех условий в сети:

$$AV + W = 0 \quad (14)$$

решают по общим правилам метода наименьших квадратов, т.е. составляют и решают нормальную систему для вектора корреляции:

$$AqA^T K + W = 0; K = -(AqA^T)^{-1}W. \quad (15)$$

Далее находят вектор поправок в измеренные величины  $X$  и в уравненные значения:

$$V = qA^T K; X_{уравн} = X_{изм} + V, \quad (16)$$

где  $q$  – матрица обратных весов измеренных величин.

### Параметрический способ

В сложных сетях избыточных измерений много. Поэтому уравнивать эффективнее параметрическим способом. Уравнение поправок для приращения  $\Delta x_{ki}$  имеет вид (5):

$$dx_i - dx_k + l_{ki}^{\Delta x} = v_{ki}^{\Delta x},$$

где  $dx_i, dx_k$  поправки в предварительные координаты  $x_i^0, x_k^0$ ;  $l_{ki} = \Delta x_{ki}^0 - \Delta x_{ki}^{uzm}$ ;  $\Delta x_{ki}^0 = x_i^0 - x_k^0$ .

Аналогично составляются уравнения поправок для  $\Delta y_{ki}$  и  $\Delta z_{ki}$ . Всего таких уравнений  $3n$ , где  $n$  – количество измеренных векторов.

Для всех уравнений поправок в векторно-матричной записи будем иметь:

$$BX + L = V \text{ с весовой матрицей } P, \quad (17)$$

где  $V$  – вектор с  $3n$  поправками в измеренные величины;  $X$  – вектор с  $3k$  поправками в координаты  $k$

определяемых пунктов;  $L$  – вектор с  $3n$  величинами  $l$ ;  $B$  – матрица коэффициентов уравнений поправок размером  $3n \times 3k$ . Ее элементами будут +1, 0 или -1.

Требование МНК, чтобы взвешенная сумма квадратов поправок  $V^T P V$  была минимальной, приводит к условию  $V^T P V = 0$ . Отсюда следует система нормальных уравнений для вычисления  $X$

$$(B^T P B)X + B^T P L = 0. \quad (18)$$

Дальнейшие вычисления для оценки точности общеизвестны [7].

Здесь уместно отметить следующую особенность параметрического уравнивания. В свободных сетях матрица нормальных уравнений  $N = (B^T P A)$  может оказаться, если не вырожденной, то близкой к ней, а система (18) – плохо обусловленной. Поэтому, для получения устойчивого решения используют аппарат псевдообратных матриц [6].

В заключение подраздела отметим, что в настоящее время существуют различные версии пакет-программ по обработке спутниковых измерений. Пакет *Bernese* (Швейцария) признан в мире одним из лучших для решения задач позиционирования [8, 9].

### **ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ:**

С точки зрения применения метода наименьших квадратов, нет принципиального различия между уравниваниями ВГС и СГС-1. Тем не менее, разбив достаточно разреженную сеть ВГС, получаем фактически мини-сети, "зажатые" твердыми пунктами ВГС. Уравнивая разреженную сеть ВГС, мы фактически разбиваем всю сеть на ряд сравнительно небольших и слабо зависимых друг от друга блоков СГС-1. Уравнивание этих блоков предлагается выполнять в отдельности, затем объединять их в рамках единой сети, а после полученные координаты пунктов СГС-1, можно преобразовать в нужную систему координат.

### **Литература**

1. **Маркузе Ю.И., Бойко Е.Г., Голубев В.В.** Геодезия. Вычисление и уравнивание геодезических сетей. Справ. пособие – М.: Картгеоцентр, Геодезиздат, 1994, 431 стр.;
2. **Годжаманов М.Г.** О создании локальных геодезических сетей в пределах ограниченных территорий. //Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2002, №1 (спец. выпуск), стр. 3-8;
3. **Годжаманов М.Г.** Концепция математической обработки геодезических измерений при реконструкции ГГС Азербайджанской Республики. //Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2004, №4, стр.18-31;
4. **Глушков В.В., Насретдинов К.К., Шаравин А.А.** Космическая геодезия: методы и перспективы развития. М.: Институт политического и военного анализа, 2002, 448 стр.;
5. **Серрапинас Б.Б.** Глобальные системы позиционирования. Учебн. изд. М.: ИКФ "Каталог", 2002, 106 стр.;
6. **Бойко Е.Г., Ванин С.А.** Особенности уравнивания сетей, построенных относительным методом спутниковой геодезии. //Геодезия и картография, 2001, №9, стр. 9-14;
7. **Большаков В.Д., Гайдаев П.А.** Теория математической обработки геодезических измерений. Изд. 2, перераб. и доп., М., Недра, 1977, 367 стр.;
8. **Юдин А.П.** Привязка локальных геодезических сетей к глобальным системам координат WGS и ITRF. //Геодезия и картография, 1998, №3, стр. 30-35;
9. **Engelhardt G., Mikolajski H.** Concept and results of the GPS data processing with Bernese and GIPSY software. //W. Dtsch. geod. komis. Bayer. Akad. Wiss. [Veroeff]. В. 1996, №304, pp. 37-51.

**EQUALIZING NETWORKS BASED REGARDING  
THE METHOD OF SATELLITE GEODESY**

**M.G. Godjamanov, A.I. Ismailov**

Baku State University  
23, Zahis Halilov str. Baku, AZ-148, Azerbaijan  
E-mail: [mgodja@yandex.ru](mailto:mgodja@yandex.ru); [alishir5701@mail.ru](mailto:alishir5701@mail.ru)

**Abstract.** This article deals with issues of equalization network built relative by satellite geodesy. General formulation of the problem equalizing satellite network is different from the traditional planned adjustment networks. If you have redundant measurements in networks of any type it occurs over determined system of equations for a unique solution which applies the principle of Gauss-Markov for independent measurement and generalized least squares method, when using the results of measurements or measurements are correlated with each other. From a theoretical point of view, all methods of adjustment (correlative, parametric and their modifications) are equivalent. To equalize the GPS satellite network (GHS GHS-1), built by the relative satellite geodesy, it is tempting to use correlative method. However, until now it was not possible to develop an algorithm (and therefore, a computer program on a computer) automatic selection of independent conditional equations and drafting amendments. Therefore, the main method of equalizing GPS network is parametric.

**Keywords:** satellite geodesy; coordinate; equalization; a parametric method correlative way Amendment.

## ASSESSMENT OF TENDENCIES OF VARIABILITY OF AVERAGE MONTHLY DISCHARGES OF ALAZANI RIVER AND THEIR ANNUAL SHARES

G.L. Grigolia,<sup>1</sup> D.N. Kereselidze,<sup>2</sup> K. Bulashvili,<sup>2</sup> M.Sh. Alaverdashvili,<sup>2</sup>  
V.Z. Trapaidze,<sup>2</sup> G.I. Bregvadze<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University  
3 I. Chavchavadze Avenue, Tbilisi, Georgia

<sup>2</sup> Faculty of Exact and Natural Sciences of Iv. Javakishvili Tbilisi State University  
150, Agmashenebeli Avenue, Tbilisi, Georgia

E-mail: [vazha.trapaidze@tsu.ge](mailto:vazha.trapaidze@tsu.ge)

**Abstract.** With the purpose of establishment of tendencies of variability of average monthly discharges of Alazani River and their annual shares, computation of intra-annual flow of most important water artery – Alazani river that is one of the topical issues of supply of Kakheti region with irrigation water, has been carried out. Average monthly discharges  $Q$ , modulus coefficients  $K$ , percentage share  $P\%_Q$ , correlation coefficients of discharge trend  $r_Q$  and correlation coefficients of share trends for period of 1966-1986 years were computed by us for Alazani river (near Shakriani). Computation reveals that any trend is registered in none of months, the variability according to separate months is of almost the same nature and tendencies of increased or decreased variability according to discharge and percentage give us nearly identical picture.

**Keywords:** assessment; variability; Alazani River.

Water consumption in various sectors of economy rapidly increases in modern world that causes problems of water supply of separate regions. Issues of water supply (especially by drinkable water) become even complicated against the background of global climate change due to which significant change of intra-annual characteristics of rivers takes place. According to scenario of climate change, variation of value of annual river flow is expected, as the change of intra-annual distribution of this flow. Of course, proceeding from climate, physical-geographical and geological variety of territory of Georgia, it is impossible to extend this forecast to its whole territory, but it is clear that the issue of adjustment of rivers' flow will become even more complicated in the future.

Alazani river flow has been selected for calculation and establishment of tendencies of variability of average monthly discharges and their percentage share from annual discharges.

Alazani is the most important water artery of Eastern Georgia and is a river of mixed nutrition. Near Shakriani village the share of ground waters equals to 42.8% in annual flow, rain waters – 30.5%, while snow waters – 26.7%. The irrigation of agricultural plants is very important for territory of Shida Kakheti, especially for municipalities situated on the right bank of Alazani. Thousands of hectares of agricultural lands are irrigated here by waters of Alazani. Main channels of lower and upper irrigation system of Alazani river are the main irrigation facilities here. Water-carrying capacity of lower irrigation system is 20 m<sup>3</sup>/sec, length – 95 km, while the length of upper main channel is 68,8 km, and water-carrying capacity equals to 24 m<sup>3</sup>/sec [1].

Except of Alazani irrigation system featured by its complex engineering type (main channels), a lot of non-engineering or semi-engineering irrigation channels, which are fed from Alazani river and its

tributaries, are arranged here for irrigation of agricultural plants.

Not only economic activity, but also climate conditions have an impact on variability of water resources. Basic climate characteristics, which are one of the key determining factors of formation of fresh water resources, experience annual oscillation round some average values and these average values, determine the nature of climate of one or another region [2].

Intra-annual distribution of flows may be considered through selection of different ranges of averaging (average seasonal, monthly average, ten-day average, daily average). The depth of artificial adjustment of river flow determines intra-annual specification. It is known that in case of deep multi-year adjustment, a crucial importance is attached to variation of flows in separate years and in successive years. In case of less deep (e.g. seasonal) adjustment, the basic consideration is given to intra-annual distribution: variation of flows according to seasons, months and much less time-frames. If we deal with maladjustment, it is necessary to focus attention towards daily discharges during lack of water and duration of stay of minimal flows.

On the basis of calculation of intra-annual distribution occurs establishment of hydro-economic parameters (guaranteed water discharge, generation of energy, adjusting capacity of reservoir, etc.).

Proceeding from this fact, it is necessary to determine the share of flow according to months and to reveal the dynamics of quantitative changes that means assessment of trend. Linear regression is an illustrative method of revelation of trend, while trend significance may be accessed via value of correlation coefficient ( $r_{xi}$ ) between random value (x) and its order (row) number (i).

During the study of intra-annual distribution for separate months is significant to figure out the percentage share of every month out of annual distribution, which gives us more informative and reliable result along with monthly discharges [3]. Intra-annual distribution of flow is calculated according to hydro-economic years, which starts from surplus water season, basically from IV month. Average monthly discharges Q, modulus coefficients K, percentage share  $P\%_Q$ , correlation coefficients of discharge trend  $r_Q$  and correlation coefficients of share's trends for period of 1966-1986 years calculated by us for Alazani river (near Shakriani) are given in Table №1.

Table №1

Average monthly discharges Q, modulus coefficients K, percentage share  $P\%_Q$ ,  
correlation coefficients of discharge trend  $r_Q$  and correlation coefficients  
of share trends for period of 1966-1986 years of Alazani river (near Shakriani)

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
$Q$	67.2	86.0	74.3	49.8	36.9	36.1	34.0	29.0	23.3	18.1	20.0	35.2
$K$	1.58	2.02	1.75	1.17	0.87	0.85	0.80	0.68	0.55	0.43	0.47	0.83
$P\%_Q$	13.2	16.9	14.6	9.8	7.2	7.1	6.7	5.7	4.6	3.5	3.9	6.9
$r_Q$	0.06	0.14	0.31	0.04	0.13	-0.08	0.06	0.09	0.19	-0.21	-0.05	-0.07
$r_{p\%}$	-0.09	-0.08	0.25	0.16	0.16	-0.11	-0.02	-0.02	0.18	-0.30	-0.17	-0.27

Trend significance can be calculated by means of correlation coefficient  $r$  between random value and its order number. If as a result of trend calculation there will be revealed that correlation coefficients and rank criteria are more than  $2\sigma_r$ , where  $\sigma_r = 1/\sqrt{n-1}$  or  $\sigma_r = \sqrt{n}/n-1$ , then we can conclude that trend is significant and may be considered as reliable. With the purpose of trend assessment, the correlation coefficient according to months and seasons was calculated (see Table №1). In our examples  $n = 20$ ,  $\sigma_r = 0.23$  and  $2\sigma_r = 0.46$ , and trend is registered, when  $r > 0.46$ .



For illustration purposes the diagram of variability of discharges in months with relatively high (positive or negative) correlation is given on Fig. 1.

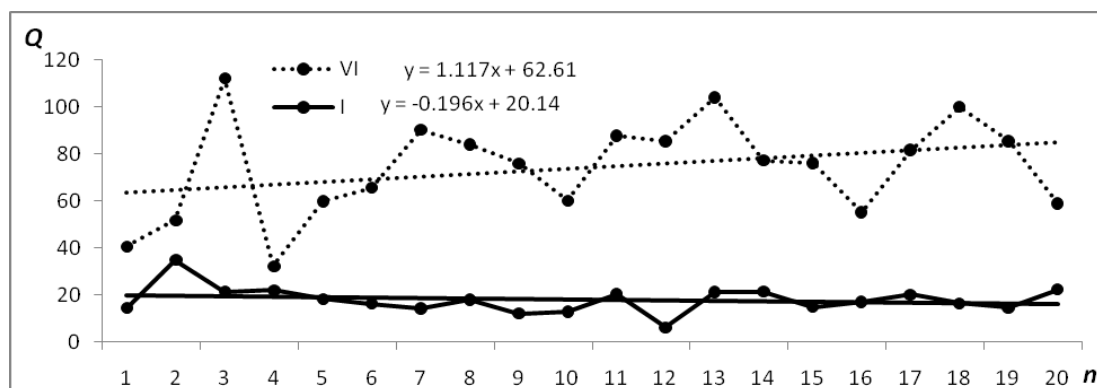


Fig. 1. Diagram of variability of Alazani river discharges (near Shakriani) in I and IV months

Thus, above calculations reveal that any trend is registered in none of months, it has the highest value in June, while in other months it is characterized by low values, though there are positive tendencies in certain period (VI-VIII), while in other months (IV-VI) it is negative. There is also a coincidence of correlations in some months.

### References

1. Ukleba N. Multipurpose utilization of water resources in national economy. Tbilisi, TSU, 1997;
2. The second national message of Georgia for Framework Convention on Climate Change. Tbilisi, 2009;
3. Grigolia G., Kereselidze D., Trapaidze V. et al. Effect of beginning of the year on interrelation between annual river flow and precipitations and their trends. //Proceedings of the Institute of Hydrometeorology, vol. 115, 2008.

### Гидрология и метеорология

## ОЦЕНКА ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СРЕДНЕМЕСЯЧНОГО РАСХОДА РЕКИ АЛАЗАНИ И ЕГО ГОДИЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Г.Л. Григолия,<sup>1</sup> Д.Н. Кереселидзе,<sup>2</sup> К. Билашвили,<sup>2</sup> М.Ш. Алавердашвили,<sup>2</sup>  
 В.З. Трапаидзе,<sup>2</sup> Г.И. Брегвадзе<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета  
 пр. Агмашенебели 150, г. Тбилиси, Грузия

<sup>2</sup> Факультет точных и естественных наук  
 Тбилисского государственного университета им. Ив. Джавахишвили  
 пр. И. Чавчавадзе 3, г. Тбилиси, Грузия

E-mail: vazha.trapaidze@tsu.ge

**Аннотация.** Для установления тенденций изменчивости среднемесячного расхода реки Алазани и его годичного распределения был проведен расчет внутригодового стока важнейшей речной артерии – реки Алазани, что является одним из актуальных вопросов для обеспечения региона Кахети поливной водой. Вычислены среднемесячный расход  $Q$ , модульные коэффициенты  $K$ , доля в процентах  $P\%_Q$ , коэффициенты корреляции трендов расхода  $r_Q$  и коэффициенты корреляции трендов долей  $r_{p\%}$  за период 1966-1986г.г. на р. Алазани (поблизости от Шакриани). Расчеты показали, что тренд не зафиксирован ни в одном из месяцев, изменчивость по отдельным месяцам имеет практически одинаковый характер, а тенденции повышающейся или понижающейся изменчивости по расходу и процентам дают нам почти одинаковую картину.

**Ключевые слова:** оценка; изменчивость; река Алазани.

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СЕЙСМОСТОЙКИХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

К. Дарчиашвили, В. Дарчиашвили, П. Реквава

Грузинская национальная ассоциация  
сейсмостойкого строительства и инженерной сейсмологии  
ул. Борджомская 7, 0119, г. Тбилиси, Грузия  
E-mail: v.darchiashvili@gmail.com

**Аннотация.** В докладе коротко рассмотрены некоторые результаты обследования отдельных, характерных экспериментальных сейсмостойких железобетонных каркасных зданий и их узлов, подвергнутых разным воздействиям. Даны рекомендации по усовершенствованию их конструктивных решений. Сформулированы несколько пунктов дополнений, рекомендуемых для современных национальных норм сейсмостойкого строительства.

**Ключевые слова:** активная сейсмозащита; каркасные здания; технические регламенты.

### ВВЕДЕНИЕ

Стандартными решениями при проектировании каркасных зданий в сейсмоопасных регионах являются два классических материала для их возведения: железобетонные конструкции и металлоконструкции. Как показывает опыт многих землетрясений, правильно рассчитанные, хорошо сконструированные или усиленные каркасные здания, как правило, вполне удовлетворительно переносят даже сильные землетрясения [1].

Каркасная конструктивная схема применяется для строительства жилых домов, общественных и производственных зданий. При строительстве указанных зданий, наибольшее распространение в сейсмических районах получили схемы с полным каркасом. Сейсмостойкость таких решений обеспечивается надежным соединением отдельных элементов в пространственную систему и более равномерным распределением масс и жесткостей здания.

Анализ показывает, что наиболее широкое распространение для многоэтажного строительства получили схемы с диафрагмами и ядрами жесткости. В зависимости от способа строительства такие здания выполнены в сборном и монолитном вариантах, в различных модификациях. Следует отметить, что в практике сейсмостойкого строительства, внедрены те конструктивные решения каркасных зданий, которые прошли экспериментальную проверку в базовых научно-исследовательских организациях Госстроя и Госгражданстроя СССР, а также Академии Наук [2].

С целью повышения сейсмостойкости новых конструктивных решений зданий, нами проведены множество натуральных статических и динамических, в том числе, вибрационных испытаний каркасных (рамной и рамно-связевой системы) и зданий с неполным каркасом, их моделей и отдельных узлов. На основе результатов этих испытаний выданы рекомендации по усовершенствованию их проектных решений.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В докладе коротко рассмотрены некоторые результаты натуральных испытаний отдельных, характерных экспериментальных сейсмостойких каркасных зданий и его узлов. В этих экспериментах

были изучены эффективность использования диафрагм жесткостей и систем активной сейсмозащиты разных конструкций. Рассмотрены также результаты обследования каркасных зданий, бывших в эксплуатации и поврежденных от разных динамических воздействий.

Специально для натурных испытаний, было построено и натурным вибрационным методом испытано на разных этапах строительства, девятиэтажное здание с первым гибким этажом с выключающимися связями. Экспериментом было подтверждено, что при выключении связей, действительно происходит выход здания из резонанса. Однако, на следующих этапах нагружения, уже без связей, выход из резонанса происходит только за счет появления пластических деформаций в основных несущих конструкциях, в самых колоннах.

Также натурным вибрационным методом испытано двухэтажное здание детского сада с безригельным каркасом из сборных железобетонных конструкций. Испытания проводились поэтапно, с применением разных типов диафрагм, с разной схемы армирования. В начальных этапах были использованы диафрагмы со сравнительно слабым армированием. На этих этапах при определенном уровне вибрационных нагрузок, в диафрагмах жесткостей стали появляться пластические деформации и здание стало выходить из резонанса. При повторных колебаниях этих этапов нагружения, также происходили поглощения энергии, но как ожидалось, уже на других частотах возбуждения. На очередном этапе испытания, при установке в ячейки каркаса здания диафрагм более усиленным армированием, произошел срез колонн на уровне перекрытий. На следующем этапе испытаний, диафрагмы были связаны друг с другом по вертикали, узлами из металлических профилей, что дало возможность высвобождения колонн от горизонтальных нагрузок и пластические деформации вновь стали появляться в диафрагмах.

С целью усовершенствования конструктивной схемы и отдельных узлов, было испытано двухэтажное каркасное здание столовой из сборных железобетонных конструкций. Испытания проводились в два этапа, с применением металлических крестообразных диафрагм жесткости и без нее. В первом этапе, на определенном уровне вибрационных нагрузок (до достижения расчетных) в колоннах стали появляться характерные волосяные трещины. На втором этапе испытания, в отдельных ячейках, продольном и поперечном направлении, симметрично, были установлены диафрагмы. На сравнительно высоких уровнях нагружения (до расчетных), металлические диафрагмы стали терять устойчивость и начали колебаться из своей плоскости, а в узлах сопряжения с колоннами начались соударения и возникла опасность повреждения колонн, после чего, испытания прекратились. В результате этих двух испытаний установлено, что устройство надежных узлов сопряжения между диафрагмами и основными несущими конструкциями здания, правильный подбор их конструкции и оптимальный подбор соотношения их несущей способности, имеет важное значение.

На основе результатов каждого проведенных натурных испытаний, выданы рекомендации по усовершенствованию конструктивных решений зданий.

Во время Спитакского землетрясения, из сравнительно современных зданий больше всего пострадали каркасные здания без диафрагм жесткостей. Полностью было обрушено здание центрального универсама. Обследования последствий других разрушительных землетрясений доказывают аналогичное.

Результатами обследования каркасных зданий без диафрагм жесткостей, подвергнувших разным динамическим воздействиям, зафиксированы повреждения лестничных клеток, а в зданиях, где диафрагмы установлены только в лестничных клетках, и или установлены несимметрично (часто встречаются такие решения), возникали проблемы от кручения. По нашему мнению, приблизительно аналогичные проблемы могут возникнуть и в каркасных зданиях с наклонными несущими колоннами. Такие решения часто встречаются в современном строительстве.

В зданиях, с так называемым чистым каркасом, из-за своей чрезмерной податливости, не

мало проблем возникают и без воздействия сильных землетрясений, на сравнительно низких уровнях внешних воздействий. Почти во всех обследованных нами зданиях как многоэтажных, так и малоэтажных, даже одноэтажных, несмотря на то, что в основном, каменная кладка как стен, так и перегородок было армировано и закреплено по контуру в несущую раму, зафиксированы трещины (оконтуривание) между несущим каркасом и ненесущими стенами – заполнением. Кроме визуальной стороны, этот фактор особенно неприемлем в регионах с влажным климатом, где атмосферные воды с помощью ветров, через эти трещины поступают внутри помещения, портят отделку, создают сырость и здание становится фактически непригодным к эксплуатации.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Как известно, строить сейсмостойкие железобетонные каркасные здания без связи жесткостей и или систем активной сейсмозащиты, связано с огромным риском. Доказательством этому служат и проведенные нами исследования. Исходя из вышеизложенного и по фактической узаконенной практики современного строительства, когда часто решающим фактором является дешевизна зданий, по нашему мнению, в современные нормы сейсмостойкого строительства [3] следует внести следующие дополнения:

1. Во избежание появления недопустимых пластических деформаций в основных несущих конструкциях, сейсмостойкие каркасные здания должны проектироваться с применением систем активной сейсмозащиты и/или другими конструкциями поглощения энергии, типа специальных диафрагм, скользящих фундаментов, сейсмогасителей и других конструкций;
2. Достоверность результатов теоретических исследований и расчетных анализов всех принципиально новых конструктивных решений сейсмостойких каркасных зданий и их узлов, должны быть подтверждены натурными экспериментальными исследованиями;
3. Положение о концептуальном проектировании, по требованиям еврокод 8 [4], что подразумевает подбор конструктивной системы сооружения перед началом проектирования, в рамках заданных параметров (конструктивная система, высота, материал, класс пластичности, т.е. место появления пластических шарниров и зоны рассеивания энергии), совместными решениями архитектора, конструктора, главного инженера проекта и инвестора-заказчика; при проектировании также нужно рассмотреть два уровня расчетов, с соответственными критериями сейсмостойкости – на проектное и максимальное расчетное землетрясениях [5].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует отметить, что современное строительство многоэтажных каркасных зданий и изменившиеся нормы проектирования, требуют существенный пересмотр принятых решений, что актуально и с внедрением сейсмостойких конструкций с системами сухого строительства, которое обладает существенными преимуществами по сравнению с традиционным капитальным строительством.

В заключение нужно отметить, что и национальные инструкции по оценке сейсмостойкости эксплуатируемых (существующих) зданий [6] нуждаются в переработке, где более четко должны быть определены классификации зданий по капитальности, степени повреждения их несущих конструкций, нормирование механической безопасности и надежности объектов, концепция усиления и условия их ремонтно-восстановительных работ, а также роль заказчика (инвестора).

Восстановление, усиление и реконструкция несущих конструкций может иметь следующие

уровни:

1. восстановление состояния конструкций до уровня, предшествующего повреждению (в первоначальное состояние);
2. повышение степени сейсмостойкости до уровня выше первоначального;
3. доведение сейсмостойкости до уровня действующих нормативных требований (расчетного значения).

### **Литература**

1. **Ржевский В.А.** Сейсмостойкость зданий в условиях сильных землетрясений. Ташкент, ФАН, 1990, 258 стр.;
2. **Немчинов Ю.И.** Сейсмостойкость зданий и сооружений. Киев, 2008, 480 стр.;
3. Технические регламенты – "Сейсмостойкое строительство" (ПН 01.01-09), 166 стр.;
4. Euro code 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. EN 1998-1, 2004;
5. **Реквава П.А.** Современное сейсмостойкое строительство. Тбилиси, "Интеллект", 2009, 241 стр.
6. Инструкция по обследованию и установлению технического состояния с точки зрения сейсмостойкости жилых и общественных зданий, расположенных на территории республики Грузия, Тбилиси, 1992, 140 стр.

### **Construction and architecture**

## **SOME RESULTS OF ASSESSMENT OF DAMAGED EARTHQUAKE RESISTING R/C FRAME BUILDINGS**

**K. Darchiashvili, V. Darchiashvili, P. Rekvava**

Georgian National Association  
for Earthquake Engineering and Engineering Seismology  
7, Borjomi str., 0119, Tbilisi, Georgia  
**E-mail: v.darchiashvili@gmail.com**

***Abstract.*** This paper describes some results of the damage evaluation for experimental seismic proof reinforced concrete frame buildings and its joints under different actions. They are given suggestions for improvement of R/C frame buildings construction decisions. The paper introduces some clauses of prescription for National Codes on earthquake engineering.

***Keywords:*** active seismic protection; frame buildings; codes.

**შავი ზღვის წყლის ხარისხის შეფასება საქართველოს ფარგლებში\***

**რ.გ. დიაკონიძე, ე.გ. შენგელია, გ.გ. ჩახაია, ლ.ნ. წულუკიძე,  
ზ.ნ. ვარაზაშვილი, თ.ლ. სუპატაშვილი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო  
**E-mail: robertdia@mail.ru**

**ანოტაცია.** სტატია ეძღვნება შავი ზღვის წყლის ხარისხის შეფასებას და მისი ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვას.

მართალია, ერთი წლის კვლევა საკმარისი არ არის ზღვის წყლის ხარისხის შეფასებისათვის (ლაბორატორიული კვლევები გრძელდება), მაგრამ ლაბორატორიული კვლევის შედეგები საშუალებას იძლევა, მოცემულ ეტაპზე მოვახდინოთ მისი ზოგადი, მიახლოებითი შეფასება. მით უმეტეს, რომ ზღვის წყლის ხარისხი დროის მოკლე პერიოდში მკვეთრ ცვლილებებს არ განიცდის.

როგორც კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, შავი ზღვის წყალი სხვადასხვა ნორმატიული რეკომენდაციების მიხედვით დაბინძურებულია ზოგიერთი მძიმე მეტალით.

ეკოლოგიური შეფასების პოზიციიდან ზღვის წყლის ხარისხი ძირითადად I და II კლასის ფარგლებში იცვლება და მხოლოდ ერთეულ შემთხვევაში ზოგიერთი ინგრიდიენტი ჯდება უფრო დაბალ კლასში.

**საკვანძო სიტყვები:** ზღვა; წყლის ხარისხი; დაბინძურება.

**შესავალი**

დღევანდელი გადასახედიდან, ჩვენი ქვეყნის მდგრადი ეკონომიკური განვითარების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ბერკეტს წარმოადგენს ქვეყანაში ტურიზმისა და საკურორტო ინფრასტრუქტურის განვითარება. ამ თვალსაზრისით საქართველო, მისი განსაკუთრებული მიმზიდველი კლიმატურ-გეოგრაფიული პირობების გამო, ტურიზმისა და საკურორტო დარგების განვითარების მეტად პერსპექტიულ რეგიონს წარმოადგენს. ამ დარგის განვითარებას მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტის მოტანა შეუძლია ჩვენი ქვეყნისათვის.

საქართველოს შავიზღვისპირეთი ერთ-ერთი პერსპექტიული რეგიონია, სადაც წარმატებით შეიძლება განვითარდეს ტურიზმი და საკურორტო ინფრასტრუქტურა. იქ დღესაც ფუნქციონირებს კურორტები: აჭარაში (კვარიათი, გონიო, ბათუმი, მახინჯაური, ქობულეთი და სხვ.), გურიაში (ურეკი, გრიგოლეთი), სამეგრელოში (მალთაყვა) და დროებით საქართველოს იურისდიქციის ქვეშ არმყოფ აფხაზეთში (ოჩამჩირე, ახალი ათონი, ბიჭვინთა, გაგრა, ლესელიძე და სხვ.). მათ რიცხვს, საქართველოს მთავრობის გადაწყვეტილების საფუძველზე, უკვე შეემატა ანაკლიის საკურორტო ზონა (ზუგდიდის რაიონი). ანაკლიაში უკვე დაწყებულია საკურორტო ინფრასტრუქტურის მშენებლობა. აღსანიშნავია

\* სტატია ეხება პროექტს, რომელიც განხორციელდა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი №FR/115/9-180/13). წინამდებარე პუბლიკაციაში ავტორთა მიერ გამოთქმული ნებისმიერი მოსაზრება შესაძლოა არ ასახავდეს საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

ისიც, რომ ამ რეგიონში კურორტის განაშენიანებას, გარდა ეკონომიკურისა, მნიშვნელოვანი პოლიტიკური დატვირთვაც ენიჭება.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მართალია, ტურიზმისა და საკურორტო ინფრასტრუქტურის განვითარებას მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტის მოტანა შეუძლია ქვეყნისათვის, მაგრამ ეს შესაძლებელი იქნება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ დაცული იქნება საკურორტო ზონების ეკოლოგიური უსაფრთხოება და დამსვენებლებს, ან ტურისტებს არ შეექმნებათ ნეგატიური პრობლემები, მით უმეტეს, რომ ჩვენს პლანეტაზე დღეს მიმდინარე კლიმატური ცვლილებების ფონზე საგრძნობლად იმატა სტიქიების რიცხვმა. მსოფლიოს ცნობილ მეცნიერთა პროგნოზით, 21-ე საუკუნეში მოსალოდნელია ჰიდროსფეროს მნიშვნელოვანი დაბინძურება და ოკეანის დონის ამაღლება, რაც ნეგატიურად იმოქმედებს ბუნებრივ გარემოზე. ამ მხრივ, რა თქმა უნდა, არც საქართველო და მისი შავიზღვისპირეთია გამონაკლისი. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ამჟამადაც მოქმედებს შავიზღვისპირეთში ნავთობის ტერმინალები (სუფსა, ყულევი), რომელთაც, რუმინეთის, აზერბაიჯანისა და საქართველოს მთავრობების გადაწყვეტილებით, მომავალში შეემატება თხევადი გაზის გადამამუშავებელი ტერმინალები. აქედან გამომდინარე, არსებობს ტერმინალებიდან ნავთობის დაღვრის დიდი ალბათობა, რაც კატასტროფულად შეიძლება აისახოს ადგილობრივ ბუნებრივ გარემოზე. ამის ნათელი დადასტურებაა რუსეთის ინტერვენცია, რის შედეგადაც 2008 წლის აგვისტოში ფოთის პორტში ჩაიძირა რვა მცურავი საშუალება და ზღვაში ჩაიღვარა 50 ტონამდე ნავთობპროდუქტი. ზღვაში მოხვდა, აგრეთვე, აფეთქებული ჭურვების შიგთავსი, რომლის ტოქსიკური შემადგენლობა დაზუსტებული არ არის. ნავთობპროდუქტების ჩაღვრამ დააბინძურა შავი ზღვის ზოლი და საფრთხე შეუქმნა ზღვის აკვატორიის ნაწილს, მის იქტიოფაუნას.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, იმისათვის, რომ წარმატებით განვითარდეს საქართველოში საკურორტო და ტურიზმის დარგები, მეტად აქტუალურ მნიშვნელობას იძენს შავი ზღვის წყლის ხარისხისა და ზღვისპირა კურორტების ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვა. კვლევის სტრატეგიას წარმოადგენს შავი ზღვის წყლის ხარისხისა და შავიზღვისპირეთის ეკოლოგიური უსაფრთხოების შეფასება.

### **პირითადი ნაწილი**

შავი ზღვისპირეთის ეკოლოგიური უსაფრთხოება, პირველ რიგში, რა თქმა უნდა გამოსახება წყლის ხარისხის დაცვაში, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ წყალში შემავალი სხვადასხვა ნივთიერებები უნდა შეესაბამებოდეს მათ ზღვრულ დასაშვებ ნორმებს და მისი ხარისხის დაცვა განპირობებული იყოს ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორებით გამოწვეული ნეგატიური პრობლემებისაგან; დამსვენებლების, ტურისტების და აქ მცხოვრები მოსახლეობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით ნათელი გახდეს შავი ზღვის წყლისა და აქ განვითარებული ინფრასტრუქტურის უსაფრთხო პრაქტიკული გამოყენება.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე ზღვის წყლისა და ზღვაში ჩამდინარე წყლების ხარისხის შესაფასებლად შავი ზღვის აკვატორიის 6 პუნქტში და მასში ჩამდინარე მდინარეების 8 შერჩეულ კვეთში აღებულ იქნა წყლის სინჯები მათი შემდგომი ლაბორატორიული გამოკვლევისათვის.

ლაბორატორიული კვლევების შედეგების ანალიზმა, რის საშუალებასაც იძლეოდა ერთი წლის კვლევები, საშუალება მოგვცა გაგვეკეთებინა წინასწარი (მიახლოებითი) შეფასება ზღვისა და მასში ჩამდინარე წყლების ხარისხის დაბინძურების შესახებ. ამისათვის გამოყენებული იქნა საქართველოს შრომის ჯანმრთელობისა და სოციალური

დაცვის სამინისტროს მიერ მომზადებული და მთავრობის მიერ დამტკიცებული ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციების ნორმატივები [1], მათში სხვადასხვა დროს შეტანილი ცვლილებების გათვალისწინებით [2], აგრეთვე ზოგიერთი ევროპული ქვეყნის ნორმატივები [3, 4, 5]. წყლის კლასიფიკაციის შესაფასებლად ეკოლოგიური უსაფრთხოების პოზიციიდან გამოყენებულ იქნა ევროპის ქვეყნების ეკონომიკური ურთიერთობების საბჭოს რეკომენდაციები (CЭB) [6].

ლაბორატორიული კვლევის 1 წლის შედეგებმა (ჯერჯერობით არასრულმა, რადგან საგრანტო პროექტი კიდევ 2 წელი გაგრძელდება) გამოავლინა, რომ ზღვის წყალი ჩვენი ქვეყნისა და სტატიაში ზემოაღნიშნული ნორმატივების მიხედვით დაბინძურებულია ზოგიერთი სახეობის მძიმე მეტალებით (გრანტი № FR/115/9-180/13-ის ანგარიში). საშუალო მაჩვენებლის მიხედვით მათი რაოდენობა ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას აჭარბებს: თუთია – 15,2-ჯერ; სპილენძი – 5,62-ჯერ; ნიკელი – 11,6-ჯერ; დარიშხანი – 3,1-ჯერ; ტყვია – 3,09-ჯერ და ფენოლები – 10-ჯერ. CЭB-ის რეკომენდაციების მიხედვით წყლის (ზღვა, მდინარეები) ხარისხი ეკოლოგიური შეფასების პოზიციიდან საკმაოდ მაღალია და ძირითადად მერყეობს I-II კლასის ფარგლებში, მხოლოდ ერთეულ შემთხვევებში ზოგიერთი ინგრიდენტი ხვდება უფრო დაბალ კლასებში.

## დასკვნა

შავი ზღვისა და მასში ჩამდინარე მდინარეების წყლის სინჯების ერთი წლის ლაბორატორიული კვლევის შედეგების ანალიზმა საშუალება მოგვცა მიახლოებითი სიზუსტით შეგვეფასებინა მათი ხარისხი, კერძოდ, ჩვენი და სხვა ევროპული ქვეყნების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციების ნორმატივების მიხედვით ზღვის წყალი დაბინძურებულია ზოგიერთი მძიმე მეტალით. ეკოლოგიური შეფასების პოზიციიდან როგორც ზღვის, ისე მდინარეების წყლის ხარისხი ძირითადად (CЭB-ის რეკომენდაციები) თავსდება I და II კლასებში და მხოლოდ ერთეულ შემთხვევებში ზოგიერთი ინგრიდენტის მაჩვენებელი უფრო დაბალი კლასისაა.

კვლევის მომდევნო ეტაპზე წყლის სინჯების ლაბორატორიული კვლევების დამატებითი მონაცემები, საშუალებას მოგვცემს წყლის ხარისხის შესაფასებლად.

## ლიტერატურა

1. „პიგიენური მოთხოვნები წყლის შემადგენლობასა და ხარისხზე სასმელ-სამეურნეო და კულტურულ-საყოფაცხოვრებო წყალმომარების ობიექტებში და წყალში მავნე ნივთიერებების შემცველობის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ)“. //საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობის და სოციალური დაცვის მინისტრის 2001 წლის 16 აგვისტოს № 297/ნ ბრძანება „გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების დამტკიცების შესახებ“. საქართველოს ოფიციალური ბეჭდვითი ორგანო „საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე“ (სსმ), №90, 24.08.2001, გვ. 51-93;
2. „მოსახლეობის წყალმომარების ადგილებში ზღვის სანაპირო წყლის დაცვა დაბინძურებისაგან, სანიტარული წესები და ნორმები.“ საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტრო, თბილისი, 2000, სანწ-დან 2.1.5. 000-00;
3. **Яковенко П. И., Рисунов О. А., Яковенко Ю.П.** Первое из чудес природы. Издательство "Урожай", Киев, 1989, 160 стр.;
4. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. Министерство здравоохранения СССР. Главное Санитарно-эпидемиологическое управление, Издание официальное, М., 1988, 70 стр.;



5. Постановление от 27.02.2010 №15, об утверждении требования СанПиН 2.1.5.2582-10 "Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения", Российской Федерации. 2010 г.;
6. Рекомендации – "Единые критерии качества вод". Совет Экономической Взаимопомощи (СЭВ), Секретариат СЭВ, 1982, 68 с.

**Environmental protection**

**EVALUATION OF BLACK SEA WATER QUALITY IN BORDER OF GEORGIA**

**R.V. Diakonidze, E.G. Shengelia, G.G. Chakhaia,  
L.N. Tsulukidze, Z.N. Varazashvili, T.L. Supatashvili**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia  
E-mail: [robertdia@mail.ru](mailto:robertdia@mail.ru)

**Abstract.** Article dedicated to evaluation of Black Sea water quality and protection of its ecological safety.

Its true, that one year research is not enough to evaluate of Black Sea water quality (laboratory researches is going), but results of laboratory researches allows to make focus at general approximate evaluation of laboratory researches results at this stage. Because sea water quality will not change drastically in the short period.

As seen from researches results Black Sea water is polluted with heavy metals according to normative recommendations. From the position of ecological evaluation sea water quality mainly changes between I and II class and only in some cases include lower class.

**Keywords:** sea; water quality; pollution.

**Охрана окружающей среды**

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ЧЕРНОГО МОРЯ В ПРЕДЕЛАХ ГРУЗИИ**

**Р.В. Диаконидзе, Э.Г. Шенгелия, Г.Г. Чахая, Л.Н. Цулукидзе,  
З.Н. Варазашвили, Т.Л. Супаташвили**

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия  
E-mail: [robertdia@mail.ru](mailto:robertdia@mail.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена оценке качества воды Черного моря и защите его экологической безопасности.

Разумеется, одногодичные исследования недостаточны для оценки качества морской воды (лабораторные исследования продолжаются), однако результаты лабораторных исследований дают возможность на данном этапе произвести ее общую, приблизительную оценку. Тем более, что качество морской воды за короткий период времени не претерпевает резких изменений.

Как показали результаты исследований, вода Черного моря, согласно различным нормативным рекомендациям, загрязнена некоторыми тяжелыми металлами. С позиции экологической оценки качество воды Черного моря меняется, в основном, в пределах I и II класса и только в единичных случаях некоторые ингредиенты оказываются в более низком классе.

**Ключевые слова:** море; качество воды; загрязнение.

საქართველოს ქალაქებში ეკოლოგიური მდგომარეობის  
ბაზმჯოგენება მენობებისა და ნაბეობების სახურავებზე  
მწვანე საფარის მოწყობის ბოი

ზ.ა. ეზუბაია,<sup>1</sup> ი.რ. ირემაშვილი,<sup>2</sup> ნ.გ. მსხილაძე,<sup>1</sup> შ.ნ. ჭეიშვილი<sup>1</sup>

<sup>1</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 77, 0175, ქ. თბილისი, საქართველო  
E-mail: zezugbaia@mail.ru

<sup>2</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო  
E-mail: ingairema@yahoo.com

**ანოტაცია.** სტატიაში განხილულია საკითხები, რომლებიც ეხება მენობების და ნაგებობების სახურავებზე მწვანე საფარის მოწყობის ნოვაციურ ტექნოლოგიებს. ფართოდ არის წარმოდგენილი ასეთი საფარის სახეები, დეტალურადაა მოცემული მათი კონსტრუქციული მახასიათებლები. ნაშრომში გაკეთებული შესაბამისი დასკვნები, რომლებიც ახასიათებენ ასეთი ბურულების მოწყობის ტექნიკურ და ეკოლოგიურ უპირატესობებს ჩვეულებრივ ბურულებთან შედარებით.

**საკვანძო სიტყვები:** სახურავი; ბურული; მწვანე საფარი; მწვანე ნარგავები; ეკოლოგია.

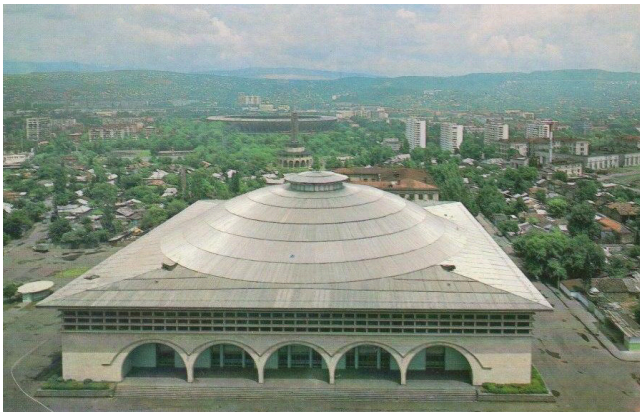
ადამიანისა და ბუნების ურთიერთობა ჩვენს პლანეტაზე მისი გაჩენის დღიდან იწყება. მას შემდეგ ადამიანი არა მარტო შეეგუა გარემომცველ გარემოს, არამედ აქტიურად დაიწყო მისი გარდაქმნაც: გაჩეხა ტყეები, გადახნა მიწები, გაიყვანა გზები, ააგო ხიდები და კაშხლები, ააშენა ქალაქები და ა.შ. დიდ ქალაქებში მოსახლეობის რაოდენობის ზრდამ, მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარებამ ადამიანს გაუადვილა ბუნების გამოყენება.

ბოლო წლებში თბილისში დიდი რაოდენობით აშენდა საცხოვრებელი მენობები. მათი უმეტესობა – პრესტიჟულ უბნებში. განაშენიანების სიმჭიდროვის გამო განადგურდა გამწვანებული ფართობები. მკვეთრად გაიზარდა მანქანების რაოდენობა. საფეხმავლო გზა – ტროტუარები გადაიქცა მანქანების სადგომად. მანქანების დიდმა რაოდენობამ გამოიწვია ჰაერის დაბინძურება. მრავალსართულიანი მენობების მჭიდროდ განაშენიანების გამო მენობები ჩრდილავენ ერთმანეთს, ირღვევა განათებულობის ნორმები – ბევრი ბინა მოკლებულია მზის შუქს.

სუპერურბანიზაციამ გამოიწვია მიკროკლიმატის და ადამიანის საცხოვრებელი პირობების გაუარესება. სავალალოა ქალაქური ცხოვრების განუყოფელი ნაწილის – თბილისის პარკების, სკვერების და ქალაქის გარშემო რეკრეაციული ზონების მდგომარეობა, არ კეთდება ეკოლოგიური სიტუაციის მასშტაბური ანალიზი; მიმდინარეობს მშენებლობები რეკრეაციულ ზონებში, მწვანე ზოლებსა და განსაკუთრებით პრესტიჟულ უბნებში (ფოტო 1, 2, 3), ახალი მშენებლობები გარემოზე ზემოქმედების შეფასების დოკუმენტის გარეშე იწყება, არავინ ზომავს ხმაურის, განიავების, გამწვანებისა და სხვა საკითხებს. შექმნილი სიტუაციიდან გამომდინარე, სულ უფრო აქტუალური ხდება

საქალაქო ტერიტორიების ქალაქმშენებლობითი განვითარების ეკოლოგიური კონცეფციის შემუშავება, მით უფრო, როცა საუბარი ეხება მილიონიან ქალაქს, სადაც ეკოსისტემა კრიტიკულ მდგომარეობაშია.

დღეისათვის ეკოლოგიური გარემოს გაუარესებასთან დაკავშირებით დიდ ქალაქებში მეტად აქტუალურია შენობების დაპროექტებისა და აშენებისას გარემო ყოფითი პირობების გაუმჯობესების პრობლემა. თანამედროვე მრავალსართულიან საცხოვრებელ სახლებში, სადაც ადამიანი განსაკუთრებით მწვავედ შეიგრძნობს ბუნებისგან მოწყვეტას, რეკრეაციული სივრცის მოწყობა შესაძლებელია გამწვანების ელემენტებით, რაც შენობებში გააუმჯობესებს ეკოლოგიურ ფონს.



ა)

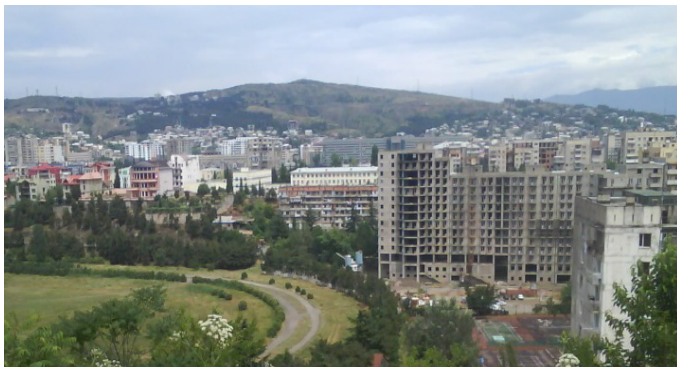


ბ)

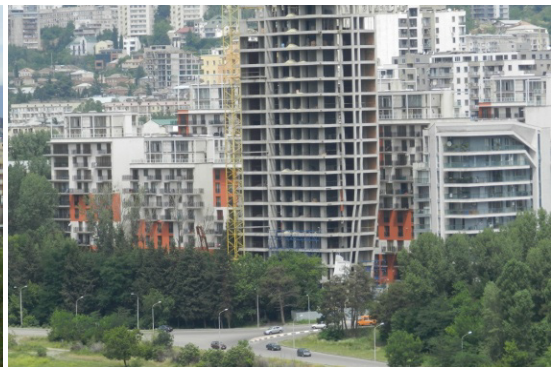
**ფოტო 1. ქ. თბილისში სპორტის სასახლის მიმდებარე ტერიტორია**  
 ა) XX საუკუნის 80-იან წლებში და ბ) ამჟამად



ა)



ბ)



**ფოტო 2. ყოფილი იპოდრომი ა) XX საუკუნის 80-იან წლებში და ბ) ამჟამად**



ფოტო 3. მშენებლობის ბუმი ყიფშიძის ქუჩაზე:  
ა) სელი მდ. ვერეს ხეობიდან; ბ) სელი ი. ჭავჭავაძის პროსპექტიდან

სახლებში უფრო კომფორტულად ცხოვრების მიზნით ჯერ კიდევ წინა ათასწლეულში ხალხი აშენებდა სახლებს სახურავზე მწვანე საფარით – ბალახოვანი მცენარეების სახით, რაც უზრუნველყოფდა სახლის მიკროკლიმატის დაცვას. ბაღები და პატარა დასასვენებელი გაზონური მოედნები შენდებოდა ასირიასა და ბაბილონში ჯერ კიდევ 2500 წლის წინათ. ყველაზე ნათელ მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ სემირამიდას დაკიდული ბაღები (ფოტო 4). თანდათანობით დაკიდული ბაღებისა და მწვანე ბურუსების გაშენება დაიწყო არა მარტო აზიაში, არამედ ევროპაშიც. სკანდინავიის ქვეყნებში, კერძოდ ნორვეგიაში, კორდების გამოყენებით ბურუსის დაფარვა პრაქტიკაშია უკვე რამდენიმე საუკუნის განმავლობაში.



ფოტო 4. სემირამიდას დაკიდული ბაღები

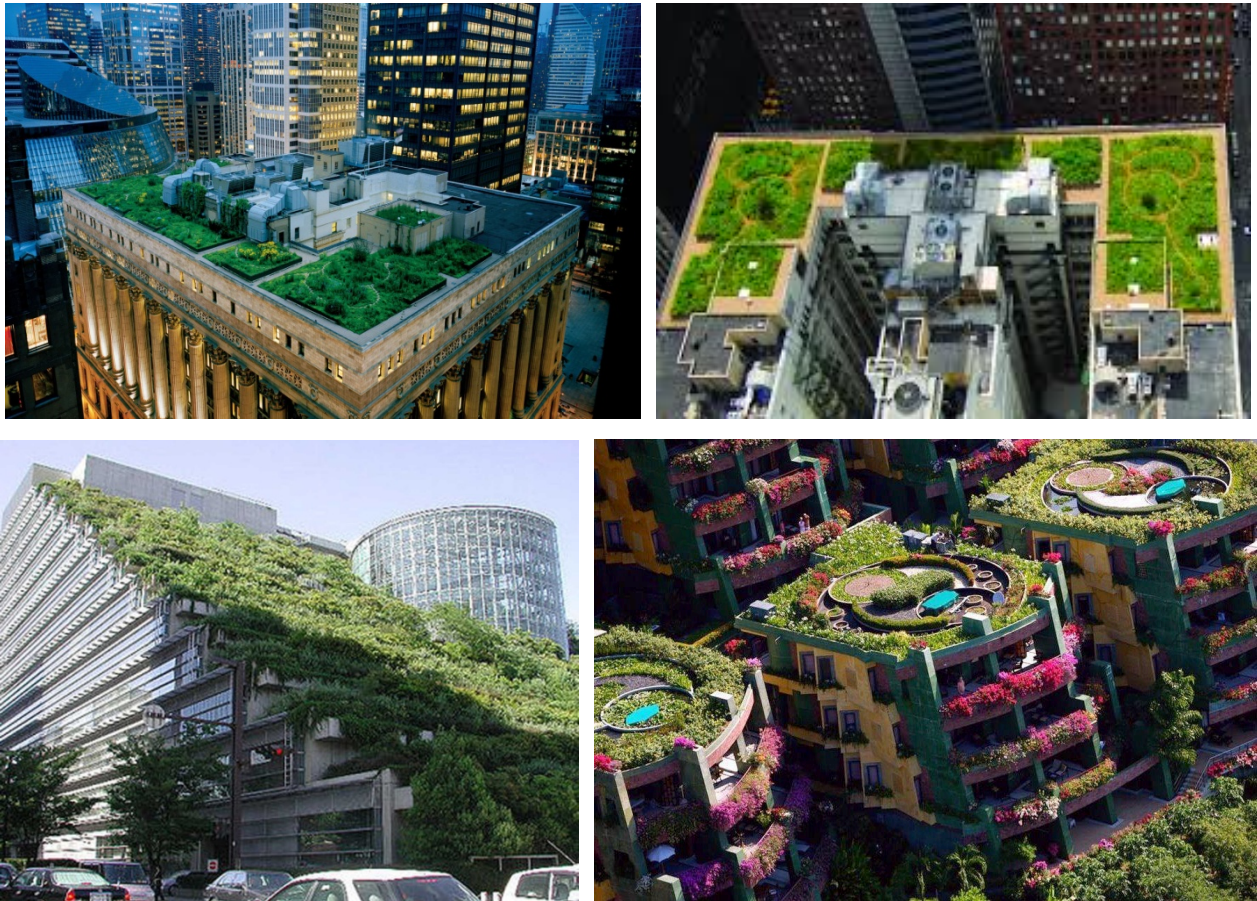
გამწვანებულ გარემოს შეუძლია უზრუნველყოს ცხოვრების კომფორტული პირობები, რომელიც განაპირობებს როგორც ეკოლოგიური ხარისხის (ჰაერის გაჯანსაღება, ინდივიდუალური მიკროკლიმატის შექმნა), ასევე ადამიანის ფსიქოლოგიური და ემოციური რეაბილიტაციის შესაძლებლობების გაფართოებას.

ქალაქების ზრდასთან ერთად არანაკლებ მნიშვნელოვანი ხდება არქიტექტურის კიდევ ერთი ასპექტი – შენობების “მეხუთე ფასადი”. დიდი ქალაქების სერიოზული

პრობლემა – თავისუფალი მიწების სიმცირე და მაღალი ღირებულება. სახურავების გამწვანება ეკონომიკური და ეკოლოგიური მხრივ განსაკუთრებით გამართლებულია.

1960 წელს გერმანელმა არქიტექტორებმა სარეკრეაციო ზონა შენობის სახურავზე განათავსეს და ამ სივრცეს „მწვანე სახურავი“ უწოდეს. რასაკვირველია, რომ მწვანე სახურავი ესთეტიკური და არქიტექტურული თვალსაზრისით მაღლა დგას ტრადიციულ სახურავებზე, რადგან როგორც წესი, ტრადიციულ სახურავებს არ აწყობენ ესთეტიკური მნიშვნელობით.

მსოფლიოს კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე განვითარებულ ქვეყნებს, ზოგადად ჩრდილოეთ ამერიკასა და ევროპის ქვეყნებს თავის ეკოპროგრამაში ჩართული აქვთ სახურავების გამწვანება, განსაკუთრებით მეგაპოლისებში (ფოტო 5). მაგ. მწვანე სახურავები აქტიურად ვითარდება ისეთ ქალაქებში, როგორცაა კოპენჰაგენი, პარიზი, ლონდონი, ბერლინი, ნიუ-იორკი, ჩიკაგო და ა.შ., მრავალი მაგალითია აზიაშიც – ტაილანდში, ჩინეთში და სხვ.



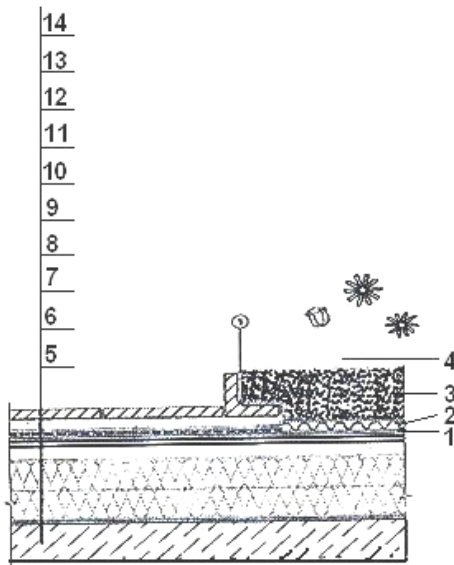
ფოტო 5. მწვანე ბურულების მაგალითები სხვადასხვა ქვეყანაში

ცნობილია მწვანე ბურულების ძირითადი კონსტრუქციები და მრავალსახეობა. მწვანე ბურულები შედგება 6 ძირითადი ფენისაგან: 1. მცენარეული ფენა; 2. ნიადაგის სუბსტრატის; 3. გამფილტრავი ფენა; 4. სადრენაუო სისტემა; 5. ჰიდროიზოლაციის ფენა; 6. თბოიზოლაციის ფენა. ზოგიერთ შემთხვევაში კი ფენების შემადგენლობა ან მასალა შესაძლოა განსხვავდებოდეს (ფოტო 6).



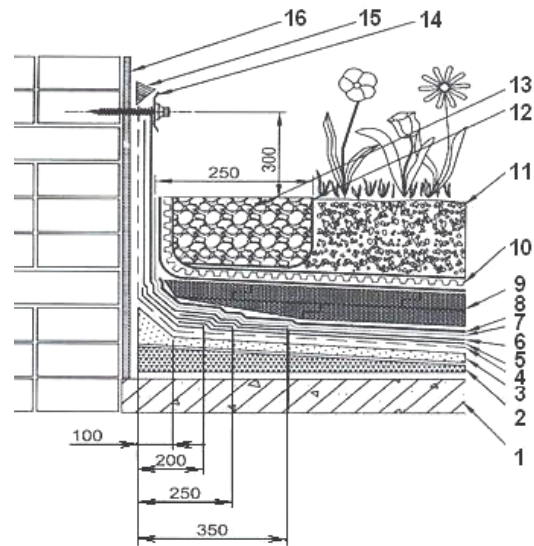
ფოტო 6. მწვანე ბურულების შემადგენლობა – სხვადასხვა ვარიანტი

ექსპლუატირებული ბურულის შემთხვევაში ფენების რაოდენობა ტექნოლოგიურ გადაწყვეტასთან დამოკიდებულებაში მატულობს (ნახ. 1, 2).



ნახ. 1. ექსპლუატირებული ბურულის კონსტრუქცია გამწვანებით:

- 1 – გეოტექსტილი 350-400 გ/მ<sup>2</sup>; 2 – Planter life;
- 3 – გრუნტი; 4 – გამწვანება; 5 – გადახურვის ფილა;
- 6 – ორთქლიზოლაცია; 7 – მათბუნებელი; 8 – არმირებული ცემენტ-ქვიშის ქერქი;
- 9 – ბიტუმის პრაიმერი; 10 – ჰიდროზოლაციის ორი ფენა;
- 11 – პოლიეთილენის აფსკი; 12 – დრენაჟის კომპონენტი;
- 13 – არმირებული ცემენტ-ქვიშის ქერქი; 14 – ტროტუარის ან იატაკის ფილები



- ნახ. 2. მწვანე საფარის მიმხრობა კედელთან:
- 1 – გადახურვის ფილა; 2 – მსუბუქი ბეტონის ფენა;
- 3 – არმირებული ცემენტ-ქვიშის ქერქი; 4 – მოგრუნტვა მასტიკით (პრაიმერი);
- 5, 6 – ჰიდროსაიზოლაციო ორი ფენა;
- 7 – პოლიეთილენის აფსკი; 8 – გეოტექსტილი;
- 9 – ქაფპოლისტიროლი; 10 – სადრენაჟო მემბრანა;
- 11 – გრუნტი (მიწა); 12 – გეოტექსტილი;
- 13 – ხრეში ფრაქციით 20-40 მმ; 14 – ნაპირა ლითონის ლარტყა;
- 15 – ჰერმეტიკი; 16 – ბათქაშის ფენა

თანამედროვე მშენებლობაში ცნობილია მწვანე ბურულების 2 სახე: ექსტენსიური და ინტენსიური (ინვერსიული).

**ექსტენსიური მწვანე სახურავების** (ფოტო 8) გამოყენება პრაქტიკულად არაა გათვლილი ბურულებზე სასიარულოდ. ასეთ ბურულებზე სიარული შესაძლებელია მხოლოდ განსაზღვრულ ადგილებში. ნიადაგის ფენის სისქე – არაუმეტეს 0,07–0,15 მ-ია, რაც საშუალებას იძლევა მასზე დარგულ იქნეს მხოლოდ მცირე ზომის მცენარეები. ასეთ სახურავებზე სპეციალურ ტევადობებში ან ქვეშებზე რგავენ მხოლოდ საგაზონე მცენარეებს ან ხავსს. მცენარეს უნდა ჰქონდეს ჰორიზონტალურ ფესვთა სისტემა. ექსტენსიური მწვანე საფარის დატვირთვა წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში შეადგენს 80-100 კგ/მ<sup>2</sup>-ს. მასზე ირგვება გვალვაგამძლე, მცირე ზომის, მაგრამ მრავალფეროვანი მცენარეები და ნიადაგიც გაჯერებულია საჭირო მინერალებით. მაგ. გერმანიაში მწვანე ბურულების 80% ექსტენსიურია, რადგან ექსტენსიურ მწვანე სახურავს უფრო ადვილად შესწევს ძალა დააბრუნოს ინვესტიცია, რომელიც მასში ჩაიღო და ასევე დიდი სარგებლობა მოუტანოს მჭიდროდ დასახლებულ ქალაქს როგორც ეკოლოგიურად, ასევე ნიაღვრებისაგან დაცვის მიზნით.



ფოტო 8. ექსტენსიური მწვანე სახურავები

**ინტენსიური (ინვერსიული) მწვანე სახურავი** – ეს კონსტრუქციაა, რომელიც შეიძლება ბურულზე მოვაწყოთ არა მარტო გაზონის, არამედ ხეებიანი, ბუჩქებიანი ბაღის სახით, შესაძლოა აუზით და შადრევნებითაც (ფოტო 9). ინტენსიურ მწვანე სახურავს უნდა ჰქონდეს პარაპეტი სიმაღლით არანაკლებ 1,2 მ-ისა, ხოლო ნიადაგის ფენის სიმაღლით კი – 0,2–0,6 მ-ისა.



ფოტო 9. ინტენსიური მწვანე სახურავები

ინტენსიური მწვანე საფარის სხვა ელემენტებისა (აუზები, შადრევნები, გრძელი სკამები, ხეები და ა.შ.) და გრუნტის სისქე მნიშვნელოვნად ზრდის შენობის სახურავის მზიდ ელემენტებზე დატვირთვას. ამიტომ ინტენსიური მწვანე საფარის კონსტრუქციას ითვალისწინებენ დაპროექტების სტადიაში. წინააღმდეგ შემთხვევაში, საჭიროა ზედმიწევნით იქნეს გათვლილი მწვანე საფარისგან მიღებული დასაშვები დატვირთვა, რაც კი შეიძლება აიტანოს შენობის მზიდმა კონსტრუქციამ.

ქვემოთ მოყვანილია მწვანე ბურულის კონსტრუქციის შემადგენლობა:

**1. მცენარეული საფარის** შერჩევა ხორციელდება ინდივიდუალურად და დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე, ბურულის ადგილმდებარეობაზე, ნიადაგის ფენის სისქეზე და დამკვეთის სურვილებზე. მცენარეული საფარისთვის ხშირად ირჩევენ ხავსს, გაზონის



ფოტო 10. მცენარეული ფენა

ბალახს (ფოტო 10), მინდურის ყვავილებსა და მთის მცენარეებს შენობის ადგილმდებარეობის კონკრეტული კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე.

**2. ნიადაგის სუბსტრატი.** ნიადაგად გამოიყენებენ სუბსტრატს, რომელიც ბევრად მსუბუქია ჩვეულებრივ მიწაზე (მაგ. ტორფი და სხვ.), რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ბურულის ფუძეზე დატვირთვას. მწვანე საფარის შემსუბუქებული კონსტრუქცია განსაკუთრებით აქტუალურია ინტენსიური ტიპის მწვანე სახურავის მოწყობისას.

**3. მფილტრავი ფენა** ჩვეულებრივ შედგება გეოქსოვილისა და ფესვდამცავი აფსკისაგან. გეოქსოვილს გამოიყენებენ მფილტრავ ფენად გრუნტის ნაწილაკების დრენაჟში გაჭედვის თავიდან ასაცილებლად (ფოტო 11).



ფოტო 11. გეოქსოვილი

მწვანე ბურულისთვის იყენებენ თერმულად გამაგრებულ გეოქსოვილს, მისი კონსტრუქცია შესრულებულია ისე, რომ პრაქტიკულად არ იშლამება და გააჩნია მაქსიმალური ხანმდეგობა მოცემულ პირობებში ექსპლუატაციისას.

გეოქსოვილის შემდეგ ეწყობა ფესვდამცავი აფსკი (ფოტო 12), (სასურველია არანაქსოვი პოლიპროპილენის). ფესვდამცავ ფენად არაა რეკომენდებული ბეტონის ან ასფალტბეტონის ფენის გამოყენება.

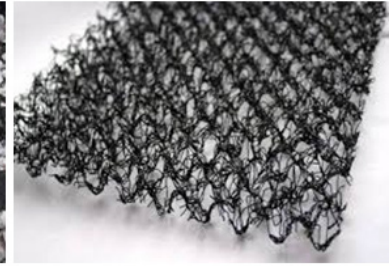
**4. სადრენაჟო სისტემა** შეიძლება შესრულდეს რამდენიმე ვარიანტად:

- პერფორირებული დრენაჟის ფენა წყალსარინი მიღებით;
- პერფორირებული პოლისტიროლის ფილებით;
- ხრეში;
- გეოლებები – მართკუთხა ცხაურით (ფოტო 13).





ფოტო 12. ბურულზე მოწყობილი ფესვდამცავი აფსკი



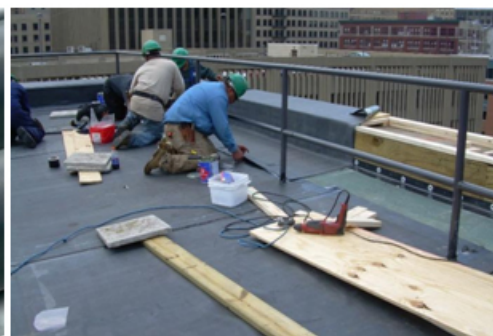
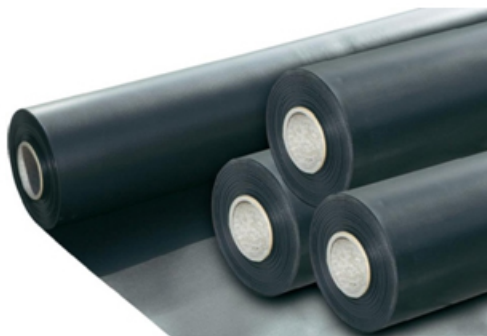
ფოტო 13. გეოლეიბები (სადრენაჟო ფენა)

სადრენაჟო მიღებად გამოიყენება მაღალი წნევით დამზადებული მაღალი სიმტკიცის პერფორირებული პოლისტიროლის ან პოლიეთილენის მილები.

დრენაჟის მოწყობის დროს ითვალისწინებენ გრუნტის ფენის სიღრმეს და წლიური ნალექის რაოდენობას; გრუნტის ფენის სისქეს კი მცენარეული საფარის ფესვის ჩაღრმავებით საზღვრავენ; ექსტენსიური მწვანე სახურავების მოწყობის დროს ფესვის ჩაღრმავება არ აღემატება 20 სმ-ს, ამიტომ არ არის აუცილებელი დრმა დრენაჟი.

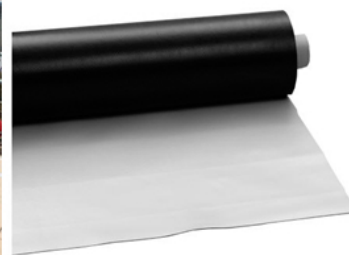
5. **ჰიდროსაიზოლაციო ფენა** – ასრულებს დამცავ ფუნქციას – არიდებს წყლისა და ტენის მოხვედრას ბურულის საფარის კონსტრუქციის გავლით შენობაში ან მის გარე კედლებზე. მწვანე ბურულის ჰიდროსაიზოლაციის მოწყობა ხდება სხვადასხვა სახის მემბრანის გამოყენებით, მაგ:

- პოლიმერული ჰიდროსაიზოლაციო მემბრანებით ბიტუმის ფუძეზე ფესვსაწინააღმდეგო დაცვით (ეკოლოგიური მასალა, ფოტო 14);



ფოტო 14. პოლიმერული ჰიდროსაიზოლაციო მემბრანა ბიტუმის ფუძეზე

- პოლიმერულით – სინთეტიკურ ფუძეზე ფესვსაწინააღმდეგო დაცვით (ექსპლუატაციის ვადა 60 წლამდე) (ფოტო 15);



ფოტო 15. პოლიმერული ჰიდროსაიზოლაციო მემბრანის მოწყობა სინთეტიკურ ფუძეზე

- ალუმინის ან სპილენძის კილიტის დამატებითი მემბრანით;
- თხევადი რეზინით.

როგორც წესი, ბრტყელ სახურავებზე ჰიდროიზოლაციას აწყობენ 3-5%-იანი ქანობით.

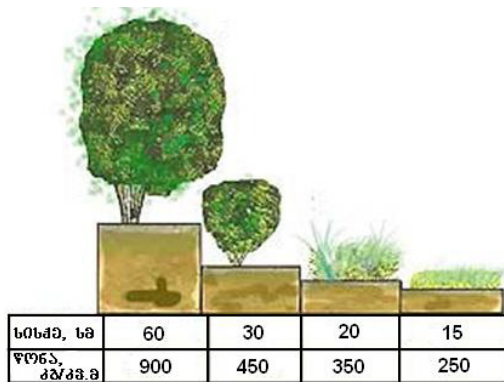
**6. თბოიზოლაციის ფენა.** რეკომენდებულია თბოსაიზოლაციო ფენა დამზადდეს მინა-ქაფით ან პერლიტის ქვიშით. მინა-ქაფი ტენს არ ატარებს, არ არის მცენარეთა და ნიადაგის მიკროფლორისთვის ტოქსიკური. ასევე დამატობლად გამოიყენებენ ექსტრუდირებულ ქაფპოლისტიროლის ფილებს და მინერალურ ბამბას. ნაწილობრივ, შესასრულებელ სამუშაოთა გასამარტივებლად ნიადაგს ყრიან მცირე ზომის პლასტიკატის ყუთებში (მაგ. 0.5×0.5მ), რომლებიც ეწყობა ქვეშებზე (ფოტო 16).



ფოტო 16. პლასტიკატის ყუთები ნიადაგისათვის და ყუთების მოწყობა ქვეშებზე

ინტენსიური მწვანე ბურულის კონსტრუქცია ექსტენსიურისგან განსხვავდება ნიადაგის ფენის სისქითა და დამატობლის განთავსებით – იგი განთავსდება არა ჰიდროიზოლაციის ქვეშ, არამედ ზევიდან, რაც დაიცავს მას მექანიკური დაზიანებისგან.

ფოტო 17-ზე წარმოდგენილია გრაფიკი, რომლითაც განისაზღვრება სახურავზე დატვირთვის სიდიდის დამოკიდებულება ნიადაგის ფენის სისქესთან.



ფოტო 17. სახურავზე დატვირთვის სიდიდის დამოკიდებულება მწვანე ბურულების ნიადაგის ფენის სისქესა და მცენარეთა მრავალფეროვნებასთან

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში წარმოდგენილია ორი სახის მწვანე ბურულის შედარებითი მახასიათებლები.

ამ ცხრილიდან ჩანს ექსტენსიური ბურულის ძირითადი უპირატესობები ინტენსიურთან შედარებით:

- შედარებით დაბალი ფასი;
- ბურულის მზიდ ელემენტებზე ნაკლები დატვირთვა;
- მარტივი შენახვა და მოვლა.

<b>ექსტენსიური გამწვანება</b>	<b>ინტენსიური გამწვანება</b>
არ ითვალისწინებს ბურულზე ხალხის მუდმივ ყოფნას.	საშუალებას იძლევა ბურულზე შეიქმნას სრულფასოვანი ბაღი, სადაც შესაძლებელი იქნება ადამიანების მოძრაობა
მცენარეთა ერთგვაროვნობა	ბუნქოვანი მცენარეებისა და ხეების განუსაზღვრელი მრავალფეროვნება
არ საჭიროებს განსაკუთრებულ მოვლას და ხშირ მორწყვას	საჭიროებს, როგორც სრულყოფილი ბაღის, მოვლას.
არ საჭიროებს ხშირ ტექნიკურ მომსახურებას	მოითხოვს მაღალი დონის ტექნიკურ მომსახურებას.
მწვანე საფარის მოწყობა შესაძლებელია სხვადასხვა ქანობის სახურავზე	საშუალებას იძლევა სახურავზე განთავსდეს ყვავილნარი, ბუჩქები, დასვენების ზონები, ტალავერები, აუზები
მცირე მასა	საშუალო და დიდი მასა
არსებულ შენობებზე მისაღები გადაწყვეტა	მუშავდება შენობის დაპროექტების ეტაპზე
სიახლე, ეკონომიური ვარიანტი	მაღალი ღირებულების ვარიანტი

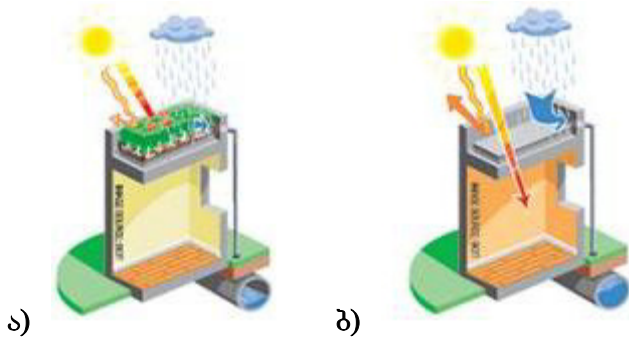
### **დასკვნა**

მწვანე ბურულის მოწყობის დადებითი მხარეები – ეკოლოგიური, ეკონომიური, ფსიქოლოგიური, ბიზნესის, უსაფრთხოებისა და ესთეტიურობის მხრივ:

1. **ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესების მხრივ** - მწვანე ბურულის მცენარეები ამცირებენ ჰაერში არსებული მავნე ნივთიერებების დონეს ნახშირმჟავას CO<sub>2</sub> გაზის შთანთქმისა და ჟანგბადის გამოყოფის ხარჯზე. გამოთვლილია, რომ 150 მ<sup>2</sup> ზომის გაზონი წელიწადში გამოყოფს ისეთი რაოდენობის ჟანგბადის ეკვივალენტს, რასაც ჩაისუნთქავს 100 ადამიანი წელიწადში. მწვანე ბურულის მცენარეულობა ანეიტრალურებს მტვრისა და მავნე გაზების მნიშვნელოვან რაოდენობას. წელიწადში 1000 მ<sup>2</sup> ექსტენსიური მწვანე საფარი აღსორბირებს უკეთეს 8 კგ მტვერს, ჰაერი კი მწვანე საფარზე გაცილებით სუფთაა და შეიცავს 37%-ით ნაკლებ SO<sub>2</sub>-ს (გოგირდის დიოქსიდს) და 21%-ით ნაკლებ CO-ს (მხუთავ გაზს);
2. **ამცირებს ხმაურის ზემოქმედებას** (8-10 დეციბელი). ნიადაგს შეუძლია შთანთქოს დაბალი სიხშირის ბგერები, ხოლო მცენარეულობას – მაღალი;
3. მწვანე ბურული დამატებით **ატენიანებს ჰაერს**. ბურულის მცენარეულობას შეუძლია შეაკავოს და ნაწილობრივ შეისრუტოს 50-70% წვიმის წყალი;
4. **3-4-ჯერ ზრდის ბურულის კონსტრუქციის ხანმდეგობას**, ვინაიდან მწვანე საფარს თან აქვს ულტრაიისფერი სხივებისა და გადახურებისაგან დამცავი თვისება (მზის სხივებისაგან მუქი ბურული შეიძლება გადახურდეს 80°C-მდე). მწვანე საფარის მოწყობით ტრადიციული ბრტყელი ბურულების ხანმდეგობა იზრდება 60%-ით. ცნობილია, რომ მწვანე ბურულების გამოყენება საექსპლუატაციო ხარჯების 60%-ით ეკონომიას იძლევა;
5. სახურავზე მიწის და მწვანე საფარის ფენა არის **ხანძარსაწინააღმდეგო**;
6. მწვანე ბურული **ასრულებს ბუნებრივი თბოიზოლაციის ფუნქციას**, რის საფუძველზეც მცირდება ენერგორესურსების დანახარჯები შენობის გაგრილებასა და გათბობაზე;

7. მწვანე ბურული შეიძლება იყოს გამოყენებული როგორც საექსპლუატაციოდ (ბოსტნები კერძო საჭიროებისთვის – სახურავზე საკუთარი ალუბლისა თუ მარწყვის ბაღის გაშენება, საწარმოო სათბურების და სხვ.), ასევე დასვენების დამატებით **ზონად**: მასზე შესაძლებელია საფეხბურთო მინდვრის, საბავშვო მოედნების, კაფეების, რესტორნების, საქმიანი შეხვედრებისთვის ტერასული სათავსების მოწყობა, რაც დამატებით შემოსავალსაც უზრუნველყოფს;
8. ასეთ საფარებს **გააჩნია ლამაზი ესთეტიკური სახე** – საცხოვრებელი სახლებისა და საოფისე ცენტრების ყვავილოვანი ტერასებისა და მწვანე აივნების უდავო მომხიბვლელობა, რაც ქმნის ყოველდღიური ცხოვრების კომფორტს;
9. სტატუსისა და უძრავი ქონების ღირებულების მომატება – აღსანიშნავია, რომ ამ მხრივ ეკოლოგიური საცხოვრებელი სახლისა და აგრეთვე, მის ფანჯრიდან მეზობლად მდებარე საზოგადოებრივი შენობის ყვავილოვანი სახურავის ხედი **კომერციულად გააძვირებს სახლის ფასს**.
10. მწვანე საფარი **აუმჯობესებს მიკროკლიმატს** შენობების სათავსებშიც.
11. მნიშვნელოვანია **სოციოლოგიურადაც, ადამიანის დასაქმების თვალსაზრისით**, ვინაიდან ამ ტიპის სახურავის დაპროექტების დროს არა მარტო არქიტექტორები, კონსტრუქტორები და მშენებლები უნდა იღებდნენ მონაწილეობას, არამედ აუცილებელია ბოტანიკოსების, მებაღეებისა და ეკოლოგების ჩართულობა.
12. თუ მწვანე სახურავის დაპროექტება მაღალი ხარისხით მოხდება და მონტაჟიც ყველა წესის დაცვით განხორციელდება, მაშინ თამამად შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მწვანე სახურავები მალევე **დაიბრუნებს იმ ინვესტიციას, რომელიც მასში ჩაიდო** და რომელიც საბოლოო ჯამში უფრო იაფიც შეიძლება აღმოჩნდეს, ვიდრე ტრადიციული გადახურვის სისტემები.
13. **სახურავის ბურულის ხანმედეგობა** – ცნობილია, რომ ზაფხულში ტრადიციულ სახურავზე ტემპერატურა საკმაოდ მაღალია, რაც ხშირად აზიანებს ჰიდროსაიზოლაციო ფენას, რის შედეგადაც ის გამოსაცვლელი ხდება. საქართველოს პირობებში სახურავის განახლება დაახლოებით 10-15 წელიწადში ერთხელ არის რეკომენდებული, მწვანე სახურავის ექსპლუატაციის ვადა კი დაახლოებით 50-70 წელია, რადგან მცენარეები იცავენ დამცავ ფენებს მზისა და სხვა სახის დამაზიანებელი ზემოქმედებებისგან.
14. დღევანდელი სანიაღვრე არხები ძლიერი წვიმების დროს ქალაქის პირობებში ვერ უზრუნველყოფენ წყლის ეფექტურად გაღინებას, რადგან გამწვანებულ ადგილებში, რომელიც წვიმის წყლის ერთ-ერთი შემაკავებელი იყო, ააშენეს მრავალსართულიანი სახლები, ნიაღვრების მთავარი შენაკადი გახდა სახურავიდან წამოსული წყალი, რის შედეგადაც ნიაღვრები უფრო წყალუხვი გახდა. ამავდროულად სანიაღვრე არხები დაბინძურებულია, ჭებში ხვდება უამრავი საყოფაცხოვრებო ნარჩენი, ფოთლები და სხვ., რომლებიც აზიანებენ ეკოსისტემას. სამწუხაროდ, საქართველოში არ ჩატარებულა კვლევა იმის შესახებ, თუ რა ზარალი მოაქვს ნიაღვრებს ქალაქისათვის, მაგრამ ფაქტია, რომ ძლიერი წვიმის დროს ზიანდება მანქანები, ელექტროსახეები, ბინები, ადამიანები და ა.შ. მაგალითად, 2010-2011 წლებში თბილისში ნიაღვრის გამო ბავშვებიც დაიღუპნენ.

ნიაღვრის პრობლემის გადაჭრის ერთ-ერთი ყველაზე იაფი საშუალებაა მწვანე სახურავები. მას აქვს უნარი შეიწოვოს წვიმის წყალი და გაფილტროს იგი, რის შედეგადაც სანიაღვრე სისტემებში ხვდება სუფთა და ცოტა წყალი (ფოტო 18);



ფოტო 18. სანიაღვრე სისტემებში წყლის რაოდენობა:

- ა) მწვანე ბურჯის შემთხვევაში;
- ბ) ტრადიციული ბურჯის შემთხვევაში

15. ხშირად გამწვანება ხდება გაზონის რულონების საშუალებით, ამერიკასა თუ ევროპაში არსებობს ორგანიზაციები, რომლის საკუთრებაშია მინდვრები, რომლითაც ამარაგებენ სტადიონებს, პარკებს, ეზოებს და ასევე მწვანე ბურჯების მომწვობ ფირმებს. გაზონებს არულონებენ მინდვრებზე და შემდეგ ტრანსპორტით გადააქვთ სამშენებლო მოედნამდე.



ფოტო 19. გაზონის რულონების დამზადება საზღვარგარეთ

ამ გზით სახურავის მოწყობა საკმაოდ ეფექტური ბიზნესია იმ ქვეყნებში, სადაც სახურავის გამწვანება გათვალისწინებულია მშენებლობის წარმოების თანმდევად კანონმდებლობაში. მზა რულონების შექმნით სამშენებლო ფირმა ზოგადად დროს, რომელსაც საჭიროებს მცენარის გაზრდისათვის ანუ წელიწადის ნებისმიერ დროს არის შესაძლებელი სახურავის მოწყობა, ხოლო დათესვის გზით აუცილებლად შეიძლება და ბოტანიკოსებმა უნდა გადაწყვიტონ, თუ რომელი დროა ყველაზე ეფექტური მცენარეების დასათესად.

### ლიტერატურა

1. ჟორდანიას თ., ეზუგბაია ზ. და სხვ. სამშენებლო წარმოების ტექნოლოგია. თბილისი, 2006;
2. ჩიქოვანი ა. საშენი მასალები. ტექნ. უნივერსიტეტი, 2006;
3. Белевич В. Кровельные работы. Для профессионального образования. М., 2000;
4. Каталог материалов. Технониколь. М., 2008;
5. Технологии строительства. //Научно-техн. консультационный журнал по строительным работам. №3, 5, 6, 7, М., 2014;
6. TECHNISHCE REGELN. abc der Bitumenbehnen. Germany. Frankfurt/main, 2002;

7. TECHNISHCE REGELN. abc der Bitumenbehnen. Germany. Frankfurt/main, 2007;
8. ჟორდანიას თ., ეზუგბაია ზ., ღვინეფაძე რ. სახურავები. ბურულებს მოწყობის ტექნოლოგია. სტუ, 2009.

Environmental protection

**THE GREEN COVERING ARRANGEMENT ON THE ROOFS OF BUILDINGS  
AND CONSTRUCTIONS OF GEORGIAN CITIES AND TOWNS IN PURPOSE  
TO IMPROVE THE ECOLOGICAL SITUATION**

**Z.A. Ezugbaia,<sup>1</sup> I.R. Iremashvili,<sup>2</sup> N.G. Mskhiladze,<sup>1</sup> Sh.N. Cheishvili<sup>1</sup>**

<sup>2</sup> Georgian Technical University  
77, M. Kostava str. 0175, Tbilisi, Georgia

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

<sup>2</sup> Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia

**E-mail: ingairema@yahoo.com**

**Abstract.** The issues related to the innovation technology of green covering arrangement on the roofs of buildings and constructions are overviewed in the article. There are given the green coverage kinds (types) and the detailed data of the construction. The appropriate conclusion, given in the work, shows that this kind of coverings is better than the traditional roofs.

**Keywords:** roof; green coverage; roofing; green plants; ecology.

Охрана окружающей среды

**УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В ГОРОДАХ ГРУЗИИ ПУТЕМ  
УСТРОЙСТВА ЗЕЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА КРЫШАХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**З.А. Езугбая,<sup>1</sup> И.Р. Иремашвили,<sup>2</sup> Н.Г. Мсхиладзе,<sup>1</sup> Ш.Н. Чеишвили<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Грузинский технический университет  
ул. М.Костава 77, 0175, г. Тбилиси, Грузия

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

<sup>2</sup> Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия

**E-mail: ingairema@yahoo.com**

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы касающиеся инновационной технологии по устройству зелёных покрытий на крышах зданий и сооружений. Широко представлены виды таких покрытий, в деталях даны их конструктивные характеристики. Сделаны соответствующие выводы, которые характеризуют технические и экологические преимущества таких кровель над обычными.

**Ключевые слова:** крыша; кровля; зеленое покрытие; зеленые насаждения; экология.

## К ВОПРОСУ РАСЧЕТА АМОРТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ГРУЗИИ

**М.В. Вартанов, Э.М. Кечхошвили, Г.Д. Мехришвили**

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия  
**E-mail: v.martin.hm@gmail.com**

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос амортизации производственных фондов мелиоративных эксплуатационных организаций Грузии. С переходом на рыночные отношения, начисление амортизации и соответственно проведение самостоятельной инвестиционной политики водохозяйственными организациями стало объективной необходимостью. Рассматриваемые организации, аккумулируя амортизационный фонд, получили возможность самостоятельно планировать и осуществлять замену изношенной части основных фондов на новые, с их точки зрения, наиболее эффективные сооружения, машины и оборудование. В этой связи становится достаточно актуальным вопрос о выборе метода исчисления амортизации.

С нашей точки зрения, наибольший интерес представляет метод аннуитетов, когда амортизационные суммы аккумулируются в особом резерве для дальнейшего целевого использования – приобретения нового оборудования, машин, механизмов, строительства новых сооружений взамен изношенных. Причем на вложенные в этот резерв деньги начисляются проценты.

**Ключевые слова:** основные мелиоративные фонды; амортизация; методы начисления амортизации; метод аннуитетов.

### ВВЕДЕНИЕ

Важным условием объективной оценки инвестиционного процесса является анализ износа и амортизации основных средств. Между тем на протяжении многих лет амортизационные отчисления на основные производственные фонды мелиорации и водного хозяйства Грузии не начислялись. С переходом страны на рыночные отношения в экономике, начисление амортизации и соответственно проведение самостоятельной инвестиционной политики водохозяйственными организациями стало объективной необходимостью. Водохозяйственные мелиоративные организации, аккумулируя амортизационный фонд, наконец, получили возможность самостоятельно планировать и осуществлять замену изношенной части основных фондов на новые, с их точки зрения, наиболее эффективные сооружения, машины и оборудование. В этой связи становится достаточно актуальным вопрос о выборе метода исчисления амортизации.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В мировой практике используются различные подходы к начислению амортизации и определению остаточной балансовой стоимости. Классифицируем эти подходы по их важнейшим признакам.

В качестве базы, с которой связывается амортизация основных фондов, чаще всего, принимают предполагаемое время их эксплуатации, реже – ожидаемый объем работы. В условиях эксплуатации мелиоративных объектов наиболее целесообразным подходом к исчислению амортизации является подход, основанный на сроке их службы.

По степени равномерности списания стоимости фондов различают равномерную (линейную) и неравномерную (нелинейную) амортизацию. Последняя может быть реализованы различными способами. Например, суммы списания могут изменяться согласно некоторому принципу или по специальному графику и т. д. Можно также разделить методы начисления амортизации на нормальные, ускоренные и замедленные.

С экономической точки зрения, при определении амортизационных сумм важным является учет принципа неравноценности денег во времени. Некоторые методы исходят из этого принципа, другие не учитывают его.

Введем обозначения:

$P$  – первоначальная стоимость инвестиций в основные фонды;

$L$  – ликвидационная стоимость (остаточная стоимость) в конце срока эксплуатации основных фондов;

$n$  – срок амортизации в годах;

$D_t$  – сумма амортизации в год  $t$ ;

$B_t$  – балансовая (остаточная, неамортизированная) стоимость основных фондов в году  $t$ .

Динамику балансовой стоимости основных фондов можно выразить двумя уравнениями:

$$B_t = B_{t-1} - D_t, \quad (1)$$

$$B_t = P - \sum_{j=1}^t D_j, \quad (2)$$

В отечественной практике в основном применяется линейный метод определения сумм амортизации. В соответствии с этим:

$$D = \frac{P - L}{n} = const. \quad (3)$$

Остаточная стоимость в конце года  $t$  после очередного списания износа составит:

$$B_t = P - D_t = P - \frac{t}{n}(P - L); \quad t = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

Нелинейные методы можно разделить на две группы: без учета начисления процентов на суммы амортизации и с их учетом, иначе говоря, с учетом фактора времени и без него.

К первой подгруппе относятся: метод с постоянной долей списания остаточной балансовой стоимости, метод сумм порядковых чисел и табличный метод.

Ко второй – относятся метод накопленного резерва и метод аннуитетов.

С нашей точки зрения, наибольший интерес представляет метод аннуитетов, когда амортизационные суммы аккумулируются в особом резерве для дальнейшего целевого использования – приобретения нового оборудования, машин, механизмов, строительства новых сооружений взамен изношенных. Причем, на вложенные в этот резерв деньги начисляются проценты.

Если предположить, что в конце срока амортизации сумма накопленного резерва должна быть равна стоимости выбывших основных фондов с учетом ликвидационной стоимости, а взносы, необходимые для создания резерва, постоянные, тогда поток платежей приобретает форму постоянной финансовой ренты постнумерандо, наращенная сумма которой равна необходимому резерву. При этом множитель наращения ренты (табулируемый коэффициент) рассчитывается по формуле:



$$S_{n,j} = \frac{(1+i)^n - 1}{i}, \quad (5)$$

где  $i$  – процентная ставка.

Сумма ежегодного взноса определяется по формуле:

$$D = \frac{P - L}{S_{n,j}}, \quad (6)$$

В качестве примера расчета амортизации основных мелиоративных фондов мелиоративных эксплуатационных организаций методом аннуитетов рассмотрим данные, приведенные в таблице 1. В расчете принята величина основных фондов 1000,0 тыс. лари, срок службы фондов 20 лет, остаточная стоимость 10,0 тыс. лари, банковская ставка 15%, соответственно табличный коэффициент  $S_{20;15} = 102,4435826$ , ежегодный взнос организации  $D = 9,664$  лари.

Как видно из таблицы 1, сумма ежегодного взноса в формирование амортизационного фонда методом аннуитетов составляет всего 9,664 тыс. лари, а при использовании линейного метода начисления амортизации  $(1000,0 - 10,0) \times 5\% = 49,5$  тыс. лари. Обращает внимание на себя и тот факт, что при использовании метода аннуитетов.

**Таблица 1**

**Процесс формирования амортизационного фонда и динамика балансовой стоимости (на 1000, 0 тыс. лари стоимости основных фондов мелиоративных систем)**

Годы ( $t$ )	Сумма ежегодного взноса ( $D$ ), тыс. лари	Износ за год $t$ $D_t = D(1+i)^{t-1}$ , тыс. лари	Амортизационный фонд с уче- том последовательных взносов в конце года и наращения про- центов, $D \cdot S_{t;is}$ тыс. лари	Балансовая стоимость основных фондов ( $B_t$ ), тыс. лари
0	–	–	–	1000,00
1	9,664	9,66	9,66	990,34
2	9,664	11,11	20,78	979,22
3	9,664	12,78	33,56	966,44
4	9,664	14,70	48,26	951,74
5	9,664	16,90	65,16	934,84
6	9,664	19,44	84,60	915,4
7	9,664	22,35	106,95	893,05
8	9,664	25,71	132,66	867,34
9	9,664	29,56	162,22	837,78
10	9,664	34,00	196,22	803,78
11	9,664	39,09	235,31	764,69
12	9,664	44,96	280,27	719,73
13	9,664	51,70	331,98	668,02
14	9,664	59,46	391,44	608,56
15	9,664	68,38	459,82	540,18
16	9,664	78,64	538,45	461,55
17	9,664	90,43	628,89	371,11
18	9,664	103,99	732,88	267,12
19	9,664	119,60	852,48	147,52
20	9,664	137,53	990,00	10,00
		990,00		

Процесс списания балансовой стоимости первые годы более медленный, чем при линейном методе начисления износа. Так, при методе аннуитетов половина балансовой стоимости основных фондов амортизируется за 15 лет, а при линейном – за 10 лет.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, применение метода аннуитетов представляет достаточно серьезный резерв повышения экономической эффективности финансовой деятельности эксплуатационных мелиоративных организаций, снижения себестоимости эксплуатационных работ и тем самым усиления привлекательности мелиорации для фермерских хозяйств Грузии.

## Литература

1. **Vartanov M.** Some issues of management of financial resources directed to the construction of new and rehabilitation of existing water storage basins. //Water Management Institute, 4<sup>th</sup> International Scientific and Technical conference, Tbilisi, Georgia, 2014;
2. **Ковалев В.В.** Методы оценки инвестиционных проектов. М., Финансы и статистика, 1998 г.;
3. **Четыркин Е.М.** Финансовый анализ производственных инвестиций. М., "Дело", 1998 г.

წყალთა მუშრნეობა

### საქართველოს სამელიორაციო სისტემების საწარმოო ფონდების ამორტიზაციის გაანგარიშების საკითხისთვის

მ.ვ. ვართანოვი, ე.მ. კეჩხოველი, გ.დ. მესრიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მუშრნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ, 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო

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

**ანოტაცია.** სტატიაში განხილულია საქართველოს სამელიორაციო საქსპლუატაციო ორგანიზაციების საწარმოო ფონდების ამორტიზაციის საკითხი. საბაზრო ურთიერთობებზე გადასვლასთან დაკავშირებით ამორტიზაციის დარიცხვა და შესაბამისად, დამოუკიდებელი საინვესტიციო პოლიტიკის გატარება წყალსამუშრნეო ორგანიზაციებისთვის გახდა ობიექტურად აუცილებელი. საამორტიზაციო ფონდის აკუმულირებით ამ ორგანიზაციებს მიეცათ შესაძლებლობა თვითონ დაგეგმონ და განახორციელონ ძირითადი ფონდების გაცვეთილი ნაწილის შეცვლა ახალი, მათი თვალსაზრისით უფრო ეფექტური ნაგებობებით, მანქანებითა და მოწყობილობით. ამის გამო საკმაოდ აქტუალური ხდება ამორტიზაციის გაანგარიშების მეთოდის შერჩევის საკითხი.

ჩვენი აზრით ამ მიმართებაში საკმაოდ საინტერესოა ანუიტეტის მეთოდი, რომლის მიხედვით საამორტიზაციო თანხა აკუმულირდება სპეციალურ რეზერვში, მომავალში მიზნობრივი გამოყენებისთვის – ამორტიზებული ფონდების ნაცვლად ახალი მოწყობილობების, მანქანების, მექანიზმების შექმნა, ახალი ნაგებობების მშენებლობა. აღსანიშნავია, რომ ამ რეზერვში ჩადებულ თანხას დაერიცხება პროცენტები.

**საკვანძო სიტყვები:** ძირითადი სამელიორაციო ფონდები; ამორტიზაცია; ამორტიზაციის დარიცხვის მეთოდები; ანუიტეტის მეთოდი.

**THE CALCULATION OF THE AMORTIZATION OF PRODUCTIVE FUNDS OF  
RECLAMATION MAINTENANCE ORGANIZATIONS OF GEORGIA**

**M.V. Vartanov, E.M. Kechkhoshvili, G.D. Mekhrishvili**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia  
**E-mail: v.martin.hm@gmail.com**

**Abstract.** The article deals with the issue of the depreciation of productive funds of reclamation maintenance organizations of Georgia. With the transition to a market economy it has become an objective necessity to implement the Independent investment policy according to water management organizations. The organizations injected the accumulated depreciation fund and finally got the opportunity to plan and implement independently the changes the worn-out parts into the new, more effective machinery and equipment. In that connection, the issue about choosing the calculation methods is getting more important.

From our point of view, the most interesting is the method for annuities, when the amortization funds are accumulated in the special reserve to be used later on buying some new machinery, mechanisms, equipment and new buildings instead of old ones. Moreover, this amount will accrue interest on reserve.

**Keywords:** the main reclamation funds; amortization and depreciation calculation method; method for annuities.

## КЛИМАТ – ЭТО ДВИГАТЕЛЬ ИСТОРИИ ГРЯЗНОЙ ПОЛИТИКИ

Т. Зейналов

НПО "НЦЭП", НПО "ФОРУМ Азербайджана"

г. Баку, Азербайджан

**Аннотация.** В эпохи локального ухудшения климата (понижение температуры, сокращение осадков, засуха, опустынивание или сочетание этих факторов), в таких местах объединялись племена и народы, начинались масштабные переселения, возникали новые государства. А если климат ухудшался не локально, а на огромных территориях, то выигрывали те, кому было хуже всего и отступить было просто некуда.

**Ключевые слова:** понижение температуры; засуха; опустынивание.

Многие ученые уверены в том, что главными виновниками взлета и падения цивилизаций, войн и погромов, великих научных открытий и достижений культуры, являются не борьба классов и не личности в истории, а банальные изменения среднегодовой температуры и объема осадков.

Мир стоит на пороге нового и еще невиданного по своим масштабам великого переселения народов, которое вызовет такие социальные бури, что прошлогодние этнические погромы в Париже, Сиднее и Амстердаме покажутся детским утренником. А виноватым в потрясениях XXI века будет климат. Одних стран высушит засуха, других – зальют наводнения, и "обиженные природой" народы отправятся к соседям завоевывать "жизненно важные пространства".

Все это уже бывало в истории человечества не раз. Таяние ледников в Европе и засушливые года в Азии приводили к таким войнам, что с лица Земли бесследно исчезали цивилизации. О том, что климат играет не последнюю роль в истории человечества, знали еще древние греки. Но только в наши дни ученые составили сравнительную хронологию климатических колебаний и социальной истории.

Если вкратце, вывод таков: локальные ухудшения климата – похолодания, потепления – всегда совпадали с возникновением великих империй; с необыкновенными взлетами человеческого интеллекта, духовными свершениями и прорывами, гениальными изобретениями. А периоды потеплений – это распад империй и, практически, полное отсутствие дерзновенных порывов.

Как нам из истории известно, между 3200 и 3000 годами до н. э. одновременно в трех местах земного шара возникли три великие культуры – Египет, Месопотамия, Индо-харапская культура. Под высокими культурами историки понимают такие, в которых были города, разделение труда, централизованная власть и письменность. До конца четвертого тысячелетия до н. э. высоких культур не было. И вдруг разом появились сразу три. Причем в разных местах — они были совершенно изолированными друг от друга. Климат поменялся в сторону потепления, и образовались три культуры. И при похолодании они были сметены варварами.

**Например:** Если вдруг природные условия заметно ухудшаются – иссушается степь или сильно холодает, становится короче период вегетации растений, резко падает урожайность, земля больше не может прокормить прежнее население. Население снимается и уходит. Эти кочевники идут, как им кажется, куда глаза глядят, но, если посмотреть направление их движения по климатической карте, то выяснится, что следуют они градиенту увлажненности. И на своем пути сметают империи. А если климат ухудшается не локально, а повсеместно, побеждает тот, кому приходится

хуже всего: ему отступать некуда. Вот вам пример из так называемого, "осевого времени". Это 700–400 годы до н.э. И, пожалуй, величайшая эпоха в истории цивилизации. Именно тогда бронзовый век окончательно сменился железным. В разных местах планеты практически одновременно вспыхнули сразу несколько мировых религий. Образовалось несколько империй, в том числе персидская империя Ахеменидов, а немного позже – империи Маурьев в Индии и Цинь в Китае. "Осевое время" кардинально изменило все в человеческом обществе: миропонимание, взгляды на жизнь, технологии... Надо ли говорить, что «осевое время» приходится на период бесприммерно сильного похолодания?

Вернемся в Египет. Образовавшееся во время похолодания великое Древнее царство (именно тогда были построены грандиозные пирамиды Гизы) рухнуло в конце 3-го тысячелетия до н.э. Раньше этот странный и ничем не объяснимый распад связывали с ухудшением климата. Но последние исследования показывают, что Древнее царство распалось в эпоху весьма благоприятного климата, после чего 150 лет длились безвластие, раздробленность, междоусобица, братоубийство, хаос и анархия. И нас уже не должно удивлять, что сборка Среднего царства произошла на самом пике ухудшения природных условий. Об этом свидетельствует один из наиболее значительных письменных источников той эпохи – Палермский камень, который фиксирует следы катастрофических неурожаев. Засуха была настолько сильной, что Нил переходили вброд. Среднее царство благополучно просуществовало почти четыре сотни лет, пока не было разрушено восточными варварами – гиксосами – около 1700 года до н. э. Причем царство разрушилось опять-таки в период благоприятного климата.

**История боевых противостояний Египта и Передней Азии повторяет климатические качели: в военных столкновениях Египта и Передней Азии каждый раз выигрывал тот, кому в климатическом отношении становится хуже. Например: конец XX и начало XXI Века в западной Европе и в США.**

Та же картина наблюдается и в отношениях Рима–Византии с Персидско-Парфянским государством. И там тоже сработали климатические качели. При глобальном похолодании над большей частью Римской империи становится холоднее и на суше, а в Парфии – холоднее и влажнее. Для Рима, как для страны более северной, важнее чередование теплых и холодных зим. А для стран южных важнее колебания количества осадков. В этом смысле Рим и Парфия всегда находятся в противофазе. Так вот, в бесконечных римско-парфянских войнах, верх всегда одерживали те, у кого были худшие климатические условия.

Ну и просто классической иллюстрацией климатического влияния является история Китая. Как только случается потепление – в Китае междоусобицы, страна распадается, ее отдельные части воюют друг с другом. Наступает очередное похолодание – страна кристаллизуется в империю.

Очень многие специалисты и неспециалисты трактуют нам идеи "глобального потепления" или "глобального похолодания", но не могут дать прогноз, на сколько градусов понизится или повысится температура земли.

По их мнению, климат стал значительно холоднее, если средняя глобальная температура упала на полградуса или градус. Это в среднем по всему земному шару – полградуса. Региональный отклик может достигать нескольких градусов. При глобальном потеплении средняя увлажненность на планете растет. Но локальная может и падать, например саванна или степь может стать пустыней! Именно так происходило и происходит сейчас на Ближнем Востоке – всем хорошо, а им плохо! Одно из самых климатически чувствительных мест – предгорья Алтая. Даже не очень значительное среднеглобальное колебание климата здесь оборачивается внушительным откликом. И нельзя не заметить, что историки, говоря о нашествиях кочевых народов, все время отмечают, что вышли они из предгорий Алтая. Авары, гунны, тохары, эфталиты, юэчжи. При этом Алтай – не

самое благодатное место на Земле. Там и сейчас проживает очень мало народа. Но именно там люди испытывают самый сильный климатический стресс.

Вообще, на памяти человечества климат менялся так сильно, что древние историки такие как, Страбон и Полибий, например, не верили Геродоту, жившему всего за три сотни лет до них! Ведь Геродот писал о том, что Черное море зимой замерзает, что восемь месяцев в году в Причерноморье стоит "невыносимая стужа", а лед, покрывший Керченский пролив, способен выдержать конницу. Многие считали Геродота выдумщиком! Однако последние археологические раскопки подтверждают его правоту: в соответствующих ранней античности крымских горизонтах не найдено виноградных зерен. Когда восемь месяцев – зима, виноград не растет. Тогда даже в Италии не удавалось выращивать ни винограда, ни оливки. Виноград вызревал только на самом юге апеннинского сапога. А в Риме зимой по 40 дней лежал снег, Тибр вставал, скованный льдом. Было очень холодно. Кстати, именно это похолодание положило начало Римской империи. Ее взлет продолжился даже на фоне потепления, при котором виноград и маслины распространились уже по всему полуострову до самого севера. Виноград появился, а буковые леса, которые растут в более прохладном климате, исчезли, ушли высоко в горы. Хотя на заре Рима город был окружен буковыми рощами. Кризис империи пришелся на самый пик благоприятного климата. Он перешел в неуправляемый распад, который довершили опять-таки варвары. Случилось Великое переселение народов, начавшееся с нашествия готов и гуннов. Римская граница затрещала на всем протяжении. На крайнем северо-западе, в Шотландии, вал Адриана атаковали пикты и скотты. Гунны – на востоке и северо-востоке. Берберы и другие африканцы – с юга... Возникли многочисленные воинственные народности, о которых никто раньше даже не слышал.

Ранне-христианская литература отмечает, что в то время зимы в Месопотамии сопровождались сильными снегопадами, а летом было так холодно, что "плоды не вызревали, а вино напоминало прокисший виноград"... Дунай и Рейн постоянно замерзали, и по льду в границы Рима постоянно легко вторгались конница варваров. Сейчас Дунай почти не замерзает, даже в верхнем течении на высоте около 1000 метров над уровнем моря! А тогда образ замерзшего Дуная, открывающего варварам дорогу на империю, прочно вошел в позднеантичную и раннесредневековую литературу.

Я так понимаю, что и распаду СССР, мы обязаны глобальному изменению климата? Да есть вероятность того, что на СССР распад империи не остановится?

В принципе, та же участь грозит, по моему мнению и другим крупным государствам – США, Китаю, Индии и Совету Европы... В первую очередь, Европе и Америке. Впрочем, история – не физика, в ней нет жесткой предопределенности. Как известно, нас всегда бросает то в жар, то в холод.

Представители IPSS, пугают нас глобальным потеплением и одновременно началом нового ледникового периода, забывают они о том, что "среднего и нормального" климата на Земле никогда не существовало. Тем не менее, каждый раз похолодание и потепление на планете неизменно заменяла друг друга, которые в свое время приводили к войнам и миграции народов, впоследствии которые стали основой истории нашего мира.

### Например:



#### 40 000 лет назад. Начало последнего оледенения Евразии

Массовое вымирание неандертальцев, которых вытесняет кроманьонец (современный человек).



#### 13 000 лет назад. Конец ледникового периода

Отступление льдов привело к вымиранию мамонтов, что, в свою очередь, поставило человечество на грань глобальной демографической катастрофы: как считают археологи, тогда от

голода умерло примерно до 90% населения Земли. Выжившие люди в южных степях осваивали земледелие и скотоводство.



#### **4000 лет назад. Глобальное потепление**

Следствием засухи стало освоение человеком технологии поливного земледелия и выплавки металлов. Начинается бронзовый век, и на смену каменным топорам приходят бронзовые мечи. В Средиземноморье и Междуречье появляются первые древнейшие государства и письменность.



#### **XIII век до н.э. Похолодание в Европе**

Индоевропейские племена – "народы моря" – приходят с севера на берега Средиземного моря. Под их ударами гибнет Хеттская держава, многие города Древнего Египта разрушены. Финикийцы начинают переселяться в Северную Африку.



#### **X–VI века до н.э. Потепление**

Исключительно сухой климат в Азии побуждает многие племена объединяться ради выживания. В долине реки Тигр создается Ассирийское государство, царь Давид объединяет Израиль и Иудею, в южной части Армянского нагорья создается государство Урарту.



#### **III век до н.э. Похолодание**

В Италию через Альпы, спасаясь от снежных бурь, приходят племена кельтов, которые осаждают и грабят Рим. В Китае от заморозков гибнет урожай, и в Циньском царстве начинается гражданская война.



#### **I век н.э. Потепление**

Засуха побуждает Древний Рим завоевывать колонии на Ближнем Востоке и в Северной Африке, где выращивается зерно. Из-за обилия войн республика превращается в империю.



#### **IV–V века. Похолодание**

Леса поползли на юг, уничтожая сухие заволжские степи, и кочевники-гунны приходят в Европу. Их появление сдвинуло с места и другие племена – начинается Великое переселение народов, что привело к падению Рима.



#### **VIII–XII века. Малый климатический оптимум**

Время теплого и мягкого климата. Викинги заселяют Гренландию, открывают северный речной путь "из варяг в греки". Объем воды в Волге стремительно увеличивается, и река затопляет Хазарский каганат.



#### **XIV–начало XIX века. Малый ледниковый период**

Ледники уничтожили все поселения викингов в Гренландии. В Европе холод и голод спровоцировали религиозные войны, стимулировали массовую эмиграцию в колонии Америки, Азии и Африки. В России вспыхивает смута.



### XIX–XXI века. Период глобального потепления

Повышается урожайность, что влечет за собой бурный рост науки и техники. На смену феодальным отношениям приходит капитализм и под предлогом "демократия!", "хаос и анархия". То есть идут братоубийственные войны, запад и США постепенно прибирают к своим рукам природные богатства и углеводородные ресурсы Африки и Азии, прочие суверенные государства южной части северного полушария. Это говорит о том, что их ожидает суровая зима и грядет мировое похолодание.

## CLIMATE – ENGINE OF DIRTY POLITICS HISTORY

T. Zeynalov

NGO "NTSEP", NGO "Forum of Azerbaijan"

Baku, Azerbaijan

**Abstract.** Full clarity on the impact of climate change on the course of history has still not been brought. But some regularity became evident when examining the large volumes of data. Tribes and peoples were uniting in such places, as well as large-scale relocations were occurring and new states were establishing in the era of the local climate deterioration (decrease or increase in temperature, reduction or increase of precipitation, drought, or a combination of all these factors). But if the climate was getting worse, not locally, but in the vast territories, then those who were in worst condition would win because there was nowhere for them to recede.

**Keywords:** climate change; reduction; increase; perspiration.



## ИЗМЕНЕНИЕ ГОДОВОГО СТОКА РЕКИ АЛАЗАНИ (ГАНЫХ)

Ф.А. Иманов, А.А. Гулиева

Бакинский государственный университет  
ул. Захида Халилова 23, г. Баку, AZ-148, Азербайджан  
E-mail: [farda\\_imanov@mail.ru](mailto:farda_imanov@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются изменения условно-естественного и наблюдаемого годового стока реки Алазани (Ганых) по ее длине. Установлено, что за 1950-2010 гг. годовой сток реки Алазани (Ганых) по сравнению с условно-естественным стоком уменьшился на 11,1 м<sup>3</sup>/с (9,17%). За период 1991-2010 гг. снижение стока составил 9,18 м<sup>3</sup>/с (7,65%). Анализ гидрографов, построенных по восстановленным и наблюдаемым за 1990-2010 гг. значениям средних месячных расходов воды в замыкающем створе показывает, что во все месяцы, за исключением зимних месяцев, когда отсутствуют водозаборы для орошения, имеет место снижение стока.

**Ключевые слова:** река Алазани (Ганых); трансформация речного стока; расход воды; условно-естественный сток; гидрограф; водозабор.

### ВВЕДЕНИЕ

Река Ганых (Алазани) является трансграничной рекой. Она берет начало в Грузии на высоте 2560 м и является левым притоком р. Куры. В настоящее время она впадает в Мингечевирское водохранилище в Азербайджане (рис. 1). Длина ее составляет 413 км и площадь водосбора 12080 км<sup>2</sup> (7325 км<sup>2</sup> в Грузии и 4755 км<sup>2</sup>).

Множество пересыхающих рек встречается среди правых притоков реки. Пересекая Алазанскую долину до впадения в р. Алазани, они теряют воды на испарение ввиду засушливости климата и на просачивание в аллювиальные отложения.

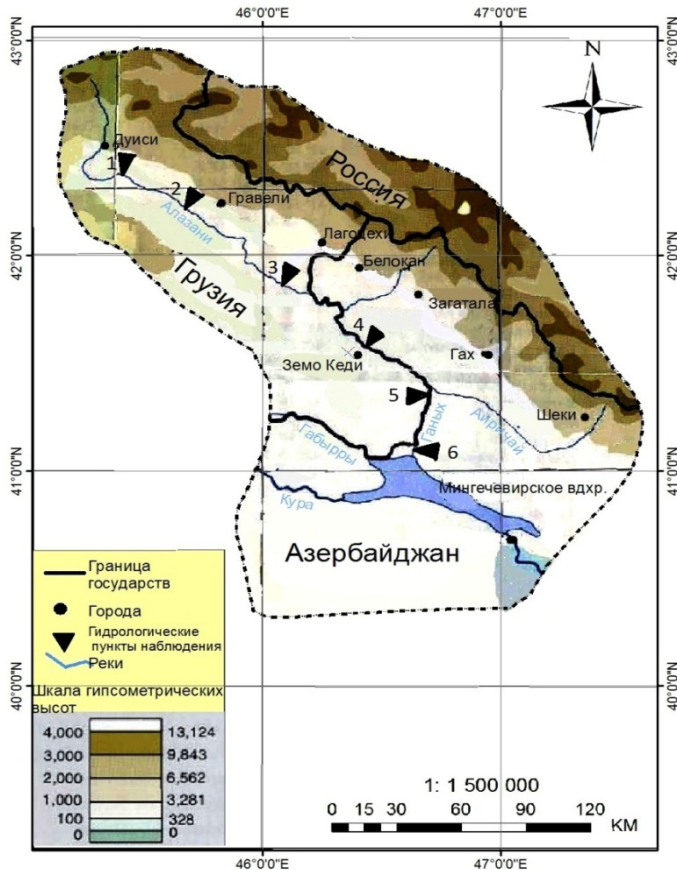
В табл. 1 приведены некоторые морфометрические и стоковые характеристики основных притоков р. Ганых.

Таблица 1

Морфометрические характеристики и средний многолетний  
годовой расход воды основных притоков р. Ганых

№	Река	Страна	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средняя высота водосбора, м	Средний многолетний годовой расход воды, м <sup>3</sup> /с
1	2	3	4	5	6	7
1	Самкуруисцкали-Ходори	Грузия	0,40	121	2590	5,60
2	Стори-Лечури	Грузия	16	203	1860	7,90
3	Дидихеви-Артана	Грузия	6,0	78,0	1650	3,17
4	Инцоба-Сабуе	Грузия	9,9	41,4	1620	1,60
5	Чельти-Шилда	Грузия	13	72,2	1780	2,10
6	Дуруджи-Кварели	Грузия	13	67,6	1630	0,77

1	2	3	4	5	6	7
7	Белоканчай-Белокан	Азербайджан	19	146	1580	4,56
8	Катехчай-Кабиздара	Азербайджан	37	236	1850	10,0
9	Талачай-Загатала	Азербайджан	31	136	1710	4,15
10	Курмухчай-Илису	Азербайджан	36	166	2270	5,51
11	Агричай-Баш Дашагыл	Азербайджан	122	92,0	1569	3,05
12	Дамарчик-устье	Азербайджан	0,50	35,0	1860	1,70



რის. 1. კარტა ბასეინა ალაზანი ს უკაზანიე გიდროლოგიკესკიე პუნკტოს ნაბლედანიე

პრიმეჩანიე: ნომერა გიდროლოგიკესკიე პუნკტოს ნაბლედანიე სოფრესტვუნთ ნომერამ ბაბლ. 2.

სოსაბლად 120 მ<sup>3</sup>/ს და ფაქტისეკი იზმერენნი 103 მ<sup>3</sup>/ს (ვოდნიე რესურსი...,1988). პო დანიემ აზერბაიჯანსკიე ავტოროს ეტა ციფრა სოსაბლად 125 მ<sup>3</sup>/ს: იზ ნიხ 57,9 მ<sup>3</sup>/ს ფორმირუნთ ნა ტერიტორიე გრუზიე და 67,1 მ<sup>3</sup>/ს ვ აზერბაიჯანე (რუსტამოს და კაშკაი, 1989). სოგლასო ჯე დანიემ გრუზინსკიე ავტოროს გოდოსი ებომ სტოკა რ. ალაზანი დო რ. მაზიმჩაი (დო გრანიცა ს აზერბაიჯანომ) იენივანთ ვ 3109 მლნ. მ<sup>3</sup> (95,5 მ<sup>3</sup>/ს) (ვლადიმროვ და დრ., 1974). პო დანიემ დრუგიე ავტოროს, ვოდნიე რესურსი ბასეინა რ. განიხ დო ბირკიანი იენივანთ ვ 15,1 მ<sup>3</sup>/ს, დო შაკრიანი 45,4 მ<sup>3</sup>/ს, დო ჭიაურა 75,7 მ<sup>3</sup>/ს, ნა გრანიცე გრუზიე და აზერბაიჯანა – 78,3 მ<sup>3</sup>/ს, დო ჯემო-კედი 102 მ<sup>3</sup>/ს, ა ვ ცელომ დია ვსეო ბასეინა- 134 მ<sup>3</sup>/ს (4,2 კმ<sup>3</sup>) (მამედოს და ფატულლაე, 1997).

ოდნა იზ პოსლედნიე იენივანთ ვოდნიე რესურსოს ბასეინა რ. განიხ (ალაზანი) ვიფოლნენა გ.იუ. ფატულლაევიმ (ფატულლაე, 2002). რასეტიე პრეივედენიე პო სტოკოსიე დანიემ ვსეო პრეივოკოს

რასპრედელენიე ატმოსფერნიე იოსადკოს კაკ ვნუტრი გოდა, ტაკ ი პო ბასეინუ დოვოლნიე ნერავნომერნოე. ვ იუგო-ვოსტოჩნიე ჩასტი ბასეინა ეჟეგოდნო ვიფადეთ 400-600 მმ იოსადკოს. ს ვისოტოე კოლიკესტვო იოსადკოს უვლიკუნთ დო 1200-1400 მმ, 42-50% იოსადკოს პრეივოდეთ ნა ვესენნიე სეზონ. ლეტომ, იოსენუე და ჯიმოე ვიფადეთ, სოფრესტვუნთ 15-20, 20-25 და 10-15 % იტ გოდოსიე სუმმა იოსადკოს. მაქსიმუმ ვ გოდოსიე ხოდე იოსადკოს პრეივოდეთ ნა მაი, ა მინიმუმ ნა იანვარ-დეკაბრე. პოეტომო ვსეა იუგო-ვოსტოჩნიე ჩასტი ბასეინა ნუჟდეთ ვ იოსკუნთენნიე იოსროშენიე.

ვ პუნკტე სენგარ 23% რეკნოს სტოკა ფორმირუნთ სნეგოსიე, 25% დოჟდევოსიე და 52% პოდჯემნიე ვოდამი.

## ЕСТЕСТВЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОДОВОГО СТОКА

Имеются различные оценки водных ресурсов бассейна р. Ганых. Величина условно-естественного (восстановленного) годового стока р. Ганых в замыкающем створе (1,7км ниже впадения р. Агричай)

составляет 120 м<sup>3</sup>/с и фактически измеренный 103 м<sup>3</sup>/с (Водные ресурсы...,1988). По данным азербайджанских авторов эта цифра составляет 125 м<sup>3</sup>/с: из них 57,9 м<sup>3</sup>/с формируется на территории Грузии и 67,1 м<sup>3</sup>/с в Азербайджане (Рустамов и Кашкай, 1989). Согласно же данным грузинских авторов годовой объем стока р. Алазани до р. Мазымчай (до границы с Азербайджаном) оценивается в 3109 млн. м<sup>3</sup> (95,5 м<sup>3</sup>/с) (Владимиров и др., 1974). По данным других авторов, водные ресурсы бассейна р. Ганых до Биркиани оцениваются в 15,1 м<sup>3</sup>/с, до Шакриани 45,4 м<sup>3</sup>/с, до Чиатура 75,7 м<sup>3</sup>/с, на границе Грузии и Азербайджана – 78,3 м<sup>3</sup>/с, до Земо-Кеди 102 м<sup>3</sup>/с, а в целом для всего бассейна- 134 м<sup>3</sup>/с (4,2 км<sup>3</sup>) (Мамедов и Фатуллаев, 1997).

Одна из последних оценок водных ресурсов бассейна р. Ганых (Алазани) выполнена Г.Ю. Фатуллаевым (Фатуллаев, 2002). Расчеты произведены по стокосиე დანიემ ვსეო პრეივოკოს

реки. Значительное число пунктов имеют короткие ряды наблюдений или пропуски в наблюдениях. Поэтому, предварительно было выполнено приведение коротких рядов к единому многолетнему периоду (1946-1996 гг.). Сток с территорий, неосвоенных гидрометрическими измерениями, определялся расчетным путем, либо по стоку рек-аналогов, либо по картам стока. При оценке водных ресурсов для ряда створов, подверженных влиянию хозяйственной деятельности, использовались данные по заборам и сбросам вод, результаты исследований по оценке испарения с поверхности водосборов. В результате этих расчетов было установлено, что среднемноголетний годовой сток р. Ганых составляет 108,4 м<sup>3</sup>/с (3,42 км<sup>3</sup>) (Фатуллаев, 2002).

Систематическое изучение речного стока бассейна р. Ганых начато в 1925 г. Для оценки трансформации годового стока р. Ганых были использованы данные по шести гидрологическим пунктам наблюдения: 4 пункта расположены в Грузии и 2 – в Азербайджане (табл.2).

**Таблица 2**

**Сведения о гидрологических пунктах наблюдения на р. Ганых**

№	Пункт наблюдения	Страна	Период наблюдения	Расстояние от устья реки, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средняя высота водосбора, м	Средний многолетний годовой расход воды, м <sup>3</sup> /с
1	Биркиани	Грузия	1950-1980	342	282	2200	14,5
2	Шакриани	Грузия	1952-1980	280	2190	1260	43,5
3	Чиаура	Грузия	1925-1980	201	4530	980	63,3
4	Земо Кеди	Грузия	1958-1980	95	7450	900	102
5	1,7 км ниже впадения р. Агричай	Азербайджан	1950-2010	33	11600	(870)	120
6	Сенгяр (выше впадения р. Иори)	Азербайджан	1933-1943	–	12000	850	99,5

### АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОДОВОГО СТОКА

Антропогенная трансформация годового стока. Орошение в бассейне р. Ганых (Алазани) применяется с давних времен, что связано в первую очередь с климатическими условиями бассейна, где в низменных районах количество атмосферных осадков составляет около 400 мм. Кроме того, на летний период, когда испаряемость – высокая, а нужда в поливной воде большая, приходится не более 20% годовой суммы осадков. Поэтому, именно в это время тысячи гектаров земель испытывают острую нехватку в оросительной воде, что естественно, приводит к пониженному и неустойчивому урожаю сельскохозяйственных культур.

В пределах Грузии первые документальные сведения об орошаемых площадях относятся к 1917 году. По этим сведениям орошаемые площади в это время занимали примерно 6,2 тыс. га. С введением в 1930 году в эксплуатацию Нижне-Алазанской оросительной системы, рассчитанной на орошение до 60 тыс. га земель, орошаемые площади начали увеличиваться и к 1935-му году достигли, по ориентировочным данным, 15 тыс. га (Кочиашвили и Марианашвили, 1980), а в 1950г. – 50 тыс.га. В настоящее время орошаются около 140 тыс. га земель.

Каналами забирается около 42,3 м<sup>3</sup>/с воды (Рустамов и Кашкай, 1989). Верхне-Алазанский канал является крупнейшим не только в бассейне р. Алазани, но и во всей Грузии.

В Грузии на участках от с. Биркиани до с. Джоколо и от с. Джоколо до с. Алвани для орошения 1850 га земель из р. Алазани забирается около 1 м<sup>3</sup>/с. В летние месяцы выше поста Шакриани из р. Алазани и ее притоков водозабор осуществляется в общей сложности с 15-тью мелкими каналами. Часть воды сбрасывается обратно в реку. Ниже поста Шакриани расположен водозабор магистрального канала Нижне-Алазанской оросительной системы. По имеющимся с 1954 г. данным, ежегодный водозабор составлял в среднем 16,8 м<sup>3</sup>/с, из которого 9,8 м<sup>3</sup>/с до поста Чиаура возвращается в реку (Кочиашвили и Марианашвили, 1980). Кроме того, в летнее время множество мелких каналов забирают воду из левых притоков реки. Таким образом, интенсивное использование речного стока на участке между постами Шакриани и Чиаура, приводит к изменению водного режима реки. Ниже створа Чиаура также имеется водозабор, оцениваемый в объеме около 1 м<sup>3</sup>/с.

В грузинской части бассейна р. Алазани имеются семь крупных родниковых источников, с общим дебитом около 2,0 м<sup>3</sup>/с, берущих начало у подножий южных склонов Главного Кавказского хребта (Свидебиский – 0,65 м<sup>3</sup>/с, Вардисубанский – 0,165 м<sup>3</sup>/с, Мухианский – 0,144 м<sup>3</sup>/с, Лелианский – 0,185 м<sup>3</sup>/с, Апенский – 0,291 м<sup>3</sup>/с, Патмасирусский – 0,120 м<sup>3</sup>/с, Куис-Цкароиский – 0,264 м<sup>3</sup>/с). Воды этих источников почти полностью используются для орошения (Потолашвили, 1977).

Для орошения используются также воды артезианских скважин и периодически действующие насосные установки.

В результате интенсивного развития орошаемого земледелия естественный режим реки и ее притоков изменился: снизился как годовой сток, так и сток за вегетационный период. Меженный сток (июнь-август) большинства притоков р. Ганых почти полностью разбирается на орошение. В руслах рек протекает около 14-20% годового стока. Устьевые участки большинства притоков р. Ганых представлены сухими руслами.

В Биркиани уменьшение годового стока р. Алазани за 1955-1996гг. составил 13% и летнего стока 20%. За указанный период для пункта Чиаура это уменьшение оценивается соответственно в 21% и 22%.

В замыкающем створе за 1970-1986гг. уменьшение годового стока составил 10,8 м<sup>3</sup>/с. За период 1987-1996гг. снижение стока увеличилось до 17 м<sup>3</sup>/с. В теплый период сток уменьшился на 18,1 м<sup>3</sup>/с и в холодный период 21 м<sup>3</sup>/с. Причиной этого явилось увеличение водозаборов на участке между створом Чиаура и устьем (Фатуллаев, 2002).

В данной работе из-за отсутствия данных о среднегодовых расходах воды по гидрологическим пунктам наблюдения на территории Грузии за период, начиная с 1981г., оценка изменений годового стока р. Ганых выполнена только для замыкающего створа (1,7 км ниже впадения р. Агричай). Установлено, что за 1950-2010 гг. годовой сток р. Ганых по сравнению с условно-естественным стоком уменьшился на 11,1 м<sup>3</sup>/с (9,17%). За период 1991-2010 гг. снижение стока составляет 9,18 м<sup>3</sup>/с (7,65%).

На рис.2 приведены гидрографы р. Ганых в замыкающем створе, построенные по восстановленным и наблюдаемым за 1990-2010гг. значениям средних месячных расходов воды. Анализ этих гидрографов показывает, что во все месяцы, за исключением зимних месяцев, когда отсутствуют водозаборы для орошения, имеет место снижение стока.

Однако этот вывод не подтверждается результатом анализа линейного тренда среднегодовых расходов воды в замыкающем створе (рис.3). Как следует из этого рисунка, за весь период наблюдения годовой сток увеличивается.

Возможными причинами подобной ситуации могут быть систематические ошибки измерения расходов воды в замыкающем створе или неправильное восстановление естественных значений среднегодового месячного стока.

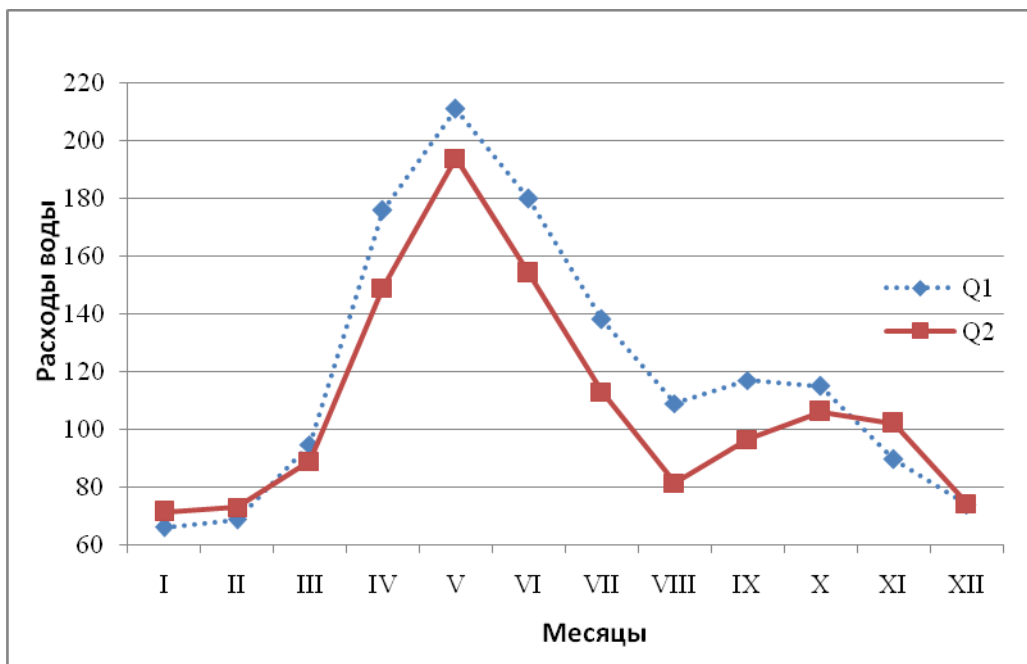


Рис.2. Гидрографы р. Алазани (Ганых) (1,7км ниже впадения р. Агричай), построенные по восстановленным и наблюдаемым значениям средних месячных расходов воды за 1990-2010 гг.

Q1- восстановленный гидрограф;  
 Q2- наблюдаемый гидрограф.

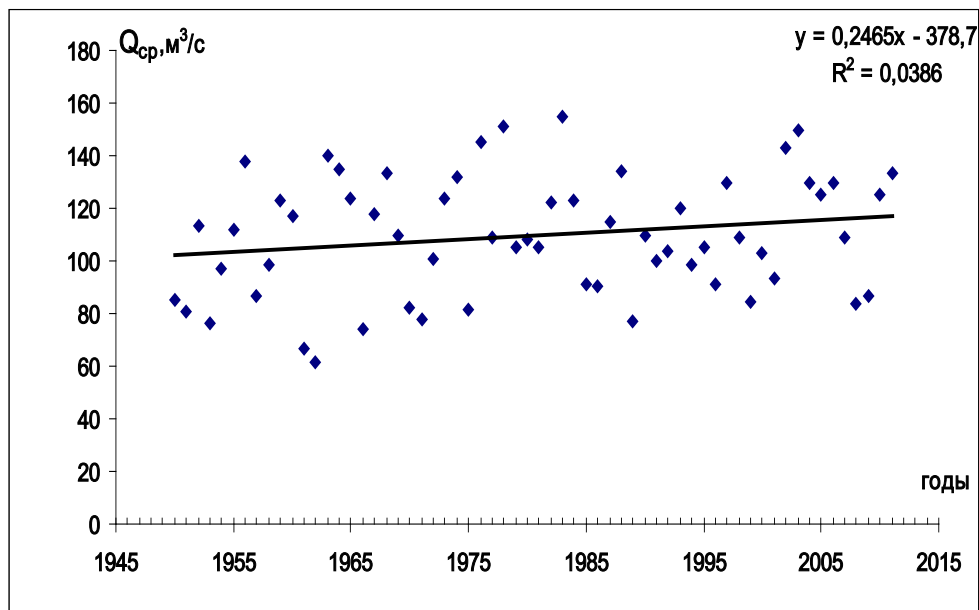


Рис.3. Линейный тренд среднегодовых расходов воды р. Ганых (Алазани) – в 1,7 км ниже впадения р. Агричай

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Установлено, что за 1950-2010 гг. годовой сток реки Алазани (Ганых) по сравнению с условно-естественным стоком уменьшился на 11,1 м<sup>3</sup>/с (9,17%). За период 1991-2010 гг. снижение стока составил 9,18 м<sup>3</sup>/с (7,65%).

2. Анализ гидрографов, построенных по восстановленным и наблюдаемым за 1990-2010гг. значениям средних месячных расходов воды в замыкающем створе показывает, что во все месяцы, за исключением зимних месяцев, когда отсутствуют водозаборы для орошения, имеет место снижение стока.

### Литература

1. Водные ресурсы Закавказья. Под ред. Г.Г.Сванидзе и В.Ш. Цомая. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 264 стр.;
2. **Рустамов С.Г., Кашкай Р.М.** Водные ресурсы Азербайджанской ССР. Баку, "Элм", 1989, 184 стр.;
3. **Владимиров Л.А., Шакаришвили Д.И., Габричидзе Т.И.** Водный баланс Грузии. Тбилиси, "Мецниереба", 1974 г.;
4. **Мамедов М.А., Фатуллаев Г.Ю.** Сток р. Ганых и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности. //Вестник БГУ. Серия естественных наук, 1997, №1, 2, стр. 195-200;
5. **Фатуллаев Г.Ю.** Современные изменения водных ресурсов и водного режима рек Южного Кавказа (в пределах Каспийского бассейна). Баку, 2002. 167 стр.;
6. **Кочиашвили Б.М., Мирианашвили Т.А.** Об оценке влияния орошения на годовой сток р. Алазани. //Труды ЗакНИГМИ, 1980, вып. 72 (78), стр. 43-48;
7. **Потолашвили В.В.** Определение доли стока на орошение в бассейне р. Алазани. // Труды ЗакНИГМИ, 1977, вып. 62 (68), стр. 109-114.

### Hydrology

## CHANGES IN ANNUAL DISCHARGE OF GANIKH (ALAZAN) RIVER

**F.A. Imanov, A.A. Gulieva**

Baku State University  
23, Zahis Halilov str. Baku, AZ-148, Azerbaijan

**Abstract.** The semi-natural changes and observed annual discharge in Ganikh (Alazan) river along its length was considered in the article. It was found that the annual discharge of Ganikh (Alazan) river for 1950-2010 years decreased by 11.1 m<sup>3</sup>/s (9.17%) in compared with semi-natural discharge. Reduction of discharge during the period of 1991-2010 was 9.18 m<sup>3</sup>/s (7.65%). Analysis of hydrographs formed on the base of recovered and observed values for 1990-2010 years the average monthly consumption of water in the closing alignment shows that in all months except the winter months when there is no water intake for irrigation, there is a decrease in discharge.

**Keywords:** river Alazani (Ganikh); the transformation of the river flow; water flow; semi-natural runoff hydrograph; water intake.

## ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОГО МОРЯ

И.К. Иорданишвили, М.В. Варганов, К.Т. Иорданишвили, Д.Ш. Поцхвериа

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия  
E-mail: [irinaiord48@mail.ru](mailto:irinaiord48@mail.ru)

**Аннотация.** В статье приводятся результаты аналитических и натурных исследований по уровенному режиму Черного моря в Колхидском побережье. Рассматриваются факторы и условия развития чаши Черного моря и динамики уровенного режима.

**Ключевые слова:** Черное море; уровенный режим; Колхида; глобальное потепление.

### ВВЕДЕНИЕ

Ученые ведущих мировых научных центров пытаются предсказать последствия глобального потепления, наблюдая таяние ледников, приводящее к повышению уровня воды в Мировом океане и затоплению ряда территорий.

Цифры называются разные – одни говорят, что уже через несколько десятков лет под воду уйдет чуть ли не половина современных мегаполисов. Другие уверены: опасаться нечего – серьезные последствия человечество ощутит только через сотни лет.

Целью работы является сбор и обработка аналитических данных по уровенному режиму Мирового океана и увязка их с данными динамики уровенного режима Черного моря в Приколхидской зоне.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В 1972 году на XXII Международном географическом конгрессе в Канаде было решено создать рабочую группу, которая должна была обеспечить сбор материалов о наступлении моря и выявить причины происходящего бедствия. Этой группе под руководством австрийского ученого Э. Берда удалось обобщить имеющиеся сведения и собрать новые данные о размывах берегов, в том числе абразионных берегах Англии, Голландии, Германии, Польши, Атлантического побережья США, Мексиканского залива, берегов Западной и Восточной Африки, Индии, Австралии. Э. Берд, выступивший с докладом на Международном географическом конгрессе в Москве в 1976 г., отметил, что максимальная величина отступления берегов – 10 м в год, в то время как северо-западные берега Черного моря (Крым) отступают местами на 12 м.

По прогнозу Потсдамского института изучения климатических изменений (Германия) к 2100 году уровень Мирового океана повысится на 0,75–1,5 м в связи с таянием континентальных льдов, уже через 100 лет под воду уйдет Венеция, к 2150-му – Лос-Анджелес, Амстердам, Гамбург, Санкт-Петербург.

По прогнозу Научного комитета по антарктическим исследованиям, уровень Мирового океана может подняться к 2100 году на 1,4 м. Под воду уйдут островные государства (Мальдивские острова в Индийском океане, Тувалу в Тихом). Будет затоплена Калькутта, а Лондону, Нью-Йорку

и Шанхаю придется потратить по 150 млрд. долларов на защиту от наводнений. Беженцами станут 100 млн. жителей Азии, 14 млн. европейцев.

По прогнозу Всемирного фонда дикой природы (WWF) к концу XXI века последствия глобального потепления будут угрожать затоплением крупным городам, в том числе Гонконгу, Санкт-Петербургу, Шанхаю и Калькутте.

По прогнозу российских экспертов Санкт-Петербургу ничего не угрожает, т.к. за последние 100 лет уровень Мирового океана повысился всего на 30 см.

По прогнозу National Geographic при полном таянии ледников уровень Мирового океана поднимется на 65 метров, а средняя температура на планете повысится с 14 до 26 градусов, в этом случае в Северной Америке затопит Флориду, берег Мексиканского залива и большую часть Калифорнии. В Латинской Америке под воду уйдет Буэнос-Айрес, а также прибрежная часть Уругвая и др. стран. Стихией в Европе будут уничтожены Лондон, Венеция, Нидерланды и большая часть Дании.

Но больше всех, считают ученые, из-за разлива Черного и Каспийского морей пострадает Россия. Под воду уйдет вся Волго-Ахтубинская пойма вместе с Волгоградом, Астраханской, Ростовской областями и республикой Калмыкия. На севере России в зону затопления попадут Санкт-Петербург, Петрозаводск и другие города.

Может ли человечество управлять этими процессами? Этой проблеме были посвящены, проведенные на высшем уровне, встречи в Рио-де-Жанейро и Киото. Установлено, что изменения в окружающей среде – повышение температуры на Земле в результате "теплового эффекта" и повышение уровня Мирового океана – реальный процесс. Этот процесс носит линейный характер, при этом корреляционная связь между температурой и уровнем Мирового океана достаточно тесная. В зоне протекания этого процесса сегодня находится 20% (1,2 млрд. человек) населения Земли. Комплексное изучение и анализ данных около 300 уровнемеров в океанах мира показали, что к 2000 году температура воды Мирового океана повысилась на 1°C, а его уровень на 18 см (рис. 1) [4,8].

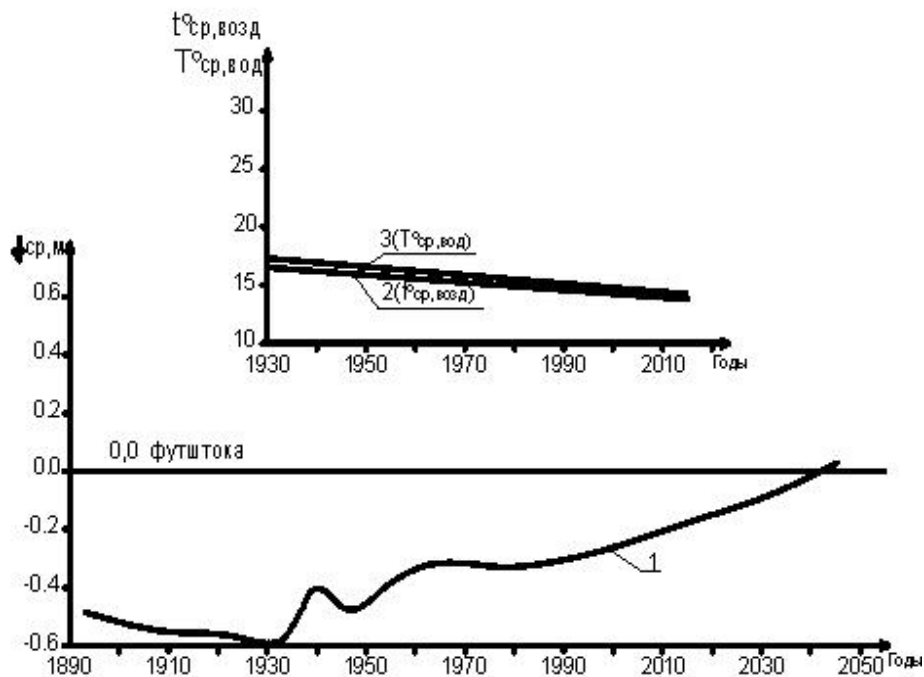


Рис. 1. Графики зависимости приращения температуры воздуха ( $\Delta T^{\circ C}$ ) и уровня моря ( $\Delta H, м$ )

1 – среднее приращение температуры воздуха северного полушария ( $\Delta T^{\circ C}$ );

2 – среднее приращение уровня Мирового океана ( $\Delta H, м$ );

3 – среднее приращение уровня Черного моря у Колхидского побережья ( $\Delta H, м$ )



Приращение уровня Черного моря у Колхидского побережья с 1900 до 2010 год составило 22 см или в среднем 2,2 мм в год. Если эта тенденция сохранится, то 2050 году превышение уровня Черного моря достигнет 0,5 м. По результатам подсчетов объем Мирового океана в год увеличивается до 600 км<sup>3</sup>, что определяет повышение его уровня на 1,5–2,0 мм в год. Все внутренние водоемы планеты постоянно находятся во власти климата, тектоники, а в последнее время – хозяйственной деятельности человека на Земле. Затопление морем древних прибрежных городов – явление, связанное с подвижностью поверхности Земли. Наша планета непрерывно изменяется, растет, стареет, расширяется и сжимается. Результатом борьбы двух стихий – изменений на суше и море – являются характерные морские террасы, образующиеся на всем протяжении береговой линии; оставшиеся следы террасы маркируют бывшую береговую полосу. Изучение этих явлений основано на радиоуглеродном методе исследования древних останков фауны и флоры. Наибольшую амплитуду колебаний береговой линии ученые фиксируют при опусканиях и подъемах уровня Мирового океана (на 600–700 м) в ранние периоды Кайнозойской эры (540–70 млн. лет назад), которые связывают с прогибанием океанического дна в Четвертичный период, начавшийся 1,5–2 млн. лет назад. Исследователи считают, что наступление моря на сушу (Фландрская трансгрессия) началась сразу после таяния ледника 16–17 тыс. лет назад и вначале составляло около 9 мм/год. Ряд авторов доказывают, что никаких падений уровня за последние 15 тыс. лет не происходило, а шел непрерывный его подъем, который продолжается и поныне.

Маркировка былой береговой линии позволяет сохранить память о многих катастрофических наводнениях, среди которых наиболее известно – библейский "всемирный потоп". Этот потоп, по-видимому, большое наводнение, происшедшее в долине рек Тигр и Евфрат 5 тыс. лет назад, которое охватило территорию полосой до 200 км на 600 км от Персидского залива. Не миновала эта участь и городов Колхидского Причерноморья (рис. 2) [1, 3, 5, 6, 7].



Рис. 2. Частично или полностью затонувшие античные города Причерноморья

Исчезновение города Диоскурия (Сухуми) в сказочной стране "золотого руна", основанного в V веке до нашей эры, связано с происходящими здесь абразионно-оползневыми, тектоническими (переместивших устье р. Гумиста и изменивших место сгущения наносов севернее) геодинамическими процессами. Эти процессы, очевидно, были начаты в I веке до нашей эры, когда наблюдалось очередное поднятие уровня Черного моря, и завершились предположительно в 363 г.н. э.. Такая же участь постигла г. Питиунт (IV–V в. до н. э.), г. Гиунес (Очамчире), г. Фазис (Поти). Г.Фазис, расположенный в устье р. Риони, являлся целью похода аргонавтов – охотников за "золотым руном". Город славился своим богатством, ремеслами и культурой. Однако и этот город погиб под натиском стихии. В настоящее время он, скорее всего, лежит на дне моря, покрытый толстым слоем ила, нанесенным р. Риони. В 1953 году останки города Фазис были обнаружены на дне моря на расстоянии 5 метров от берега. Вместе с останками городских сооружений были обнаружены следы берегоукрепительных, противооползневых устройств, что является прямым доказательством борьбы древних строителей с подмывом и опусканием берега, его сдвига к морю. К сожалению, этот процесс продолжается и в настоящее время.

В чем же причины, происходящих в прошлом, явлений чередования поднятия и опускания уровня Мирового океана? Геологи считают, что основной причиной опускания территории древних городов – тектонические колебания поверхности Земли, связанные с глубинными процессами, происходящими в ее недрах. В свою очередь, гидрологи и океанологи, не отрицая роль геологических процессов, видят главную причину в эвстатических колебаниях уровня моря, т.е. в изменениях объема воды, что чаще всего оказывается связанным с климатическими факторами. Известно, что доля вклада в сохранение баланса "теплового эффекта" на Земле для содержания в атмосфере CO<sub>2</sub> составляет 65%, CH<sub>4</sub> – 20%, галогенных газов – 10%, N<sub>2</sub>O – 4,5%. К концу XXI века в атмосфере Земли количество CO<sub>2</sub> повысится в 2 раза. На Земле наблюдалось несколько циклов похолодания и потепления климата (табл. 1). Необходимо учесть также оползневые явления, приводящие к сползанию в море больших участков прибрежной территории. Немаловажный фактор для увеличения объема поверхностных вод является поднятие глубинных ювенильных (девственных) вод. Из-за этих процессов в свое время заполнились водой океанические впадины Земли, имеющие ныне объем 1370 млн. км<sup>3</sup> и занимающих площадь 361 млн. км<sup>2</sup> (2/3 поверхности Земли). Существенным фактором поднятия уровня моря являются наносы рек, откладываемые в их устьях, постепенно отодвигая урез воды в сторону моря. Вместе с этим нельзя не учитывать эффект "расползания" современных континентов, сформировавшихся в Мезозойскую и Кайнозойскую эру из единого материка Пангеи. По другой схеме – в результате "раскола" северного материка Лавразии (середина Палеозоя) образовались Европа, северная часть Азии, Северная Америка, а в южной части материка – Южная Америка, Австралия, Африка, Антарктика и полуостров Индостан. С середины 50-х годов прошлого столетия получила развитие теория "расширения" дна океана, в соответствии с которой открылись крупные разломы земной коры. Именно от этих гигантских разломов дрейфуют (плывут) материка со скоростью 1–10 см/год.

Таблица 1

Периоды глобального изменение климата на Земле

2500	1000	600	250	75	10	6	Тыс. лет	
Четвертичный (Плейстоцен)						Голоцен		Период
Эоплейстоцен (нижний Плейстоцен)			Мезоплейстоцен (средний Плейстоцен)		Неоплейстоцен (верхний Плейстоцен)		Современный	Эпоха
+	-	+	-	+	-	+	-	+
								- оледенение; + межледниковая эпоха

В последнее время появилась гипотеза о расширении самой Земли. Гипотеза основана на идее уменьшения силы тяжести (земного притяжения) и, следовательно, уменьшения плотности Земли, что в свою очередь связано с уменьшением скорости вращения нашей планеты вокруг своей оси, ослаблением гравитационного взаимодействия между Землей и Луной и увеличением расстояния до Луны. Результатом чего является уменьшение силы "приливного" трения, возникающего за счет движения больших масс воды океанов навстречу вращению Земли.

Представляет также интерес "плутоническая" гипотеза, объясняющая возникновение гор и, соответственно, поднятие земной поверхности под действием внутреннего давления подземных газов и вулканических паров.

Интересна также гипотеза движения материков за счет действия центробежных сил, возникающих при вращении Земли, в результате которых Северный полюс смещается в сторону Гренландии со скоростью 10 см/год.

Необходимо также отметить "космическую" причину колебания земной поверхности в результате лунного притяжения, вызывающие приливные волны высотой до 10 м и распространяющихся с востока на запад.

Черное море – типичное внутреннее море. На западе его воды омывают восточный берег Балканского полуострова, на севере оно ограничено Восточно-Европейской равниной, на востоке – Кавказским побережьем и Колхидской низменностью, а на юге – побережьем Малой Азии. Длина береговой линии, по данным различных авторов, составляет 4020–4100 км. Черное море относится к бассейну Атлантического океана. На севере Керченским проливом оно соединяется с Азовским морем; последнее можно рассматривать как большой неглубокий залив Черного моря. Площадь Черного моря составляет 420325 км<sup>2</sup>, а вместе с Азовским морем 462000 км<sup>2</sup>. Глубина Черноморской котловины увеличивается на юг, достигая максимума 2245 м, при этом объем моря составляет 537000 км<sup>3</sup>. Чаша Черного моря состоит из материковой отмели (шельф), материкового склона и дна котловины (глубоководная котловина). Ширина шельфа у Колхидского берега несколько километров. Здесь материковый склон расчленен каньеновидными долинами как на суше, так и в море.

Треугольник Колхидской низменности сформирован наносами нескольких рек, стремительно спускающихся с Кавказских гор. Среди них самые крупные – Риони, Чорохи и Ингури. У моря низменность заканчивается мощным песчаным валом. Мутные, быстротечные воды реки Риони успокаиваются в заболоченной приморской части Колхидской низменности. В устье река Риони делится на два рукава и формирует дельту, нарастающую в море до 8 м ежегодно. Между Батуми и Кобулети Черноморский берег абразионного типа, прорезан небольшими горными реками. Для него характерны выдающиеся в море скалистые мысы вулканического происхождения. Этот участок резко отличается от типичного наносного берега Колхидской низменности. Геолого-морфологические изменения контура Черного моря за последние 7 млн. лет представлены на рис. 3.

В соответствии с анализом результатов подводных археологических работ в северном Причерноморье, составлена схема изменения уровня Черного моря в течение последних 5 тысяч лет. Как видно из схемы, уровень Черного моря 3,5–5 тыс. лет назад был на 2–2,5 м выше современного (период Новочерноморской трансгрессии). Позже, около 2,5–3 тыс. лет назад, море опустилось на 2–4 м ниже современного (Фанагорийская регрессия моря). Затем, тысячу лет назад уровень Черного моря снова поднялся на 1 м выше современного (Нимфейская трансгрессия). Позже произошел новый спад уровня моря, в наше время идет его подъем (рис. 4).

С начала Голоцена (16 тыс. лет назад) в развитии береговой зоны Колхиды отмечаются три основных этапа. В первой половине древнечерноморского времени берег имел преимущественно приосовый характер и длинные заливы внедрялись вверх по долинам крупных рек. По мере заполнения заливов аллювием берег стал ровным и постепенно принял округлую плавную форму.

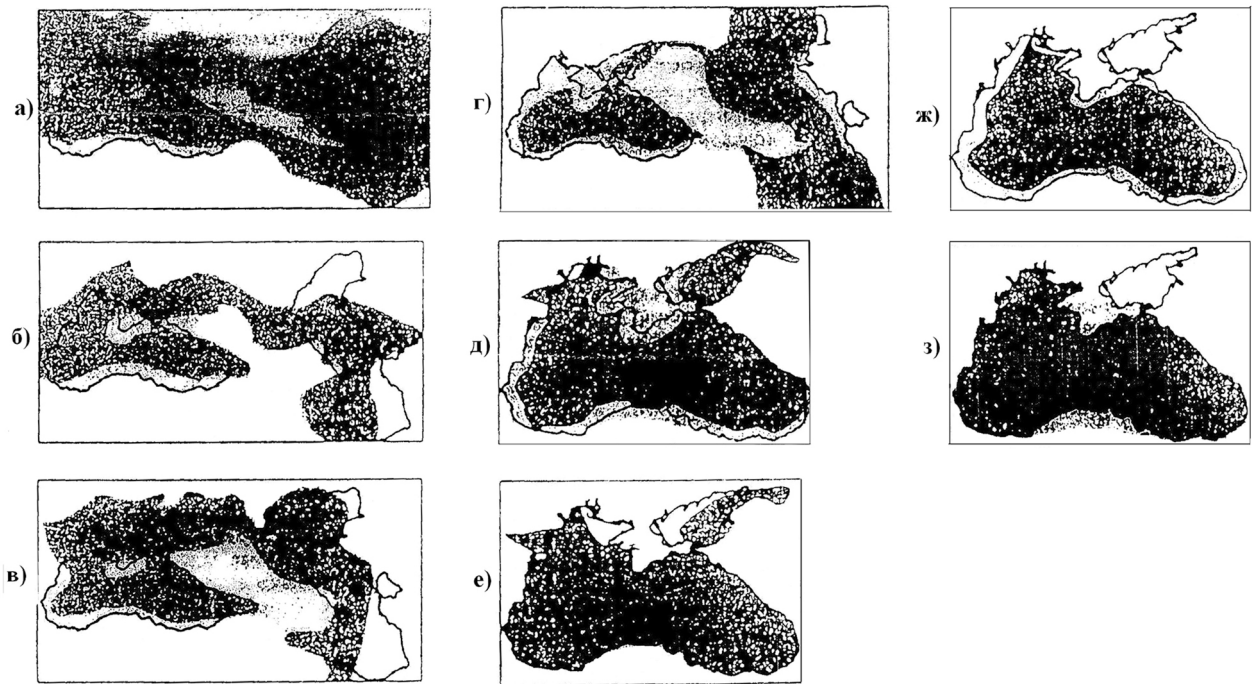


Рис. 3. Изменение контура Черного моря в течение 7 млн. лет.

а) Сарматское море, 7–3 млн. лет (Миоцен); б) Меотическое море, 3–2 млн. лет (конец Миоцена – начало Плиоцена); в) Понтийское море-озеро, 2–1 млн. лет; г) Чаудинское море-озеро, (Гурийское море-озеро), 1,0–0,5 млн. лет (конец Плиоцена), в этот период уровень Средиземного моря на 20 м ниже современного; д) Старо-Эвксинское море, 500–100 тыс. лет (средний Плиоцен) уровень моря понизился на 10 м; е) Карна-Гадское озеро, 100 – 80 тыс. лет, период Рис-Вюрмерского межледниковья; ж) Ново-Эвксинское море, 18–14 тыс. лет, уровень моря понизился; з) современное Черное море, 7–5 тыс. лет, уровень повышается

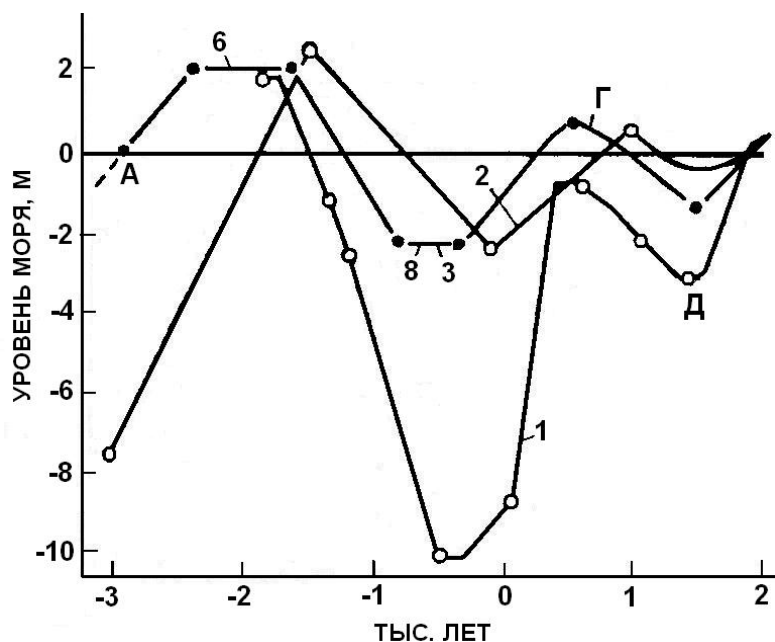


Рис. 4. Колебание уровня воды в Черном море в течение последних 5 тыс. лет.

1 – по К.К. Шилику; 2 – по С.В. Варушенко; 3 – по П.В. Федорову; А – Древне-Черноморский бассейн; В – Новая Черноморская трансгрессия; В – Фанагорийская регрессия; Г- Нимфейская трансгрессия; Д - Корсунская регрессия

Поступившие на взморье речные наносы формировались двумя мощными и протяженными вдольбереговыми потоками, направленными к центру Колхиды. Перемещение береговых наносов осуществлялось за счет энергии господствующих штормов. Ко времени стабилизации уровня моря большое количество речных наносов сформировало сложные приустьевые дельтовые выступы и мысы. Оконечности мысов пересекали узкий шельф и часть наносов стала уходить на крутые склоны подводных откосов. С подветренной стороны мысов и выступов берег оказался защищенным от преобладающих западных волнений. Поэтому более редкие волнения других направлений вызывали образование коротких, слабых и непостоянных встречных потоков. Переходная зона между Кавказом и Черноморской впадиной отличается высокой тектонической активностью, и вполне вероятно, что в Плейстоцене здесь образовались мощные скалы, чем определено отсутствие шельфа на большинстве участков берега. Неширокий Колхидский шельф (до 10–15 км) сильно расчленен подводными каньонами, расположенными вблизи устьев рек Ингури, Риони, Чорохи и Супса. Сильное расчленение подводного склона и обилие подводных каньонов указывают на сложность, многогранность и активность береговых процессов, протекающих в Причерноморье Грузии. Таким образом, рельеф, морфология и современная динамика береговой зоны Грузии предопределены обилием речных наносов, преобладанием западного волнения и общей геологической структурой.

В современной динамике морских берегов все более возрастающую роль играет антропогенное вмешательство в естественный режим [2]. В связи с этим провоцируются размывы и отступление берегов. Хозяйственная деятельность человека отражается на динамике морских берегов, прежде всего, тогда когда происходит вмешательство непосредственно в береговую зону. В основном, это строительство портов, изъятие наносов с пляжей, воздействие пассивных гидротехнических сооружений, нарушающих естественную динамику береговых сооружений, а также регулирование речного стока далеко за пределами береговой зоны. Портовые молы прервали вдольбереговые потоки, и они сейчас развиваются как самостоятельные подсистемы. Гидротехнические берегоукрепительные сооружения спровоцировали размывы, распространившиеся на значительные расстояния. Пагубное воздействие на Черноморское побережье Грузии оказала также эксплуатация карьеров инертных материалов, расположенных непосредственно в береговой зоне, где объемы добычи аллювия приняли катастрофические масштабы. Искусственное регулирование стока рек плотинами ГЭС с каждым годом оказывает все большее влияние на динамику морских берегов. Количество речных наносов, поступающих в море, сократилось на 20-30% из-за осаждения их в водохранилища. В Западной Грузии к настоящему времени в разной степени зарегулированы реки Риони с притоками, Ингури и частично Гумиста. Небольшие ГЭС на других реках оказывают незначительное влияние на режим стока наносов. Нарушение динамики наносов больше всего проявилось на р. Ингури, где количество пляжеобразующих наносов сократилось на 92% (450 тыс. м<sup>3</sup>/год). В устье р. Риони годовое поступление пляжеобразующих наносов сократилось на 35% (3000 тыс. м<sup>3</sup>/год). В последние годы одним из важнейших факторов, влияющих на режим наносов и устойчивость морских берегов, становится разработка русловых карьеров песчано-галечной смеси. В результате в береговой зоне спровоцированы устойчивые однонаправленные размывы и отступления берегов. Волнами смыты городские кварталы в г. Поти, дороги, линии коммуникации и др. В течение длительного периода берега укреплялись традиционными берегоукрепительными сооружениями (молы, буны, волноотбойные стены, волноломы, каменные наброски, бермы и т.д.). Вместо пользы они приносили больше вреда, так как нарушали естественный режим побережья и провоцировали низовые размывы. В условиях нарушенного природного равновесия, единственно правильным путем восстановления берегов Черного моря является возвращение естественной структуры баланса наносов береговой зоны. Необходимо расходы вдольбереговых потоков максимально приблизить к природному режиму путем искусственной подпитки пляжа.

В последние столетия ученые археологи находят все большее количество полностью ушедших (затонувших) или постепенно погружающихся в воду поселений на различных участках береговой линии Мирового океана: г. Данвич (Англия, XI век), г. Олинде (Южная Америка, XV век), г. Порт-Ройал (Центральная Америка, XVI век), остров Туанаки (Индия, XIX век). По данным ООН периодически каждые 10 лет от наводнений страдают во всем мире более 150 млн. человек. На берегах океанов, морей, рек наводнения обусловлены, в основном, атмосферными явлениями: ураганами, ветрами. Разогнанные ветром дрейфовые течения подгоняют к берегу большие массы воды, которые в виде коротких штормовых или длинных нагонных волн обрушиваются на берег. Классическим примером штормового нагона являются наводнения в Санкт-Петербурге. Начиная с 1703 г. здесь зафиксировано более 230 подъемов уровня р. Невы. Одно из самых катастрофичных наводнений на Неве было наводнение 1824 г., когда уровень воды поднялся на 3,9 м (именно это наводнение описано А.С. Пушкиным в стихотворении "Медный всадник").

Грузия – горная страна, ее основные реки, берущие начало с южных склонов покрытых ледниками и вечными снегами Кавказских гор, весной, летом и осенью превращаются в бурные потоки, несущихся к равнинам вод. На реках Грузии (Риони, Ингури, Кура и др.) происходят достаточно часто наводнения, в том числе катастрофические. Одно из первых исторических упоминаний о катастрофическом наводнении датируется 735 годом, когда наводнение на реках Риони, Цхенисцкали, Абашис-цкали и Чорохи не позволило 120 тысячному войску Мурвана-Кру вторгнуться в пределы Западной Грузии. Армия захватчика была унесена разбушевавшимися водами вышедших из берегов рек. В последние годы на крупных реках Западной Грузии наблюдается тенденция роста максимальных расходов, связанная с процессом глобального потепления. Так, максимальные расходы рек по сравнению с 1940 годом возросли в среднем в три раза (табл. 2).

Таблица 2

Динамика максимальных расходов основных рек Западной Грузии

Река, пункт	Максимальный расход воды м <sup>3</sup> /сек по годам						
	1940-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2008
р. Риони (с. Сакочахидзе)	1930	3280	3000	3520	4860	5100	5500
р. Квирила (г. Зестафони)	644	752	720	735	1100	1300	1500
р. Кодори (с. Ганахлаба)	630	893	1080	1550	1400	1600	1700
р. Чорохи (дельта)	1880	1640	1460	1190	1790		

Необходимо отметить, что за исходный уровень отсчета отметок принят "нуль" Кронштадтского футштока, который является расчетным среднесреднегодным уровнем Балтийского моря. Однако, как бы точно мы ни измеряли отметки земной поверхности и уровня моря, какие бы плоскости сравнения ни принимали, все эти результаты могут быть лишь относительными. Нет на Земле неподвижной точки, на которую могли бы "опереться" наши измерения. В Колхидской зоне Черного моря исследования по уровенному режиму ведутся с 1873 г. (г. Поти), в г. Батуми – с 1882 г. Современный уровенный режим Колхидского побережья определен на основе данных взятых с рейки, укрепленной на вертикальной бетонной стенке Потийского порта в 1934 г. и известной под названием "новый горизонт" или "нуль порта" ("нуль изысканий"). Минимальный уровень Черного моря, зафиксированный в 1893 г., был ниже нуля Кронштадтского футштока на 0,915 м. В связи с оседанием прилегающей территории на 0,3 м в 2006 году была установлена новая рейка. Подводная

граница прибрежной зоны Колхиды проходит по 130-метровой изобате (кроме устьев рек). Крупнейшие реки этой зоны – Чорохи, Риони, Ингури, характеризуются весенними наводнениями, летней стабильностью, осенней многоводностью и половодьем в любое время года. Прибрежная полоса местами глубоко врезана в море, образуя аккумулятивные формы (полуострова, мысы), которые ограничивают глубоко врезанный в сушу Батумский залив.

В связи с тем, что территория, расположенная между реками Ингури и Натанеби проходит по Закавказской линии тектонического разрыва, она постепенно погружается в море. Так, прибрежная зона от Сарпи до р. Натанеби понижается, а территории расположенные выше и ниже этой зоны – повышаются. Эта особенность прибрежной Колхиды обуславливает аккумулятивные и эрозионные процессы. Каньоны, в основном, расположены в устьях рек и играют двойственную роль: во-первых, из-за значительных глубин создают в прибрежной зоне циркуляционную ситуацию; во-вторых, из-за захвата ими пляжеобразующих материалов противодействуют созданию пляжей. Поэтому за ними наблюдаются интенсивные размывы. В прибрежной зоне уклоны, в основном, находятся в пределах 0,1–0,2. Исключение составляет Цихисдзирско-Махинджаурское побережье, где горные склоны подходят к берегу, сложенного из известняка и др. твердых материалов. В основном, береговая зона Колхиды сложена из речных выносов песка и гальки.

Климат побережья Колхиды влажный, субтропический. Массы воздуха перемещаются как с запада на восток, так и наоборот. Средне годовая температура воздуха 14,3°C, воды – 16,4°C, средняя сумма осадков – 1800 мм, соленость моря – 16,4% (табл. 3).

**Таблица 3**

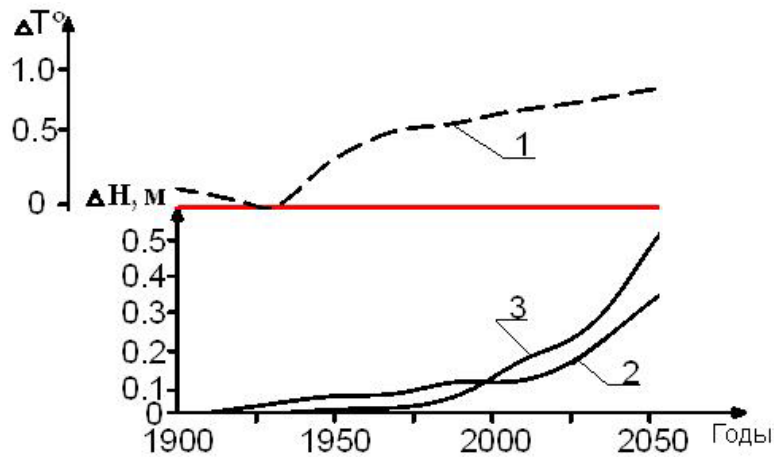
**Некоторые гидрометеорологические характеристики побережья Колхиды**

№	Пост	Скорость ветра, м/сек		Атмосферные осадки, мм	Соленость моря, %	Максимальная высота волн, м
		Средняя	Максимальная			
1	Поти	4,3	38	1831	15,7	5,5
2	Кобулет	2,6	30	2514	16,1	6,2
3	Батуми	2,1	36	2685	16,4	5,3

Во время сильных штормов наблюдается *нагон*, который может достигнуть 1,0 м. Основные направления прибрежных *течений* Колхиды обусловлены дрейфовыми (ветровыми) течениями. Средние значения скорости циклонных (круговых, направленных против часовой стрелки) 0,3–0,5 м/сек, а при попутном ветре до 1,0 м/сек. Вдольбереговые течения, в основном, имеют направление против циклонного течения – к северо-западу. На участке Кобулет–Натанеби течение поворачивает к западу. Максимальная скорость течения на поверхности – 70 см/сек, у дна – 30 см/сек. Конвергенционные течения обуславливаются разностью плотности вод (речных и морских), наблюдаются в устьях крупных рек Чорохи, Риони и Ингури. Дивергенционные течения, обусловленные наложением поверхностных и глубинных течений, наблюдаются в средней и западной частях Черного моря. В зоне Колхиды они не наблюдаются.

Цикл потепления климата на планете Земля (в последнее столетие принят термин "глобальное потепление") обратил на себя внимание в 80-е годы прошлого столетия. При этом процесс потепления связывают как с природными (космическими), так и антропогенными факторами, среди которых основной – интенсивный рост содержания в атмосфере CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, фреона, аэрозолей и др. Воздействие этих факторов вызвало общее потепление климата в среднем на 0,5–0,7°C. В отдельных регионах планеты наблюдается мозаичный характер изменения климата. Так, в бассейнах Средиземного и Черного морей наблюдается похолодание воздуха на 0,25°C [9]. *Температура* воды Колхидского Причерноморья уменьшилась на 0,5–1,0°C. Очевидно, это изменение температуры связано, во-первых, с таянием льдов и увеличением водной массы Мирового океана; во-вторых, с активизацией

циркуляционных процессов в акватории Черного моря; в-третьих, с усилением интенсивности обмена холодных глубинных вод с теплыми поверхностными водами. Современное поднятие уровня Черного моря составляет у г. Поти 2,0 мм/год, у г. Батуми – 3 мм/год, что за сто лет (с 1900 по 2000 годы) определило повышение уровня моря у г. Поти на 60 см (рис.5) [9].



რის.5. Современная осредненная динамика уровня режима (1), температура поверхностной воды  $T_{cp}$  (2) и температура воздуха  $t_{cp}$  (3) в Приколхидской зоне Черного моря

В результате геологических процессов, протекающих в Черноморском регионе, побережье Грузии опускается на 0,7 см/ год ( по другим данным на 0,3 см/год), следствием чего стало повышение уровня устьев Приколхидских рек, уменьшение их уклона и пропускной способности. Увеличилась вероятность подтопления и затопления населенных пунктов, активизировался процесс деградации пляжей и заболачивания побережья, осложнились условия эксплуатации хозяйственной инфраструктуры и др.

В чем же причина *современного* разрушения берегов Черного моря:

1. Интенсивное прибрежно-морское строительство. Так, транспортируемые волнами и течениями наносы задерживаются восточнее островов Набада и Большого. Что касается Малтаква, то здесь берег размывается. В настоящее время для предотвращения размыва южного мола Потийского порта на протяжении 700 м осуществлена наброска из крестообразных бетонных блоков. В районе Анаклиа в море ведется укладка тетраподов. Строительство предусматривает укрепление прибрежной зоны длиной 4100 м. Также планируется обустроить береговую линию протяженностью 3 км и шириной 60 м. В будущем здесь планируется строительства порта для обслуживания кораблей большого водоизмещения.

2. Неумелая защита берегов. Стоит выстроить волноотбойную стенку с тыльной стороны пляжа, как пляж сузится, а может и совсем исчезнуть. Волны в таких случаях разрушают и саму стенку. Такая участь постигла волноотбойную сквозную стенку в районе с. Чаква, которая вскоре после строительства была разбита волнами.

3. Нерегулируемое использование для строительства прибрежных наносов – песка и гальки. Так, изъятие песка и гальки из р. Чорохи вызвало размыв ее берегов севернее в районе Батумского порта.

4. Интенсивное строительство на реках плотин, перехватывающих пляжеобразующий материал, в результате чего под угрозой смыва находятся многие участки берегов Колхиды, в т.ч. устье р. Риони, р. Чорохи, р. Ингури, р. Кодори (табл. 4).



Таблица 4

Баланс наносов в прибрежных зонах Колхиды

Прибрежная зона	Длина прибрежной зоны, км	Общий объем сносимых рекой наносов, м <sup>3</sup> /год	Объем наносов, сносимых в каньон, м <sup>3</sup>
Кодорский район (р. Кодори - р. Ингури)	67	312050 (до создания Ингурского в-ща) 29000 (после строительства Ингурского в-ща)	100 000 (до создания Ингурского в-ща) 10 000 (после строительства Ингурского в-ща)
Потийский район (р. Риони)	57	4 373 100 (до регулирования) 1 457 700 (после регулирования)	118 500 (до регулирования) 40 000 (после регулирования)
Чорохский район (р. Чорохи)	53	2 500 000 (до строительства плотин в Турции)	1 800 000 (до строительства плотин в Турции)

Следует отметить, что наряду с процессами размыва в настоящее время на берегах морей и океанов происходят и *обратные* процессы. Так, песчаные берега юго-восточной Азии, Новой Зеландии, южной Японии, частично Индонезии, северо-востока Южной Америки намываются и выдвигаются в море. На побережье Колхиды также отмечаются места с аккумулятивными берегами. Это территории устьев рек Риони, Ингури, Чорохи, Кодори, где, несмотря на повышение уровня моря, за счет выносов рек наблюдается увеличение отметок побережья (рис. 6).

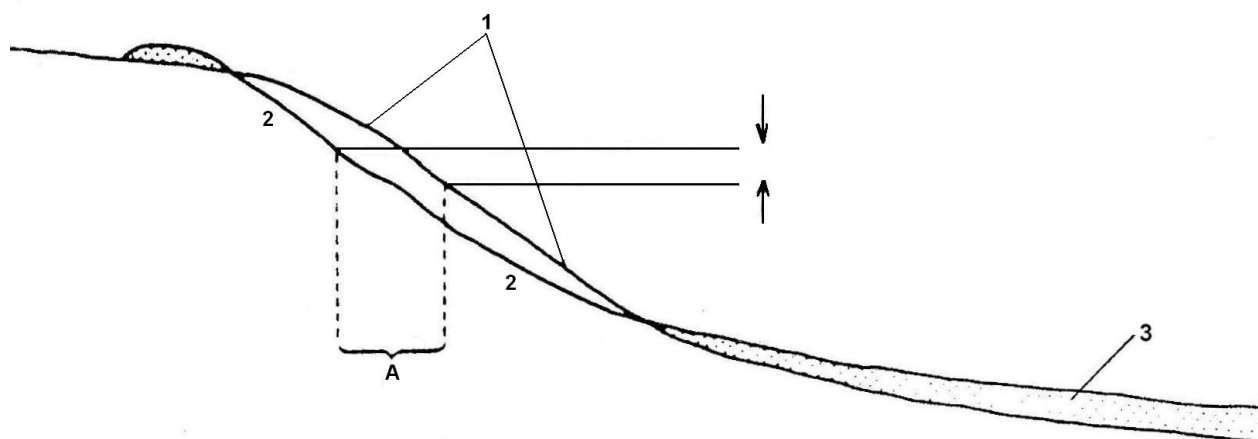


Рис.6. Схема отступления береговой линии (А) при повышении уровня моря .  
 1- положение берега и подводного склона при низком уровне моря;  
 2 – при повысившемся; 3 - подводное и пляжевое накопление наносов,  
 сформированное при повышении уровня моря

Не является ли отступление морей от своих берегов естественным процессом? Надо полагать, что самой важной причиной отступления берегов является сам ход развития берегов в Голоцене, т.е. в последние десять тысяч лет, когда берега успели пройти большую часть цикла своей геоморфологической эволюции, от ее начальной стадии к зрелости (рис. 7).

Очевидно, что на "начальной" стадии геоморфологической "зрелости" море успело врезаться в коренную породу, а у подножия откоса под водой накопилось немного обломочного материала.

В "юной" стадии геоморфологической "зрелости" море вырезало клиф и создало абразионную платформу с пляжем вблизи уреза воды. Подводное накопление наносов увеличилось. На стадии "зрелости" (как раз на этой стадии, очевидно, находятся современные абразионные берега) подводная абразионная платформа широкая и в сторону моря ее продолжает аккумулятивная терраса; сильно увеличивается пляж; штормовые волны редко достигают подножия клифа, и он превратился в пологий склон – разрушение берега почти прекратилось. 5 тыс. лет назад, когда уровень океана повышался более чем на 1 м в столетие, большинство берегов не размывалось, а, наоборот, интенсивно нарастало. Именно в послеледниковое время сформировались песчаные береговые бары, длина которых составляет 12% от общей длины берегов мира, и, еще более мощные по запасам наносов, песчаные террасы и дюны. При этом уровень океана повышался, постепенно приближаясь к своему современному положению. К идее достижения современными берегами геоморфологической "зрелости" ученые пришли еще в 60-х годах. Известно, что в 20-х годах прошлого столетия прорвалась, а сейчас почти отмерла бывшая коса Тузла в Керченском проливе, резко замедлился рост длинных кос северного Азова, перестала увеличиваться Анапская пересыпь. Эти формы питались за счет абразии смежных участков, которая, очевидно, завершена.

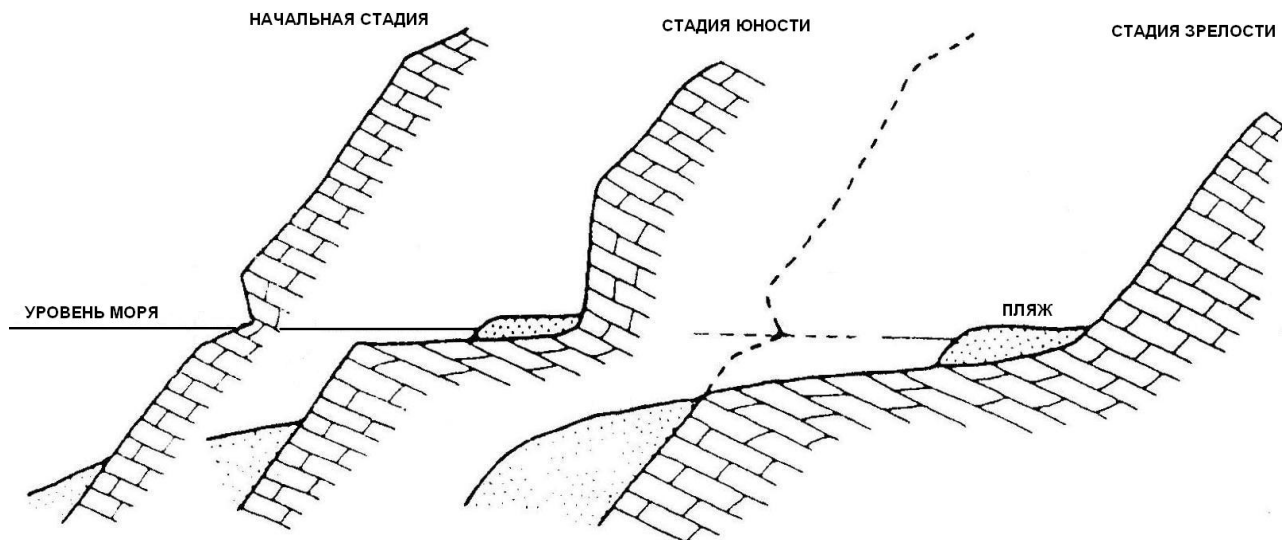


Рис.7. Три стадии геоморфологического развития берегов в Голоцене

## ВЫВОДЫ

Нельзя не принимать во внимание увеличивающийся в настоящее время объем воды за счет таяния ледников. Результатом этого процесса является подъем уровня Мирового океана и в частности Черного моря в среднем на 2,2 мм/год. В этой связи возникает необходимость в мероприятиях противодействия этому процессу. Неотложной задачей становится изучение и прогнозирование последствий изменения климата, исторического развития Земли и, в конечном счете, разработка программы адаптации человеческого общества к новым природным реалиям. Для достижения решения данной проблемы необходимо создать банк статистических данных по изменению уровня моря, температуры воздуха и воды, волнению, солености и другим элементам гидрорежима. Необходимо всем развитым странам принять обязательства для решения задачи уменьшения климатических изменений на планете. Необходимо срочно решать проблему уменьшения выхлопных газов и по внедрению экологически чистых технологий.

### ლიტერატურა

1. **Воронов Ю.Н.** Диоскуриада. Севастополь, - Цхум.: Наука, 1980;
2. **Иорданишвили И.К., Иорданишвили К.Т., Хосрошвили Е.З., Канделаки Н.В.** Количественная оценка опасного состояния Черного моря. //Сб. научных тр. Инст. водного хозяйства, №67, Тбилиси, 2012. стр. 100-107;
3. **Разумов Г.А., Хасин М.Ф.** Тонушие города. Стройиздат. М., 1991, 255 стр.;
4. **Робин Дж.** Изменение уровня океана. /В моногр. "Парниковый эффект и изменение климата и экосистемы", Л., Гидрометеиздат, 1989;
5. **Шервашидзе Л.А.** Повесть о городе, взятом волнами. Сухуми. Алашара, 1967;
6. **Flemming N.** Holocene eustatic changes and coastal tectonics in Mediterranean //Philosophical transactions of Royal Society of London, vol. 289, №1362. – London, 1978;
7. **Loyda L.** Rokles zatoc a usti rek na Apeninskem poloostrove //Sbornik Československe geograficke společnosti, svazek 87. –Praha, 1982;
8. **Metreveli G.S.** Some of the main results the current eustasy investigation. //Fourth International Technical Conference on Ocean Engineering and Marine Technology. Varna, Bulgar., 1996. p. 46;
9. Summary of the Working Group I Report. IPCC, WMO, UNEP. Cambridge University Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Summary for Policymakers and Technical Press, Cambridge, UK, 1996.

### დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები

#### გლობალური დათბობა და შავი ზღვის დონური რეჟიმი

ი.კ. იორდანიშვილი, მ.ვ. ვართანოვი, კ.თ. იორდანიშვილი, დ.შ. ფოცხვერია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო

**E-mail: irinaiord48@mail.ru**

*ანოტაცია.* ნაშრომში მოყვანილია შავი ზღვის დონური რეჟიმის ანალიტიკური და ნატურული კვლევების შედეგები კოლხეთის სანაპიროზე. განხილულია შავი ზღვის ტაფობის განვითარების პირობები, ფაქტორები და დონური რეჟიმი.

*საკვანძო სიტყვები:* შავი ზღვა; დონური რეჟიმი; კოლხეთი; გლობალური დათბობა.

**Earth sciences**

#### GLOBAL HEATING AND THE BLACK SEA LEVEL REGIME

**I.K. Iordanishvili, M.V. Vartanov, K.T. Iordanishvili, D.Sh. Potskhveria**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia

**E-mail: irinaiord48@mail.ru**

*Abstract.* The Black Sea and level regime analytical and Situ research results and also The Black Sea spot development factors and conditions and the level regime on the Colchis lowland is presented and discussed in the article.

*Keywords:* Black Sea; level regime; Colchis; global heating.

## МАКСИМАЛЬНАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ ВЛАГОЕМКОСТЬ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ГРУНТОВ

Л.А. Итриашвили, Е.З. Хосрошвили

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава

Грузинского технического университета

пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия

E-mail: [itriashvili@mail.ru](mailto:itriashvili@mail.ru)

**Аннотация.** Рассматривается классификация грунтов на основе гранулометрического состава. Показано несоответствие этой классификации в полевых и лабораторных условиях. На основе анализа существующих данных предлагается лабораторная классификация, в основу которой заложена градация грунтов по максимальной молекулярной влагоемкости.

**Ключевые слова:** грунты; гранулометрический состав; максимальная молекулярная влагоемкость; классификация.

### ВВЕДЕНИЕ

Отсутствие общепринятого и общепонятного языка, на котором специалисты, изучающие грунты в природных условиях и в лабораторной обстановке, могли бы передавать, полученные ими в процессе исследования, сведения о свойствах грунтов в форме понятной строителю и проектировщику, является давно признанным фактом. Практика показала, что полевые и лабораторные наименования грунтов в большинстве случаев представляют разительные противоречия.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время чаще всего используется классификация, основанная на данных гранулометрического состава. В зависимости от количественного соотношения песчаных, пылеватых и глинистых частиц в грунте, он именуется песком, супесью, суглинком или глиной. Эта так называемая трехчленная классификация основана на учете частиц крупностью 2,0–0,05 мм (песок); 0,05–0,005 мм (пыль) и мельче 0,005 мм (глина) [1].

В условиях лабораторных исследований грунтов отсутствует возможность учета многих факторов, констатируемых в естественных условиях залегания породы. Предоставляемый лабораториям образец грунта, в особенности, если он взят из буровой скважины, не может дать всего того, чтобы выполнить строительное классифицирование данной породы.

Вместе с этим, производимые в лабораториях определения некоторых свойств позволяют в известной мере составить суждение об особенностях данного образца грунта и как-то именовать его. В частности, наиболее приняты наименования: песок, супесь, суглинок и глина.

Такая классификация тем более необходима для лабораторий, так как современная методика и техника испытаний грунтов давно уже дифференцировали свои рекомендации применительно к отдельным разновидностям грунтов. Так, для песков и глин большинство определений выполняются по различной методике и технике.

Анализ литературных материалов [1÷6] и результатов наших исследований [7÷9] позволил выявить тесные корреляционные связи между максимальной молекулярной влагоемкостью и

содержанием глинистой фракции в грунтах различного генезиса, что указывает на преимущество классификации по величине максимальной молекулярной влагоемкости.

Можно уверенно утверждать, что ни одно из физических свойств грунта или их комбинации не дают более благоприятных возможностей.

Почти все определения содержат в своей методике те или иные необъективные условности, препятствующие их использованию для целей классификации.

С этой точки зрения определение максимальной молекулярной влагоемкости является наиболее выигрышным по сравнению со всеми остальными определениями.

Преимущества определения максимальной молекулярной влагоемкости состоят не только в том, что это определение чрезвычайно просто, легко и быстро выполняется в лаборатории и не в том, что некоторые отклонения в технике выполнения определения ничтожно отражаются на результатах, но, в основном, заключаются в независимости этого показателя от влияния механических (размельчение), физико-химических (пептизация, коагуляция, замещение катионов в поглощающем комплексе), термических (сушка при температуре до 105°С) процессов [2, 5]. Кроме того, максимальная молекулярная влагоемкость является энергетически эквивалентным показателем для всех типов грунтов т.к. силы связи этой влажности с грунтами находятся во всех случаях в районе 300 кПа [7÷9].

Таким образом, максимальная молекулярная влагоемкость является стабильным показателем, уверенно отражающим те физические особенности грунта, которые зависят от его суммарной поверхности. Этот показатель является типичным "паспортом" грунта как материала.

Максимальная молекулярная влагоемкость является величиной тождественной так называемой критической влажности грунта, т.е. той влажности, которая является как бы границей интенсивности деформаций под действием постоянной нагрузки [7, 9].

Следовательно, классификация грунтов, основанная на максимальной молекулярной влагоемкости, одновременно будет сочетать и основной, существенный для инженера, фактор – критическую влажность.

Различные дискуссии по отношению к максимальной молекулярной влагоемкости, доходящие вплоть до отрицания ее как определенной категории грунтовой влажности, ни в коей степени не затрагивают и не снижают преимуществ классификации грунтов по этому показателю.

Можно не признавать эту влагоемкость, как определенную категорию грунтовой влажности, можно оспаривать соображения А.Ф. Лебедева, но совершенно очевидно, что никто не в состоянии опровергнуть фактическое наличие этого показателя, получаемого с помощью метода влагоемких сред и оспаривать исключительную простоту, объективность и стабильность результатов этого определения [9].

Опыт уже показал, что даже некоторые отступления в технике определения, как то: изменение давления пресса, отличающееся от рекомендованного на значительную величину (в 10 и даже 15%), различие в толщине лепешки, количестве воды при замешивании грунтовой кашицы и т. п., практически не видоизменяют получаемых результатов [7].

Подобной стабильностью результатов не обладает ни один из существующих показателей физических свойств, определяемых в лабораториях. Этот факт пока никто еще не мог опровергнуть, и он является существенным преимуществом данного физического показателя.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании вышесказанного предлагается лабораторная классификация грунтов в нижеприведенной табличной форме.

ММВ	Содержание глинистых частиц	Наименование грунта
>30	> 60	Глина тяжелая
24-30	30 – 60	Глина легкая
20-23	20 - 30	Суглинок тяжелый
16-20	15 - 20	Суглинок средний
14-16	10 - 15	Суглинок легкий
10-14	5 - 10	Супесь тяжелая
5-10	2 - 5	Супесь легкая
<5	< 2	Песок

Простота определения максимальной молекулярной влагоемкости и данной классификации может явиться поводом для дискуссии, но, тем не менее, остается очевидным значительное удобство этой классификации, которую следует рассматривать как часть строительной классификации грунтов.

### Литература

1. **Сергеев Е.М.** Грунтоведение. Изд-во МГУ, 1976;
2. **Лебедев А.Ф.** Почвенные и грунтовые воды. Изд-во АН СССР, М., Л., 1936;
3. **Охотин А.В.** Грунтоведение. Изд-во военно-транспортной академии, М., 1933;
4. **Приклонский В.А.** Общее грунтоведение. Госгеолгиздат, М., Л., 1943;
5. **Охотин А.В.** Гранулометрическая классификация грунтов на основе их физических и механических свойств. Ленгострансиздат, Л., 1933;
6. **Васильев А.М.** Основы современной методики и техники физических свойств грунтов. Машстройиздат, М., 1949;
7. **Итриашвили Л.А.** Формы воды в грунтах, энергетика связи, классификация и методы определения. Мецниереба, Тб., 2007;
8. **Итриашвили Л.А.** Целевое управление свойствами грунтов. Мецниереба, Тб., 2005;
9. **Итриашвили Л.А.** Максимальная молекулярная влагоемкость, как важнейшая физическая константа почвогрунтов. //Сб. научных трудов ин-та водного хозяйства №68, 2013.

**გარემოს დაცვა**

**მაქსიმალური მოლეკულური წყალტევადობა,  
როგორც ბრუნტების კლასიფიკაციის მაჩვენებელი**

**ლ.ა. იტრიაშვილი, ე.ზ. ხოსროშვილი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო

**E-mail: [itriashvili@mail.ru](mailto:itriashvili@mail.ru)**

**ანოტაცია.** განხილულია გრუნტების კლასიფიკაცია გრანულომეტრული შემადგენლობის საფუძველზე. ნახვენებია ამ კლასიფიკაციის შეუსაბამობა საველე და ლაბორატორიულ პირობებში. არსებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე შემოთავაზებულია

კლასიფიკაცია, რომელსაც საფუძვლად უდევს გრუნტების გრადაცია მაქსიმალური მოლეკულური წყალტევადობის მიხედვით.

*საკვანძო სიტყვები:* გრუნტები; გრანულომეტრული შემადგენლობა; მაქსიმალური მოლეკულური წყალტევადობა.

**Environmental protection**

**MAXIMUM MOLECULAR WATER-ABSORBING CAPACITY  
AS A SOIL CLASSIFICATION**

**L.A. Itriashvili, E.Z. Khosroshvili**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia  
**E-mail: *itriashvili@mail.ru***

*Abstract.* Soil classification is discussed on the base of granulometric content. This document shows the irrelevant of this classification with field and laboratory conditions. Classification is proposed based on the existing analyze data, which for its part is based on soil gradation according to the maximum molecular water-absorbing capacity.

*Keywords:* soil; granulometric content; maximum molecular water-absorbing capacity.

## ЛОКАЛЬНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА РАСХОДА И СТОКА ДОННЫХ НАНОСОВ В РАВНИННЫХ РЕКАХ

З.Д. Копалиани, О.А. Самохвалова

ФГБУ Государственный гидрологический институт

2-я линия В.О., д. 23, г. Санкт-Петербург, 199053, Российская Федерация

E-mail: [channel@ggi.nw.ru](mailto:channel@ggi.nw.ru)

**Аннотация.** В работе представлены методика и локальные формулы для расчета расхода и стока донных наносов на ряде средних и малых равнинных рек Северо-запада Европейской территории России при грядовой форме перемещения руслового материала. Зависимости получены на основе гидрометрических измерений и обобщенной эмпирической формулы для скорости перемещения донных наносов в форме гряд установившегося профиля  $C_T = 0,019V Fr^3$ . Полученные зависимости могут быть с приемлемой для практики точностью рекомендованы для использования в расчетах на реках: Юг, Тосна, Луга и Шелонь.

**Ключевые слова:** расход и сток донных наносов; региональные и локальные формулы; песчаные гряды; реки Юг, Тосна, Луга, Шелонь.

### ВВЕДЕНИЕ

При решении большинства инженерных и природоохранных задач, связанных с руслами и поймами рек, необходимо определение расхода и стока донных наносов в реках. Применение для этих целей существующих методов и формул приводит к ошибкам, исчисляющимся десятками и сотнями процентов.

Основные причины неудовлетворительного состояния этой проблемы состоят в несогласованности терминологии, неоднозначности количественного описания и учета в существующих методах и формулах форм и видов транспорта донных наносов (влечение, сальтация, взвешивание, грядовое и безгрядовое движение), степени подвижности и сортировки наносов в процессе их перемещения, отсутствии надежных данных измерений, недостаточном учете специфики транспорта руслового материала в равнинных и горно-предгорных, больших, средних и малых реках и т. д.

Анализируя сложившуюся в литературе тупиковую ситуацию с методами оценки расхода и стока донных наносов в реках, К.В. Гришанин в работе [1] пишет: "Единственный возможный в настоящее время выход из этого положения состоит в создании и применении региональных формул расхода наносов. Эти формулы должны иметь максимально простую структуру и не содержать более одного-двух эмпирических параметров. Отражая в недифференцированной форме влияние всей совокупности местных условий, эти значения будут действительны лишь в пределах того участка реки, где сделаны измерения", – и там же, ниже: "Применение региональных формул есть, разумеется, временная мера, обусловленная недостатком наших знаний о транспорте наносов. Она не должна внушать пессимистического отношения к возможностям теории. Накопление региональных зависимостей может дать полезный материал для обобщений".

Региональные зависимости для расчета расхода донных наносов в руслах рек, сложенных их крупного аллювия, представлены в работах Ш.В. Джаошвили для рек Черноморского побережья Грузии [2], Р.В. Тимировой и З.А. Классен для горно-предгорных рек Центральной Азии [3], В.В. Ромашина для рек Черноморского побережья Краснодарского Края [4] и в некоторых других



литературных источниках [5].

Ниже изложены примеры разработки локальных формул для расчета расхода и стока донных наносов в равнинных реках с грядовым движением донных наносов.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

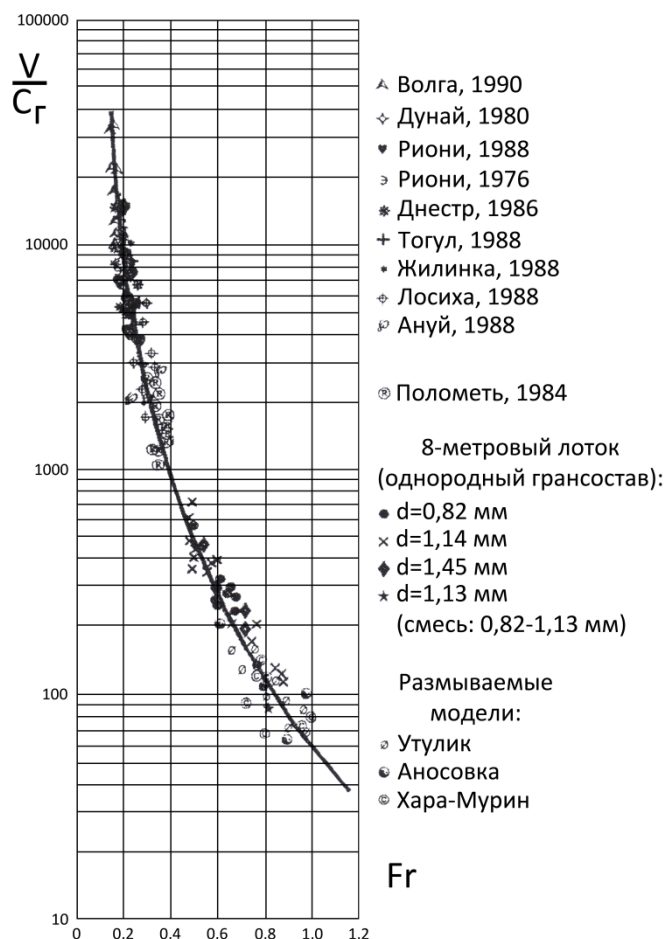
Преобладающим видом транспорта донных наносов в равнинных реках является их перемещение в грядовой форме, в виде малоинерционных гряд типа дюн, формирующихся в потоке макротурбулентным спектром пульсаций руслового потока. Длина этих гряд в состоянии динамического равновесия составляет 2-10 глубин, а высота – 0,06-0,20 глубин потока [6, 7].

В 1978 г. в ГГИ было выполнено обобщение данных измерений скорости смещения гряд этого типа в русловых потоках [7]. Был использован большой массив фактических данных измерений, накопленный к тому времени в ГГИ, а также иные литературные источники. На координатное поле  $\frac{V}{C_r} = f(Fr)$ , где  $V$  – скорость потока над грядой,  $C_r$  – скорость ее перемещения, а  $Fr = \frac{V}{\sqrt{gH}}$

– число Фруда, были нанесены данные измерений ГГИ на реках: Волге, Вычегде, Иртыше, Днепре, Дунае, Селенге, Дону, Полонети и в Каракумском канале, а также данные других исследователей на реках Миссисипи, Амударье, Хии и в земляных каналах Центральной Азии (Таш-Сака и Кыз-Кеткен).

На этом же графике были нанесены точки по данным лабораторных экспериментов по грядовому движению наносов, полученных в опытах Гончарова, Пушкарева, Копалиани, Дебольского, Знаменской, Гая, Саймонса и Ричардсона, а также данные измерений скорости перемещения гряд установленного профиля, полученные на размываемых физических моделях рек Волги, Иртыша, Амура, Нюкжи и Терешки в Русловой лаборатории ГГИ [7].

На рис. 1 изображена кривая гиперболического типа, соответствующая выражению  $C_r = 0,019V Fr^3$ , но без точек, полученных в перечисленных выше натуральных и лабораторных исследованиях, на основе которых эта кривая была построена. На этом рисунке нанесены только данные натуральных измерений ГГИ и МГУ (р. Днестр), а также данные измерений в гидравлическом лотке и на размываемых физических моделях, полученные в ГГИ после опубликования



**рисунк 1. Соответствие независимых данных измерений относительной скорости движения гряд кривой**

$$\frac{V}{C_r} = f(Fr), \text{ полученной в 1978 г.}$$

зависимости  $\frac{V}{C_T} = f(Fr)$  в 1978 г. [8]. Как следует из рис. 1, независимые новые данные хорошо соответствуют зависимости, полученной в 1978 г.

С целью установления локальных формул для расчета расхода донных наносов в равнинных реках при грядовой форме их перемещения за основу нами принята формула  $C_T = 0,019V Fr^3$ .

Из множества структур зависимостей, используемых в литературе для установления расчетной формулы расхода донных наносов при поиске локальной зависимости для конкретной реки, очевидно, наиболее подходящей следует признать структуру формулы Шоклича [9], связывающая расход донных наносов с текущим расходом воды, критическим расходом воды, при котором начинается движение донных частиц, а также их крупностью и уклоном дна  $Q_T = f(Q, Q_0, I, d)$ .

Поскольку отмеченные характеристики для конкретного участка реки меняются мало или в узких пределах, расход донных наносов на таких участках русла оказывается зависимым только от расхода воды  $Q_T = f(Q)$ .

Ниже приведен пример установления локальной формулы для расчета расхода донных наносов на основе данных, измеренных расходов воды на р. Юг, притоке р. Сухоны.

В табл. 1 представлены результаты расчета расхода донных наносов р. Юг в створе измерений по данным осредненных по поперечному сечению гидравлических характеристик потока для семи различных уровней наполнения русла (расходов воды). Значения скоростей перемещения гряд (графа 7) вычислялись по формуле [7, 8]:

$$C_T = 0,019V Fr^3, \text{ м/с} \quad (1)$$

а элементарный расход донных наносов по зависимости:

$$q_T = 0,6h_r C_T, \text{ м/с} \quad (2)$$

Значение высоты гряды определяется по данным измерений или по зависимости  $h_r = 0,13H$ , справедливой для малых и средних равнинных рек [10].

Значения  $q_r$  в графе 8 записаны в  $\text{м}^3/\text{с}/\text{м}$  в рыхлом теле, т.е. с порами.

Таблица 1

Расчеты расхода донных наносов на р. Юг

№	Расход воды, $Q$ , $\text{м}^3/\text{с}$	Средняя глубина потока, $H_{cp}$ , м	Средняя скорость потока, $V_{cp}$ , м/с	Ширина русла, $B$ , м	Число Фруда, $Fr = \frac{V}{\sqrt{gH}}$	Высота гряды, $h_r$ , м	Скорость перемещения гряды, $C_T$ , м/с	Элементарный расход донных наносов (в рыхлом теле), $q_T$ , $\text{м}^3/\text{с}/\text{м}$	Полный расход донных наносов (в твердом теле), $Q_T$ , $\text{м}^3/\text{сут}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	19	0,60	0,39	79	0,162	0,06	0,0000321	0,0000012	6
2	67	1,06	0,61	104	0,188	0,11	0,0000767	0,0000049	31
3	133	1,43	0,75	123	0,201	0,14	0,0001169	0,0000100	75
4	323	1,79	0,94	192	0,224	0,18	0,0002020	0,0000217	252
5	1460	2,60	1,37	410	0,271	0,26	0,0005183	0,0000809	2005
6	2905	4,10	1,73	410	0,272	0,41	0,0006638	0,0001633	4050
7	3961	5,10	1,89	410	0,268	0,51	0,0006909	0,0002114	5243

Значения полного расхода донных наносов в расчетном поперечном сечении русла, представленные в графе 9, получены умножением значений  $q_T$  на 86400 – число секунд в сутках, на 0,7 – для перевода значений расхода донных наносов из рыхлого в плотное тело без пор, и ширину русла  $B$  (табл. 1).

На рис. 2 дана кривая зависимости полного расхода донных наносов в  $\text{м}^3/\text{сут}$  от расхода воды  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) для исследуемого участка р. Юг, построенная по данным табл. 1.

Эта кривая имеет вид:

$$Q_T = 1,35Q \quad (3)$$

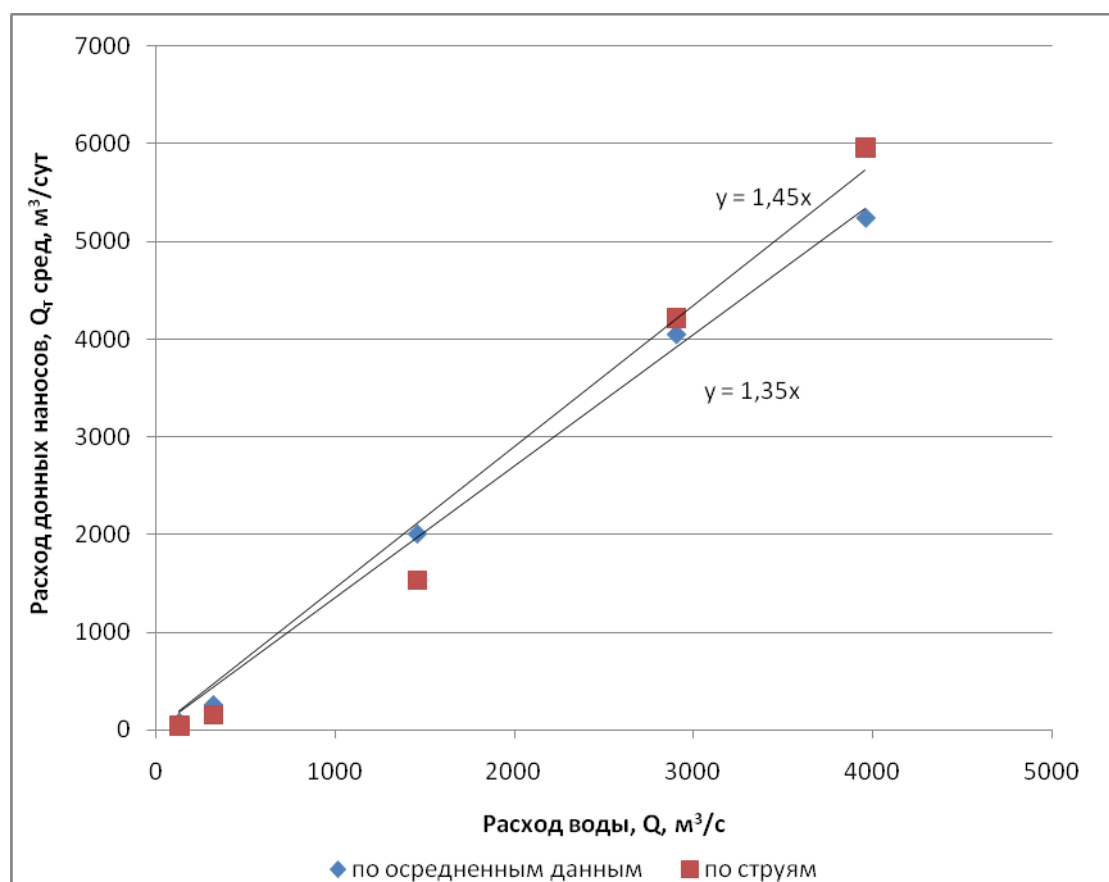


Рисунок 2. Зависимость полного расхода донных наносов от расхода воды в расчетном поперечном сечении р. Юг

На основе полученной кривой  $Q_T = f(Q)$  представляется возможным рассчитать объем стока донных наносов на исследуемом участке р. Юг в отдельные годы, а также за все годы наблюдений в среднем или за группы многоводных и маловодных лет, используя данные измерений на этом участке Росгидрометом расходов воды за 37-летний период наблюдений.

Для расчета стока донных наносов р. Юг в створе измерений была использована следующая методика.

Диапазон суточных расходов воды за конкретные годы был разбит на 13 интервалов со значениями расчетных значений расходов воды от  $50 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $3750 \text{ м}^3/\text{с}$ . Для каждого интервала расходов воды по графику (рис. 2) определялось значение расхода донных наносов  $Q_T$  ( $\text{м}^3/\text{сут}$ ), соответствующее этому расходу воды. Затем рассчитывалось количество дней в году с расходом воды, попадающей в указанный интервал, и умножением этого количества на величину расхода наносов для

этого интервала получалась величина суммарного стока донных наносов в заданном интервале расходов воды. Таким образом, были определены годовой сток воды и годовой сток донных наносов для каждого года. В табл. 2 представлены среднегодовые значения стока донных наносов на р. Юг в объемном выражении в твердом теле и в весовом выражении за все годы наблюдений, многоводные и маловодные годы. Среднегодовой сток донных наносов на р. Юг за все годы наблюдений составляет 129581 м<sup>3</sup>, за многоводные годы 148165 м<sup>3</sup>, а за маловодные годы 88391 м<sup>3</sup>.

Таблица 2

**Результаты расчетов характеристик стока донных наносов на р. Юг в створе измерений (по средним для поперечного сечения значениям)**

Период	Суммарный сток донных наносов за указанный период $W_T$ , м <sup>3</sup>	Среднегодовой сток донных наносов, $W_T$ , м <sup>3</sup>	Среднегодовой сток донных наносов, $W_T$ , т	$\frac{W_T}{W_{636}}$ , %	$\frac{W_T}{W_T + W_{636}}$ , %
За все годы наблюдений	4794512	129581	343391	51,3	33,9
За многоводные годы	2074313	148165	392638	58,6	36,9
За маловодные годы	972298	88391	234235	35,0	25,9

В весовом выражении (в тоннах) среднегодовой сток донных наносов за все годы наблюдений составляет 343391, за многоводные годы 392638, а за маловодные годы – 234235.

Годовой сток взвешенных наносов на р. Юг по данным фактических данных измерений за все годы наблюдений составляет 670000 т.

В последнем столбце табл. 2 представлена доля стока донных наносов от суммарного стока донных и взвешенных наносов в процентах, соответственно, за все годы наблюдений, а также для многоводных и маловодных лет составляющие 33,9%, 36,9% и 25,9%.

В составе настоящей НИР была получена также зависимость расхода донных наносов  $Q_T$  (м<sup>3</sup>/сут) от расхода воды  $Q$  (м<sup>3</sup>/с) на исследуемом участке р. Юг по данным измерений и расчетов методом суммирования по отдельным струям поперечного сечения русла. По аналогии с описанными выше вычислениями, полученными по осредненным для расчетного поперечного сечения гидравлическим характеристикам потока, были выполнены расчеты для четырех струй поперечного сечения русла по отдельности, а затем выполнено суммирование полученных значений, для получения общего расхода донных наносов и стока донных наносов в расчетном сечении русла (табл. 3).

Таблица 3

**Результаты расчетов характеристик стока донных наносов на р. Юг в створе измерений (по струям)**

Период	Суммарный сток донных наносов за указанный период $W_T$ , м <sup>3</sup>	Среднегодовой сток донных наносов, $W_T$ , м <sup>3</sup>	Среднегодовой сток донных наносов, $W_T$ , т	$\frac{W_T}{W_{636}}$ , %	$\frac{W_T}{W_T + W_{636}}$ , %
За все годы наблюдений	5150452	139201	368884	55,1	35,5
За многоводные годы	2228308	159165	421787	63,0	38,6
За маловодные годы	1044481	94953	251625	37,6	27,3

Наряду с формулой ГГИ, используемой выше для расчета расхода и стока донных наносов на р. Юг, в литературных источниках, посвященных проблеме оценки этих характеристик, и в имеющихся нормативных документах, включая нормативные руководства ГГИ [10÷12], рекомендуются и другие зависимости [10, 13, 14]. Поэтому представляется интересным выполнить сравнение результатов расчета расхода донных наносов на р. Юг по методу ГГИ с другими методами, наиболее часто рекомендуемыми в зарубежных и отечественных источниках, в судоходной практике [15] и в гидротехнике [16].

Для этой цели из различных литературных источников было отобрано 14 формул.

По каждой из четырнадцати проверяемых формул, так же, как по методу ГГИ (рис. 2), были установлены линейные зависимости вида  $Q_T \left( \frac{\text{м}^3}{\text{сут}} \right) = kQ \left( \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right)$ , полученные в результате расчетов по усредненным для поперечного профиля русла гидравлическим характеристикам потока и по расчетам по отдельным струям потока с последующим суммированием полученных значений для поперечного сечения потока. Результаты расчетов представлены в табл. 4.

**Таблица 4**

**Зависимости расхода донных наносов от расхода воды,  
полученные по различным формулам**

№	Автор	Вид зависимости $Q_T(Q)$	
		По струям	Осреднение по сечению
1	В.С. Кнороз (1960) [17]	$Q_T = 5,30Q$	$Q_T = 5,40Q$
2	Ю.М. Корчоха (1968) [18]	$Q_T = 2,46Q$	$Q_T = 2,28Q$
3	В.Ф. Пушкарев (1948) [19]	$Q_T = 149Q$	$Q_T = 71,6Q$
4	А.Н. Бугаков (1998) [20]	$Q_T = 3,59Q$	$Q_T = 3,16Q$
5	К.В. Гришанин(1969) ( $V_0$ с поправкой на неоднородность) [21]	$Q_T = 13,6Q$	$Q_T = 10,6Q$
	К.В. Гришанин(1969) ( $V_0$ без поправки) [21]	$Q_T = 3,95Q$	$Q_T = 3,49Q$
6	В.Н. Лазарев и Ф.М. Чернышов (1974) ( $V_0$ с поправкой на неоднородность) [22]	$Q_T = 3,30Q$	$Q_T = 2,50Q$
	В.Н. Лазарев и Ф.М. Чернышов (1974) ( $V_0$ без поправки) [22]	$Q_T = 2,86Q$	$Q_T = 1,95Q$
7	И.И. Леви (1957) ( $V_0$ с поправкой) [16, 21]	$Q_T = 13,0Q$	$Q_T = 16,4Q$
	И.И. Леви (1957) ( $V_0$ без поправки) [16, 21]	$Q_T = 12,5Q$	$Q_T = 15,8Q$
8	Э. Мейер-Петер (1934) [23]	$Q_T = 0,42Q$	$Q_T = 0,42Q$
9	Э. Мейер-Петер и Р. Мюллер (1948) по Гришанину ( $d$ ) [24]	$Q_T = 4,85Q$	$Q_T = 4,81Q$
	Э. Мейер-Петер и Р. Мюллер (1948) по Гришанину ( $d_{50}$ ) [24]	$Q_T = 5,36Q$	$Q_T = 5,17Q$
	Э. Мейер-Петер и Р. Мюллер (1948) по Вонгу и Паркеру ( $d$ ) [23]	$Q_T = 4,87Q$	$Q_T = 4,82Q$
	Э. Мейер-Петер и Р. Мюллер (1948) по Вонгу и Паркеру ( $d_{50}$ ) [23]	$Q_T = 5,37Q$	$Q_T = 5,18Q$
	Э. Мейер-Петер и Р. Мюллер (1948) по Вонгу и Паркеру ( $\theta = 0,03, d$ ) [23]	$Q_T = 5,14Q$	$Q_T = 5,04Q$
	Э. Мейер-Петер и Р. Мюллер (1948) по Вонгу и Паркеру ( $\theta = 0,03, d_{50}$ ) [23]	$Q_T = 5,47Q$	$Q_T = 5,27Q$
10	ВНИИСТ [10]	$Q_T = 10,3Q$	$Q_T = 8,11Q$
11	К.Б. Браун (1950) ( $d$ ) [14]	$Q_T = 14,0Q$	$Q_T = 10,8Q$
	К.Б. Браун (1950) ( $d_{50}$ ) [14]	$Q_T = 33,7Q$	$Q_T = 33,9Q$
	К.Б. Браун (1950) ( $d_{35}$ ) [14]	$Q_T = 41,3Q$	$Q_T = 40,7Q$
12	Р.А. Бэгнольд (1966) [10]	$Q_T = 1,53Q$	$Q_T = 1,33Q$
13	В.Н. Граф и Е.Р. Акароглу (1968) [10]	$Q_T = 11,2Q$	$Q_T = 11,4Q$
14	Г.И. Шапов (1952) (для неоднородного грунта, $V_0$ без поправки) [10÷13]	$Q_T = 1,67Q$	$Q_T = 2,41Q$
	Г.И. Шапов (1952) (для однородного грунта) [10÷13]	$Q_T = 1,19Q$	$Q_T = 0,93Q$

Из этой таблицы следует, что наиболее близкие результаты к полученным по методу ГГИ результатам дали формулы Корчохи, Шамова, Лазарева и Чернышова, Бэгнольда. Ниже приведен графический вид связей, полученных по методам Г.И. Шамова и Р.А. Бэгнольда, и представлены аналитические выражения этих формул:

- Формула Г.И. Шамова (1952) [13]

$$q_m = 0,95\sqrt{d}\left(\frac{V}{V_0}\right)^3 (V - V_0)\left(\frac{d}{H}\right)^{0,25} \text{ кг/с/м} - \text{ для однородных грунтов,} \quad (4)$$

$$q_m = \alpha^3\sqrt{d_{\max}^2}\left(\frac{V}{V_0}\right)^3 (V - V_0)\left(\frac{d}{H}\right)^{0,25} \text{ кг/с/м} - \text{ для однородных наносов.} \quad (5)$$

$\alpha = 3$ , если наибольшая фракция в составе наносов составляет 40-70% от суммы пробы,  $\alpha = 2,5$ , если она составляет 20-40% или 70-80% и  $\alpha = 1,5$ , если наибольшая фракция в пробе составляет 10-20% или 80-90%, а  $V_0 = 3,83d^{\frac{1}{3}}H^{\frac{1}{6}}$ .

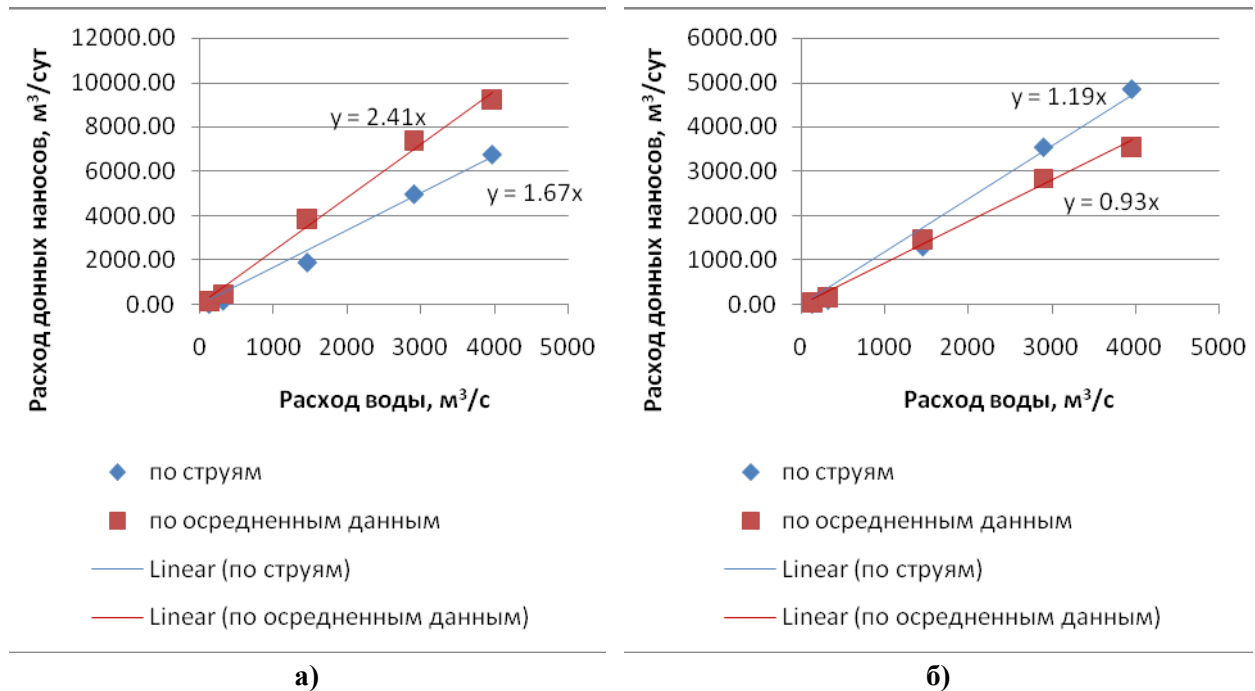


Рисунок 3. Зависимость расхода донных наносов от расхода воды на р. Юг по формулам Шамова для а) неоднородного грунта ( $V_0$  без поправки на неоднородность грунта) и б) однородного грунта

- Формула Р.А. Бэгнольда (1966) [10]

$$q_T = \frac{\rho}{\rho_T - \rho} \frac{V^3}{C_d^2} \frac{e'}{\text{tg } \varphi} \text{ М}^3/\text{с/М}, \quad (6)$$

$$C_d = \sqrt{g\left(5,661g\frac{H}{\Delta} + 6\right)} \quad (7)$$

$\Delta = 1.6d_{50}$  – для песка,  $\Delta = 1.3d_{50}$  – для гравия,  $\Delta = d_{50}$  – для крупного гравия. Угол  $\varphi = 24^\circ$ .

Эмпирический параметр  $e'$  определяется по табл. 5.

Значения параметра  $e'$

$d$ , мм	0,1	0,2	0,4	0,6	1,0
$e'$	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12

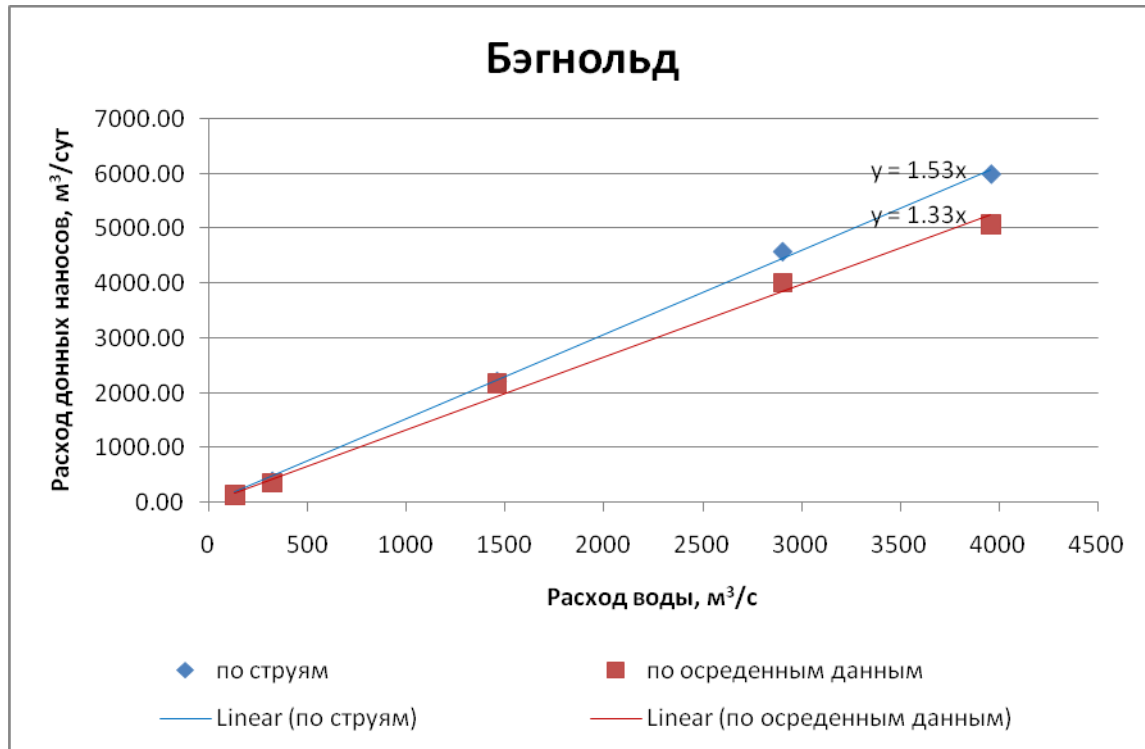


Рисунок 4. Зависимость расхода донных наносов от расхода воды на р. Юг по формуле Бэгнольда

Аналогично описанному выше, О.А. Самохваловой на основе измеренных расходов воды и зависимостей (1) и (2) были получены локальные формулы для некоторых рек Северо-запада Европейской территории России:

- р. Тосна (г. Тосно) в диапазоне расходов воды 25-200 м³/с:

$$Q_T = 0,64Q \quad (8)$$

- р. Луга:

- у г. Луга в диапазоне расходов воды 25-100 м³/с:

$$Q_T = 0,16Q - 3,61 \quad (9)$$

- у ст. Толмачево в диапазоне расходов воды 20-100 м³/с:

$$Q_T = 0,24Q - 3,16 \quad (10)$$

- у г. Кингисепп в диапазоне расходов воды 40-200 м³/с:

$$Q_T = 1,15Q - 42,08 \quad (11)$$

- р. Шелонь:

- у г. Порхов в диапазоне расходов воды 50-250 м³/с:

$$Q_T = 0,69Q - 13,63 \quad (12)$$

- у ст. Заполье в диапазоне расходов воды 100-800 м³/с:

$$Q_T = 1,64Q - 145,43 \quad (13)$$

---

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Установленные в настоящей работе локальные зависимости (3) и (8-13) могут быть использованы для расчета расхода и стока донных наносов в равнинных реках Юг, Тосна, Луга и Шелонь.

### Литература

1. **Гришанин К.В.** Устойчивость русел рек и каналов. Л. Гидрометеиздат, 1974, 143 стр.,
2. **Джаошвили Ш.В.** Речные наносы и пляжеобразование на Черноморском побережье Грузии. Изд. "Сабчота Сакартвело" Тбилиси. 1986, 153 стр.,
3. **Тимирова Р.В., Классен З.А.** К вопросу определения расхода влекомых наносов на горно-предгорных участках рек. //Тр. САНИИРИ, вып. 124, 1970,
4. **Ромашин В.В.** Морфодинамика речных русел Сочинского района Черноморского побережья Кавказа. //Тр. ЦНИИС, вып. 211, М. 2002, 167 стр.,
5. **Buffington J.M., King I.G.** A general power agnation for predicting bed load transport rates in gravel bed rivers. //Water Resources research, vol. 40, 2004. p. 22;
6. **Клавен А.Б., Копалиани З.Д.** О связи длины гряд с продольным размером крупномасштабных элементов турбулентности. //Тр. ГГИ, 1974, вып. 219. стр. 19-24;
7. **Снищенко Б.Ф., Копалиани З.Д.** О скорости движения гряд в реках и Лабораторных условиях. //Тр. ГГИ, 1978, вып. 252. стр. 20-37;
8. **Kopaliani Z.D.** Problem of changing sediment transport regime in rivers in water projects and river management. //Intern. Workshop "Aspects and Impacts of a changing sediment regime", AIT, Bangkok, Thailand, 1998. pp. 115-121;
9. **Schoklitsch A.** (1934) "Der Geschiebetrieb und die Geschiebefracht" //Wasserkraft und Wasserwirtschaft, vol. 29, no 4, pp. 37-43;
10. Добыча нерудных строительных материалов в водных потоках. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров. СТО ФГБУ "ГГИ". 52.08.31-2012. СПб, 2012. 131 стр.;
11. Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов). ВСН 163-83, 1985;
12. Учет руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки. СТО ГУ ГГИ 08.29-2009, 2009, 175 стр.;
13. **Шамов Г.И.** Формулы для определения предельной скорости и расходов донных наносов. //Тр. ГГИ, 1952, вып. 36 (90), стр. 3-17;
14. **Brown C.B.** Sediment Transportation – in H. Rouse. Engineering Hydraulics, Wiley and Sons, NY, 1950, Chapter 12, pp. 769-804;
15. Рекомендации по улучшению судоходных условий на свободных реках. СПб, ЛИИВТ, 1992, 312 стр.;
16. Рекомендации по прогнозу трансформации русла в нижних бьефах гидроузлов. СО 34.21.204-2005, ОАО ВНИИГ им. Веденеева, СПб, 2006, 102 стр.;
17. **Кнороз В.С.** О деформациях дна и о влиянии их на гидравлический режим потоков. //Тр. III Всесоюзного гидрологического съезда. Том V. Л.: Гидрометеиздат, 1960. стр. 166-176;
18. **Корчоха Ю.М.** Исследование грядового движения наносов на р. Полонети. //Тр. ГГИ, 1968, вып. 161. стр. 98-119;
19. **Пушкарев В.Ф.** Движение влекомых наносов. //Тр. ГГИ, 1948, вып. 8(62), стр. 93-109;
20. **Бутаков А.Н.** Обоснование расчетной формулы для расхода русловых наносов методом сравнительного анализа. //Тр. Академии водохозяйственных наук, 1998, вып. 5 – Гидрология и



- русловые процессы, стр. 225-238;
21. Гришанин К.В. Динамика русловых потоков. Л., Гидрометеиздат, 1969, 428 стр.;
  22. Лазарев В.Н., Чернышов Ф.М. Уточнение расчета расхода влекомых наносов для крупнозернистых грунтов. //Тр. НИИВТ, вып. 88: Методы улучшения судоходных условий на реках Сибири. Новосибирск, 1974, стр. 43-53.;
  23. Wong M., Parker G. Reanalysis and correction of bed-load relation of Meyer-Peter and Muller using their own database. //Journal of hydraulic engineering, 2006, vol. 132, № 11, pp. 1159-1168;
  24. Гришанин К.В. Основы динамики русловых потоков. М. Транспорт, 1990, 320 стр.

**Hydrology and meteorology**

**REGIONAL AND LOCAL FORMULAE FOR BEDLOAD DISCHARGE  
AND YIELD ASSESSMENT IN PLAIN RIVERS**

**Z.D. Kopaliani, O.A. Samokhvalova**

FSBI State Hydrological Institute  
2 line, V.O., 23, Saint Petersburg, 199053, Russian Federation  
**E-mail: *channel@ggi.nw.ru***

**Abstract.** Local formulae are developed for bed-load discharge and yield calculation in some middle-size and small rivers of the Russian North-West European part in case of bed material movement in the form of dunes. These relationships are based on the field hydrometric measurements and an empirical formula for the steady profile dunes migration in plain rivers  $C_d = 0,019V Fr^3$ . The formulae are recommended for practical application in the Jug, Tosna, Luga and Shelon rivers.

**Keywords:** bed-load discharge and yield; regional and local formulae; sand dunes; Jug, Tosna. Luga and Shelon rivers.

**FORECAST OF DYNAMIC AND IMPURITY'S DISPERSION PROCESSES  
IN THE GEORGIAN BLACK SEA COASTAL ZONE  
AND ADJOINING WATER AREA**

**A.A. Kordzadze, D.I. Demetrashvili, V.G. Kukhalashvili**

M. Nodia Institute of Geophysics  
of I. Javakhishvili Tbilisi State University  
1, M. Aleksidze str., 0160 Tbilisi, Georgia

**E-mail: akordzadze@yahoo.com, demetr\_48@yahoo.com**

**Abstract.** A regional short-term forecasting system for the Georgian Black Sea coastal zone and adjoining water area (the liquid boundary is along 39.08° E), which is functioning in the near-real time at the M. Nodia Institute of Geophysics of I. Javakhishvili Tbilisi State University, is presented. The forecasting system, which is one of the components of the basin-scale Black Sea nowcasting/forecasting system, consists of hydrodynamic and ecological blocks. The hydrodynamic block includes a high-resolution 3D regional model of the Black Sea dynamics of Institute of Geophysics, but ecological block is based on 2D and 3D advection-diffusion models of spreading of nonconservative admixtures. The data required for calculation of forecasts of the sea state are transferred from Marine Hydrophysical Institute (Sevastopol/Ukraine) everyday via Internet. Except for the 3 days forecasts of current, temperature and salinity fields, the regional forecasting system provides forecasting of pollution zones and concentrations of oil and other polluting substances with spatial resolution 1 km in accidental situations.

**Keywords:** forecasting system; numerical model; current; spreading of admixture; turbulence.

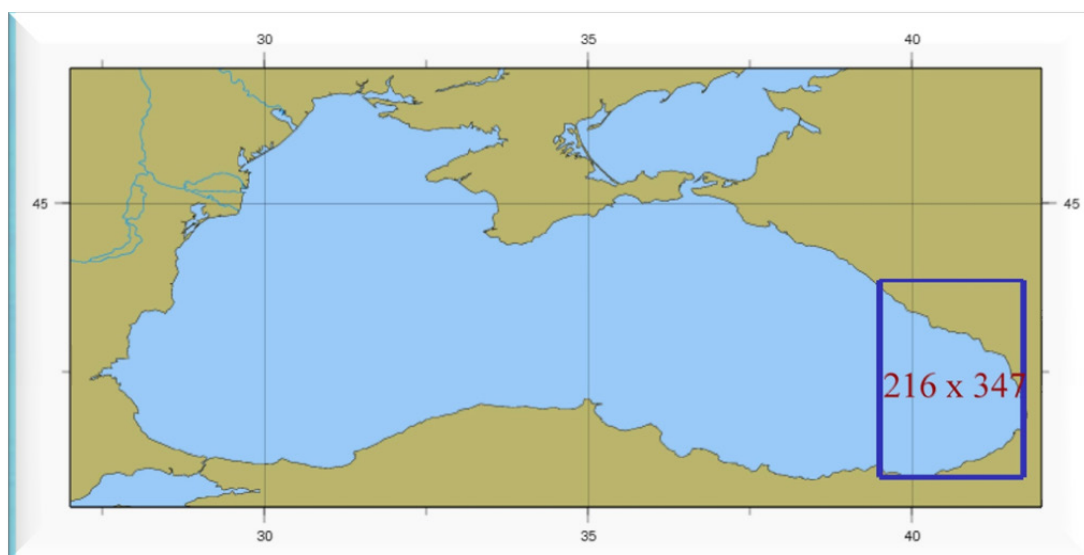
**INTRODUCTION**

The Black Sea is a semi-closed basin, which only by the Bosphorus Strait is connected with the world ocean. Therefore, it is quite sensitive to the external anthropogenic influences. Especially under the large danger there are coastal and shelf zones, where anthropogenic loading is very high. This fact also refers to the Georgian coastal area, where the oil floods became intensive last years, as sea transportations considerably have increased. It creates serious danger to the coastal zone, ecological safety of which has the large socio-economic value for Georgia. Besides, there is a danger of such emergency, when there is an opportunity of significant pollution of coastal waters by other toxic and radioactive substances. Nowadays, development of the monitoring and forecasting system of the Black Sea state is very important problem of the operative oceanography, because such system should provide the population of the country and appropriate state bodies with the operative information about parameters describing Black Sea state including the zones of polluting sea waters and pollution concentrations.

In the present study, the new version of the Black Sea regional forecasting system for the Georgian coastal zone and adjoining water area developed at M. Nodia Institute of I. Javakhishvili Tbilisi State University [1-3], which is extended by inclusion of 2D and 3D impurity's dispersion models, is shortly described; some results of modeling and short-range forecast of circulation and spreading of oil and other polluting substances in the easternmost part of the Black Sea are also presented.

### THE MAIN PART

The regional water area is limited to the Caucasus and Turkish coastal lines and the western liquid boundary coinciding with the meridian 39.08° E (Fig.1). The regional forecasting system consists of hydrodynamic and ecological blocks. The hydrodynamic block is based on the application of the Institute of Geophysics of I. Javakhishvili Tbilisi State University's high-resolution regional model of the Black Sea dynamics (RM-IG) [1, 2], which is based on a primitive equation system of ocean hydro and thermodynamics in hydrostatic approximation. This model is nested in the basin-scale model (BSM) of Marine Hydrophysical Institute (MHI, Sevastopol/Ukraine). The input data – the initial and prognostic hydrophysical fields on the open boundary, also 2D prognostic meteorological fields at the sea surface – wind stress, heat fluxes, evaporation and precipitation rates needed for the regional forecasts of dynamic fields we accept from MHI everyday in the near-real time mode via Internet. Prognostic hydrophysical fields are results of forecast by the BSM of MHI and 2D meteorological boundary fields represent the results of forecast by regional atmospheric model ALADIN. All these fields are given on the grid of BSM with 5 km spacing and with one-hour time step frequency for the integrated period. During the regional model implementation these fields are transferred to grid of the regional model at every time step with 1 km spacing by interpolation.



**Fig.1. Regional area of modeling and forecast**

The ecological block is based on 2D and 3D diffusion models using nonstationary flow field calculated from the hydrodynamic block and describing spreading of oil and other non conservative substances in the water area. The diffusion models are based on nonstationary advection-diffusion equation for nonconservative substance:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial u \varphi}{\partial x} + \frac{\partial v \varphi}{\partial y} + \frac{\partial w \varphi}{\partial z} + \sigma \varphi = \frac{\partial}{\partial x} \mu \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \nu \frac{\partial \varphi}{\partial z} + f,$$

where  $\varphi$  is the volume concentration of a substance;  $u$ ,  $v$ , and  $w$  are the sea current velocity components along  $x$ ,  $y$  and  $z$  axes, respectively;  $\mu$  and  $\nu$  are the coefficients of horizontal and vertical turbulent diffusion, respectively;  $\sigma = \ln 2 / T_0$  is the parameter describing changeability of concentration because of physical and biochemical factors;  $T_0$  represents the time interval, during which the initial pollution

concentrations decrease two times; in general,  $f$  describes the space-temporal distribution of a specific source power, which in case of the point source may be represent by the delta function

$$f = Q \delta(x - x_0) \delta(y - y_0) \delta(z - z_0),$$

where  $x_0$ ,  $y_0$  and  $z_0$  are coordinates of the source location.  $Q$  is power of oil emission from the point source. 2D version of (1) was applied for simulation and forecast of oil spill transport. In both 2D and 3D versions Neumann boundary conditions are applied, at initial time pollution of the sea is absent.

To solve the problems in the both blocks splitting methods are used, which enable the solution of complex nonstationary problems to reduce to solutions of relatively simple two-dimensional and one-dimensional problems [4, 5].

The transport models of oil (2D task) and other substances (3D task) are included in the forecasting system as separate modules and enable to calculate pollution zones and concentrations at emergency. With this purpose it is required to input in the calculated program written on the algorithmic language “Fortran” the following parameters: coordinates of source location, amount of emission, duration of emission and the parameter  $\sigma$  describing the change of pollution concentrations due to physical and biochemical factors depending on the type of polluting substance.

Thus, the regional forecasting system provides 3 days’ forecast of 3D dynamic fields – flow, temperature and salinity, and in case of accidental situations – the forecast of spreading of the oil and other pollutants with 1 km spacing in the easternmost part of the Black Sea.

A comparison of results of the calculated forecasts with real data has shown the ability of the RM-IG to reliably predict hydrophysical fields in the Georgian coastal zone of the Black Sea [2]. Currently we are able to carry out a comparison of the calculated sea surface temperatures with SST satellite images derived from NOAA (the Marine Portal site, NSAU, <http://dvs.net.ua/mp>). An analysis of the comparison shows good qualitative and quantitative agreement between the forecasted and measured temperature fields; in most points the error does not exceed 0.6–0.8°C [3].

All problems included in the regional forecasting system use a grid having 215 x 347 points with horizontal resolution 1 km. On the vertical, the non-uniform grid with 30 calculated levels on depths 2, 4, 6, 8, 12, 16, 26, 36, 56, 86, 136, 206, 306 to 2006 m are considered. The time step is equal to 0.5 h.

Regular calculations of the regional forecasts started since 2010 show that the easternmost part of the Black Sea, including the Georgian water area, is dynamically very active zone, where continuous generation, deformation, and disappearance of the mesoscale and submesoscale cyclonic and anticyclone eddies occur throughout the year.

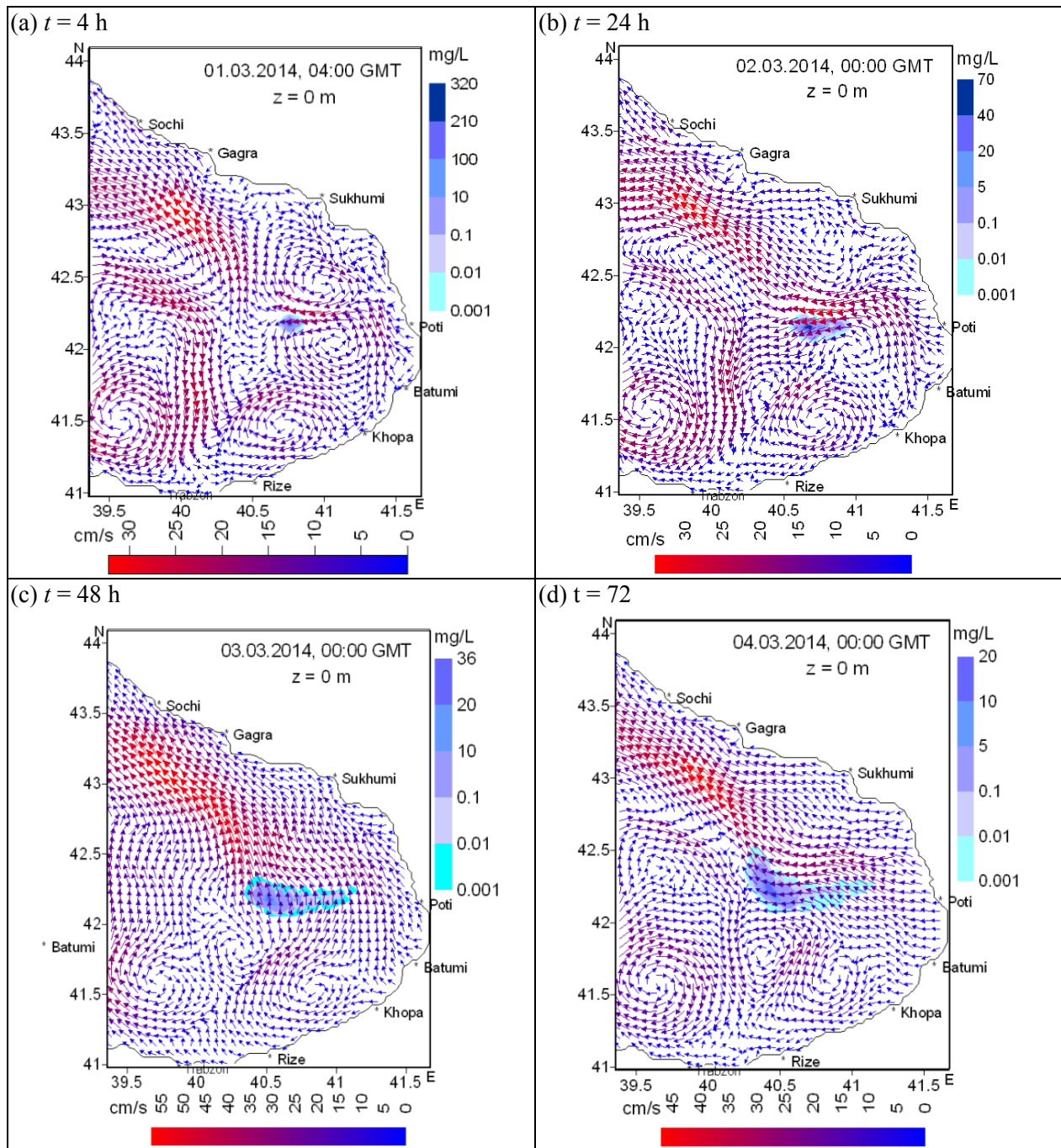
Fig.2 illustrates forecasted regional circulation in the easternmost part of the Black Sea and drifting of oil slick in case, when 50 t was occurred on distance about 65 km from Poti shoreline in the point with coordinates 140Δx and 132Δy (the forecasting period is 00:00 GMT, 1-4 March 2014). The diffusion coefficient was variable calculated by the formula [6]

$$\mu = \gamma \Delta x \Delta y \sqrt{2 \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2},$$

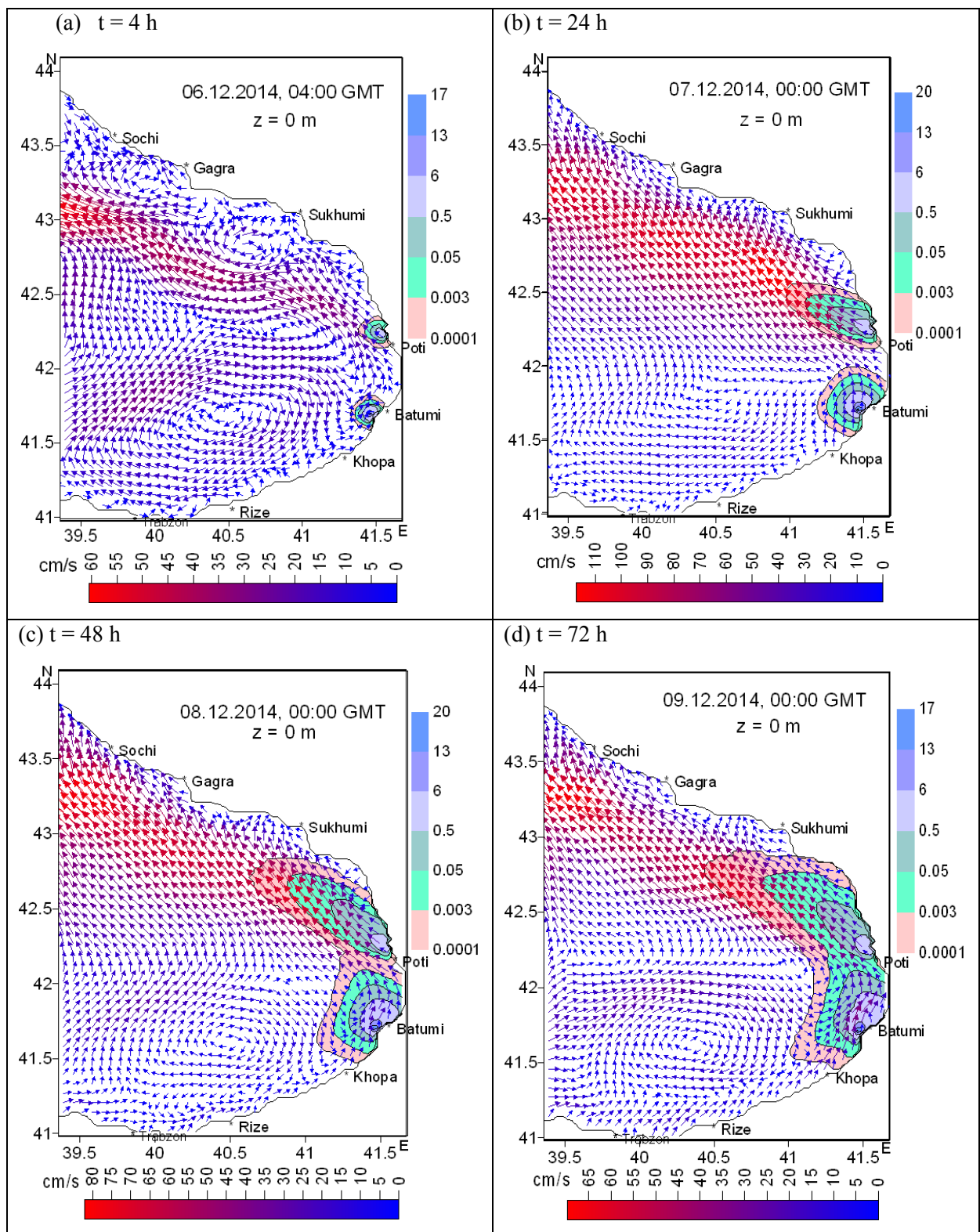
where  $u$  and  $v$  are horizontal components of flow velocity;  $\Delta x$  and  $\Delta y$  are horizontal grid steps along  $x$  and  $y$  axes, respectively;  $\gamma$  is some constant. We accepted  $\sigma = 1,6 \cdot 10^{-5}$  if  $t \leq 24$  h and  $\sigma = 8,2 \cdot 10^{-7}$  if  $t > 24$  h. The first value of  $\sigma$  corresponds to double reduction of oil concentrations for 12 hours, and the second one – to double reduction of concentrations during 10 days.

From the Fig.2 is well visible that in the east part of the considered water area the triplet structure consisting from two anticyclone vortexes and one middle cyclonic vortex is formed at time moment 04:00

GMT, 1 March 2014 (Fig.2a). During the forecasting interval the current is essentially transformed – the triplet structure gradually breaks up and the current directed to the north-west is formed, but there are also formed some vortexes with relatively small sizes (Fig.2c and 2d). Such circulating reorganization is essentially reflected on moving of the oil spill. In the course of migration the oil slick extends gradually and deformed. Simultaneously there is a reduction of oil pollution concentrations that is caused by diffusion expansion, evaporation and other physical and chemical factors, which are taken into account in the model indirectly.



**Fig.2. Simulated surface current field and oil spill transport corresponded to the following time moments after oil flood: (a) - 4h, (b) - 24 h, (c) - (48), (d) - (72). The forecasting interval is 00:00 GMT, 1-4 March 2014. The source coordinates:  $140\Delta x$  and  $132\Delta y$ .**



**Fig. 3. Simulated surface current field and distribution of impurity at  $t = 4, 24, 48$  and  $72$  h after start of getting impurity to the sea from rivers Chorokhi and Rioni. The forecasting period is 00:00 GMT, 6-9 December, 2014.**

Fig.3 illustrates results of simulation and forecast of circulation and the distribution of the nonconservative impurity which has been discharged into the sea from rivers Rioni and Chorokhi in the

following amount per 1 s: from river Chorokhi - 100000 standard units, from southern and northern Rioni branches - 5000 and 10000 standard units, respectively. The time of disintegration  $T_0$  was taken equal to 30 days. The factors of vertical and horizontal turbulent diffusion were  $15 \text{ cm}^2/\text{s}$  and  $5 \cdot 10^6 \text{ cm}^2/\text{s}$ , respectively. The forecasting period corresponded to 00:00 GMT, 6–9 December 2014. The main feature of the circulation for this forecasting period is very high speeds of sea current which are caused by strong winds for the considered period. Strong winds and therefore strong wind stress considerably influence sea surface current and renders smoothing action weakening vortex formation in the sea upper layer [7].

From Fig. 3 it is clearly visible, that the character of circulation considerably predetermines the basic features of impurity's distribution processes. The analysis of the pollution concentration fields showed that the impurity is distributed not only in a horizontal direction, but also on a vertical due to vertical diffusion and vertical flows. Pollution concentrations reached up to depth approximately 40-50 m during 3 days.

### CONCLUSION

The paper presents a new version of the regional forecasting system for the easternmost Black Sea state allowing to forecast with 3-days forward not only 3-D dynamical fields – current, temperature and salinity with 1 km spacing, but also spreading of pollution zones and concentrations of oil and other pollutants in the case of accidental situations. The regional forecasting system is a part of the basin-scale nowcasting/forecasting system and all required input data are provided from MHI (Sevastopol) in the near-real time mode via Internet. The numerical experiments carried out in different location of hypothetical sources and real circulating modes, show a significant role of circulating processes in formation of spatial-temporary distribution of pollution.

### References

1. **Kordzadze A.A., Demetrashvili D.I.** Forecast of circulation processes in the Georgian Black Sea coastal zone by the high-resolution regional model of the Black Sea dynamics. //Collected papers of Institute of Water Management of Ministry of Science and Education of Georgia. 2010, № 65, pp.140-146;
2. **Kordzadze A.A., Demetrashvili D.I.** Operational forecast of hydrophysical fields in the Georgian Black Sea coastal zone within the ECOOP. //Ocean Science, 2011, No7, pp. 793-803, [www.ocean-sci.net/7/793/2011/](http://www.ocean-sci.net/7/793/2011/), doi: 10.5194/os-7-793-2011;
3. **Kordzadze A.A., Demetrashvili D.I.** Short-range forecast of hydrophysical fields in the eastern part of the Black Sea. //Izvestia AN, Fizika Atmosfery i Okeana, 2013, vol. 49, N6, pp.733-745 (in Russian);
4. **Marchuk G.I.** Numerical Solution of Problems in Atmospheric and Oceanic Dynamics. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1974, 303 p. (in Russian);
5. **Marchuk G.I.** Mathematical Modeling in the Environment Problem. Moscow, Nauka, 1982, 320 p. (in Russian);
6. **Zilitinkevich C.C., Monin A.C.** Turbulence in the Dynamical Models of the Atmosphere. Leningrad, Nauka, 1971, 44 p. (in Russian);
7. **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. //Izvestia AN, Fizika Atmosfery i Okeana, 2008, vol.44, N2, pp.213-224 (in Russian).

**ПРОГНОЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
ПРИМЕСЕЙ В ГРУЗИНСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ  
И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ АКВАТОРИИ**

**А.А. Кордзадзе, Д.И. Деметрашвили, В.Г. Кухалашвили**

Институт геофизики им. М. Нодиа  
Тбилисского государственного университета им. Ив. Джавахишвили  
ул. М. Алексидзе 1, г. Тбилиси, 0162, Грузия  
E-mail: [akordzadze@yahoo.com](mailto:akordzadze@yahoo.com), [demetr\\_48@yahoo.com](mailto:demetr_48@yahoo.com)

**Аннотация.** Представлена региональная система краткосрочного прогноза для Грузинской прибрежной зоны Черного моря и прилегающей акватории (жидкая граница проходит вдоль 39.08° в. д.), которая функционирует в институте геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили в режиме близком к реальному. Прогностическая система, которая является одним из компонентов системы диагноза и прогноза состояния Черного моря в масштабах всего бассейна, состоит из гидродинамического и экологического блоков. Гидродинамический блок содержит региональную модель динамики Черного моря с высоким разрешением института геофизики, а экологический блок основан на двумерном и трехмерном моделях переноса-диффузии распространения примесей. Данные, требуемые для расчета прогнозов состояния моря, передаются ежедневно из морского гидрофизического института (г. Севастополь) через Интернет. Кроме прогноза полей течения, температуры и солености, в чрезвычайных ситуациях региональная система обеспечивает прогноз зон загрязнения и концентраций нефти и других загрязняющих веществ с разрешением 1 км.

**Ключевые слова:** прогностическая система; численная модель; течение; распространение примеси% турбулентность.



გრუნტის წყლის დაუმყარებელი მოძრაობის პირობებში  
სისტემატური კორიზონტალური დრენაჟის გაანგარიშება

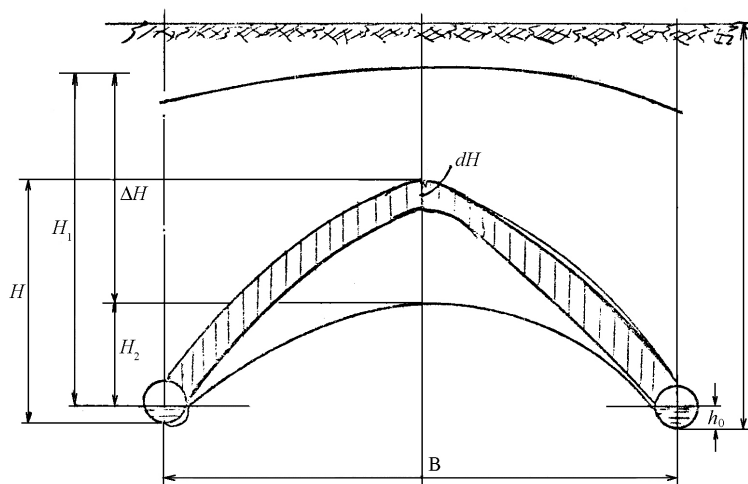
შ.ზ. კუპრეიშვილი, პ.ო. სიჭინავა, ზ.კ. ლობჯანიძე, ქ.ზ. დადიანი, ნ.პ. ბერაია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო  
E-mail: [Shorena\\_12@mail.ru](mailto:Shorena_12@mail.ru)

**ანოტაცია.** დადგენილია, რომ დრენებს შორის მანძილის გაანგარიშება უნდა მოხდეს გრუნტის წყლის დაუმყარებელი რეჟიმის გათვალისწინებით. შემოთავაზებულია დრენის წყალგაუმტარ ფენაზე მდებარეობის შემთხვევაში წყლის ბალანსის განტოლება. გაანგარიშებულია დრენაჟის წყალგაუმტარ ფენაზე მდებარეობის შემთხვევაში მასში ორივე მხრიდან წყლის შედილების დროს დრენთაშორისი მანძილის საანგარიშო ფორმულა.

**საკვანძო სიტყვები:** გრუნტის წყალი; ნიადაგი; დრენაჟი; დამყარებული მოძრაობა; დაუმყარებელი მოძრაობა.

გრუნტის წყალი; ნიადაგი; დრენაჟი; დამყარებული მოძრაობა; დაუმყარებელი მოძრაობა ზემოთ აღნიშნული ნახანძრალი ტერიტორიებიდან ჩვენი კვლევის საგანს წარმოადგენს ბორჯომის ხეობა, რადგან სტიქიის შედეგად განადგურებულმა ტყის ფართობმა მარტო ამ რაიონში 950 ჰექტარს მიაღწია (სულ საქართველოს მასშტაბით განადგურდა 1 100 ჰექტარი ტყის მასივი) და სასიცოცხლო ფუნქცია შეუწყდა 290 000 მ<sup>3</sup> ხე-ტყეს. ხანძრის შედეგად მთის ფერდობებზე მთლიანად განადგურდა მცენარეული საფარი, რის გამოც გააქტიურდა ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენები, წარმოიქმნა ახალი მოწყვლადი უბნები [5, 6, 7].



ნახ. 1

ფაქტობრივად, გრუნტის წყლის დონე დრენთაშორისებში იცვლება კლიმატური პირობების, დასაშრობი ფართობის გამოყენების ხასიათის, კულტურების მდგომარეობისა

და სხვა ფაქტორების გამო, ე.ი. ადგილი აქვს გრუნტის წყლის მერყეობას – აწევას ან დაწევას დასაშრობ ფართობზე. ამიტომ, პრაქტიკულად, დრენაჟი ყოველთვის მუშაობს დაუმყარებელ რეჟიმში და დრენებს შორის მანძილის გაანგარიშება უნდა მოხდეს გრუნტის წყლის დაუმყარებელი რეჟიმის გათვალისწინებით. რაც შეეხება დამყარებულ რეჟიმს, ის შეიძლება განვიხილოთ როგორც კერძო შემთხვევა, როდესაც ფართობზე მოსული წყალი და დრენაჟში შენადენი წყალი რაოდენობრივად ერთმანეთის ტოლია [1, 2, 3].

დრენთაშორისი მანძილები ისეთნაირად უნდა შეირჩეს, რომ მოცემული ნიადაგური, ჰიდროგეოლოგიური და კლიმატური პირობებისათვის უზრუნველყოფილი იყოს წყლის დონის დაწევა  $H_1$ -დან  $H_2$ -მდე, ე.ი.  $H_1 - H_2 = \Delta H$  რაღაც  $T$  დროის განმავლობაში, რომელიც შეესაბამება მცენარის წყალმოთხოვნილების პირობებს.

დრენის წყალგაუმტარ ფენაზე მდებარეობის შემთხვევაში დავუშვათ, რომ რაღაც დროისათვის გრუნტში წყლის დონე იყო  $H$  სიმაღლე და რაღაც  $dt$  დროში დაიწია  $dH$ -ით. ამ დროის განმავლობაში ნიადაგის მიერ გაცემული წყლის რაოდენობა ტოლი უნდა იყოს დრენში შენადენი წყლის ხარჯისა. აქედან გამომდინარე, წყლის ბალანსის განტოლება შემდეგნაირად დაიწერება:

$$-1 \cdot \varphi \cdot \delta \cdot B \cdot dH = 1 \cdot q \cdot dt, \quad (1)$$

სადაც  $\varphi$  დეპრესიის წირის ფორმის (პარაბოლა, ელიფსი და სხვ.) დამახასიათებელი კოეფიციენტი, რომელიც დაახლოებით უდრის 1-ს;  $\delta$  – ნიადაგ-მოცულობითი წყალგაცემის კოეფიციენტი, რომელიც იანგარიშება ერკინის ფორმულით:

$$\delta = 16,5 \sqrt{K} \cdot \sqrt[3]{\Delta H} \quad (K - მ/წმ; H - მ)$$

$B$  – დრენთაშორისი მანძილი;

$q$  – გრუნტის წყლის შენადენი ერთეულ სიგრძეზე; განტოლების მარცხენა მხარეს მინუს ნიშანი წერია იმიტომ, რომ  $t$  არგუმენტის გადიდებით  $H$  კლებულობს.

როგორც ვიცით, დრენაჟის წყალგაუმტარ ფენაზე მდებარეობის შემთხვევაში, როდესაც კვება ინფილტრაციული წყლებით ხდება, დრენაჟში ორივე მხრიდან წყლის შეღინება გამოისახება ფორმულით

$$q = \frac{4K(H^2 - h_0^2)}{B}, \quad (2)$$

სადაც  $H$  არის დაწნევა ( $h$ -ის შესაბამისი).

თუ  $q$ -ს მნიშვნელობას ჩავსვამთ (1) ფორმულაში, მივიღებთ

$$-\varphi \delta B dH = \frac{4K(H^2 - h_0^2)}{B} dt.$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ წყლის სიღრმე დრენში ან არხში  $h_0$  გაცილებით ნაკლებია  $H$ -თან შედარებით, შეიძლება მისი უგულებელყოფა და მაშინ:

$$-\varphi \delta B dH = \frac{4KH^2}{B} dt,$$

საიდანაც, გრუნტის წყლის დაწევის დრო

$$dt = -\frac{\varphi \delta B^2}{4K} \cdot \frac{dH}{H^2}.$$

თუ გავაინტეგრირებთ ამ განტოლებას სასაზღვრო პირობებით: როცა  $t = 0$ ,  $H = H_1$ , ხოლო როცა  $t = T$ , მაშინ  $H_1 = H_2$ ,

$$\int_0^T dt = -\frac{\varphi \delta B^2}{4K} \int_{H_1}^{H_2} H^{-2} dH.$$

ინტეგრირების შედეგად მიიღება

$$T = -\frac{\varphi \delta B^2}{4K} \left[ \frac{H^{-1}}{-1} \right]_{H_1}^{H_2} = \frac{\varphi \delta B^2}{4K} \left[ \frac{1}{H_2} - \frac{1}{H_1} \right] = \frac{\varphi \delta B^2}{4K} \cdot \frac{H_1 - H_2}{H_1 H_2}.$$

აქედან

$$B^2 = \frac{4KTH_1H_2}{\varphi \delta (H_1 - H_2)}, \text{ და}$$

$$B = \sqrt{\frac{4KTH_1H_2}{\varphi \delta (H_1 - H_2)}}.$$

მივიღეთ დრენაჟორის მანძილის საანგარიშო ფორმულა (ა.ნ. კოსტიაკოვი) [4]  
წყალგაუმტარი ფენის ახლოს მდებარეობის შემთხვევისათვის.

### ლიტერატურა

1. **Гавардашвили Г.В.** Новая конструкция комбинированного трехъярусного дренажа и расчет водопропускной способности. //Инженерная экология, Москва, №3, 2007, стр. 55-61;
2. Руководство по дренажу. Под ред. Ф. Зайдельмана (перевод с немецкого). М.: Колос, 1978;
3. **კუპრეიშვილი შ., სიჭინავა პ., მაისაია ლ.** კოლხეთის დაბლობზე დამშრობ-მარეგულირებელი ქსელის გაანგარიშებისას ზედაპირულ-მოლეკულური ევექტების გავლენა ფილტრაციის რეოლოგიურ მახასიათებელზე. //წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, სამეცნიერო შრომათა კრებული, №65, თბილისი, 2010, გვ. 147-151;
4. **Костяков А.Н.** Основы мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1960, 264 стр.

### Hydrotechnic and Reclamation

#### CALCULATING OF SYSTEMATIC HORIZONTAL DRAINAGE IN CONDITION OF UNSTEADY MOVEMENT OF GROUND WATER

**Sh.Z. Kupreishvili, P.O. Sichinava, Z.K. Lobghanidze, K.Z. Dadiani, N.P. Beraia**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia  
E-mail: [Shorena\\_12@mail.ru](mailto:Shorena_12@mail.ru)

**Abstract.** It has been established, that calculating of distance between drains must happen taking into account based regime of ground water. It has been presented water balance equation in cases of location on the waterproof lay. It has been calculating the formula for calculate of distance between drains during the water intake by both side on time of located drainage on the waterproof lays.

**Keywords:** ground water; soil; drainage; based movement; unsteady movement.

**РАСЧЕТ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА  
В УСЛОВИЯХ НЕУСТАНОВИВШЕГО ДВИЖЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД**

**Ш.З. Купрейшвили, П.О. Сичинава, З.К. Лобжанидзе, К.З. Дадiani, Н.П. Бераия**

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И. Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия  
**E-mail: Shorena\_12@mail.ru**

**Аннотация.** Установлено, что расчет расстояний между дренами должен производиться с учетом неустановившегося режима грунтовых вод. Предложено уравнение водного баланса в случае расположения дрена на водонепроницаемом слое. Дана расчетная формула междреннего расстояния при поступлении воды с обеих сторон в случае расположения дренажа на водонепроницаемом слое.

**Ключевые слова:** грунтовые воды; почва; дренаж; установившее движение; неустановившееся движение.

## ПОДБОР ВИДОВ ГАЗОННЫХ ТРАВ И СОСТАВЛЕНИЕ ТРАВОСМЕСЕЙ

Т.С. Лазарева

Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева  
ул. Костычева, д.1, 390044, г. Рязань, Российская Федерация

E-mail: [tassel85@gmail.com](mailto:tassel85@gmail.com)

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам необходимости научного обоснования формирования газонных трав и особенностей их орошения в условиях Рязанской области. В данной статье предпринята попытка раскрыть основные причины необходимости изучения формирования вегетативной массы и дернины в посевах газонных трав, в природно-климатических условиях Рязанской области на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах. Данное направление дополняется также рассмотрением комплексного сравнительного исследования основных показателей дернины.

**Ключевые слова:** газонная трава; дерн; дерново-подзолистые суглинистые почвы; ландшафтный дизайн.

В настоящее время, в связи с постоянным ростом промышленного производства, наблюдаются процессы урбанизации территорий, которые сопровождаются систематическим загрязнением атмосферного воздуха и воды химическими веществами. Поэтому газоны и зеленые насаждения вносят большой вклад в улучшение экологического состояния сельских поселений, малых и больших городов. Они улучшают состояние компонентов окружающей природной среды, повышают влажность воздуха, обогащают его кислородом и очищают от вредных примесей, газов и тяжелых металлов, создают в атмосфере особый аромат, обладающий целебными свойствами. Вследствие формирования зеленых насаждений газоны уменьшают риск пожаров [1].

Газоны и земельные насаждения оказывают благотворное влияние на психическое состояние, самочувствие и здоровье человека, улучшают его сердечно-сосудистую деятельность.

Еще в далекие времена люди украшали свою жизнь не только цветами, но и травяными насаждениями, лужайками и газонами. Их создавали в парках, городах, на спортивных площадках, в садах, усадьбах и загородных домах. Газоны получили широкое распространение во всем мире.

Великий русский ученый физиолог растений К.А.Тимирязев, увидев английские газоны, написал "Одна из самых красочных картин – ухоженная трава на изумительно ровных лужайках, и только чудный газон, по которому так удобно ходить, словно по бархатному ковру, напоминал, что вы в Англии" [2].

В Англии еще до второй мировой войны был создан специальный научно-исследовательский институт, занимающийся вопросами, связанными с газонами. Газон можно создать везде, не только в странах с умеренным, мягким и влажным климатом, но и в степной зоне, тропиках и пустыне.

Для их создания необходим набор таких трав, которые образуют дернину хорошего качества. Приемы ухода и обработки дернового покрова заметно различаются в зависимости от видового состава трав, типа и назначения газона. При этом неправильный подбор трав приводит не всегда к положительным результатам [3].

Газоны являются неотъемлемой составной частью системы благоустройства и озеленения городов и поселков, имеют большое эстетическое, художественное и архитектурное значение. Они одновременно служат существенным композиционным и декоративным элементом. Особое значение газоны приобретают при рекультивации нарушенных земель, а также при защите почв от водной эрозии, особенно на больших склонах.

Культурный газон – это искусственное травяно-дерновое покрытие на определенном участке однородной территории, которое создается посевом и возделыванием многолетних злаковых дернообразующих трав, для декоративных, оздоровительных, спортивных, почвозащитных и других целей. В настоящее время газоны занимают более 50% площади зеленых насаждений, среди спортивных объектов – более 90% [4].

В отличие от сельскохозяйственного использования трав на кормовые цели здесь не предусматривается задача получения наибольшей вегетативной массы растений. В основном различия газонных трав с культурными лугопастбищными угодьями этим и определяются. Газонные травы также отличаются от лугопастбищных видовым и сортовым составом, использованием для посевов лучших селекционных семян, улучшенным уходом за дерновым травостоем и применением специальных орудий для их содержания и ухода. Это относится также к методам подготовки почвенного слоя.

С учетом особенностей дерновых покрытий газонов и агротехнических требований к ним в настоящее время ведутся разработки ассортимента газонных трав применительно к зональным условиям [5].

Впервые в Европейских странах исследования с дерновыми травами были начаты еще в 1885 г. в дерновом саду Олькотта (J.V. Olcott). Особенно большие успехи в разработке ассортимента газонных трав и норм их посева получены в Англии [6]. Автором была проведена адаптация газонных злаков из умеренных и субтропических зон к условиям средиземноморского климата. Принципиальной особенностью зарубежного газоноведения является использование большого разнообразия селекционных сортов газонообразующих трав, некоторые из которых широко интродуцируются в России. В газонных покрытиях в России используются разные по составу травы по назначению и использованию. Они создаются в самых разнообразных климатических условиях, на разных почвах. Частое скашивание густого травостоя газонов значительно ускоряет прохождение процессов дернообразования в верхнем слое почвы, быстрее накапливается неразложившийся органический слой, ухудшаются воздухообмен и поглощение минеральных веществ растениями, заметно снижается побегообразование многолетних трав.

В последнее время большое внимание уделяется работам по созданию новых более совершенных газонов различного назначения. В тоже время ряд научных и производственных задач остаются нерешенными. Так, применительно к различным природно-климатическим зонам не достаточно изучен оптимальный подбор видового состава многолетних трав, нормы их посева и технология орошения. В частности для условий Рязанской области с преобладанием дерново-подзолистых почв легкого и тяжелого гранулометрического состава эти вопросы не исследовались. В связи с этим существует актуальная необходимость научного обоснования формирования газонных трав и особенностей их орошения в условиях Рязанской области.

Основной целью наших исследований являлось выявление наиболее перспективных видов многолетних трав и установление оптимального состава, обеспечивающих его формирование прочного высококачественного дернового покрова на тяжелых легких и почвах при орошении, отвечающих зональным условиям Рязанской области. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

– с учетом анализа существующих технологических приемов по созданию газонов различного

назначения изучить наиболее адаптированные к конкретным почвенно-климатическим условиям Рязанской области виды многолетних трав и их травосмеси;

- экспериментально обосновать оптимальный видовой и сортовой составы газонных многолетних злаковых трав по продолжительности жизни и прочности дернового покрова;
- изучить биометрические и фенологические показатели роста и развития газонных многолетних трав и их травосмесей (выживаемость растений, высота и густота стояния, число побегов, интенсивность отрастания после очередного скашивания, в зависимости от погодных условий);
- изучить развитие корневой системы газонных многолетних трав и их состояния (толщина дернины, число растений);
- определить динамику водного режима почв тяжелого и легкого гранулометрического состава, занятых газонными многолетними травами;
- научно обосновать параметры режима орошения дождеванием газонных многолетних трав;
- дать экономическую и энергетическую оценку газонных покрытий;
- разработать рекомендации по ассортименту травосмесей и по технологии орошения дождеванием при возделывании газонов в условиях Рязанской области.

Впервые в природно-климатических условиях Рязанской области на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах проведено комплексное сравнительное исследование основных показателей формирования вегетативной массы и дернины в посевах газонных трав – мятлик луговой *Roapratensis* и овсяница красная *festucarubral* овсяница красная *festucarubrarubra*, овсяница овечья *festucaovinal*, полевица столообразующая *agrostisstoloniferal*, райграс пастбищный *coliumperenel* (чистые посева), овсяница красная *festucarubrarubral* – (50%), мятлик луговой *Roapratensis* – (40%), полевица столообразующая *agrostisstoloniferal* – (10%) – первая смесь; овсяница красная *festucarubral* (60%), овсяница овечья *festucaovinal* – (25%). Райграс пастбищный *LoliumPerenne* L. (15%) – вторая травосмесь и полевица солонообразующая – 35%, овсяница красная *festucarubral* – 35%, мятлик луговой – *Roapratensis* – 20%, овсяница красная *festucarubralrubral* – 10% третья травосмесь. В результате анализа и оценки газонных трав чистых и смешанных посевов научно обосновано использование в газонах травосмеси одновидовых трав – овсяница красная, поленица, солонообразующая и мятлик луговой, принимать следующий состав: овсяница красная (50%), мятлик луговой (40%) и полевица столообразующая (10%), а также четыре одинаковых травы и рехкомпонентную травосмесь – полевица столообразующая (35%), овсяница красная (0,5%), мятлик луговой (20%) и овсяница красная (10%) и перспективными по следующим показателям: по прочности дернины, побегообразованию и формированию корневой системы; по декоративности газонных травостоев (по пятибалльной шкале «отлично»), качеству сложения травостоев по плотности (по шестибальной шкале (в среднем за три года 5,4 балла).

Получены новые научные данные по оценке качества газонов на суглинистых и супесчаных почвах. Изучена динамика накопления подземной массы различных видов трав и травосмесей на суглинистых и супесчаных почвах. Выявлено, что более прочны дерновый покров создается на суглинистых почвах, благодаря склеиванию корневой массы илистыми частицами.

Установлены особенности в изменении водного режима почв при возделывании травосмесей на супесчаных и суглинистых почвах. Обоснован режим орошения газонных трав дождеванием. Дана комплексная экономико-энергетическая оценка использования газонных покрытий на супесчаных и суглинистых почвах.

По результатам исследований были разработаны рекомендации для создания газонов из многолетних травосмесей адаптированных к условиям Рязанской области. При этом наиболее ценными газонообразующими травосмесями является трехкомпонентная смесь – овсяница красная (50%), мятлик луговой (40%), полевица столообразующая (10%) и четырехкомпонентная травосмесь.

смесь – полевица столонообразующая (35%), овсяница красная (35%), мятник луговой (20%) и овсяница красная (10%). Причем создание оптимальной густоты травостоя и прочности дернины с хорошими декоративными свойствами обеспечивается на третий год пользования. На суглинистых почвах формируется более прочная дернина и создается более густой дерновый покров, по сравнению с супесчаными почвами. Для различных по гранулометрическому составу почв Рязанской области разработаны параметры эксплуатационного режима орошения газонных трав дождеванием – нормы, сроки и число поливов.

Полученные результаты исследований были использованы при создании экологически устойчивых и экономически обоснованных газонных покрытий в районах Рязанской области, а также могут быть использованы в учебных процессах при проведении занятий по специальности "Ландшафтный дизайн".

### Литература

1. Beard J. B., Rieke P. E., King J.W. *SodproductionofKentuckybluegrass* //
2. Рогачева Т.К. Газон. Цветник. Альпийская горка: это доступно каждому // Р.А. Карпионова, Д.В. Кудрявец, Т.В. Пряхина, Т.К. Рогачева и др. М.: Издательский дом ЛАД, 1998, 152 стр.;
3. Агафонов Н.В., Мамонов Е.В. Декоративное садоводство. М.: Колос, 2000, 320 стр.;
4. Князева Т.П. Газоны. М.: Фитон, 2000, 112 стр.;
5. Сенаторова Г.И. Морфобиологические основы создания декоративных газонов в Сибири. // Г.И. Сенаторова //Интродукция растений Сибири и Дал. Востока. Новосибирск, 1983, стр.127-131;
6. Хессайон Д.Г. Все о газонах. М.: Кладезь, Бука, 2003, 127 стр.

### Melioration

## SELECTION OF TYPES OF LAWN GRASSES AND GRASS MIXTURES PREPARATION

T.S. Lazareva

P.A. Kostychev Ryazan Agrotechnological State University  
1, Kostychev str., 390044, Ryazan, Russian Federation

E-mail:tassel85@gmail.com

**Abstract.** Article is devoted to the need for scientific substantiation of formation of lawn grass and the characteristics of their irrigation conditions of the Ryazan region.

This article is an attempt to reveal the main reasons for the need to study the formation of vegetative mass and sod lawn grasses in crops, in the climatic conditions of the Ryazan region on sod-podzolic loamy and sandy soils. This area is also complemented by comprehensive examination of a comparative study of the main indicators sod.

**Keywords:** lawn grass; sod; sod-podzolic loamy soils; landscape design.



## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЗАКРЫТОЙ ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ

А.П. Лихацевич, Н.Н. Погодин, В.А. Болбышко, Г.В. Латушкина

РУП "Институт мелиорации"  
ул. М. Богдановича, 153, г. Минск, 220040, Республика Беларусь  
E-mail: niimel@mail.ru

**Аннотация.** Представлено оборудование для оценки состояния, очистки и промывки закрытого дренажа. Приведены элементы технологии и примерные нормы времени на выполнение технологических операций с применением данного оборудования.

**Ключевые слова:** закрытая дренажная сеть; коллектор; устье; оценка состояния; устройство; нормы времени.

### ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь мелиорировано около 3 млн. га сельскохозяйственных земель. Причем более 60% этой площади осушается с применением закрытого дренажа.

Технологическое (мелиоративное) состояние земель, осушенных закрытым дренажем, определяется техническим состоянием закрытой сети. Технологическое состояние мелиорируемых земель контролируется, прежде всего, путем проведения их визуальных обследований. При визуальных осмотрах поверхности осушаемых земель могут быть выявлены следующие признаки, указывающие на возможную неисправность дренажных систем: скопление и застой воды на осушенной площади, угнетенное состояние или гибель посевов сельскохозяйственных культур от переувлажнения, медленное просыхание почвы после схода талых вод и в период летне-осенних дождей, прекращение или резкое уменьшение стока воды из отдельных коллекторов, разрушение или подтопление устьев коллекторов водами проводящего канала и др.

Уточнение и конкретизация причин, вызвавших ухудшение водного режима на землях, осушаемых закрытым дренажем, требует дополнительных дорогостоящих работ, связанных с диагностикой внутреннего состояния дренажа. При отсутствии специального диагностического оборудования эти работы, как правило, не производятся. Обычно на основании выявленных негативных результатов визуальной оценки мелиоративного состояния земель, осушенных закрытым дренажем, составляется дефектный акт на промывку дренажного коллектора. При этом, естественно, внутреннее состояние дренажа неизвестно, что в большинстве случаев приводит к завышению объемов планируемых работ по промывке дренажной сети.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исследования показали, что в 20-30% и более случаев переувлажнение земель на мелиоративном объекте происходит в результате заиливания, заохривания, закупорки корнями растений, разрушения дренажных трубок в устьевой части коллектора. Поэтому установление конкретных причин переувлажнения мелиорируемых почв позволяет конкретизировать виды и объемы необходимых работ по техническому обслуживанию мелиоративных систем, существенно снижая затраты на устранение дефектов дренажа путем его промывки и ремонта коллекторной сети.

Для проведения технического ухода и текущего ремонта закрытого дренажа в РУП "Институт

мелиорации" разработан специальный комплект оборудования ОД-100, предназначенный для первичной оценки внутреннего состояния коллекторной сети, очистки (промывки) достаточно протяженной устьевой части коллектора и определения качества этой очистки [1, 2].

Комплект оборудования ОД-100 включает тележку с барабаном, закрепленный на барабане стеклопластиковый стержень длиной 100 м с набором специальных цилиндрических контрольных головок (для определения степени заиления) и насадок (для очистки устьевой части коллектора), которые в необходимой очередности монтируются на конце стеклопластикового стержня (рис. 1). Оборудование ОД-100 может дополнительно комплектоваться поисковым устройством, позволяющим обнаруживать места повреждения коллекторной сети с поверхности земли. Для этого целесообразно использовать устройства типа ПУ-2 (конструкции РУП "Институт мелиорации"), "TRACKA" или др.



Рис. 1. Комплект оборудования ОД-100:

- 1 – тележка; 2 – барабан; 3 – стеклопластиковый стержень длиной 100 м;  
4 – контрольные головки; 5 – насадка "ёрш"; 6 – насадка для удаления корней НК-1;  
7 – крестообразная насадка; 8 – головка винтовая ГВ-1.

Контрольные головки предназначены для определения степени заиления дренажа и имеют диаметр 40, 60, 80 и 100 мм. Так, для оценки заиления дренажной трубки диаметром 50 мм используют головку диаметром 40 мм, при диаметре трубки 75 мм – 60 мм; при диаметре 100 мм используют головку 80 мм, а при диаметре трубки 125-150 мм применяется головка диаметром 100 мм. Свободный проход данных головок в дренажную полость означает, что внутреннее состояние дренажной сети удовлетворительно и промывка не требуется.

Кроме того, в комплект оборудования ОД-100 входят три вида насадок для очистки устьевой части коллектора: крестообразные, типа "ерш", насадка для удаления корней НК-1 и головка

винтовая ГВ-1. Крестообразные насадки применяются для очистки коллектора при его заилении до 30% и наличии в нем воды; насадки типа "ерш" служат для очистки внутренней полости коллектора от охры; с помощью насадки НК-1 извлекают корни растений из устьевой и прилегающей части коллектора; головку винтовую используют как для очистки от заиливания устьевой части коллектора, так и для извлечения из его полости корней растений.

К первоочередным объектам оценки состояния дренажных систем с применением оборудования ОД-100 относятся места переувлажнения и вымочек сельскохозяйственных культур, а также устьевые части коллекторов и смотровые дренажные колодцы при их разрушении, заилении или отсутствии стока воды при одновременном его наличии в близлежащих колодцах или устьях. Перед обследованием проблемных дренажных систем необходимо определить и зафиксировать на местности (вешками по трассе канала) местоположение устьев коллекторов.

Кроме оборудования ОД-100 со сменными приспособлениями бригада рабочих комплектуется лопатами дренажными, поисковым устройством, а также муфтой промывочной МПГ-1 (рис. 2). Муфта промывочная МПГ-1 состоит из вкладыша и рамки с направляющими роликами. Вкладыш представляет собой изогнутый лист из пластика. Он вставляется на место вынутой дренажной трубки. Края вкладыша входят в полость соседних дренажных трубок, рамка с направляющими роликами устанавливается на штырях над вкладышем и фиксируется на необходимой высоте с помощью прижимных винтов. Направляющие ролики предназначены для подачи напорного рукава дренопромывочной установки или стеклопластикового стержня ОД-100 в полость коллектора. В комплект муфты промывочной входят вкладыши разных типоразмеров для коллекторов диаметром от 75 до 150 мм.

На первом этапе с применением контрольных головок ОД-100 оценивается степень заиливания устьевой части и определяется наличие разрушений или смещений дренажных трубок, примыкающих к устьевой части на расстоянии длины стеклопластикового стержня.



**Рис. 2. Установка муфты промывочной МПГ-1:**

- 1 – трубки дренажного коллектора, между которыми устанавливается муфта промывочная;**
- 2 – снятая дренажная трубка, вместо которой устанавливается муфта промывочная;**
- 3 – корпус муфты промывочной; 4 – полость муфты промывочной для подачи промывающего рукава дренопромывочной машины или стеклопластикового стержня устройства ОД-100;**
- 5 – направляющие ролики для подачи промывающего рукава дренопромывочной машины или стеклопластикового стержня устройства ОД-100.**

При обнаружении разрушений дренажных трубок или их смещений в приустьевой части рабочие при возможности проводят ремонт немедленно, или переходят на следующий коллектор, а неисправности фиксируются в журнале технического осмотра дренажной сети для последующего устранения выявленных дефектов.

При отсутствии разрушений в приустьевой части коллектора, при необходимости, производится очистка устьевой трубы с применением устройства ОД-100 оборудованного головкой винтовой ГВ-1 или соответствующими насадками.

Норму времени и расценку при очистке устьевой трубы коллектора устройством ОД-100 с применением головки винтовой возможно применять как при очистке трубопровода металлическими штангами, согласно РСН (Е71-26-1).

Для повышения производительности работ при очистке лотка и начальной части дренажного устья целесообразно применение специальных дренажных лопат.

После очистки устьевой части производится оценка внутреннего состояния коллектора с помощью контрольных головок. При встрече контрольной головки с препятствием продвижение стеклопластикового стержня в полости дрены прекращается. В этом случае стержень полностью извлекают из дрены, контрольную головку меняют на поисковую и стержнем проталкивают данную головку в ту же полость до места нахождения препятствия. Одновременно второй рабочий фиксирует на местности трассу продвижения поисковой головки, пользуясь приемным устройством, находит место ее встречи с препятствием и фиксирует данную точку на поверхности земли вешкой.

Очистку коллектора от мягких отложений и охристых соединений при степени заиления соответственно до 30 и 40% и наличии в коллекторе дренажного стока можно выполнить устройством ОД-100 с применением насадок крестообразных и типа "ерш".

Данные по местоположению неисправности (номер коллектора, его направление и расстояние места неисправности от устья) заносятся в журнал технического осмотра, после чего рабочие, в зависимости от условий производства работ, переходят на следующий коллектор для выполнения очередной оценки, или отрывают шурф в месте неисправности, устраняют ее, восстанавливают коллектор и продолжают диагностику.

Отрывку шурфов для ликвидации неисправностей в целях снижения вынужденных простоев экскаватора, целесообразно выполнять при достижении объемов ремонтных работ соответствующих примерно дневной выработке звена с применением одноковшового экскаватора.

После отрывки шурфа уточняется причина неисправности и визуально определяется внутреннее состояние коллектора. При наличии в дренажной трубке заиления, превышающего 20% от площади сечения трубопровода, продолжается последующая оценка внутреннего состояния коллектора устройством ОД-100 с применением промывочной муфты МПГ-1.

После выполнения ремонтных работ производится обратная укладка дренажных трубок с защитой стыков по всему периметру фильтрующим материалом и присыпкой растительным грунтом толщиной слоя не менее 20 см, после чего шурф засыпается с применением бульдозера.

На основании комплексного анализа технического состояния дренажной сети (визуальный осмотр и оценка внутреннего состояния) принимается решение о проведении ремонтов (по видам) и необходимости промывки коллекторной сети. И только в последнем случае составляется дефектный акт на промывку закрытых коллекторов.

С помощью оборудования ОД-100, кроме оценки состояния и очистки устьевой части коллектора и примыкающей к нему части можно оценивать нарушение соединений дренажных трубок, примыкающих к смотровым колодцам, очищать заиление на участке от смотрового колодца до коллектора, частично очищать коллектор от заиления и охристых соединений при наличии в нем дренажного стока. Оборудование можно также использовать для оценки качества работ после промывки коллекторов.

После выполнения ремонтных работ на коллекторе осуществляется его промывка с применением установки промывки дренажа УПД-120.

При промывке коллектора подача напорного рукава установки УПД-120 в полость трубопровода выполняется с применением направляющих устройств (конструкции РУП "Институт мелиорации" или голландской фирмы "Homburg").

При наличии воды в канале ее забор выполняется с применением заборного устройства ЗУ-2 конструкции РУП "Институт мелиорации" [4]. Устройство ЗУ-2 состоит из корпуса с решетчатым ограждением, закрепленного на нем плоского фильтрующего элемента и днища. Отличительной особенностью устройства является наличие двойного фильтра, исключающего попадание в насос дренапромывочной машины илистых отложений и сорной растительности.

Применение в установке УПД-120 разработанных промывочных головок ГП-4 и ГП-6 повышает производительность промывки коллекторной сети за счет лучшего размыва илистых отложений и прохождения напорного рукава без остановки в местах частичного смещения дренажных трубок. Промывочная головка ГП-4 диаметром 40 мм применяется при диаметре коллектора до 100 мм, а головка ГП-6 – при диаметре коллектора от 100 мм и более.

Затраты чистого времени на промывку дренажных керамических коллекторов установкой УПД-120 с применением направляющего устройства УНТ-6 и головок промывочных ГП-4 и ГП-6 примерно в 1,5 раза меньше по сравнению с существующей технологией, кроме того установку УПД-120 обслуживает только один рабочий.

В связи с предварительным проведением ремонтных работ на коллекторной сети существенно уменьшаются вынужденные простои дренапромывочной машины установки УПД-120.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Принимаемое решение о промывке дренажных коллекторов на основании только визуальной оценки технологического (мелиоративного) состояния земель, осушенных закрытым дренажем, без оценки внутреннего состояния элементов дренажной сети приводит к дополнительным затратам средств на техническое обслуживание дренажных систем. Применение комплекта оборудования ОД-100 и муфты промывочной МПГ-1 обеспечивает выполнение работ по оценке внутреннего состояния с затратами, примерно в 1,5 раза меньшими по сравнению с существующей технологией, а в ряде случаев позволяет очистить дренаж от наносов, охристых соединений и корней растений.

## **Литература**

1. **Погодин Н.Н., Болбышко В.А.** Патент ВУ 7138. Устройство для определения степени заилиenia дренажных трубопроводов. /Заявитель РУП "Институт мелиорации". № и 20100784; заявлена 09.15.2010; опубликовано 04.30.2011;
2. **Погодин Н.Н., Болбышко В.А.** Патент ВУ 7219. Устройство для очистки трубопроводов. /Заявитель РУП "Институт мелиорации". № и 20100760; заявлена 09.03.2010; опубликовано 04.30.2011;
3. **Погодин Н.Н., Болбышко В.А.** Патент ВУ 16259. Способ очистки дренажного трубопровода. /Заявитель РУП "Институт мелиорации". № а 20100012; заявлено 01.05.2010; опубликовано 08.30.2012;
4. **Лихацевич А.П., Болбышко В.А., Погодин Н.Н.** Патент ВУ 16664. Устройство для забора воды. /Заявитель РУП "Институт мелиорации". № а 20070650; заявлено 05.29.2007; опубликовано 12.30.2009.

**MAINTENANCE OF CLOSED DRAINAGE NETWORK**

**A.P. Likatsevich, N.N. Pogodin, V.A. Bolbishko, G.V. Latushkina**

RUE "Institute of Amelioration"  
153, Bogdanovich str., 220040, Minsk, Belarus  
**E-mail: [niimel@mail.ru](mailto:niimel@mail.ru)**

**Abstract.** The equipment for cleaning of the closed drainage is presented. Elements of technology and approximate norms of time for performance of technological operations with use of this equipment are given.

**Keywords:** the closed drainage network; collector; the mouth; state assessment; the device; norms of time.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

А.П. Лихацевич, Г.В. Латушкина

РУП "Институт мелиорации"  
ул. М. Богдановича, 153, г. Минск, 220040, Республика Беларусь  
E-mail: niimel@mail.ru

**Аннотация.** Выполнена оценка экономической эффективности орошения овощных культур в Республике Беларусь.

**Ключевые слова:** урожайность; водный баланс почвы; коэффициенты водопотребления; дефициты водного баланса; дождевальные машины; эффективность орошения.

В последние годы в Беларуси наблюдается устойчивая тенденция роста теплообеспеченности и снижения количества выпадающих в весенне-летний период атмосферных осадков, что приводит к росту дефицита водного баланса для сельскохозяйственных культур. Поскольку практически все овощные культуры отличаются повышенной требовательностью к водному режиму почвы, недостаток воды приводит к снижению водопотребления и, соответственно, урожайности. В этой связи возрастает актуальность применения орошения, как фактора интенсификации производства овощной продукции в засушливых условиях. Результатами научных исследований и передовой практикой овощеводства многократно подтверждено, что за счет полива возможно значительное увеличение урожайности и повышение качества овощной продукции [1].

Для оценки потерь урожая овощных культур, вызванных недостатком естественной влагообеспеченности, можно использовать методику установления зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от природно-климатических факторов [2]. В основе данной методики использовано уравнение водного баланса

$$Y = \frac{W_{НАЧ} + \sum P + \sum R - \sum C}{k_B}, \quad (1)$$

где:  $Y$  – урожай, т/га;  $W_{НАЧ}$  – начальные запасы продуктивной влаги в расчетном слое почвы (на начало вегетации растений), м<sup>3</sup>/га;  $\sum P$  – сумма осадков за вегетационный период, м<sup>3</sup>/га;  $\sum R$  – количество влаги, поступающее в корнеобитаемый слой почвы за счет капиллярного подпитывания, м<sup>3</sup>/га;  $\sum C$  – инфильтрация осадков к грунтовым водам, м<sup>3</sup>/га;  $k_B$  – коэффициент водопотребления, м<sup>3</sup>/т.

Осредненные коэффициенты водопотребления для условий Беларуси по данным многолетних экспериментальных исследований установлены следующие: капуста поздняя – 85 м<sup>3</sup>/т; морковь – 110 м<sup>3</sup>/т; свекла столовая – 80 м<sup>3</sup>/т.

Полное восполнение дефицита водного баланса гарантирует получение максимально возможной урожайности в конкретных условиях. В соответствии с (1) зависимость для определения максимальной урожайности ( $Y_{max}$ ) можно представить как

$$Y_{MAX} = \frac{W_{НАЧ} + \sum P + \sum R - \sum C + D}{k_B}, \quad (2)$$

где  $D$  – дефицит водного баланса, м<sup>3</sup>/га.

Вероятные потери урожая от недостатка естественной влагообеспеченности определяются как

$$\Delta Y_{MAX} = Y_{MAX} - Y, \quad (3)$$

Следовательно,

$$\Delta Y_{MAX} = D/k_B, \quad (4)$$

Для оценки вероятных потерь урожая использованы среднеголетние дефициты водного баланса, рассчитанные по трем климатическим зонам республики Беларусь (табл. 1) [3].

Вероятные потери урожая капусты поздней, моркови и свеклы столовой, рассчитанные по уравнению (4) на основании установленных коэффициентов водопотребления и данных таблицы 1, представлены в таблице 2.

Таблица 1

Среднеголетние дефициты водного баланса

Зона	Почвы по грансоставу	Среднеголетние дефициты водного баланса, м <sup>3</sup> /га		
		Капуста поздняя	Морковь	Свекла столовая
Северная	песчаные	1120	950	810
	супесчаные	1050	880	770
	суглинистые	970	800	680
Центральная	песчаные	1360	1280	1050
	супесчаные	1280	1200	970
	суглинистые	1210	1130	900
Южная	песчаные	1480	1370	1150
	супесчаные	1400	1300	1070
	суглинистые	1330	1220	1000

Таблица 2

Вероятные потери урожая сельскохозяйственных культур  
от недостатка естественной влагообеспеченности

Зона	Почвы по грансоставу	Потери урожая от недостатка влагообеспеченности, т/га		
		Капуста поздняя, т/га	Морковь, т/га	Свекла столовая, т/га
Северная	песчаные	13,2	8,6	10,1
	супесчаные	12,4	8,0	9,6
	суглинистые	11,4	7,3	8,5
Центральная	песчаные	16,0	11,6	13,1
	супесчаные	15,1	10,9	12,1
	суглинистые	14,2	10,3	11,2
Южная	песчаные	17,4	12,5	14,4
	супесчаные	16,5	11,8	13,4
	суглинистые	15,6	11,1	12,5

Расчеты показывают, что ликвидация дефицита водного баланса посредством орошения может обеспечить значительную прибавку урожая овощных культур. Согласно данным табл. 2, при среднеголетних условиях на супесчаных почвах в северной зоне Беларуси можно дополнительно получить капусты поздней – 12,4 т/га, моркови – 8,0, свеклы столовой – 9,6 т/га; в центральной зоне, соответственно, – 15,1 т/га, 10,9 и 12,1 т/га; в южной зоне – капусты поздней 16,5 т/га, моркови – 11,8, свеклы столовой – 13,4 т/га. В засушливые годы биологический эффект от орошения



еще выше.

Понимание последствий роста засушливости климата в республике постепенно возвращает интерес к орошению. В последние годы в Беларуси осуществлены обновление и модернизация материально-технической базы многих овощеводческих хозяйств. Эти работы выполняются в плановом порядке в соответствии с Государственной программой "Сохранение и использование мелиорированных земель на 2011-2015 гг." и "Государственной комплексной программой развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства в 2011-2015 годах". Идет реконструкция и новое строительство оросительных систем открытого грунта. Причем в качестве дождевальной техники используется как широкозахватные машины, так и получившие большую популярность мобильные барабанно-шланговые дождевальные машины.

Шланговые дождевальные машины рекомендуется использовать для полива небольших участков (площадью до 25-50 га). Конструкция отечественных шланговых машин нескольких типоразмеров разработана по аналогу немецкой дождевальной машины "MONSUN" в КБ РУП "Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства" (фото 1). Изготавливаются машины типа ПДМ-2500 и ПДМ-3000 на ОАО "Гомельский радиозавод" (г. Гомель), а типа УД-2500 – на ОАО Дзержинский завод "Агромаш" (г. Дзержинск). Агрегируются дождевальные машины с тракторами класса не ниже чем 1,4 (МТЗ-80/82). Ориентировочная стоимость оросительных систем открытого грунта представлена в таблице 3.

**Таблица 3**

**Ориентировочные цены на дождевальную технику и оборудование  
 (тыс. у.е. по состоянию на начало 2015 г.)**

№	Оборудование	Стоимость
Оросительная система на базе ДМ "Рейнке" (площадь орошения – 78,5 га)		
1	Стационарная дождевальная машина "Рейнке", рабочая длина 500м	114
2	Насосная станция дизельная	39
3	Трубопровод и арматура	18
Суммарные инвестиции в 1 га орошения		2,78
Оросительная система на базе ДМ "Рейнке" (площадь орошения – 100,5 га)		
1	Буксируемая дождевальная машина "Рейнке", 2 позиции, рабочая длина 400 м	106
2	Насосная станция дизельная	47
3	Трубопровод и арматура	44
Суммарные инвестиции в 1 га орошения		1,96
Оросительная система на базе ДМ "Зимматик", площадь орошения 58,4 га		
1	ДМ "Зимматик"	130
2	Насосная станция дизельная	39
3	Трубопровод и арматура	18
Суммарные инвестиции в 1 га орошения		3,2
Оросительная система на базе барабанно-шланговых ДМ		
1	ДМ барабанного типа для полива полей от 5 га до 40 га	7,2-74
2	Насосная станция дизельная для барабанно-шланговой дождевальной машины	23
3	Тракторная помпа	4,5-5,6
Суммарные инвестиции в 1 га орошения		2,4



Фото 1. Барабанно-шланговая дождевальная машина ПДМ-2500 в работе.

На рынке присутствует большой ряд зарубежных и отечественных моделей шланговых дождевальных машин, которые различаются длиной и диаметром поливного шланга, дополнительными опциями в широком спектре производительности – от 3 до 50 га за сезон. Соответственно, цены на самые маленькие и самые большие модели отличаются в несколько раз (от 7 до 65 тыс. долл. США). Причем автономность работы установки с насосом может достигать 2 км, что крайне важно при орошении в системе овоще-кормовых севооборотов. В этой связи данные машины могут представлять большой интерес также для фермерских хозяйств.

Сезонная нагрузка на шланговые дождевальные машины отечественного производства ПДМ-2500, ПДМ-3000 и им подобные зарубежные дождевальные машины в среднем равна 25-30 га. Капитальные затраты в 1 га оросительных систем на базе шланговых дождевальных машин составляют порядка 2500 долл. США. Инвестиции в оросительные системы на базе широкозахватных дождевальных машин составляют примерно 2500-3500 долл. США, снижаясь при увеличении орошаемой площади. Техничко-экономические расчеты, результаты которых представлены в таблице 4, показывают, что в условиях Республики Беларусь применять орошение при выращивании овощной продукции достаточно выгодно.

Таблица 4

Оценка экономической эффективности орошения овощных культур в условиях Беларуси  
(в ценах января 2015 г.)

Гидролого-климатическая зона Беларуси	Среднеголетняя прибавка урожая от орошения	Годовой доход от прибавки урожая на орошаемой площади, у.е./га	Эксплуатационные затраты на поливы, доработку, транспортировку и хранение дополнительной продукции, у.е./га	Годовая прибыль от орошения, у.е./га
Северная	100	2266	163	2103
Центральная	125	2833	209	2624
Южная	140	3173	235	2938

Согласно выполненной оценке капитальные затраты по строительству оросительных систем для овощных севооборотов имеют шанс окупиться в первые 2 года эксплуатации. Конечно, для гарантированного получения прибыли в указанных размерах требуется строгое соблюдение технологической дисциплины при орошении, а также обеспечение гарантированного сбыта потребителям произведенных сельскохозяйственными предприятиями овощей.

### **ВЫВОДЫ**

1. По причине наблюдающейся тенденции повышения засушливости климата в Республике Беларусь возрастает интерес к орошению при возделывании овощных культур. Применение орошения обеспечивает прибавку урожая овощных культур в среднем на 20-40%, что при существующих ценах на овощную продукцию является весьма выгодным мероприятием.

2. В Республике Беларусь налажено серийное производство мобильных барабанно-шланговых дождевальных машин. Подобную оросительную технику перспективно применять на небольших площадях с овощными культурами в овоще-кормовых севооборотах (до 25-50 га), а также в фермерских хозяйствах. Для орошения крупных массивов овощных культур наиболее перспективными по причине более низких затрат труда при поливе являются широкозахватные дождевальные машины.

### **Литература**

1. **Голченко М.Г., Шавлинский О.А., Казеко В.Г.** Интенсификация орошаемого овощеводства. Мн. "Ураджай", 1987, 184 стр.;
2. РД-33. Указания. Регулирование водно-воздушного режима почв на осушительно-увлажнительных системах при выращивании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям. Мн.: БелНИИ мелиорации и водного хозяйства, 1987 г., 75 стр.;
3. **Лихацевич А.П., Латушкина Г.В.** Оценка роста дефицита водного баланса для овощных культур в условиях Беларуси. //Достижения современной науки – сельскохозяйственному производству. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (28-29 мая 2013 года). Великий Новгород: ГНУ Новгородский НИИСХ. 2013, стр. 122-125.

### **Hydraulic engineering and irrigation**

## **EVALUATION OF IRRIGATION VEGETABLE CROPS IN THE CONDITIONS OF BELARUS**

**A.P. Likatsevich, G.V. Latushkina**

RUE "Institute of Amelioration"  
153, Bogdanovich str., 220040, Minsk, Belarus  
**E-mail: niimel@mail.ru**

**Abstract.** The estimation of economic efficiency of vegetable irrigation in the Republic of Belarus is performed.

**Keywords:** productivity; soil water balance; water consumption rates; water balance deficits; sprinkling, irrigation efficiency.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫВКИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА

А.П. Лихацевич, Н.Н. Погодин, В.А. Болбышко, Г.В. Латушкина

РУП "Институт мелиорации"

ул. М. Богдановича, 153, г. Минск, 220040, Республика Беларусь

E-mail: niimel@mail.ru

**Аннотация.** Изложена разработанная в Республике Беларусь технология поэтапного производства работ по оценке внутреннего состояния и частичного ремонта коллекторной дренажной сети с помощью оборудования ОД-100, МПГ-1 и очистке закрытого дренажа от корней растений, охры и промывке от заилиenia с применением установки УПД-120.

**Ключевые слова:** закрытая дренажная сеть; коллектор; устье; устройство; технология; промывка.

В Республике Беларусь промывка коллекторной дренажной сети выполняется установкой УПД-120 собственного производства, разработанной по образцу дренопромывочной машины голландской фирмы «Homburg». Установка навешивается на трактор МТЗ-80/82 и состоит из рамы, барабана с промывочным рукавом, манипулятора, подающего устройства, водяной и гидравлической систем. Дополнительно промывочная бригада комплектуется также трактором с двумя прицепными цистернами для подвоза воды и одноковшовым экскаватором с емкостью ковша 0,25 м<sup>3</sup>.

Решение о промывке дренажного коллектора принимается после визуального осмотра площади, осушаемой дренажной системой, если наблюдаются внешние признаки неисправности дренажа (скопление и застой воды на осушенной площади, угнетенное состояние или гибель посевов сельскохозяйственных культур от переувлажнения, медленное просыхание почвы после схода талых вод и в период летне-осенних дождей и др.), дополненные результатами обследования дренажной системы с оценкой внутреннего состояния устьевой и прилегающей частей коллектора. Оценка внутреннего состояния дренажа и его частичный ремонт выполняются в установленной последовательности с применением устройства ОД-100, разработанного в РУП "Институт мелиорации" (табл. 1, рис. 1).



Рис. 1. Оценка внутреннего состояния устьевой и прилегающей частей дренажного коллектора с помощью ОД-100.

**Таблица 1**

**Области применения устройства ОД-100 при выполнении работ  
 по обследованию и частичному ремонту элементов дренажной системы**

Элементы дренажной сети	Выполняемая операция	Применяемое оборудование	Условие применения
1	2	3	4
Устьевая часть	Оценка заиления	Контрольные головки	Заиление до 100 %
	Очистка от заиления, корней растений и охры	Головка винтовая ГВ-1 Насадки	Заиление до 100 %
	Оценка смещения и разрушения дренажных трубок	Контрольные головки	На расстояние до 100 м от устьевой части коллектора
Трасса коллектора	Оценка заиления дренажных трубок	Контрольные головки	Заиление до 100 %
	Оценка смещения дренажных трубок	Контрольные головки	Расстояние до 100 м от места ввода в дренажную полость стеклопластикового стержня ОД-100
	Очистка от заиления	Насадка крестообразная	Наличие воды в коллекторе, степень заиления до 30 %
	Очистка от охры	Насадка "ерш"	Наличие воды в коллекторе, охра рыхлая
	Очистка от корней растений	Головка винтовая ГВ-1 Насадка НК-1	Заиление не более 30 %
Смотровые колодцы	Оценка нарушения трубных соединений в колодцах	Контрольные головки	На расстояние до места повреждения
	Очистка от заиления Очистка от остатков травяной раститель- ности и охры	Головка винтовая ГВ-1 Насадка "ерш" Насадка НК-1	Заиление до 100 %. Расстояние очистки от смотрового колодца до коллектора

Оценку состояния и очистку устьевой и прилегающей части коллекторов с применением устройства ОД-100 выполняет бригада в составе двух рабочих (рис.1). Работа по промывке дренажных систем выполняется только после обследования и восстановления нарушенных устьевых частей коллекторов и ликвидации повреждений на прилегающих к ним участках.

По существующей традиционной технологии [1] промывка коллекторов установкой УПД-120 проводится до остановки промывочной головки перед препятствием. Далее напорный рукав извлекается из коллектора и производится замена промывочной головки на поисковую, с последующим определением места расположения неисправности путем подачи напорного рукава с поисковой головкой до места препятствия.

В месте остановки поисковой головки перед препятствием отрывается шурф и устраняется причина неисправности. После этого напорный рукав установки УПД-120 в очередной раз

извлекается, поисковая головка заменяется на промывочную, и продолжается дальнейшая промывка до следующего препятствия по трассе промывки коллектора.

В процессе обнаружения неисправности и во время ее устранения промывка коллектора не производится, поэтому технологические простои дренажно-промывочной машины составляют до 30% рабочего времени, а при значительных повреждениях и более. В свою очередь, простои одноковшового экскаватора в процессе промывки коллекторов могут достигать 50% рабочего времени.

Для устранения данного недостатка в РУП "Институт мелиорации" разработана технология поэтапной промывки дренажной сети. Целью технологии производства поэтапной промывки является максимальное сокращение вынужденных простоев механизмов за счет разнесения во времени технологических операций.

По данной технологии, на первом этапе, промывка коллектора выполняется до обнаружения первого препятствия (головка промывочная далее не проходит). Если препятствие обнаружено на расстоянии до 100 м от устья коллектора (оценка производится по счетчику расстояния), факт неисправности отмечается в акте о проведении промывки данного закрытого коллектора, а установка УПД-120 перемещается к месту промывки следующего коллектора. Место неисправности определяется с помощью поискового устройства, установленного на стеклопластиковым стержне устройства ОД-100 при выполнении второго этапа работы.

В свою очередь, при обнаружении при промывке препятствия в дренажной полости на расстоянии более 100 м от устья коллектора место его расположения определяется с помощью поискового устройства, закрепленного на напорном рукаве установки УПД-120, и фиксируется на местности вешкой. После этого, как и в первом случае, установка УПД-120 не простаивает, а перемещается на следующий коллектор и проводит его промывку.

На втором этапе в местах обнаружения повреждений производится отрывка шурфа экскаватором, и выполняются ремонтные работы по устранению неисправностей. Уточняется причина неисправности и визуально определяется внутреннее состояние коллектора, для чего извлекается одна или несколько гончарных трубок или вырезанный отрезок пластмассовой дренажной трубы. В извлеченной трубке линейкой измеряются толщина слоя заиления, внутренний диаметр трубы и визуально устанавливается тип напилка. Измеряется также глубина закладки дренажа (от поверхности земли до верха трубы) и оценивается состояние защитно-фильтрующего материала. Результаты замеров заносятся в журнал технического осмотра. При наличии в дренажной трубке заиления, превышающего 20% от площади сечения трубопровода, продолжается последующая оценка внутреннего состояния коллектора устройством ОД-100 с применением промывочной муфты МПГ-1, которая устанавливается вместо одной снятой коллекторной трубки (рис. 2).

Работа по промывке дренажных систем проводится только после восстановления устьевых частей коллекторов и ликвидации повреждений на прилегающих к ним участках. По такой технологии, при наличии заиления и неисправностей оценивается внутреннее состояние и проводятся ремонтные работы на всем протяжении коллектора. После выполнения ремонтных работ шурфы засыпаются в установленной последовательности: сначала вручную с сохранением дренажных трубок от смещения, а затем с помощью бульдозера.

На третьем этапе установка УПД-120 возвращается на данный участок и производится повторная промывка коллектора на всю длину обнаруженного заиления. Затраты времени на повторную промывку коллекторов, с учетом их незначительного остаточного заиления, примерно на 25-30% ниже по сравнению с первоначальной и, к тому же, повторная промывка требуется в объеме не более чем на 50% обследованных коллекторов.

При промывке коллектора подача напорного рукава установки УПД-120 в полость трубопровода выполняется с применением направляющих устройств. При применении устройства

направляющего телескопического УНТ-6 (конструкции РУП "Институт мелиорации") промывка выполняется с противоположной стороны канала (рис. 3).



Рис. 2. Оценка состояния внутренней полости дренажного коллектора с помощью устройства ОД-100 и промывочной муфты МПГ-1:  
1 – стрела экскаватора; 2 – шурф; 3 – извлеченная трубка дренажного коллектора;  
4 – промывочная муфта МПГ-1, присоединенная к дренажному коллектору на месте извлеченной дренажной трубки; 5 – устройство ОД-100.



Рис. 3. Промывка дренажных коллекторов установкой УПД-120 с применением направляющего устройства УНТ-6 конструкции РУП «Институт мелиорации»: 1 – заборное устройство ЗУ-2; 2 – заборный шланг; 3 – дренопромывочная машина; 4 – направляющее устройство УНТ-6.

При промывке коллекторов со стороны расположения установки УПД-120 применяется направляющее устройство, изготавливаемое на ОАО "Пинский завод средств малой механизации" (рис. 4), прототипом которого является направляющее устройство голландской фирмы "Homburg".



**Рис. 4. Промывка дренажных коллекторов установкой УПД-120 с применением направляющего устройства конструкции ОАО "Пинский завод средств малой механизации"**

При наличии двух направляющих устройств разных конструкций (УНТ-6 постоянно закреплено на установке, а направляющее конструкции ОАО "Пинский завод средств малой механизации" сменное) с одной стоянки можно промывать дренажные коллекторы по обе стороны канала, что дополнительно повышает производительность установки УПД-120.

При наличии воды в канале ее забор выполняется с применением заборного устройства ЗУ-2 конструкции РУП "Институт мелиорации".

Для поднятия уровня воды в канале при незначительной глубине водотока используется мягкая плотина МП-1 [2, 3]. Мягкая плотина состоит из водонепроницаемого полотна с расположенными по периметру отверстиями для продевания троса, закрепленного в верхней части полотна, а также штырей для крепления передней части полотна ко дну и откосам канала (рис. 5). При необходимости плотина комплектуется лебедкой. Плотина обладает низкой материалоемкостью, проста в монтаже, легко транспортируется и устанавливается.



**Рис. 5. Мягкая плотина МП-1**

Технология поэтапного производства работ при промывке коллекторной сети за счет снижения вынужденных технологических простоев и повышения производительности позволяет снизить трудоемкость работ и затраты времени на



эксплуатацию механизмов на 15-30%.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Применение оборудования ОД-100, промывочной муфты МПГ-1, мягкой плотины МП-1 и устройства направляющего телескопического УНТ-6 конструкции РУП "Институт мелиорации" позволяет более эффективно выполнять работы по промывке коллекторной сети от наносов и охристых соединений. Снижение вынужденных технологических простоев при промывке коллекторной сети на 15-30% обеспечивается за счет применения технологии поэтапного производства работ.

### **Литература**

1. Типовая технологическая карта на промывку гончарного дренажа машиной УПД-120 /РУП "Белмелиоводхоз", РУП "Институт мелиорации", Минск, 2008, 35 стр.;
2. **Болбышко В.А., Погодин Н.Н.** Патент ВУ 12965. Мягкая плотина. /Заявитель РУП "Институт мелиорации", № а 20080034; заявлено 01.10.2008; опубликовано 02.08.2010;
3. **Погодин Н.Н., Болбышко В.А.** Патент ВУ 7218. Мягкая плотина. /Заявитель РУП "Институт мелиорации", № и 20100866; заявлено 10.19.2010; опубликовано 04.30.2011.

### **Hydraulic engineering and irrigation**

## **WASHING TECHNOLOGY OF CLOSED DRAINAGE SYSTEM**

**A.P. Likatsevich, N.N. Pogodin, V.A. Bolbishko, G.V. Latushkina**

RUE "Institute of Amelioration"  
153, Bogdanovich str., 220040, Minsk, Belarus  
**E-mail: niimel@mail.ru**

**Abstract.** The technology of stage-by-stage works developed in Republic of Belarus by an assessment of internal state and partial repair of a collector drainage network by means of the equipments OD-100, MPG-1 and cleaning of the closed drainage of roots of plants, ochre and washing of a siltation with UPD-120 installation application is stated.

**Keywords:** the closed drainage network; collector; the mouth; the device; technology; washing.

## მულჩირება – ნიადაგის თვისებების შენარჩუნების საშუალება

ფ.ნ. ლორთქიფანიძე, ე.მ. კეჩხოველი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო  
E-mail: [feride.75@mail.ru](mailto:feride.75@mail.ru)

**ანოტაცია.** სტატიაში განხილულია მულჩირების საკითხები. დადგენილია, რომ მულჩირება არის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მეთოდი ნიადაგის ტენის შენარჩუნებისა და სარეველების წინააღმდეგ ბრძოლის ხარჯების შემცირებისათვის. ბიო-მულჩის შემთხვევაში უმჯობესდება ნიადაგის სტრუქტურა და ორგანული ნივთიერებებით გამდიდრება.

**საკვანძო სიტყვები:** ნიადაგი; მულჩირება; მულჩა; ხელოვნური მასალები.

### შესავალი

XXI საუკუნის დასაწყისისთვის ბუნებისადმი მოფრთხილება და ბუნებრივი რესურსების ყაირათიანი ხარჯვა თანამედროვე მეურნეობის ერთ-ერთი ძირითადი საკითხია. ეს ეხება როგორც განახლებად, ასევე, პირველ რიგში, განუახლებელ რესურსებს. განსაკუთრებით სერიოზულად დგას ეს პრობლემა სოფლის მეურნეობაში, რომლის ძირითადი რესურსი – განუახლებელი ნიადაგი, ყოველწლიურად ადამიანის საქმიანობის შედეგად განიცდის დეგრადაციას. ასევე არანაკლები მნიშვნელობა აქვს სარწყავად მოხმარებული წყლის მოცულობის შესაძლებელ შემცირებას. ამ საკითხის გადაწყვეტაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება რწყვის თანამედროვე ტექნოლოგიებსა და ბუნების პოტენციალის რაციონალურ გამოყენებას.

### ძირითადი ნაწილი

ბუნებაზე დაკვირვება და ბუნებრივი კანონზომიერების გათვალისწინება ბიომეურნეობის ერთ-ერთი ძირითადი პრინციპია. სწორედ ბუნებამ უკარნახა მეურნეს მულჩირების მეთოდი, რომლის დროსაც ნიადაგი მცენარის გარშემო იფარება სხვადასხვა მასალით. მართლაც, ტყეში ხეების, ბუჩქებისა და სხვა მცენარეების ქვეშ ნიადაგი ყოველთვის დაფარულია ჩამოცვენილი ფოთლებით, ხავსით, მკვდარი მცენარეული მასალით. სწორედ ეს ბუნებრივი საფარი იცავს ნიადაგს გამოსრობის, ჩარეცხვისა და ეროზიისაგან.

მულჩირება წარმოადგენს ნიადაგის მოშიშველებული ნაწილის გადაფარვას სხვადასხვა საშუალებებით და იგი მოწოდებულია აღმოფხვრას ან შეამციროს ის არასასურველი მოვლენები, რომლებსაც იწვევს ნიადაგის ზედაპირზე მცენარეული საფარის უქონლობა.

ნიადაგის მულჩირება აუმჯობესებს ნიადაგის აგროფიზიკურ თვისებებს, იცავს მას ეროზიისაგან, მცენარეებით დაფარული ნიადაგი მდიდრდება ორგანული მასით. მულჩირება გავლენას ახდენს ნიადაგში მიმდინარე ფიზიკურ, ბიოლოგიურ და ქიმიურ პროცესებზე.

მულჩს, როგორც ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებას, უფრო დიდი მნიშვნელობა აქვს გვაღვიანი რაიონებისათვის. იგი იცავს ნიადაგის აგრეგატებს ნალექების მოსვლისას. ამის გამო არ იქმნება ქერქი, ტენი ნაკლებად ორთქლდება და მცირდება ზედაპირული ჩამონადენი, როგორც ეროზიის განვითარების ერთ-ერთი საწყისი პირობა. ამავე დროს, გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ მულჩირება აძლიერებს მიკროორგანიზმების ცხოველქმედებას, რაც შემდგომში ნიადაგის ბიოქიმიური პროცესების გააქტივებაშიც გამოიხატება: იწვევს ნიადაგში ფოსფორისა და კალიუმის მოძრავი ფორმების შემცველობის გადიდებას. ამავე დროს, ადგილი აქვს აზოტის ხარჯვას, რაც მულჩის მასის გახრწნას ხმარდება, ამიტომ მან შეიძლება გამოიწვიოს ნიადაგში აზოტის უკმარისობა, რაც უნდა შეივსოს აზოტიანი სასუქების შეტანით.

სასოფლო-სამეურნეო და დეკორაციულ კულტურებში მულჩირების შესწავლა და გამოყენება საფუძველს იღებს ამ საუკუნის დასაწყისიდან. დღეისათვის მისი გამოყენება ფართოდაა გავრცელებული როგორც ერთწლიანი, ისე მრავალწლიანი კულტურებისათვის. მისი ინტენსიური გამოყენება განაპირობა იმან, რომ იგი 9%-მდე ზრდის ნიადაგის ტენიანობას და ამავე დროს 1,5-7,5-ით ამცირებს მის ტემპერატურას სწორედ მაშინ, როდესაც ეს ყველაზე მეტადაა საჭირო სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის, მაგალითად, კარტოფილში, როდესაც ხდება ტუბურების ფორმირება და მაღალი ტემპერატურა მიუღებელია. ეს იწვევს კარტოფილის მოსავლიანობის ზრდას 75%-ით, ხოლო ზოგჯერ მის გაორმაგებასაც კი [1].

საქართველოში მულჩირების თეორიული საფუძველები კარგადაა შესწავლილი და მულჩის მასალად გამოცდილია: ტორფი, ნაკელი, სპეციალური ქაღალდი, გვიძრა, ნამჯა და ა.შ. მიღებულია ძალიან კარგი შედეგები როგორც ერთწლიან, ისე მრავალწლიან კულტურებში. მულჩირება დადებით გავლენას ახდენს არა მარტო ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლასა და ტენტევალობის გაუმჯობესებაზე, არამედ მცენარეთა დაცვის ღონისძიებების ეფექტურობის ამაღლებაზეც. მკვეთრად მცირდება სარეველების რაოდენობა ასეთ ნაკვეთებზე, იზრდება ენტომოფაგების სიმჭიდროვე და შესაბამისად მცირდება მანებლების აქტიურობა, იცვლება დაავადებებისათვის საჭირო ეკოლოგიური პირობებიც და შესაძლებელი ხდება მათი გავრცელებისა და დაზიანების ინტენსივობის მართვა.

კარტოფილში მულჩის გამოყენების იდეა კოლორადოს ხოჭოს წინააღმდეგ საბრძოლველად მოგვაწოდა ბაკ რიჩარდსმა. ამასთან, თუ გავითვალისწინებთ ზემოთ მოყვანილ მონაცემებსაც, ნათელი გახდება ამ მეთოდის პერსპექტიულობა ჩვენი ფერმერებისათვის როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოში. მულჩად გამოიყენება როგორც ბუნებრივი ორგანული (მოთიბული ბალახი, ჩამოცვენილი ფოთლები, ბზე, ნამჯა, ნახერხი და ა.შ.), ასევე არაორგანული და ხელოვნური მასალები (პოლიმერული აფსკები, კერამიტი და სხვ.).

ორგანული მასალით მულჩირება ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესების კარგი საშუალებაა. გარდა ამისა, მულჩით დაფარული ნიადაგი დიდხანს ინარჩუნებს სითბოს, ტენს, ფხვიერებას და სწრაფად ხდება ნიადაგის ჰუმუსის ფენის აღდგენა. მულჩის ქვეშ იქმნება ოპტიმალური პირობები მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობისათვის, ისინი გადაამუშავებენ ორგანულ მულჩს და ამდიდრებენ ნიადაგს. ამასთან, ორგანული მულჩი ხელს უწყობს ჭიაყელებისა და ნიადაგის სხვ. ცხოველების გამრავლებას, რომლებიც აუმჯობესებენ ნიადაგის სტრუქტურას [2].

ორგანული მულჩი ხელს უშლის ნიადაგის ქერქის წარმოქმნას, რაც იცავს მას

ქარისა და მზის სხივების ზემოქმედებისაგან. ამასთან, ნიადაგი უკეთ სუნთქავს. ორგანული მულჩი აძლიერებს ნიადაგში მიმდინარე სასარგებლო ბიოქიმიურ პროცესებს, რის შედეგადაც უმჯობესდება მცენარის კვება და შესაბამისად მცენარე ძლიერდება. მულჩირებულ ნიადაგში ტემპერატურის მერყეობის ამპლიტუდა ნაკლებია, შენარჩუნებულია ოპტიმალური ტენიანობა და სითბური რეჟიმი, რაც აჩქარებს ნივთიერებათა ცვლის პროცესებს. ორგანული მულჩი აფერხებს ზოგიერთი დაავადებისა და მავნებლის ზრდა-განვითარებას, მაგალითად, კოლორადოს ხოჭო გაურბის თივისაგან დამზადებულ მულჩს.

ორგანული მასალით მულჩირების უარყოფით მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს სარეველა მცენარეების თესლების, მავნებლების, ჭუპრების და კვერცხების შეტანის საშიშროება და შედარებით მეტად შრომატევადია მულჩის ფენის სისტემატური განახლების თვალსაზრისით. ამგვარ ნეგატიურ გამოვლენებს მოკლებულია არაორგანული და ხელოვნური მასალით მულჩირება, მაგრამ მხედველობაშია მისაღები ამ მასალის თვისებები. მულჩირებისათვის შავი პოლიეთილენის (გაუმჭვირვალე) მასალის გამოყენებისას ნიადაგის სტრუქტურა არ უმჯობესდება და არც საკვები ნივთიერებებით მდიდრდება, მაგრამ ფერხდება სარეველების ზრდა და ნიადაგიდან ტენის აორთქლება. გასათვალისწინებელია, რომ პოლიეთილენის მასალა წვიმას იჭერს, ბოსტნეულ კულტურებში აქტუალურობას იძენს მცენარის მორწყვის საკითხის მოგვარება. გაზაფხულზე შავი პოლიეთილენის აფსკი თბება და შესაბამისად ნიადაგსაც ათბობს, მაგრამ ზაფხულის სიცხეების დროს იქმნება პრობლემა კერძოდ, პოლიეთილენი შესაძლოა ძლიერ გახურდეს და მკვეთრად აწიოს ნიადაგის ტემპერატურა, რაც საშიშროებას უქმნის ნიადაგის ცოცხალ ორგანიზმებსაც.

ზოგადად მულჩირების სასარგებლოდ უნდა ითქვას, რომ მას გააჩნია უამრავი დადებითი თვისება: ნიადაგის ტენის შენარჩუნება, სარეველების წინააღმდეგ ბრძოლის ხარჯების შემცირება და ბიო-მულჩის შემთხვევაში ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესება და ორგანული ნაწილით გამდიდრება. არსებობს მულჩირების მრავალი სახე, რომელთაგან აღსანიშნავია ბუნებრივი და სინთეტიკური მულჩები. სინთეტიკური მულჩი აერთიანებს სპეციალურ მულჩფირს, რომელიც იგება როგორც ხელით, ასევე მექანიზებულად ბადოს წარმომქმნელი და დამმულჩავი ტექნიკით. აგრეთვე გამოიყენება სასათბურე ფირები სათბურზე ვადის გასვლის შემდეგ; ხუთ წელიწადში ერთხელ იგი უნდა შეიცვალოს, ამიტომ საკმაოდ ეკონომიურია მისი გამოყენება [3, 4].

მულჩირების უარყოფით მხარედ ის უნდა ჩაითვალოს, რომ მაღალი ტენის პირობებში შესაძლოა წარმოიშვას ფესვისა და ფესვის ყელის სიღამპლევები. ამიტომ, საჭიროებიდან გამომდინარე, აუცილებელი ხდება ერთი წამლობა მაინც, მაგრამ იმასთან შედარებით, რომ თითქმის არ არსებობს გათოხვნა-გამარგვლის, ჰერბიციდის გამოყენების საჭიროება, რწყვის რაოდენობა წვეთოვან სისტემაში მინიმუმ 2-3 რწყვით მცირდება, გაცილებით ეკონომიური და ეკოლოგიურია ამ სისტემის გამოყენება. მულჩირება გამოიყენება, როგორც მრავალწლიან, ისე ერთწლიან კულტურებში და მისი თვისებები მეტნაკლებად დადებითია სხვადასხვა კულტურაში, მაგ., ჩამოყრილ კაკლოვან ნაყოფებს კონტაქტი არ აქვთ ნიადაგთან და გაცილებით მაღალხარისხიანი რჩებიან, აგრეთვე მარწყვი, საზამთრო, პამიდორი, ნესვი და სხვ. ერთწლიანი კულტურა არ ეხება ნიადაგის ზედაპირს და მისი დაღობის ალბათობაც დამწიფების პერიოდში ნაკლებია.

მცენარეებისთვის, რომლებიც წყალს ღებულობენ ნიადაგის ქვედა ფენებიდან, მულჩირება ნაკლებ შედეგიანია, მაგ., ეს არის ლეღვი, უნაბი, ბროწეული და სხვ. წყლის

ძლიერ მოყვარული მცენარეებისათვის, აგრეთვე სხვა კულტურებისათვის მაგალითად, ცილინდრულ ლუფას (დრუბელს), რომელიც არ არის შეჩვეული ეკონომიური წყლის მოხმარებას, მულჩირება აღმოჩნდა მცირედ ეფექტური. მულჩირების გამოყენება ამ შემთხვევაში არ იძლევა რწყვის რაოდენობის შემცირების საშუალებას, მაგრამ ბალის მცენარეებისა და ბოსტნეული კულტურების უმრავლესობისათვის (ჟოლო, მარწყვი, მოცხარი, ბარდა, კარტოფილი, ჭარხალი, კომბოსტო, მრავალწლიანი ხახვი და ა. შ.) მულჩირება არის ამ მცენარეებში საკმაოდ ეფექტური [5].

ზოგადად, მულჩირების დადებითი მხარეები შეიძლება შემდეგ პუნქტებად ჩამოვყალიბოთ:

- ორგანული მულჩა წარმოადგენს ნიადაგის მიკროორგანიზმების საკვებს და აძლიერებს მის აქტივობას;
- მულჩა იწვევს საკვები ელემენტების განვითარებას, ხოლო გარკვეული პირობების დროს კი – ნახშირორჟანგის გამომუშავებას;
- განაპირობებს ნიადაგის ხელსაყრელ კოშტოვანი სტრუქტურის ჩამოყალიბებას;
- იცავს ნიადაგს გადაშრობისაგან და უნარჩუნებს მას ტენიანობას;
- არეგულირებს ნიადაგის ტემპერატურას;
- აფერხებს სარეველების ზრდა-განვითარებას;
- ხელს უშლის ეროზიული პროცესების განვითარებასა და საკვები ელემენტების გამორეცხვას.

## **დასკვნა**

ორგანული მულჩით ნიადაგის მულჩირების დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს ძირითადი მოთხოვნები: მულჩის შეტანის წინ აუცილებელია ნიადაგის დამუშავება (გადახვნა); მულჩი შეტანის წინ უნდა დაქუცმაცდეს, მწვანე მაღალტენიანი მასალის შეტანა შესაძლებელია მხოლოდ თხელი ფენის სახით, ამიტომ მას ხშირი განახლება ესაჭიროება. მშრალი მულჩი, მაგ., თივა, შეიძლება უფრო სქელი ფენით იქნას შეტანილი (2-10 სმ), მაგრამ შეტანისთანავე უნდა დაინამოს, მულჩირების დროს ყურადღება უნდა მიექცეს იმ გარემოებას, რომ აღმონაცენი ან ჩითილები არ იყოს დაფარული მულჩით, მულჩი არ უნდა შეიცავდეს სარეველების თესლს და განსაკუთრებით მწერებს ან მათ ჭუპრს.

## **ლიტერატურა**

1. **შავლაყაძე მ., ლორთქიფანიძე ფ.** ეროზიული პროცესების ინტენსივობის შეფასება ნიადაგთა ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების ფონზე. //„საქართველოს ქიმიური ჟურნალი“, №2, 2008 წ., გვ. 201-203;
2. **ლორია მ.** მულჩირების გავლენა ნიადაგის თბურ და წყლოვან მახასიათებლებზე. მონოგრაფია, ISBN 978-9941-0-1149-8, თბილისი, 2009 წ., 68 გვ.;
3. **მაჭავარიანი ვ.** ნიადაგის ეროზია და დაცვის ღონისძიებები. „მეცნიერება“, თბილისი, 1987 წ., გვ. 49-62;
4. **სარიშვილი ი., ბერიძე ა.** აგროქიმიური სამსახურის საფუძვლები. გამომც. „განათლება“, თბილისი, 1973 წ., გვ. 244-251;
5. <http://dachnye-sovety.ru/mulchirovanie-pochvy-materialy-dlya-mulchirovaniya/>

**MULCHING – SOIL CONVERSATION TOOL**

**F.N. Lortkifanidze, E.M. Kechkhoshvili**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia  
**E-mail: *feride.75@mail.ru***

**Abstract.** Mulching issues are discussed in the article. It's estimated that mulching is an important method for maintaining moisture in soil and reducing the weed control costs. Introduction of organic mulch improves soil structure and enriches its organic matter.

**Keywords:** soil; mulching; mulch; artificial materials.

**МУЛЬЧИРОВАНИЕ - СРЕДСТВО СОХРАНЕНИЯ ПОЧВЫ**

**Ф.Н. Лорткипанидзе, Э.М. Кечхошвили**

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия  
**E-mail: *feride.75@mail.ru***

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы, связанные с мульчированием, являющимся одним из эффективных методов сохранения влажности почвы и уменьшения затрат, связанных с борьбой с сорняками. Использование био-мульчи улучшает структуру почвы и обогащает содержание в ней органических веществ.

**Ключевые слова:** почва; мульчирование; мульча; искусственные материалы.

ჰიდროგეოლოგიური პირობების ზეგავლენა გრუნტის წყლების  
დინამიკასა და ეკოლოგიური სტაბილურობის შენარჩუნებაზე

ლ.დ. მაისაია, ხ.ლ. კიკნაძე, ა.ა. გოგიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო  
E-mail: [likamaisaia@mail.ru](mailto:likamaisaia@mail.ru); [khkiknadze@mail.ru](mailto:khkiknadze@mail.ru)

**ანოტაცია.** სტატიაში წარმოდგენილია ჰიდროგეოლოგიური პირობების ზეგავლენა გრუნტის წყლების დინამიკასა და ეკოლოგიურ სტაბილურობაზე. განხილულია გრუნტის წყლების ირიგაციული რეჟიმი, როგორც ტექნოგენური რეჟიმის სახესხვაობა, აგრეთვე ჰიდროგეოლოგიური პირობების განმაპირობებელი ფაქტორები.

**საკვანძო სიტყვები:** ეკოლოგია; ჰიდროგეოლოგია; გრუნტის წყლები; ეკოლოგიური სტაბილურობა.

**შესავალი**

წყალსამეურნეო ობიექტები და, კერძოდ, სარწყავი სისტემები თავისი ფუნქციონირებით მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენენ გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე და ეს გავლენა საკმაოდ მრავალმხრივ ხასიათს ატარებს. ყოველი მსხვილი წყალგამტარი არხის, სარწყავი სისტემის ფუნქციონირება ცვლის მიმდებარე რეგიონის ეკოლოგიურ მდგომარეობას. სარწყავ ფართობებზე, განსაკუთრებით მსხვილი წყალგამტარი არხების სიახლოვეს, საკმაოდ ხშირია გრუნტის წყლის დონეების დაუშვებელი აწევისა და, აქედან გამომდინარე, ფართობების დაჭაობებისა და დამლაშების შემთხვევები. ასეთი პროცესები მნიშვნელოვან ზარალს აყენებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას, იწვევს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების დეგრადირებას.

**პირითაღი ნაწილი**

სარწყავი არხებიდან წყლის მაღალი ფილტრაციული დანაკარგები, სარწყავი ქსელის დაბალი მქკ, სარწყავ ფართობებზე წყლის გადამეტებული მიწოდება და არათანაბარი განაწილება, გარკვეულ ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში შეიძლება გახდეს გრუნტის წყლის დონის დაუშვებელი აწევის მიზეზი. ეს კი თავის მხრივ იწვევს მიმდებარე ფართობების ჭარბტენიანობას და დამლაშებას. ადგილი აქვს ნიადაგწარმომქნელი პროცესების შესუსტებას, ნაყოფიერების შემცირებას, ფართობების გამოსვლას სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ციკლიდან [1].

როდესაც ვაანალიზებთ სარწყავი არხების ფუნქციონირების ზეგავლენას გრუნტის წყლების დინამიკაზე მისგან გამომდინარე ეკოლოგიური შედეგებით, პირველ რიგში, აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ საწყისი ბუნებრივი და ჰიდროგეოლოგიური პირობები. სარწყავი სისტემების ექსპლუატაციის პრაქტიკიდან ცნობილია, რომ გრუნტის წყლებში სარწყავი არხებიდან ჩამდინარე ერთი და იმავე სიდიდის ფილტრაციული წყლის ნაკადმა, გარემოს ჰიდროგეოლოგიური პირობების უნარის მიხედვით, შეიძლება განსხვავებული სიდიდის ზეგავლენა მოახდინოს გრუნტის წყლის დონეების დინამიკაზე.

ამგვარად, როცა ვაფასებთ ამა თუ იმ სარწყავი სისტემებისა თუ ცალკეული წყალგამტარი არხების ზეგავლენის არეში მოქცეული ფართობის ეკოლოგიურ საიმედოობას, გრუნტის წყლის დონის დაუშვებელი აწევის ფაქტორისა და მისგან გამომდინარე ეკოლოგიური შედეგების მიხედვით, ვაკეთებთ ამ ეკოლოგიური საიმედოობის პროგნოზირებას. პირველ რიგში, უნდა გაგვანალიზოთ მოცემული ფართობის ჰიდროგეოლოგიური პირობები გრუნტის წყლების დინამიკაზე მისი ზეგავლენის თვალსაზრისით. ამგვარად, საჭიროა მოვახდინოთ ჰიდროგეოლოგიური პირობების ტიპიზაცია და ჰიდროგეოლოგიური პირობების მიხედვით სარწყავი ფართობების დარაიონება, ანუ ე.წ. ჰიდროგეოლოგიურ-მელიორაციული დარაიონება.

ძირითადად გეომორფოლოგიური ხასიათის ფაქტორების მიხედვით გამოყოფილია ოთხი ჰიდროგეოლოგიურ-მელიორაციული კატეგორია: ფართობები გრუნტის წყლების მდგრადად ღრმა (4 მ-ზე მეტი) მდებარეობით; ფართობები გრუნტის წყლების მდგრადად არაღრმა (3-4 მ-ზე ნაკლები) მდებარეობით; ფართობები, რომლებზედაც კონკრეტული მიკრორელიეფის თავისებურებების მიხედვით ადგილი აქვს გრუნტის წყლების სიღრმის ცვალებადობას; ფართობები, სადაც გრუნტის წყლის სიღრმე განიცდის ცვალებადობას როგორც წლების, ისე წლის ცალკეული სეზონების მიხედვით. როგორც ვხედავთ, აღნიშნული დარაიონება მოიცავს საკმაოდ დიდი ფართობის რეგიონებს და ვერ ასახავს ჰიდროგეოლოგიური პირობების ცვალებადობას ლოკალური, მცირე სიდიდის ფართობებისათვის. ამასთან, გრუნტის წყლის დონეების ცვალებადობასთან ერთად აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული ამ გრუნტის წყლის მინერალიზაციის ხარისხიც, რაც მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ფართობების ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე [2].

მელიორაციული მიწების ჰიდროგეოლოგიურ ტიპიზაციას ზოგადად განსაზღვრავენ შემდეგი ძირითადი ფაქტორები: **რეგიონის ზონალობა** – ტყის, უდაბნოს, ნახევარუდაბნოს ზონები და ა.შ.; **რეგიონის გეოსტრუქტურა** – შემაღლებები, ფერდობები, მთათაშორისი დაბლობები, მთისწინა ფართობები და ა.შ.; **გეომორფოლოგიური პირობები** – მთისწინა დაბლობები, გამოტანის კონუსები, ალუვიური ტერასები, მდინარეთა დელტები, ზღვისპირა დაბლობები და ა.შ.; **ჰიდროლოგიური პირობები** – კერძოდ, ჰიდრაულიკური კავშირის ხასიათი გრუნტის წყლებსა და ჰიდროგრაფიულ ქსელს შორის; **ჰიდროგეოქიმიური პირობები** – რაიონები სადაც ადგილი აქვს გრუნტის წყლების კვებას მინერალიზებული დაწნევიანი წყლებით; გრუნტის შრეობრივი აგებულების თავისებურებები; **ჰიდროდინამიკური პირობები** – გრუნტის ფილტრაციისა და წყალჟონვადობის კოეფიციენტების სიდიდეები; წყალშემცველი ჰორიზონტების ხასიათი და მათი ურთიერთკავშირი; **ბუნებრივი ღრუნილების მახასიათებლები**; **ტოქსიკური მარილების მარაგის** სიდიდე ფართობის ზედაპირული ანუ აერაციის ზომის ქანებში [3].

როდესაც განსახილველ რაიონებში ხდება სარწყავი სისტემის ცალკეული არხების მშენებლობა და ექსპლუატაცია, ამ რაიონისათვის გრუნტის წყლების ბუნებრივი რეჟიმი იცვლება ე. წ. ტექნოგენური რეჟიმით, რომელიც დამოკიდებულია როგორც ბუნებრივი რეჟიმის, ისე ტექნოგენური ფაქტორების ხასიათზე. ტექნოგენური რეჟიმის პირობებში განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს სარწყავი არხებიდან წყლის ფილტრაციული დანაკარგების სიდიდე, სარწყავი ნორმები და გამოყენებული რწყვის წესები და ტექნიკა.

აღსანიშნავია, რომ ჰიდროგეოლოგიური პირობების განმაპირობებელი ფაქტორები არ წარმოადგენენ უცვლელ პარამეტრებს და სარწყავი სისტემების ფუნქციონირების ზეგავლენით თვითონაც განიცდიან ცვალებადობას დროში.

სარწყავი სისტემების ფუნქციონირება მნიშვნელოვნად ცვლის გრუნტის წყლების კვების ინტენსივობას, მათი განლაგების სიღრმეს, ქიმიურ შემადგენლობას, მოძრაობის



მიმართულებასა და განტვირთვის ხასიათს, წყლისა და მარილების ბალანსის ხასიათს, გრუნტის წყლების კავშირს ქვევით მდებარე წყალშემცველ პორიზონტებთან. მორწყვის ზეგავლენით იცვლება აერაციის ზონისა და ქვევით მდებარე წყალგაჯერებული ქანების წყლოვან-ფიზიკური, ფილტრაციის თვისებები, საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები, საკოლექტორო-სადრენაჟო ქსელის არსებობისას მორწყვის ზეგავლენას თან ერთვის ქსელის ზეგავლენაც.

## დასკვნა

ამგვარად, სარწყავი მიწათმოქმედების რაიონებში, გრუნტის წყლების ბუნებრივი რეჟიმის ნაცვლად ყალიბდება ე.წ. გრუნტის წყლების ირიგაციული რეჟიმი, რომელიც წარმოადგენს გრუნტის წყლების ტექნოგენური რეჟიმის ერთ-ერთ სახესხვაობას.

## ლიტერატურა

1. **Мирицхулава Ц.Е.** Надежность гидромелиоративных сооружений. Изд-во "Колос", Москва, 1974;
2. **Мирицхулава Ц.Е.** Надежность систем орошения. Изд-во "Колос", Москва, 1985;
3. **ნათიშვილი თ.** მეღორაციის ცნობარი. თბილისი, 1986.

### Hydrotechnic and Reclamation

## INFLUENCE OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS ON THE DYNAMIC OF GROUND WATER AND SAVING OF ECOLOGICAL STABILITY

**L.D. Maisaya, Kh.L. Kiknadze, A.A. Gogiashvili**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia

**E-mail: [likamaisaia@mail.ru](mailto:likamaisaia@mail.ru); [khkiknadze@mail.ru](mailto:khkiknadze@mail.ru)**

**Abstract.** In the article has been presented influence of hydrogeological conditions on the dynamic of ground water and saving ecological stability. It has been reviewed irrigation regime of ground water, as various of technogenic regime also caused factors of hydrogeological conditions.

**Keywords:** ecology; hydrogeology; ground water; ecological stability.

### Гидротехника и мелиорация

## ВЛИЯНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДИНАМИКУ ГРУНТОВЫХ ВОД И СОХРАНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ

**Л.Д. Маисая, Х.Л. Кикнадзе, А.А. Гогиашвили**

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия

**E-mail: [likamaisaia@mail.ru](mailto:likamaisaia@mail.ru); [khkiknadze@mail.ru](mailto:khkiknadze@mail.ru)**

**Аннотация.** В статье представлено влияние гидрогеологических условий на динамику грунтовых вод и экологическую стабильность. Рассмотрен ирригационный режим грунтовых вод, как разновидность техногенного режима, также факторы обуславливающие гидрологические условия.

**Ключевые слова:** экология; гидрогеология; грунтовые воды; экологическая стабильность.

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЫЖОК НА ГЛАДКОМ И ШЕРОХОВАТОМ ДНЕ

**А.Ш. Мамедов**

Бакинский Государственный Университет  
ул. Захида Халилова 23, г. Баку, AZ-148, Азербайджан  
**E-mail: ahmadmammadov@hotmail.com**

**Аннотация.** Изучение потерь энергии в зоне прыжка имеет важное значение при анализе структуры потока. В работе теоретическим путем получены зависимости для определения потери напора за счет соединения и отделения добавочного расхода прыжка.

Получена формула для определения длины гидравлического прыжка на гладком и шероховатом русле.

**Ключевые слова:** прыжок; турбулентное перемешивание; добавочный расход; переменный расход; критическая глубина; удельный расход; шероховатость русла.

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение потерь энергии в зоне прыжка имеет важное значение при анализе структуры потока. Данному вопросу посвящены многочисленные работы [1÷9]. Результаты этих работ свидетельствуют о том, что на участке гидравлического прыжка происходит интенсивное турбулентное перемешивание, которое вызывает проникновение из турбулентной (бурной) зоны в транзитную (спокойную) крупных вихревых образований в виде добавочных дискретных масс жидкости. Проведенный анализ существующих работ по данному вопросу, говорит о том, что большинство из них посвящены потоку с постоянной массой.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время в практике для определения длины гидравлического прыжка используют ряд эмпирических формул [1, 5].

а) формула Н.Н. Павловского:

$$l_{np} = 2,5 (1,9 \cdot h_2 - h_1),$$

б) формула М.О. Чертаусова:

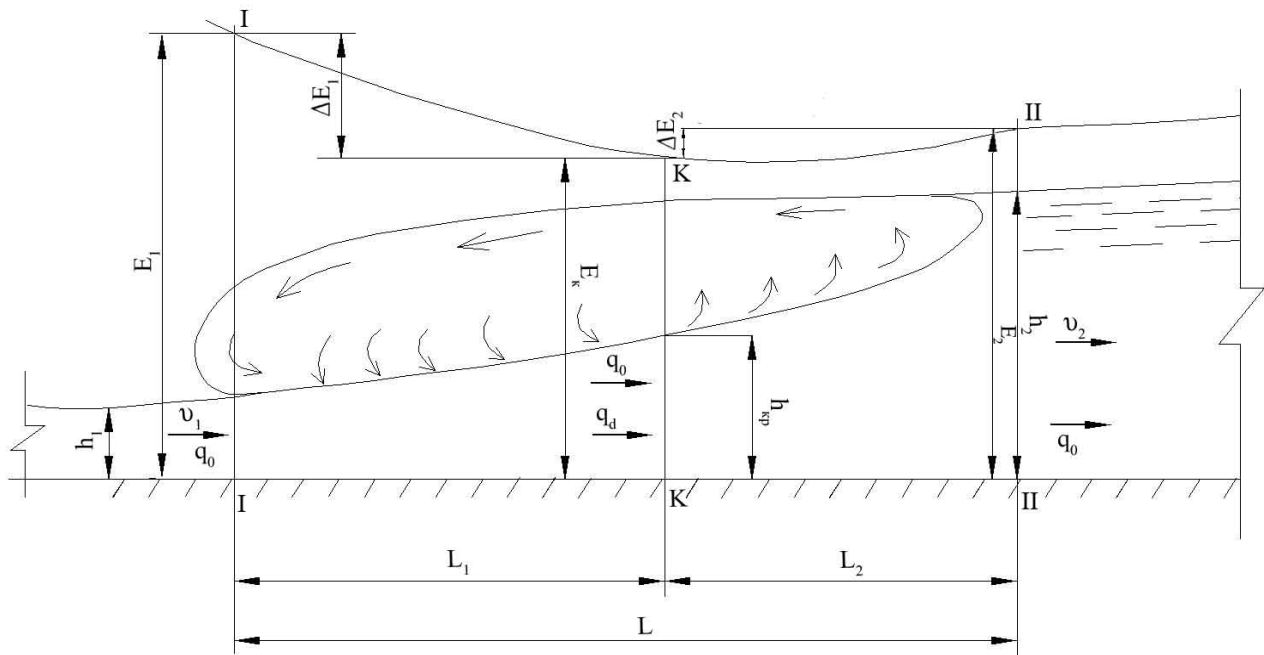
$$l = 10,3 h_1 (\sqrt{Fr} - 1)^{0,81}.$$

В отличие от существующих работ нами рассматривается гидравлический прыжок, в котором движение жидкости происходит с переменной массой с уменьшением количества движений. При резком переходе потока из бурного состояния в спокойное, между сечениями I-I и II-II образуется гидравлический прыжок, внутри которого происходит весьма сложный гидродинамический процесс (рис. 1). В пределах гидравлического прыжка происходит как присоединение (между сечениями I-I и К-К), к основному потоку, так и отделение добавочного расхода (между сечениями К-К и II-II) от него. При этом удельный расход воды в створе I-I будет  $q_0$ , в створе К-К увеличивается и станет  $(q_0 + q_d)$ , где  $q_d$ -удельный расход присоединенного потока. На участке между створами К-К и II-II происходит отделение присоединенного расхода –  $q_d$  от основного потока. В результате в сечениях I-I и

II-II удельные расходы основного потока одинаковы и равны –  $q_0$ .

По данным существующих исследований установлено, что энергия потока в пределах гидравлического прыжка уменьшается. Однако, по результатам проведенных нами исследований следует, что характер изменения энергии потока между сечениями I-I и II-II в некоторой степени отличается от существующих подобных работ. При обработке данных многочисленных исследований подтверждается, что по длине гидравлического прыжка удельная энергия потока уменьшается до минимума –  $E_k$  в створе К-К, а затем за счет восстановления напора несколько увеличивается и равняется  $E_2$  в створе II-II.

Для определения длину гидравлического прыжка за основу принимается уравнение Г.А.Петрова, который рассматривает прыжок как явление, происходящее с изменением расходов по пути.



**Рис. 1. Расчетная схема**

При известных величинах гидравлических параметров прыжка, значения  $q_{доб}$  и  $h_{кр}$  можно определить из следующих выражений [1]:

$$h_{кр} = \sqrt{\frac{1}{3} [h_2(h_1 + h_2) + h_1^2]}, \quad (1)$$

$$q_{доб} = \sqrt{g} \left[ \sqrt{\frac{h_{кр}^3}{\alpha_0}} - \sqrt{\frac{h_1 h_2}{2\alpha_0} (h_1 + h_2)} \right]. \quad (2)$$

Используя значения критических глубин ( $h_{кр}$ ) и добавочного расхода ( $q_{доб}$ ), нами получена следующая формула для определения потери напора за счет соединения добавочного расхода, нисходящая ветвь к основному в зоне до критического сечения в следующем виде:

$$\Delta h_{см} = \frac{\alpha q_{доб}}{g(h_{кр} - h_1)} \left[ \frac{(v_1 h_{кр} - v_{кр} h_1)}{h_{кр} - h_1} \ln \frac{h_{кр}}{h_1} + (v_{кр} - v_1) \right]. \quad (3)$$

Нами получена следующая формула для определения значения восстановленного напора за счет

отделения добавочного расхода от основного в зоне после критического сечения в следующем виде [4]:

$$\Delta h_{\text{доб.}} = \frac{\alpha q_{\text{доб.}}}{g(h_2 - h_{\text{кр}})} \left[ \frac{(v_{\text{кр}} h_2 - v_2 h_{\text{кр}})}{h_2 - h_{\text{кр}}} \ln \frac{h_2}{h_{\text{кр}}} + (v_2 - v_{\text{кр}}) \right]. \quad (4)$$

Мы получили два выражения (3) и (4) для определения потери и восстановления напора в гидравлическом прыжке при соединении и отделении добавочного расхода.

Надо отметить, что по принятой схеме до критического сечения происходит уменьшение энергии потока. Доходя до минимума в критическом сечении, далее за счет отделения добавочного расхода, поток частично восстанавливает энергию. Это условие показывает, что на участке К-К – II-II происходит восстановление напора. Значение восстановленного напора определится по выражению (4).

Предлагаемые зависимости (3) и (4) дают возможность определения потери энергии в гидравлическом прыжке. Эти потери энергии образуются под влиянием поверхностного вальца. С другой стороны, часть энергии потока расходуется на преодоление сопротивления дна русла. Использование гидравлических параметров потока определяют удельные энергии  $E_1$ ,  $E_2$  и  $E_{\text{к}}$  в створах I-I, II-II и К-К гидравлического прыжка. При этом потери энергии между сечениями I-I и К-К составляют  $\Delta E_1 = E_1 - E_{\text{к}}$ , а между сечениями К-К и II-II –  $\Delta E_2 = E_{\text{к}} - E_2$ . Во всех случаях удовлетворяется условие  $E_{\text{к}} < E_2$ , и при этом  $\Delta E_2 < 0$ . Отсюда видно, что при движении потока в пределах участка между сечениями К-К и II-II удельная энергия потока дополнительно увеличивается от минимума (сечение К-К) до  $E_2$  (сечение II-II) на величину  $\Delta E_2$ . При подсчетах по (3) и (4) значения  $\Delta h_1$  и  $\Delta h_2$  можно определить потери энергии на преодоление сопротивления вдоль участка длиной  $L_1$  из выражения  $\Delta H_1 = \Delta E_1 - \Delta h_1$  и по длине участка  $L_2$  из выражения  $\Delta H_2 = \Delta h_2 - \Delta E_2$ . Из приведенных материалов следует, что в гидравлическом прыжке потеря энергии, необходимая для преодоления сопротивления дна русла, будет равна  $\Delta H_1 = \Delta H_1 + \Delta H_2$ . Для определения величины потери напора на преодоление сопротивления дна русла, минуя формулы (3) и (4), нами после обработки многочисленных данных, получена зависимость в виде:

$$\Delta E = E_1 \left[ 0,78 - 0,89 \left( \frac{h_1}{h_2} \right)^{0,15} \right], \quad (5)$$

где  $h_1$ ,  $h_2$  – первая и вторая сопряженные глубины в гидравлическом прыжке;  $E_1$  – удельная энергия потока на начальном участке гидравлического прыжка.

Таким образом, потеря энергии в гидравлических прыжках будет:

$$E_1 - E_2 = \Delta h_f + \Delta h_{\text{смеш.}} + \Delta h_{\text{отд}}, \quad (6)$$

Из уравнения (6) видно, что для гидравлических прыжков должно в обязательном порядке выполняться следующее условие:

$$\Delta E = E_1 - E_2 - (\Delta h_{\text{смеш.}} - \Delta h_{\text{отд}}). \quad (7)$$

Для определения длины гидравлического прыжка воспользуемся формулой Дарси-Вейсбаха для критического сечения вида:

$$\Delta E = (\lambda_p + \lambda_f) \frac{L_{\text{нр}}}{h_{\text{кр}}} \cdot \frac{v_{\text{кр}}^2}{2g}, \quad (8)$$

где:  $\Delta E$  – энергия для преодоления сопротивления на трения;

$\lambda_p$  – коэффициент гидравлического трения от уклона градиента давления [7];

$\lambda_f$  – коэффициент гидравлического трения от уклона трения [1,6,7] ;

$h_{np}$  – длина прыжка;

$v_{кр}$  – критическая скорость потока;

$h_{кр}$  – критическая глубина потока.

Из (8) для длины гидравлического прыжка, находим:

$$L_{np} = \frac{2g}{v_{кр}^2} \cdot \frac{\Delta E h_{кр}}{\lambda_p + \lambda_f} . \quad (9)$$

Для определения  $\lambda_p$  и  $\lambda_f$  нами обработаны данные лабораторных исследований ряда авторов [1, 3, 6÷9]. По результатам этих работ получено выражение для определения  $\lambda_p$  в виде:

$$\lambda_p = 0,0021 Fr^{0,84} . \quad (10)$$

При этом значение  $\lambda_f$  определяется как для гладких, так и для шероховатых русел в отдельности. Коэффициент гидравлического трения  $\lambda_f$  для гладкого дна определяется по формуле:

$$\lambda_{f.глад.} = 0,08 \cdot \lambda_0^{0,42} \left( \frac{h_{кр}}{h_1} \right)^{1,6} . \quad (11)$$

В зависимости (11) –  $\lambda_0$  определяется по формуле [7].

$$\lambda_0 = \frac{0,035}{Re^{0,25}} ,$$

где: Re – число Рейнольдса и определяется по формуле:

$$Re = \frac{v_1 \cdot h_1}{\nu} . \quad (12)$$

Для шероховатого русла коэффициент гидравлического трения определяется из выражения:

$$\lambda_{f(шер.)} = 0,033 \lambda_f^{0,34} \left( \frac{h_{кр}}{h_1} \right)^{1,6} . \quad (13)$$

В зависимости (13) величина значения  $\lambda_f$  определяется из (14).

$$\lambda_f = \frac{1}{\left( 3,91g \frac{h}{k} + 4 \right)^2} , \quad (14)$$

где:  $k$  определяется по методике А.П. Зегжды [1,7].

Сопоставление указанных зависимостей проведены с данными экспериментальных исследований М.Д. Чертаусова (таблица 1).

С использованием приведенных данных длина гидравлического прыжка подсчитана как с предлагаемыми нами зависимостями, так и по рекомендациям Н.Н. Павловского и М.Д. Чертаусова, которые приводятся таблице 1. Расхождение между опытными и рассчитанными длинами гидравлического прыжка изменялось: по рекомендуемым нами зависимостям  $\pm 0,4 \dots 22\%$ , по формуле Н.Н. Павловского  $\pm 1,0 \dots 36,0\%$ , по выражению М.Д. Чертаусова  $\pm 2,1 \dots 29\%$ .

Таблица 1

Результаты сопоставления длины гидравлического прыжка по опытным данным М.Д. Чертаусова

Первая сопряженная глубина, см	Вторая сопряженная глубина, см	Удельный расход, см <sup>2</sup> /с на 1 п.см	Опытная длина гидравлического прыжка, L <sub>0</sub> , см	Длина прыжка по автору, L <sub>а</sub> , см	Расхождение между L <sub>0</sub> и L <sub>а</sub> , %	Длина прыжка по Н.Н. Павловскому, L <sub>п</sub> , см	Расхождение между L <sub>0</sub> и L <sub>п</sub> , %	Длина прыжка по М.Д. Чертаусову, L <sub>т</sub> , см	Расхождение между L <sub>0</sub> и L <sub>т</sub> , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,24	2,92	33,0	11,5	11,6	-0,4	13	-15	13	-16,9
3,75	33,8	1527,9	180,0	178,9	0,6	151	16	161	10,4
2,20	15,5	544,1	70,0	74,7	-6,7	68	3	77	-10,1
1,95	15,02	493,8	60,0	73,2	-22,0	66	-11	73	-21,0
1,96	14,93	492,4	67,0	72,6	-8,2	66	1	73	-9,0
2,25	17,64	622,3	87,0	87,7	-0,9	78	10	85	2,1
1,94	15,85	518,0	70,0	78,1	-11,5	70	-1	76	-8,9
0,34	2,980	40,6	13,0	12,2	6,1	13	-2	14	-10,1
1,01	9,22	216,2	41,5	42,6	-2,6	41	1	44	-6,5
0,24	2,54	28,8	10,5	10,1	3,8	11	-9	12	-13,1
0,22	2,67	28,9	11,5	10,5	9,1	12	-6	12	-7,0
0,24	2,92	33,0	11,5	11,6	-0,4	13	-15	13	-16,9
0,17	2,18	20,7	10,0	8,3	17,1	10	1	10	0,8
0,35	4,5	61,2	19,0	18,4	3,0	21	-8	21	-9,0
0,21	2,72	28,7	12,0	10,5	12,2	12	-3	12	-3,9
0,25	3,55	40,7	14,0	13,8	1,1	16	-16	16	-15,9
0,21	3,11	32,6	12,0	11,9	1,1	14	-19	14	-17,3
0,23	3,79	41,5	17,0	14,6	14,4	17	-3	17	2,0
0,18	3,34	32,2	13,0	12,1	7,1	15	-19	15	-14,4

Литература

1. Ахутин Д.А. Об определении некоторых параметров совершенного гидравлического прыжка. //Труды гидропроекта, №10, 1963, стр. 323-327;
2. Грицук А.В. Механизм и теория прыжка потока жидкости. М: Сельколхозгиз, 1932, 38 стр.;
3. Дмитриев А.Ф. Хлапук Н.Н. Исследование режимов незатопленного и затопленного донного гидравлического прыжка. //Гидравлика и гидротехника, Выпуск 2, 1975, №2, стр. 8-15;
4. Мамедов А.Ш. Потеря энергии потока в зоне прыжка. //Сборник научных трудов по механике, Аз. ИСУ. Баку, 1999, № 9, стр. 237-245;
5. Петров Г.А. Гидравлика переменной массы. Харьков: Изд-во Харьковского университета, 1964, 224 стр.;
6. Руссо Г.А. О вихревых движениях в жидкости //Труды гидропроекта. Сб. №13, стр. 218-303;
7. Хапаева А.К. Гидравлический прыжок на гладком и шероховатом дне как пристенная струя. //Известия ВНИИГ, т. 92, 1970, стр. 234-245;

8. **James F. Cruise, Mohsen M. Sherif, Vijay P. Singh.** Elementary hydraulics. /Not for Sale in America, Thomson, 2007, 560 p.;
9. **Resh F.J., Leutheusser H.J.** Mesures des tensions de Reynolds dans le ressaut hydraulique. //Journal of hydraulic research de recherches hydrauliques, vol. 10, 1972, №4, pp. 409-429.

**Hydrology**

## **HYDRAULIC JUMP ON SMOOTH AND ROUGH RIVERBEDS**

**A.Sh. Mammadov**

Baku State University  
23, Zahis Halilov str. Baku, AZ-148, Azerbaijan  
**E-mail: *ahmadmammadov@hotmail.com***

**Abstract.** Studying energy losses in the zone hydraulic jump is quite significant in terms of analyzing the structure of watercourse. In this respect, the present study reveals in theoretical terms the dependencies for determining head losses emerging from conjugation and segregation of excess flow caused by hydraulic jump.

**Keywords:** hydraulic jump; turbulent mixing; excess flow; variable flow; critical depth; specific flow rate; rough-surface riverbed.

## РАЦИОНАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ГОРНЫХ ВОДОЗАБОРОВ

А.Ш. Мамедов,<sup>1</sup> А.А. Байрамов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Бакинский Государственный Университет  
ул. Захида Халилова 23, г. Баку, AZ-148, Азербайджан  
**E-mail: ahmadmammadov@hotmail.com**

<sup>2</sup> Научно-производственное объединение  
гидротехники и мелиорации Азербайджана  
ул. И. Дадашева 70А, г. Баку, AZ-1130, Азербайджан  
**E-mail: abayramov@hotmail.com**

**Аннотация.** При заборе воды из рек попадание наносов в каналы создает ряд затруднений эксплуатационного характера. Для улучшения забора воды из горных рек предложена новая конструкция водозаборных сооружений. В отличие от обычных донных водозаборов, применена водосливная плотина с удлиненными в сторону нижнего бьефа полыми быками. Конец удлиненных быков перекрывается затворами и осуществляется забор более осветленных вод.

**Ключевые слова:** водозаборная плотина; щитовая плотина; удлиненные быки; продольные стенки; водозаборные лотки; наклонные пластинки; галерея.

При заборе воды из рек попадание наносов в каналы создает ряд затруднений эксплуатационного характера. Эти затруднения преимущественно проявляются при водозаборе из горных рек, где из-за больших скоростей потока донные и взвешенные наносы свободно продвигаются даже при меженных расходах. Обычно при заборе воды борьба с донными и взвешенными наносами ведется в водозаборных и отстойных сооружениях.

Опыт проектирования и эксплуатации водозаборных узлов в Азербайджанской Республике свидетельствует о том, что в условиях рек горно-предгорной зоны, где в многолетнем, сезонном и даже суточном разрезах наблюдаются значительные изменения расходов воды и наносов, очистка воды от наносов в пределах водозаборного узла осуществляется поэтапно. Вначале, в зоне подпора, в меженный период обеспечивается отстаивание крупных наносов в верхнем бьефе и периодический промыв их в нижний бьеф, а в паводок - беспрепятственный транзит твердого стока за пределы водозаборного сооружения. На втором этапе борьба с наносами ведется непосредственно на водозаборном сооружении с помощью специальных конструктивных элементов. После забора воды, на последнем этапе ее очищают от наносов с помощью песко-гравелиловки и отстойника [1].

Технико-экономическое обоснование компоновки узла в каждом конкретном случае неразрывно связано с анализом накопленного опыта эксплуатации водозаборных сооружений в аналогичных гидрологических условиях рек и степени их хозяйственного использования.

Практика работы водозаборов на реках горно-предгорной зоны показывает, что четко ограничить пределы использования отдельных конструктивных видов водозаборных сооружений, очень трудно.

Исследования водозаборных и отстойных сооружений, построенных на горных и предгорных участках рек (Самур, Кудиалчай, Турианчай, Вельвеличай, Акеречай и др.) Азербайджана, показали, что работу известных конструкций речных водозаборов нельзя считать удовлетворительной, так как они имеют следующие основные недостатки:

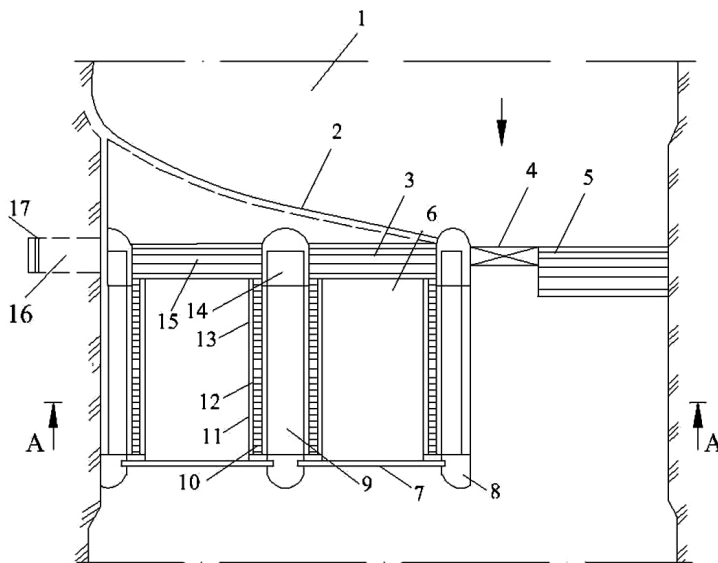


- просвет решетки интенсивно засоряется мусором и забивается наносами, в результате чего пропускная способность ее значительно сокращается;
  - верхний бьеф гидроузла за короткий срок полностью заилится наносами и интенсивность поступления крупных фракций наносов в водоприемник при этом увеличивается;
  - промыв верхнего бьефа гидроузла от отложившихся наносов происходит в основном у промывных отверстий и распространение зоны размыва в сторону верхнего бьефа незначительно, поэтому приходится уменьшать рабочий цикл между промывками и увеличивать их периодичность;
- Для изучения работы водозаборных сооружений нами в 1985-1990 годах были проведены натурные исследования на Самурском гидроузле [2].

Сооружение на р. Самур вступило в эксплуатацию в 1956 г. Створ Самурского гидроузла характеризуется средним многолетним расходом 66,73 м<sup>3</sup>/с, максимально наблюдаемым 638 м<sup>3</sup>/с, минимальным 9,2 м<sup>3</sup>/с. Расчетный сток равен 1742 млн. м<sup>3</sup>, среднегодовой сток наносов составляет 12 750 тыс. т или 404 кг/с, максимальная мутность – 70-80 кг/м<sup>3</sup>.

Створ гидроузла р. Самур перекрывается глухой и водосбросной плотинами, промывными щитами и водоприемником. Водоприемник выполнен в виде кармана и обеспечивает забор воды из реки с расходом 86 м<sup>3</sup>/с. На дне кармана по его длине устроена гравиеловка, сверху перекрытая решеткой. При фронтальном поступлении речного потока в карман нижний слой воды вместе с донными наносами поступает в гравиеловки. Кроме того, в кармане осаждаются крупные наносы, которые промываются в нем и сбрасываются в нижний бьеф. Щитовая часть плотины предназначена для промывки верхнего бьефа гидроузла от отложений наносов [3].

За истекший период эксплуатации верхний бьеф гидросооружения полностью занесен наносами,



Разрез А - А

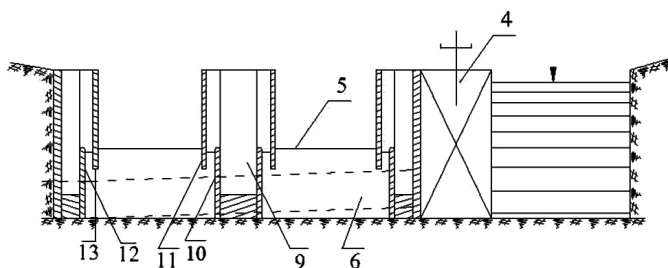


Рис. 1. План и разрез лоткового водозаборного узла

высота которых доходит до гребня водосливных плотин. Русло реки в верхнем бьефе разбито на отдельные рукава, которые с приближением к сооружению блуждают по пойме. Занесение верхнего бьефа влияет и на режим реки в нижнем бьефе. Занесение верхнего бьефа ухудшило режим эксплуатации гидроузла, поэтому интенсивность промывки верхнего бьефа увеличилась.

Анализ результатов исследования позволил разработать принципиально новую схему компоновки и конструкции водозабора. Конструктивная особенность предлагаемого водозаборного сооружения, в отличие от существующих, позволяет осуществить забор воды путем изменения направления потока на 90° по течению реки через удлиненные быки и устои. При этом быки и устои промывных шлюзов на 150-200 м удаляются в сторону нижнего бьефа, где создается камера с боковыми водоприемными лотками.

Удлиненные быки выполняются полыми в виде лотков для приема воды (рис. 1).

Перед водоприемными лотками, расположенными в теле удлиненных быков, устанавливаются дополнительные продольные стенки. В результате чего между бортовой стенкой лотка и дополнительной стенкой образуется продольная щель-зазор, из которой речная вода поступает в водоприемный лоток и затем дюкером транспортируется на берег.

Особенность такой конструкции горного водозабора заключается в следующем. Нижняя кромка дополнительной продольной стенки устанавливается ниже отметки гребня бортовой стенки водоприемного лотка на 50-70 см. В результате между дополнительной и бортовой стенками образуется щель-зазор, которая располагается на наружной стороне водоприемного лотка и ширина ее устанавливается в зависимости от расхода водозабора.

В меженном и паводковом режимах реки поступление плавающих тел в водозабор не происходит так как они движутся на поверхности воды в камере и сбрасываются в нижний бьеф гидроузла.

Длина удлиненных быков и устоев определяется из условия наносного режима реки, а высотная отметка этих стенок располагается выше уровня воды в верхнем бьефе при катастрофическом режиме.

При пропуске через створ гидроузла паводкового потока водоприемные лотки не затапливаются и для этой цели отметка верхней грани дополнительной продольной стенки значительно поднята по сравнению с отметкой гребня борта стенки лотка.

Водозабор работает следующим образом.

Для осуществления забора воды из реки (1) в створе гидроузла предусматривается криволинейный порог (2), водозаборная плотина (3), щитовая плотина (4) и водосливная плотина (5). В нижнем бьефе водозаборной плотины (3) строятся камеры (6), в конце которых имеются щитовые отверстия (7). Удлиненные быки (8) являются бортовыми и разделительными стенками камеры (6). В теле удлиненных быков (8) по их длине выполняются водозаборные лотки (9).

Перед бортовыми стенками (10) водозаборных лотков (9) устанавливаются дополнительные продольные стенки (11). В результате между бортовыми стенками (10) водозаборных лотков (9) и продольными стенками (11) создаются зазоры-щели (12), где в наклонном положении располагаются пластинки (13). Вода из камеры (6) по щели-зазору (12) поднимается и через стенки (10) поступает в лотки (9). Забираемая из реки вода из лотков (9) через шахты (14) сливается в галерею (15), расположенную в теле водозаборной плотины (3). Из галереи (15) вода поступает в отводящий канал (16). В конце галереи (15) установлен щит (17) для регулирования расхода воды и производства ремонтных работ.

Водозабор работает следующим образом: в разных гидрологических режимах реки (1) с регулированием высоты открытия затворов щитовой части плотины (4) необходимый расход речного потока через водозаборную плотину (3) поступает в камеры (6). С закрытием щитов (7) уровень воды в камерах (6) поднимается. При этом вода заполняет зазоры (12) и через гребни стенки (10) переливается в водозаборный лоток (9). Из водозаборного лотка (9) забираемая вода через шахты (14) сливается в галерею (15) и поступает в отводящий канал (16).

Более крупные фракции речного потока осаждаются в верхнем бьефе гидроузла, в том числе перед водозаборной плотиной (3). Очистка крупных фракций наносов из верхнего бьефа гидроузла производится гидравлической промывкой с периодическим открытием щитовой части плотины (4). Для обеспечения очистки крупных фракций наносов из верхнего бьефа перед водозаборной плотиной (3) устанавливается Г образный криволинейный порог (2). Вдоль криволинейного порога (2) образуется винтовое движение речного потока, в результате чего наносные отложения перед

водозаборной плотиной (3) взмучиваются и направляются к отверстиям щитовой части плотины (4).

При водозаборе, поступающий в камеры (6) речной поток вторично освобождается от вредных фракций наносов, т.е. наносы осаждаются в камере (6). Осветленный верхний слой воды из камеры (6) через щели-зазоры (12) и гребни стенки (10) тонким слоем сливается в лоток (9). Вдоль зазора (12) в наклонном положении установлены пластинки (13). Последние наклонены против течения воды в камере (6). Поэтому пластинки (13) сбивают направление поднимающейся воды по высоте зазора (12), создают дополнительное сопротивление для течения потока в этом пространстве. При этом восходящая скорость потока по высоте зазора (12) уменьшается и происходит дополнительное осаждение наносов на поверхности наклонных металлических пластинок (13). Фракции наносов, осаждающихся на пластинках (13), скатываются по их поверхности и поступают в камеры (6), т.к. угол наклона пластинок (13) значительно больше, чем угол естественного откоса подобных фракций во влажном состоянии.

Нижняя грань стенки (11) устанавливается на отметке не менее 50 см ниже отметки гребня стенки (10). Поэтому, плавающие тела не могут поступать в водозаборный лоток (9), они остаются на поверхности воды в камере (6) и периодически пропускаются в нижний бьеф открытием щитов (7). При этом одновременно осуществляется очистка наносных отложений из камеры (6) гидравлической промывкой.

Следует отметить, что для обеспечения водозабора в меженный период реки, отметка гребня водозаборной плотины (3) назначается на 15-25 см ниже, чем отметка гребня водосбросной плотины (5). Отметка гребня стенки (10) принимается равной отметке гребня водозаборной плотины (3) или назначается на 5 см ниже ее. Отметка поверхности стенки (11) определяется расчетом и равна  $\nabla + H_0 + \Delta H$  – где  $\nabla$  – отметка гребня водосбросной плотины (5);  $H_0$  – полный напор водосбросной плотины при пропуске через створ гидроузла катастрофического расхода реки;  $\Delta H$  – запас величиной 0,5...0,6 м. Расход забираемого из реки потока, регулируется использованием щитовой части плотины (4), отверстий (7) камеры (6) и щитом (17) галереи (16). Использование указанных щитовых отверстий для регулирования расхода и уровня воды на отдельных участках гидроузла в основном зависит от создавшихся эксплуатационных условий и безопасной работы отдельных элементов гидроузла.

Таким образом, предложенная конструкция водозабора позволяет полностью аккумулировать донные наносы в верхнем бьефе гидроузла, исключить забивку водоприемника наносами и устранить необходимость строительства гравиеловки.

Как показали расчеты, применение данной конструкции на головном гидроузле Самур-Апшеронского канала, позволяет сократить цикл промывки в несколько раз и значительно увеличить расход забираемой воды. В настоящее время Самурский гидроузел раз в сутки на 1,5–2 часа останавливается для промыва его верхнего бьефа от осевших наносных отложений и при этом забор воды из реки прекращается. Как показали наши исследования, на Самурском гидроузле такая промывка верхнего бьефа распространяется на участок 40-50м и смыв наносных отложений далее не происходит. Промывной поток растекается на несколько рукавов и при этом резко снижается промывной эффект. Применение предлагаемой конструкции водозабора на Самурском гидроузле может существенно улучшить его эксплуатационный режим и увеличить забираемый расход речной воды, а так же удлинить период промывки до 15-20 дней. В этом случае сокращается колоссальный объем воды на промывку.

В отличии от существующих сооружений применение новых элементов позволит экономно использовать объем воды аккумулируемой в верхнем бьефе плотины для промывки наносных отложений. При нынешних условиях этот объем воды при промывке быстро уходит и полностью не используется в процессе промывки.

---

## Литература

1. **Соболин Г.В.** Опыт эксплуатации водозаборных узлов Киргизии. 1985 г.;
2. **Мамедов А.Ш.** Новая конструкция водозабора для горных рек. //Аграрная наука Azerbaijan, №1-2
3. **Ибад-заде Ю.А.** Гидравлика горных рек. Стройиздат, М., 1986 г.;
4. Водозабор для горных рек А.С. №1783053. Бюллетень №47, 23.12.1992

## Hydraulic engineering

### RATIONAL MOUNTAIN WATER INTAKE DESIGN

**A.Sh. Mammadov,<sup>1</sup> A.A. Bayramov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Baku State University

23, Zahis Halilov str. Baku, AZ-148, Azerbaijan

**E-mail: [ahmadmammadov@hotmail.com](mailto:ahmadmammadov@hotmail.com)**

<sup>1</sup> Azerbaijan Scientific Production Association  
of Hydraulic engineering and Reclamation

70a, I. Dadashev str. Baku, AZ-1130, Azerbaijan

**E-mail: [abayramov@hotmail.com](mailto:abayramov@hotmail.com)**

**Abstract.** When rivers are being used water abstraction, accumulation of alluvial sediments in canals leads to a number of difficulties and complications during operation. The study presents a new water intake design for improved water withdrawal from mountain rivers. Unlike ordinary intake facilities, the proposed design introduces a spillway with hollow piers extended towards downstream. The end of the extended piers is locked with a swing gate and extraction of clarified water is thus ensured.

**Keywords:** intake dam; sluice dam; extended piers; longitudinal walls; water intake trough gutters; inclined plates; gallery.

## ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА "БАЙКАЛ ЭМ-1" НА ОСНОВНЫЕ АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУПЕСЧАНОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Ю.А. Мажайский,<sup>1</sup> С.М. Курчевский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева  
ул. Костычева, д.1, 390044, г. Рязань, Российская Федерация

<sup>2</sup> Белорусская государственная сельскохозяйственная академия  
Ул. Мичурина 5. г. Горки, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье приведены результаты полевых исследований по влиянию органических, минеральных удобрений, биологической добавки и их сочетания на плотность, пористость и структурно-агрегатный состав супесчаной дерново-подзолистой почвы.

**Ключевые слова:** дерново-подзолистые почвы; плодородие; удобрение; микробиологические добавки.

### ВВЕДЕНИЕ

Дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава юго-западной Нечерноземной зоны России характеризуются низким естественным плодородием [1]. Применение различных систем удобрения значительно повышает плодородие почвы и продуктивность культур севооборотов [2,5].

Между содержанием органического вещества в дерново-подзолистой почве и ее физико-механическими и технологическими свойствами существует в большинстве случаев прямолинейная зависимость [3], что указывает на важную роль органического вещества в регулировании комплекса агрофизических показателей пахотных почв. Роль органического вещества почвы усиливается как один из факторов создания оптимальных условий для эффективного использования растениями высоких доз минеральных удобрений. Внесение минеральных удобрений на более окультуренных почвах, а также совместно с органическими удобрениями повышает эффективность их применения [4].

Совместное применение органических и минеральных удобрений, а также микробиологических препаратов, повышающих биологическую активность почвы, оказывает существенное влияние как на восполнение запасов гумуса в почве, так и на улучшение ее агрофизических свойств.

Следует отметить, что сельскохозяйственные культуры предъявляют неодинаковые требования к численным значениям плотности сложения почвы и ее пористости, которые заметно меняются в течение вегетационного периода. Их величины имеют более благоприятные показатели в начале вегетации, а к концу вегетации, к периоду уборки, плотность сложения увеличивается, и снижаются показатели пористости почвы. Для большинства сельскохозяйственных культур оптимальная плотность сложения пахотного слоя почвы не должно превышать 1,3-1,4 г/см<sup>3</sup>, а оптимальная пористость составлять не менее 50% [6].

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследований являлся экополигон «Мещера» площадью 3,677 тыс. га. На территории агроландшафта располагается лес (2,700 тыс. га), осушаемые земли (0,500 тыс. га), пастбище, неорошаемая пашня, заброшенные орошаемые земли (0,111 тыс. га), дачные участки. В настоящее

время на полигоне функционирует осушительная система, но вследствие ее неудовлетворительной работы на некоторых участках развиваются процессы переувлажнения и вторичного заболачивания.

Площадь опытного участка составила 0,2 га. Почва – дерново-подзолистая, по гранулометрическому составу супесчаная. Мощность гумусового горизонта 12–14 см. Содержание гумуса в слое 0–20 см составляло 1,3%, а в слое 20–40 см – 0,4%. Реакция почвенного раствора слабокислая (рН солевой вытяжки 5,2), сумма поглощенных оснований равна 2 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями в пределах 40%. Содержание подвижного фосфора в пахотном слое – 14,5 мг, обменного калия – 7,3 мг на 100 г почвы. Плотность сложения в слое 0–20 см равна 1,62 г/см<sup>3</sup>, пористость – 40%, полная влагоемкость – 22,4%.

В опыте 10 вариантов исследований (табл. 1), повторность опыта – четырехкратная, размер опытных делянок – 25м<sup>2</sup>.

Таблица 1

Схема полевого опыта

Номер варианта	Описание варианта опыта
1	Контроль (без удобрений)
2	НРК на планируемый урожай (фон)
3	Фон + 25 т навоза + 25 т торфа
4	Фон + 25 т навоза + 25 т торфа + добавка "Байкал ЭМ-1"
5	Фон + 25 т навоза + 50 т торфа
6	Фон + 25 т навоза + 50 т торфа + добавка "Байкал ЭМ-1"
7	Фон + 25 т навоза + 75т торфа
8	Фон + 25 т навоза + 75 т торфа + добавка "Байкал ЭМ-1"
9	Фон + 25 т навоза + 100 т торфа
10	Фон + 25 т навоза + 100 т торфа + добавка "Байкал ЭМ-1"

Норма торфа и навоза вносились из расчета 60% их влажности.

Минеральные удобрения (фон) ежегодно вносились под предпосевную обработку в количестве N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> д.в. на гектар.

Микробиологическая добавка была изготовлена из препарата "Байкал ЭМ-1" в виде ЭМ-раствора содержащего анабиотические (полезные) микроорганизмы, в реальности обитающие в почве. Микроорганизмы взаимодействуют в почве и влияют на ускорение процесса минерализации органического вещества, а также улучшают ее структуру.

Агротехника возделывания культуры в опыте – общепринятая для данной зоны. Культурой-реагентом была горохоовсяная смесь.

Наблюдения и исследования проводились по общепринятой методике (Доспехов, Найдин П.Г.).

Внесение органических удобрений с последующим перемешиванием в процессе обработки пахотного слоя повлияло существенным образом на изменение плотности сложения и пористости почвы.

Данные полевого эксперимента свидетельствуют о положительном влиянии органических удобрений и биологической добавки на разуплотнение почвы и снижение значений ее плотности (табл. 2). В исходной почве, контроле и варианте 2 на фоне внесения НРК значения плотности сложения и пористости практически не изменялись.

Использование в качестве органических удобрений навоза и торфа по 25 т/га (вар. 3) приводило к некоторому снижению плотности сложения с 1,62 до 1,54 г/см<sup>3</sup> и пористости почвы с 40,0 до 43,0 %, а при внесении биологической добавки (вар. 4) – эти показатели практически не изменялись.

**Таблица 2**

**Влияние органо-минеральных удобрений и микробиологической добавки на изменение плотности сложения и общей пористости дерново-подзолистой супесчаной почвы**

№ вар.	Варианты опыта	Слой почвы, см	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>			Общая пористость, %		
			2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
1	Контроль	0-20	1,63	1,64	1,64	39,6	39,3	39,3
		20-40	1,65	1,65	1,66	39,6	39,6	39,2
2	Фон (N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> )	0-20	1,63	1,63	1,64	39,6	39,6	39,3
		20-40	1,65	1,65	1,66	39,6	39,6	39,2
3	Фон +H <sub>25</sub> +T <sub>25</sub>	0-20	1,54	1,56	1,58	43,0	42,2	41,5
		20-40	1,63	1,64	1,65	40,3	39,9	39,6
4	Фон +H <sub>25</sub> +T <sub>25</sub> + ЭМ	0-20	1,54	1,55	1,56	43,0	42,6	42,2
		20-40	1,62	1,64	1,64	40,7	39,9	39,9
5	Фон +H <sub>25</sub> +T <sub>50</sub>	0-20	1,51	1,52	1,54	44,1	43,7	43,0
		20-40	1,61	1,62	1,64	41,0	40,7	39,9
6	Фон +H <sub>25</sub> +T <sub>50</sub> + ЭМ	0-20	1,48	1,49	1,52	45,2	44,8	43,7
		20-40	1,60	1,61	1,63	41,4	41,0	40,3
7	Фон +H <sub>25</sub> +T <sub>75</sub>	0-20	1,43	1,45	1,48	47,1	46,3	45,2
		20-40	1,58	1,59	1,60	42,1	41,8	41,4
8	Фон +H <sub>25</sub> +T <sub>75</sub> + ЭМ	0-20	1,41	1,44	1,47	47,8	46,7	45,6
		20-40	1,55	1,56	1,58	43,2	42,9	42,1
9	Фон +H <sub>25</sub> +T <sub>100</sub>	0-20	1,40	1,42	1,45	48,1	47,4	46,3
		20-40	1,52	1,54	1,56	44,3	43,6	42,9
10	Фон +H <sub>25</sub> +T <sub>100</sub> +ЭМ	0-20	1,39	1,41	1,45	48,5	47,8	46,3
		20-40	1,51	1,54	1,56	44,7	43,6	42,9
	НСП <sub>05</sub>	0-20	0,06	0,05	0,03	1,05	1,11	1,09

**Примечание.** Исходные данные по плотности сложения и общей пористости в слое 0-20см составляют 1,62г/см<sup>3</sup> и 40,0% соответственно, а в слое 20-40см – 1,66г/см<sup>3</sup> и 39,4%. Во всех вариантах плотность твердой фазы принята 2,70г/см<sup>3</sup> для слоя 0-20см и 2,73г/см<sup>3</sup> для слоя 20-40см.

Наибольшее разуплотнение почвы отмечалось в вариантах 9 и 10, где доза торфа была увеличена до 100 т/га. Здесь без биологической добавки плотность сложения в пахотном слое (0-20 см) составляла 1,40 г/см<sup>3</sup> и была меньше, чем в исходной почве, на 15,7%, а пористость на 20,3% (на 8,1% по объему почвы). Внесение биологической добавки (микробного препарата "Байкал ЭМ-1") обеспечивало несущественное улучшение показателей плотности сложения и общей пористости почвы.

Во всех рассматриваемых вариантах с внесением биологической добавки, отмечалась тенденция улучшения показателей пористости и плотности сложения почв, по сравнению с вариантами без добавки. При этом полученные значения только приближались к оптимальному уровню.

Наши исследования (табл. 3) показали, что внесение в почву органических удобрений в виде навоза и торфа улучшало агрономически ценные фракции. Отмечалось улучшение структурно-агрегатного состава и повышение водопрочности агрегатов размером более 0,25 мм при увеличении доз органо-минеральных удобрений.

Таблица 3

Структурно-агрегатный состав и водопрочность почвенных агрегатов в слое 0-20 см (ср. 2011-2013 гг.)

№ п/п	Варианты опыта	Глыбистая фракция >10мм, %	Агрономически ценные фракции (10-0,25мм), %	Пылеватая фракция (<0,25 мм) %	Коэф. структурности	Водопрочность агрегатов	
						>0,25мм	<0,25мм
1	Контроль	4,8	53,8	41,4	1,16	28,9	71,1
2	Фон (N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> )	5,1	54,4	40,5	1,19	30,3	69,7
3	Фон +H25 +T25	5,3	56,7	38,0	1,31	32,6	67,4
4	Фон+H25+T25+ЭМ	5,9	59,4	34,7	1,46	34,3	65,7
5	Фон +H25 +T50	6,1	62,0	31,9	1,63	35,4	64,6
6	Фон+H25+T50+ЭМ	6,3	63,8	29,9	1,76	36,4	63,6
7	Фон +H25 +T75	6,5	66,5	27,0	1,99	38,4	61,6
8	Фон+H25+T75+ЭМ	6,9	68,5	24,6	2,17	40,4	59,6
9	Фон +H25 +T100	6,2	70,1	23,7	2,35	40,4	59,6
10	Фон+H25+T100+ЭМ	6,7	72,1	21,2	2,58	42,0	58,0
	НСР <sub>05</sub>	0,16	0,67	0,26	-	0,83	0,89

Показатели агрономически ценной структуры с увеличением доз торфа от 25 т/га до 100 т/га в среднем повысились в 1,09; 1,17 и 1,24 раза, а по сравнению с контролем – соответственно в 1,15; 1,24 и 1,30 раза. В целом, каждое дополнительное внесение торфа в дозе 25 т/га обеспечивало увеличение агрономически ценной структуры в среднем за годы исследований на 3,6–5,3 %, а водопрочных агрегатов более 0,25 мм – на 1,5–2,5 %.

Сочетание торфа с внесением микробного препарата увеличивало агрономически ценную структуру (10–0,25 мм) на 1,8–2,7 %. При этом водопрочность агрегатов более 0,25 мм увеличилась на 0,7–2,0 %.

Улучшение агрофизических свойств дерново-подзолистой почвы органическими удобрениями в конечном итоге повлияло и на урожай горохоовсяной смеси (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность зеленой массы горохоовсяной смеси, т/га

№ вар.	Варианты опыта	Урожайность, т/га				Прибавка урожайности	
		2011г.	2012г.	2013г.	Среднее	т/га	%
1	Контроль	13,4	14,7	13,6	13,9	0	100
2	Фон (N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> )	17,3	18,5	17,6	17,8	3,9	128,1
3	Фон +H25 +T25	24,1	22,9	21,1	22,7	8,8	163,3
4	Фон +H25 +T25+ ЭМ	25,3	24,4	22,9	24,2	10,3	174,1
5	Фон +H25 +T50	26,7	25,6	24,2	25,5	11,6	183,5
6	Фон +H25 +T50+ ЭМ	28,3	27,2	25,8	27,1	13,2	195,0
7	Фон +H25 +T75	29,5	28,1	28,5	28,7	14,8	206,5
8	Фон +H25 +T75+ ЭМ	31,2	30,0	29,1	30,1	16,2	216,6
9	Фон +H25 +T100	32,3	31,5	31,0	31,6	17,7	227,3
10	Фон +H25 +T100+ ЭМ	33,4	32,2	31,8	32,5	18,6	233,8
	НСР <sub>05</sub> (A)	1,42	1,97	1,38	2,16	–	–
	НСР <sub>05</sub> (B)	0,14	0,32	0,27	0,78	–	–



По данным таблицы 4 видно, что всех вариантах опыта, где применялся микробный препарат, урожай зеленой массы кормовой культуры (горохоовсяная смесь) на 1,1–1,9 раза выше, чем без его применения.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, полученные экспериментальные данные показали, что внесение минеральных удобрений, навоза, торфа, биологической добавки и их сочетание оказывает положительный эффект на разуплотнение почвы, снижение значений ее плотности и повышение пористости. Так же можно сказать, что органические и минеральные удобрения при совместном внесении дополняют друг друга в отношении гумусонакопительной способности почвы, что в свою очередь привело к увеличению урожайности горохоовсяной смеси. При этом дополнительное применение биологической добавки "Байкал ЭМ-1" оказало благотворное влияние как на разуплотнение почвы так и на повышение урожайности.

### Литература

1. **Войтович Н.В.** Плодородие почв Нечерноземной зоны и его моделирование. // М.; Колос, 1997, 388 стр.;
2. **Белоус Н.М., Драганская М.Г.** Пути повышения эффективности удобрений на дерново-подзолистой песчаной почве в условиях радиоактивного загрязнения. //Бюл. ВИУА. № 114, 2001, стр. 61-62;
3. **Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.Н.** Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. М.: Россельхозакадемия, ГНУ ВНИПТИОУ, 2004, 630 стр.;
4. **Мамченков И.П.** Сравнительная эффективность навозно-минеральной и минеральной систем удобрений // Мамченков И.П., Мирошниченко Л.С., Писарева М.Г. // Бюллетень ВИУА, 1977, № 33, стр. 11-21;
5. **Ушаков Р.Н., Виноградов Д.В., Гусев В.И., Зубец А.Н.** Физико-химическая модель плодородия серой лесной почвы как информационной основы ее устойчивости к неблагоприятным воздействиям //Международная научная конференция "Почвы Азербайджана: генезис, география, мелиорация, рациональное использование и экология". Баку, 2012, стр. 1019-1024;
6. **Белоус Н.М.** Продуктивность пашни и реабилитация песчаных почв. /Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф., Брянск, 2006, 432 стр.

### Hydraulic engineering and irrigation

## IMPACT OF ORGANO-MINERAL FERTILIZERS AND BACTERIAL PREPARATION "BAIKAL EM-1" BASIC PROPERTIES AGROPHYSICAL SANDY SOD-PODZOLIC SOILS

Iu.A. Majaiski,<sup>1</sup> S.M. Kurchevski <sup>2</sup>

<sup>1</sup> P.A. Kostychev Ryazan Agrotechnological State University  
Ryazan, Russian Federation

<sup>2</sup> Belarusian State Agricultural Academy  
Minsk, Belarus

**Abstract.** The article presents the results of field studies on the influence of organic and mineral fertilizers, biological additives, and their combinations on the density, porosity and structural-aggregate composition loamy sod-podzolic soil.

**Keywords:** sod-podzolic soils; fertility; fertilizer; microbiologic additives.

## АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ РИСКА НАВОДНЕНИЙ В НИЖНЕЙ КУРЕ

Р.Н. Махмудов,<sup>1</sup> В.А. Алиев,<sup>2</sup> З.З. Рамазанлы<sup>3</sup>

<sup>1</sup> НИИ Гидрометеорологии Министерства экологии и природных ресурсов Азербайджана  
пр. Г. Алиева 19, г. Баку, AZ-1154, Азербайджан

**E-mail: hidrometinstitut@rambler.ru**

<sup>2</sup> AMIR Technical Services, Baku, Azerbaijan

<sup>3</sup> Институт водных проблем, ОАО "Мелиорация и водное хозяйство Азербайджана"

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам переплетения гидрометеорологических, гидромеханических и антропогенных факторов риска наводнений в типичной равнинной реке Нижняя Кура. Изоляция русла от поймы и ее искусственное сжатие является главной причиной современных наводнений в реке. Наряду с высокой меандричностью русла, обуславливающего турбулентный характер потока, высокая концентрация влекомых наносов, мутный, дисперсный характер жидкости, низкий уклон русла и аллювиальный характер подстилающего грунта русла и береговых дамб, переплетаясь формирует предпосылки интенсивной вертикальной и горизонтальной динамики русла.

**Ключевые слова:** наводнение; река Кура; меандрирование; наносы; турбулентный поток; динамика русла.

Несмотря на широкие возможности глобального информационного обмена и повышение точности гидрометеорологических прогнозов, ущерб мировой экономике, наносимый наводнениями неуклонно растёт. Наводнения представляют большую опасность устойчивому развитию страны, подвергшейся удару стихии [1].

В последние годы проблеме наводнений на реке «Кура» было посвящено множество работ. Во всех случаях указывается на связь этой проблемы с атмосферными осадками, таянием снега в горах и селями в бассейне реки. Причины не гидрометеорологического характера, а именно, пойменно-русло-вые, геоморфологические, эрозийно-аккумулятивные, влияние водохранилищ и другие антропогенные факторы, оставались без внимания.

Данная работа посвящена комплексному подходу к проблемам переплетения – конвергенции факторов, порождающих наводнения в Нижней Куре, с акцентом внимания на физико-механические процессы в потоке жидкости.

Среди сведений, имеющих в научно-технической литературе о морфометрических параметрах реки Куры в наших исследованиях, предпочтение было отдано материалам многостороннего проекта, осуществленного в последние годы при финансовой поддержке фонда UNDP, как наиболее надежного источника [4].

С морфометрической точки зрения русло реки Кура можно разделить на 3 специфические части: в первой части русло реки Кура на территории Турции снижается на 6 метров на каждый километр, во второй части на территории Грузии и Азербайджана, начиная с пограничного пункта Гыраг Кесемен до Мингечаурской плотины, снижение составляет 2,5 м, в третьей части, называемой Нижней Курой, снижение русла реки, начиная с Мингечаурской плотины до впадения в Каспийское море, на каждый километр составляет всего 7 см (уклон 0,07%).

Нижняя Кура относится к категории равнинных рек. Если в первой и второй частях река Кура протекает по каменистому руслу в условиях горного и предгорного рельефа, то в третьей части протекает по легкоразмываемым аллювиальным отложениям. По этим причинам Нижняя Кура, протяженность которой составляет 630 км, характеризуется высокой меандричностью ( $\geq 2,5$ ). Русло реки Аракс в зоне высокого риска наводнения, снижается на 11 см на каждый километр, а коэффициент меандрирования русла составляет 1,55.

В низовьях Куры коэффициент меандрирования очень высок. Большой меандр, окружающий город Сальяны, с точки зрения возникновения чрезвычайных ситуаций, самый опасный для рассматриваемой зоны (рис.1).

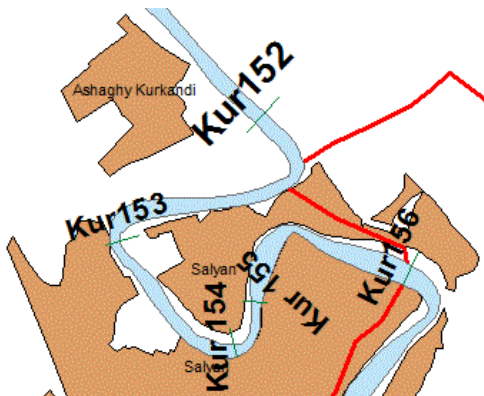


Рис.1. План огромного меандра, охватывающего город Сальяны

Пройдя сечение №152, поток входит в меандр, и в результате криволинейного движения дисперсной жидкости, усиливаются турбулентность и эрозионно-аккумулятивные процессы и, как следствие, увеличивается интенсивность размыва берегов. На участке расположения сечения №152 русло имеет почти прямолинейный характер, и поэтому, поперечное сечение русла симметрично, а глубина по всей ширине приблизительно одинакова.

Извилистость, меандричность русла придаёт потоку жидкости высокую турбулентность. Размеры взвешенных и транспортируемых частиц грунта, малы по сравнению с размерами несущих их турбулентных токов. Дискретно распределённые взвешенные частицы грунта можно

условно считать непрерывной тяжёлой субстанцией, растворённой в жидкости. Такую многофазную жидкость в литературе принято называть дисперсной [ 2].

Многочисленные опыты показали, что повышенная мутность воды в реке оказывает влияние, как на гидравлические характеристики потока, так и на расход донных наносов и форму русла. Высокие показатели меандричности русла, мутности и турбулентности потока в равнинной реке обуславливают высокую интенсивность процессов эрозии-аккумуляции и транспортировки донного материала, а также динамики потока [3].

На участке реки от Турции до города Тбилиси большой гидравлический уклон придаёт движению жидкости скорость более 3м/с. Далее, до Мингечаурского гидротехнического комплекса поток успокаивается и скорость падает до 1-1,5 м/с. На этих участках русло реки имеет поймы. Наконец, в Нижней Кура река выходит на равнинную местность, и скорость потока в зависимости от сезона варьирует в пределах 0,6-1,0 м/с.

Изоляция русла от поймы и ликвидация поймы, вызвало существенные изменения в механике движения жидкости в реке. Мероприятия по ликвидации поймы фактически превратили реку в широкий канал с искусственно образованными берегами. Изоляция поймы, сужение русла, игнорирование при этом механики движения воды и наносов резко проявилось в период весенних наводнений 2010 г. Постоянный риск наводнений и систематические берегоукрепительные работы привели к тому, что русло реки оказалось выше уровня долины.

Подъём дна русла за счёт увеличения донных наносов создаёт преграды движению воды. Это, в свою очередь, создаёт обратное давление воды и способствует прорыву береговых дамб в прикаспийском Нефтечалинском районе.

Несмотря на вышеуказанные трудности, комплексное исследование причин наводнений в Нижней Кура выявляет их взаимосвязь и взаимовлияние. С морфометрической точки зрения на сегодняшний день в основе физико-механических процессов, способствующих возникновению чрезвычайных ситуаций на реке Кура, отмечаются три основных момента.

1. Как было уже отмечено, малый гидравлический уклон, и высокая концентрация взвешенных наносов способствуют подъёму дна русла и, следовательно, изменению морфометрических параметров по вертикали.

2. Крутые меандры Куры усиливают турбулентность потока, что, в свою очередь, способствует интенсификации эрозии внешнего берега меандра. Размытый грунт внешнего вогнутого берега аккумуляруется на внутреннем выпуклом берегу. Другими словами, наличие меандров в Нижней Куре усиливает эрозийно-аккумулятивные процессы береговых дамб.

Избыточный сток воды, являющийся причиной наводнений можно определить следующим образом  $F_s = F_i - F_0$ , где  $F_i$  – речной сток в реальном промежутке времени,  $F_0$  – сток воды в период межени. Если  $V$  – максимальная вместимость единицы длины русла с учетом высоты береговых дамб, то в единицу времени, при  $F_s \geq V$  наводнение будет неизбежным,  $F_s \leq V$  является условием отсутствия наводнения.

Таким образом, чтобы увеличить вместимость русла, необходимо либо повысить высоту береговых дамб, либо углублять дно русла. Ширина русла Нижней Куры довольно большая и поэтому углубление русла представляет собой довольно трудный и дорогостоящий комплекс работ. Наиболее целесообразным остаётся дальнейшее увеличение высоты береговых дамб и укреплений.

### Литература

1. **Abbasov R.K., Mahmudov R.N.** Analysis of non climatic origins of floods in the downstream part of the Kura river, Azerbaijan. // Natural Hazards, 2009, м. 50, pp. 235-248; <http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-008-9335-2#page-1>;
2. **Алексеевский Н.И.** Гидрофизика М.: "Академия", 2006, 176 стр.;
3. **Алиев В.А., Ахмедов А.А., Кафаров Э.К., Абдурагимов С.Г.** Понятие и проблема речных наводнений (на примере Куры). // Экология и водное хозяйство, 2011, № 5. стр. 50-53;
4. Project of UNDP/Sida N 2272: Reducing trans-boundary degradation of the Kura-Aras River Basin. An estimation of Legislative needs for reducing of degradation of the Kura-Aras River Basin, Tbilisi, 2005, 212 p.

### Water management

## ANALYSIS OF MORPHOMETRIC FACTORS OF STUDY RISK OF FLOODINGS IN THE LOWER KURA

R.N. Mahmudov,<sup>1</sup> V.A. Aliev,<sup>2</sup> Z.Z. Ramazanly<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Hydrometeorology  
of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Azerbaijan  
19 Heydar Aliyev Avenue, Baku, AZE 1154, Azerbaijan

E-mail: [hidrometinstitut@rambler.ru](mailto:hidrometinstitut@rambler.ru)

<sup>2</sup> AMIR Technical Services, Baku, Azerbaijan

<sup>3</sup> Institute of Water Problems, of "Irrigation and Water Management of Azerbaijan"

**Abstract.** Article is devoted to hydro, hydromechanical and man-made flood risk management in a typical lowland river lowers Kura. Insulation from channel and its floodplain artificial compression are the main causes of the current flooding in the river. The preconditions intensive vertical and horizontal channel speakers may be formed by the high concentration of fractional sediments, cloudy, dispersed nature of the liquid, low slope channel and alluvial nature of the subsoil bed and coastal embankments.

**Keywords:** flood; the river Kura; meandering; sediment; turbulent flow; the dynamics of the channel.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ГРУЗИИ

Г.Д. Мехришвили

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия

E-mail: *Gmmexriusi@gmail.com*

**Аннотация.** В статье приводится классификация затрат на подачу оросительной воды, приведены ориентировочные величины рабочего времени на производство работ линейной службой мелиоративных систем, нормы затрат на текущий и восстановительный (капитальный) ремонты мелиоративной инфраструктуры.

**Ключевые слова:** экономика; мелиорация; структура эксплуатационных затрат; внутрифирменное планирование; себестоимость водоподачи.

### ВВЕДЕНИЕ

Правильное исчисление затрат на подачу оросительной воды является начальным условием нормального функционирования водохозяйственных организаций, содержания производственных фондов в технически исправном состоянии, их надежном функционировании, устойчивом развитии отрасли. Следует отметить, что достоверность расчета фактических затрат на подачу оросительной воды в значительной степени зависит от методически правильно разработанных внутрифирменных плановых показателей себестоимости водоподачи.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Планирование себестоимости подачи воды имеет целью выявить технико-экономические возможности водохозяйственной организации. Группировка же плановых затрат по соответствующим статьям позволяет правильно подойти к калькуляции себестоимости водоподачи и в дальнейшем, при анализе плановых и фактических затрат, определить резервы производства в разрезе статей затрат и, тем самым, наметить эффективные пути развития производства, снижения себестоимости водоподачи.

При определении плановой (внутрифирменной) себестоимости водоподачи имеет смысл применять следующую номенклатуру основных статей расходов:

- I. Содержание административно-хозяйственного и инженерно-технического штата водохозяйственной организации и административно-хозяйственные расходы.
- II. Содержание линейного эксплуатационного штата.
- III. Очистка гидромелиоративной сети.
- IV. Защитно-регулирующие и противопаводковые мероприятия.
- V. Текущий ремонт.
- VI. Восстановление производственных фондов.
- VII. Расчет платы за оросительную воду.

Административно-хозяйственный и технический штат водохозяйственных мелиоративных организаций осуществляет функции руководства организацией, включая всю административно-хозяйственную деятельность, планирования и оперативного руководства водозабором и водоподачей, планированием и организацией всех видов ремонтов, мелиоративных, противопаводковых и аварийных работ, составлением оперативной и годовой отчетности.

Для выполнения функции управления водохозяйственным предприятием вышестоящей организацией устанавливается управленческий штат и должностные оклады. Затраты на содержание административно-хозяйственного и инженерно-технического штата определяются суммой произведений соответствующих штатных единиц на их должностные оклады. При этом административно-хозяйственные расходы могут достигать 32% от затрат на содержание штата.

Помимо основного штата при водохозяйственной организации могут быть организованы ряд производственных служб, в том числе, служба мелиоративного контроля, служба эксплуатационного транспорта и энергетического хозяйства, другие службы.

Линейный штат мелиоративной эксплуатационной организации осуществляет указания ее администрации по водозабору, водораспределению и водоподаче, управляет работой гидромелиоративной сети гидросооружений, производит непрерывный надзор за их техническим состоянием, а также за мелиоративным состоянием орошаемой территории, измеряет и учитывает величину расходов во всех пунктах вододеления и на выделах водопользователям, оказывают техническую помощь хозяйствам в вопросах эксплуатации и переустройства внутриводхозяйственных гидромелиоративных систем, организует и контролирует ремонтные работы.

По статьям очистка гидромелиоративной сети, защитно-регулирующие и противопаводковые работы нормируются следующие виды эксплуатационных работ: нивелировка межхозяйственных каналов и коллекторов под очистку; расстановка и закрепление пикетажных знаков, очистка и уничтожение растительности по бровкам и откосам каналов; работы, предупреждающие разрушение гидротехнических сооружений оросительных систем во время прохождения паводковых расходов в источниках орошения; работы, ликвидирующие результаты разрушений после паводков.

Планирование затрат на производство указанных работ осуществляется из следующих норм: нивелировка межхозяйственных каналов и коллекторов под очистку; расстановка и закрепление пикетажных знаков – 2 чел. часа на 1 км канала; очистка от заиливания – из расчета 3 см в год на магистральных каналах и 5 см в год на собирателях 1 и 2-го порядка; защитно-регулирующие и противопаводковые работы – в соответствии с дефектными актами.

Следует отметить, что точность плановых расчетов в значительной мере зависит от эффективной работы гидрометрической службы оросительных систем, которая осуществляет распределение воды среди водопользователей, следит за точностью ее учета, контролирует расходы источников орошения и забор воды в систему, наблюдает за уровнем грунтовых вод.

Примерная нагрузка на наблюдателя – гидрометра составляет 8-10 гидрометрических постов. При весьма удаленных друг от друга гидрометрических постов на одного наблюдателя возлагаются наблюдения за 5-6 гидрометрическими постами. Примерная нагрузка на одного наблюдателя-гидрометра за уровнем грунтовых вод в колодцах составляет 8-10 пунктов. Количество наблюдений для главного гидрометрического поста и для постов на балансовых участках составляет 3 раза в сутки. В зимнее время, когда по системе идут расходы не ирригационного назначения, число суточных наблюдений снижается до одного. На замыкающих транзитных створах и на постах, учитывающих дренажные воды, наблюдения ведутся круглый год один раз в сутки.

Вместе с этим необходимо иметь ввиду, что гидротехнические сооружения в течение эксплуатационного периода изнашиваются, при этом стоимость их в сравнении с первоначальной

стоимостью уменьшается. С целью определения и учета фактической (рыночной) стоимости гидротехнических сооружений осуществляется инвентаризация мелиоративной системы. В этой связи через каждые 5-10 лет проводится сплошная инвентаризация мелиоративных систем. Сплошная инвентаризация мелиоративных систем предусматривает учет как основных сооружений и оборудования, так и всех вспомогательных устройств, зданий, сооружений, оборудования и инвентаря. Целью сплошной инвентаризации мелиоративных систем является установление инвентарной стоимости сооружений. Инвентарная стоимость системы определяется, исходя из ее первоначальной строительной стоимости, затрат на восстановительные работы (капитальный ремонт) и степени износа по формуле:

$$I = X + Z + Kt,$$

где  $X$  – первоначальная стоимость фондов (лари);

$Z$  – затраты на капитальные ремонты, проведенные с момента введения сооружения в эксплуатацию до момента текущей инвентаризации (лари);

$K$  – размер ежегодного износа (амортизации) (лари);

$t$  – фактический возраст сооружения (лет).

Данные инвентарной стоимости мелиоративных фондов вносятся в технические паспорта, которые составляются на каждую мелиоративную систему, гидротехническое сооружение (кроме мелких), водохранилище, насосную станцию и другие сооружения межхозяйственного назначения, гражданское здание (кроме сторожек, временных укрытий, навесов, складов и т.п.)

## **ВЫВОДЫ**

1. При определении плановой (внутрифирменной) себестоимости водоподдачи имеет смысл применить следующую номенклатуру основных статей расходов: содержание административно-хозяйственного и инженерно-технического штата водохозяйственной организации и административно-хозяйственные расходы; содержание линейного эксплуатационного штата; очистка гидромелиоративной сети; защитно-регулирующие и противопаводковые мероприятия; текущий ремонт; восстановление производственных фондов; расчет платы за оросительную воду.

2. Точность плановых расчетов в значительной мере зависит от эффективной работы гидрометрической службы оросительных систем, которая осуществляет распределение воды среди водопользователей, следит за точностью ее учета, контролирует расходы источников орошения и забор воды в систему, наблюдает за уровнем грунтовых вод.

3. При исчислении плановых затрат на текущий и восстановительный (капитальный) ремонт мелиоративной инфраструктуры базой расчета служит инвентарная стоимость объекта, учитывающая первоначальную строительную стоимость, затраты на восстановительные работы (капитальный ремонт) и степень износа фондов.

## **Литература**

1. **Варганов М.В., Кекелишвили Л.Г.** К вопросу платного водопользования. //АН Грузии, Груз-гидроэкология, Тбилиси, 2005, стр. 44-46;
2. **Варганов М.В., Иорданишвили К.Т.** Методы тарификации водных ресурсов, используемые в орошаемом земледелии. //Известия аграрной науки, Тбилиси, 2008, №4, том 6, стр. 114-116.

საქართველოს სარწყავი სისტემების ეფექტურობის  
ეკონომიკური ეფექტიანობის ამაღლების გზები

გ.დ. მეხრიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მენეჯმენტის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო  
**E-mail: Gmmexriusi@gmail.com**

**ანოტაცია.** სტატიაში მოყვანილია სარწყავი წყლის მიწოდებაზე დანახარჯების კლასიფიკაცია. მოცემულია მელიორაციული სისტემების სახაზო სამსახურის სამუშაოთა წარმოების სამუშაო დროის სარიენტაციო სიდიდეები. აგრეთვე მელიორაციული ინფრასტრუქტურის მიმდინარე და აღდგენითი (კაპიტალური) რემონტების დანახარჯების ნორმები.

**საკვანძო სიტყვები:** ეკონომიკა; მელიორაცია; საექსპლუატაციო დანახარჯების სტრუქტურა; შიდა საფირმო დაგეგმარება; წყალმიწოდების თვითღირებულება.

Hydraulic engineering and irrigation

WAYS TO ENHANCE THE EFFECTIVENESS  
OF THE ECONOMIC OPERATION OF IRRIGATION SYSTEMS

G.D. Mekhrishvili

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia  
**E-mail: Gmmexriusi@gmail.com**

**Abstract.** The article provides irrigation water reclamation systems wired Service classification. The costs of production values and orientation of working time are given in the work, as well as the reclamation and restoration current infrastructure (capital) costs of repair standards.

**Keywords:** economics; irrigation; operation cost structure; internal corporate planning; water supply cost.



## THE IMPACT OF LAND RECLAMATION ON RIVER WATER BALANCE

O. Miseckaitė, L. Taparauskiene

Institute of Water Resources Engineering  
of Aleksandras Stulginskis University,  
Studentų str. 11, LT-53361 Akademija, Kauno dist., Lithuania  
**E-mail: Otilija. Miseckaite@asu.lt**

**Abstract.** Most of the regulated rivers are situated in the middle part of Lithuania. Approximately 90% of all agricultural lands are drained in the basin of Nevezis River. Following the data series of 62 years, it was determined that water balance of Nevezis basin is characterized by negative water balance during May-September due to higher evapotranspiration than average precipitation amount of the same period. It was stated that the average annual runoff coefficient of the whole 10<sup>th</sup> hydrologic region of Lithuania was 0.3 till reclamation. It decreased to 0.28 during the period of intensive reclamation, however, the average annual runoff was 0.35 from 1980, i.e., it increased in comparison with the period till reclamation. The average runoff coefficient of warm period was 0.10 till reclamation, and remained the same during the period of 1956-1980, while the data of 1981-1995 show that the average runoff coefficient increased – 0.11. After assessing the meteorological conditions and soil water balance of basin of Nevezis River it might be stated that the primary reason of water lack in the basin is climatic conditions.

**Keywords:** runoff; water balance; agriculture drainage.

### INTRODUCTION

Land reclamation is one of the most active anthropogenic activities. The drainage changes the physical properties of soil, hydrographical network of the territory, therefore, the conditions of hydrological regime also changes (Lukianas, 2006). As drainage systems are installed, the structure of agricultural lands changes. Thus, its alterations change the hydrological regime of rivers (Oginski, 2007). Pauliukevičius (2007) states that a strong factor, reducing the smallest runoff modules of 30 days, is the drained areas. Though Zucker and Brown (1998) state that drainage has no influence on the total runoff, i.e., it is almost the same as in the fields with no drainage. Additionally they found out that drainage reduced the surface runoff from 29 to 65 %, as well as the maximum discharge from drained fields from 15 to 30%. Robinson and Rycroft (1999) highlights that drainage significantly reduces the maximum discharge in less permeable soil, and slightly increases it in more permeable soil. Furthermore, Moore and Larson (1980) states that the results of drainage research suggest about increase of annual runoff and increase of maximum discharge of rainfall runoff, however, the increase of peaks occurs only in micro basins, and the aforementioned increase is quickly compensated in lower streams. According Klocking and Haberlandt (2002) land use impacts on extreme flood events are small, land use changes affect mainly the water availability. Nevertheless more often in Lithuania is stated that runoff of Nevezis river decreases because of intensively drained area. Dumbrasukas and Larsson (1993, 1997) stated that more data are required to confirm the aforementioned effect. Although the runoff of Nevezis River was decreasing significantly during their period of investigation, the authors failed to relate it with dynamics of drained areas.

## MATERIALS AND METHODS

The length of Nevezis is 209 km, while the area of the basin is 6 146 km<sup>2</sup>, and the discharge at mouth is 30 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. The basin of Nevezis belongs to the climatic sub-region of Central Lithuania, which is characterized by warm spring and summer, as well as the lowest amount of precipitation in the republic. The average annual air temperature is – 5.6-6.5°C. 650–700 mm precipitation falls in the basin of Nevezis River each year, and 70 % of it – during the warm season (Kilkus and Stonevičius 2011).

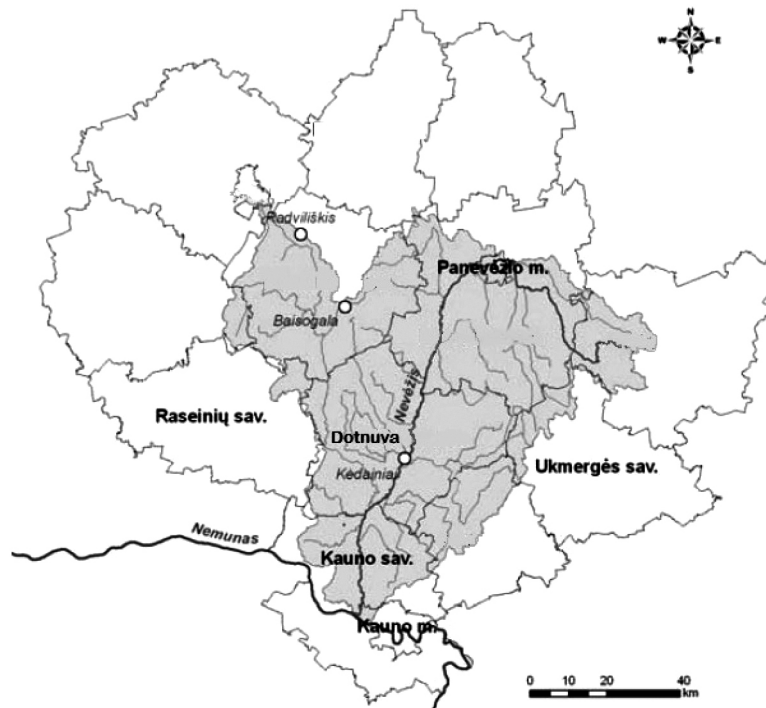


Fig. 1. Nevezis basin

There are 422 rivers in the basin of Nevezis and 91 % of them are regulated. Approximately 90% of all agricultural lands are drained.

The data analysis in the present paper is based on the water balance method. Hydrological and meteorological data of period of 1945–2007 period of Kaunas, Dotnuva, Panevėžys, Ukmergė and Raseiniai meteorological stations were followed. The calculations were made during vegetation period (May–September). The collected data were used as base, while analyzing the possible change of soil moisture in the basin of Nevezis River. The balance of the whole basin was made, according equation:

$$\Delta W_{n+1} = \Delta W_n - ET + H - N, \quad (1)$$

where  $\Delta W_{n+1}$  is productive soil moisture at the end of the period, mm;

$\Delta W_n$  – productive soil moisture at the beginning of the period, mm;

$H$  – precipitation mm;

$N$  – runoff from the layer of soil, mm;

$ET$  – evapotranspiration, mm. Determined, according to dependence, under Lithuanian climatic conditions:

$$ET = 0,5 \sum d + 105, \quad (2)$$

where  $\sum d$  is average amount of daily air humidity deficit during vegetation period, mb.

## RESULTS AND DISCUSSION

Following the data series of 62 years, it was determined that the average precipitation amount during the vegetation period is lower than the evapotranspiration of the same period. The generalized patterns of precipitation and evapotranspiration are shown in Figure 2.

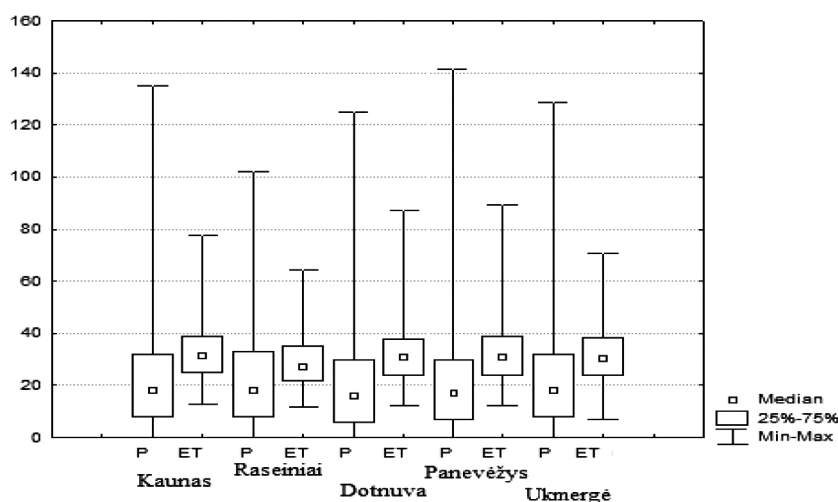


Fig. 2. Precipitation (H) and evapotranspiration (ET) in the basin of Nevėžis

The results of calculations of the water balance for the vegetation season during May – September are presented in Figure 3. The calculated water balance shows that the analyzed period is characterized by negative water balance. This demonstrates that the total evapotranspiration in the basin of Nevezis is often higher than the amount of precipitation.

After calculating the water balance, according to the moving averages of five years, it was revealed that the vegetation periods, when water expenses exceed income, dominate. The trend curves are clearly rising in the main part, which forms the water balance – along Panevezys and Dotnuva, while the trend is less significant, but still rising along Kaunas and Ukmerge. Finally, the trend remains neutral and water balance is close to zero only in the western part of basin, along Raseiniai. In summary, it might be stated that a negative water balance is typical for northern and central zone of sub-basin of Nevezis River, while the eastern and western part of basin is characterized by water balance, which is close to zero.

The areas of wet land in the region of basins of Nevezis River make 70-90 % of total area. The analysis of change of too wet lands and drained areas within 1960-2007 years revealed that the drained areas made about 2% of total area of wet lands till 1960 (1.7% of basin). What is more, 35 % of total area of wet lands (28% of basin area) was drained till 1971, and 58 % of area of basin of Nevezis River (Nevezis along Panevezys - 68%) on average or 70 % of total area of all wet lands was drained till 2000. Recently, the size of area of drained lands has been decreasing. The area of more than 361.0 ha has been drained in the basin of Nevezis, 354,118 ha from which was drained by drainage, while 7,470 – by ditches. Following the data of 2007, the drained areas left for self-decay made 4,932 ha (0.8 %), while those, drained by ditches, made 32 ha (0.01 %). It is quite complex to make a more accurate assessment of change of Nevezis runoff due to reclamation, since there is a lack of observation data from the start of reclamation. According to available coefficients of river runoff of hydrologic region, it is known that during the period, when there were not more than 1-3% of drained areas in the basins of rivers, the annual runoff coefficient in Dotnuvele (Dotnuva) was 0.29, and 0.10 during the period of June – October; while in Nevezis (Panevezys) the coefficient was 0.31 and 0.11, respectively.

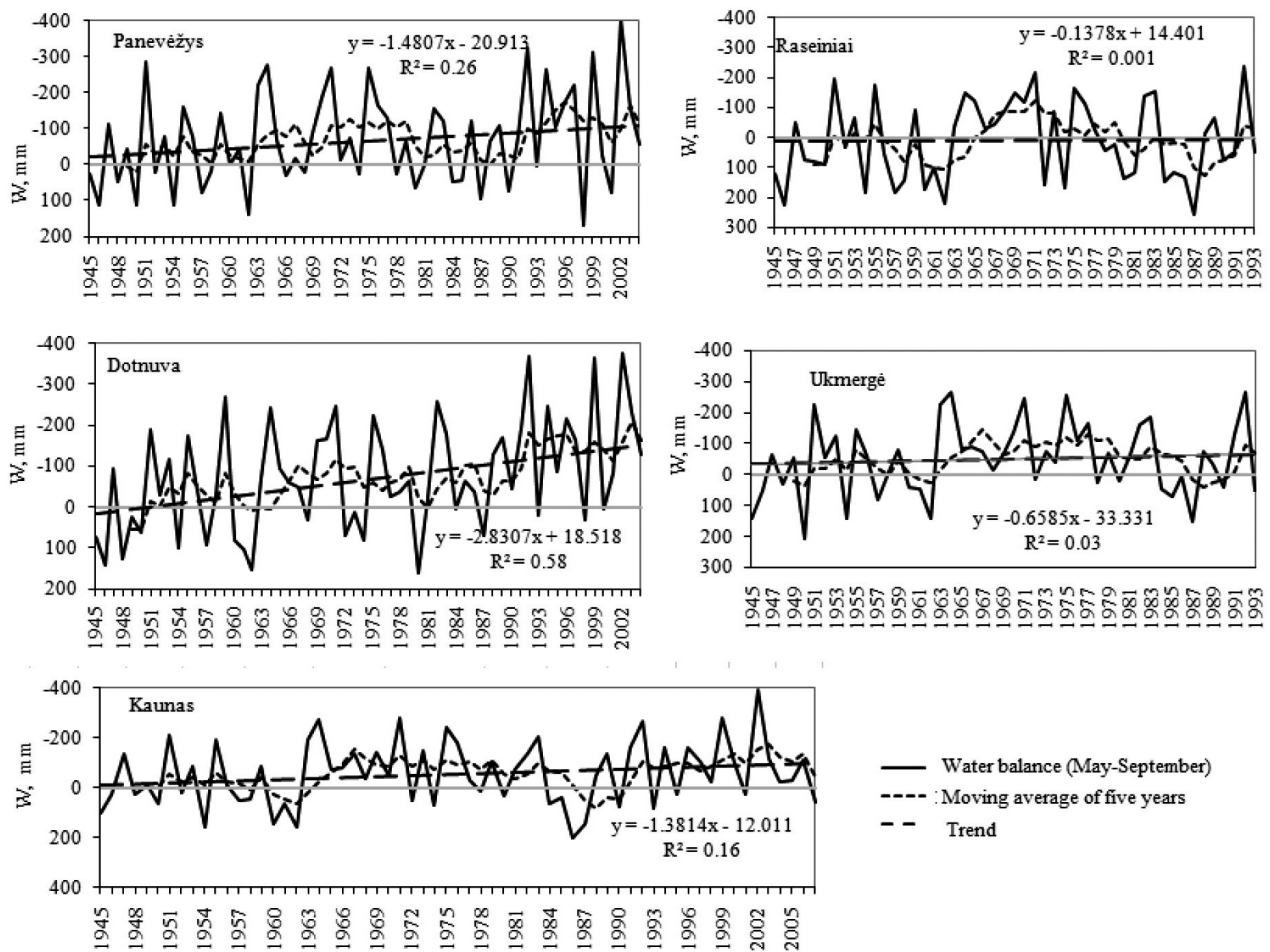


Fig. 3. Water Balance tendencies in the Basin of Nevezis

During the period of 1956-1975 (the years of most intensive land drainage) the runoff coefficient of Dotnuvele decreased – 0.25 (annual) and 0.05 (June – October), while the runoff coefficient of Nevezis River increased – 0.35 (annual) and 0.15 (June – October). During the next 20 years the runoff coefficient of Nevezis River increased to 0.36 and 0.18, respectively. Observations were no longer implemented in Dotnuvele. During the periods of 1956-1980 and 1981-1995 the annual runoff coefficient also increased in other rivers of basin of Nemunas River – Juosta (Jackagalys) from 0.27 to 0.37, Nevezis (Dasiunai) from 0.28 to 0.36, Smilga (Pasmilgys) – from 0.27 to 0.30. The runoff coefficient of warm period (June–October) also increased in Nevezis (along Panevezys and Dasiunai) from 0.15 to 0.18 and from 0.10 to 0.11. It remained the same in Juosta, and only the runoff coefficient of Smilga decreased during June – October from 0.09 to 0.06. In summary, it might be stated that the average annual runoff coefficient of the whole 10<sup>th</sup> hydrologic region of Lithuania, which includes a major part of basin of Nevezis, was 0.30 till reclamation. It decreased to 0.28 during the period of intensive reclamation, however, the average annual runoff was 0.35 from 1980, i.e., it increased in comparison with the period till reclamation. The average runoff coefficient of warm period was 0.10 till reclamation, and remained the same during the period of 1956-1980, while the data of 1981-1995 show that the average runoff coefficient increased – 0.11. After assessing the meteorological conditions and soil water balance of sub-basin of Nevezis River, according to above analysis, it might be stated that the primary reason of water lack in the basin of Nevezis River is climatic conditions. Drainage systems can hardly have a significant impact on wateriness of Nevezis River. After determining the common trends it also might be stated in the water balance in the basin of Nevezis

River will be more negative in the future, since, according to research of Štaras (2002), the changes in structure of water balance of basins of Lithuanian rivers in 21 century will be mostly determined by increase of precipitation amount (especially during the warm period), expected in scenarios of climate change, and predicted increase of air temperature. Therefore, precipitation will less accumulate in snow cover, while the evapotranspiration will increase.

### CONCLUSIONS

1. The basin of rivers of Nevezis is characterized by negative water balance during the warm period, i.e., water income (precipitation) is lower than water expenses (evaporation). The common trends allow stating that the water balance in the basin of Nevezis River will be even more negative in the future.
2. While summarizing the observation data of period of 1951-1995 of the whole hydrologic region, it might be stated that as the number of drained areas increased, the runoff coefficients decreased during spring season (March – May), while the runoff coefficients of summer – autumn (June – October) increased.
3. The average annual runoff coefficient was 0.30 till reclamation, it decreased to 0.28 during intensive reclamation. However, the average annual runoff coefficient was 0.35 from 1980, i.e., it increased in comparison with the period till reclamation. The average runoff coefficient of warm period was 0.10 till reclamation, and remained the same during the period of 1956-1980, while the data of 1981-1995 show that the average runoff coefficient increased – 0.11.

### References

1. **Dumbrasukas, A., Larsson, R.** The Influence of Farming on Water Quality in the Nevėžis Basin. //Aplinkostyrimai, inžinerijairvadyba, 1997, 2(5), pp. 48-55;
2. **Klocking B., Haberlandt U.** Impact of land use changes on water dynamics – a case study in temperate meso and macroscale river basins. (2002). Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706502000463>;
3. **Lukianas A.** Reclamation works of hydraulic impact on the natural environment, research and evaluation. //Vilnius: Technika, 2006, 31 p., (In Lithuanian);
4. **Moore I.D., Larson C.L.** Hydrologic Impact of Draining Small Depression Watersheds. //Journal of Irrigation Drainage, 1980, 106, pp. 345-363;
5. **Oginski B.** Hydrological response to land use changes in Central European lowland forest catchments. 2007. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/16486897.2007.9636902>;
6. **Pauliukevičius H.** Nuotėkų lemiančių veiksnių santykinių reikšmių ir regresijos lygčių taikymo galimybės (Relative significance of the runoff formatting factors and possibilities to apply the regression equations). //Water management engineering, 2007, 31(51), pp. 58-65, (in Lithuanian);
7. **Robinson, M., Rycroft, D.W.** Agricultural Drainage. //Agronomy Monograph number, 1999, 38, pp. 767-800.
8. **Staras, A.** Possibilities of Adaptation of water balance models to river flow analysis). //Geografija, 2002, 38, (1), pp. 11-14, (In Lithuanian);
9. **Zucker, L.A., Brown L.C.** Agricultural Drainage: Water Quality Impacts and Subsurface Drainage Studies in the Midwest. 1998. Available at: <http://ohioline.osu.edu/b871/index.html>.

## ВЛИЯНИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ НА ВОДЫ БАЛАНСА РЕК

**О. Мисецкайте, Л. Тапараускене**

Институт инженерии водных ресурсов  
Университета им. Александра Стульгинскиса  
**E-mail: Otilija.Miseckaite@asu.lt**

**Аннотация.** Большинство регулируемых рек расположены в средней части Литвы. Например, в бассейне реки Нявежис, среди существующих сельскохозяйственных земель, засушливые земли занимают приблизительно 90%. Согласно серии данных за 62 года, было установлено, что вследствие высокой испаряемости водный баланс бассейна Нявежис характеризуется отрицательным сальдо воды в мае-сентябре, когда, как среднее количество осадков за тот же период не изменялось. Было установлено, что в десяти гидрологических регионах Литвы среднегодовой коэффициент стока составил 0,3 до осушительной мелиорации, и уменьшился до 0,28 в период интенсивной мелиорации. Однако, с 1980 года, годовой сток в среднем составил 0,35, т.е., он увеличился по сравнению с периодом до осушительной мелиорации. Средний коэффициент стока теплого периода составил 0,10 до осушительной мелиорации, и не изменялся в течение периода 1956-1980 г.г., а во время 1981-1995 г.г. он увеличился до – 0,11. В результате оценки метеорологических условий и водного баланса почвы, можно сделать выводы, что основной причиной отсутствия воды в бассейне являются климатические условия.

**Ключевые слова:** сток; водный баланс; осушительная мелиорация.

## МЕРОПРИЯТИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ КОРЕННОГО УЛУЧШЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕНИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

М.Г. Мустафаев, Г.Г. Джебраилова, Ф.М. Мустафаев

Институт Почвоведения и Агрохимии  
Национальной Академии Наук Азербайджана  
ул. М. Рахима, 5, г. Баку, Азербайджан

**Аннотация.** В статье даны подробные сведения комплексных исследований, проведенных на мелиорированных землях. На различных территориях, учитывая все свойства земель, оценено их мелиоративное состояние, показаны причины возникновения негативных процессов. В итоге, неудовлетворительная работа некоторых мест коллекторно-дренажных систем, приводит к ухудшению водно-физических и других свойств земель, а на этих территориях наблюдалось снижение урожая (20-25%). Эти процессы еще более распространены на мелиорированных участках Ширванской степи. На основании результатов исследований, с целью улучшения мелиорированных земель, была разработана и представлена система агротехнических и агромелиоративных мероприятий.

**Ключевые слова:** оросительная сеть; засоленные почвы; почвы солонцовые; гранулометрический состав; гумус.

### ВВЕДЕНИЕ

Кура–Араксинская низменность является ценнейшим сельскохозяйственным объектом нашей республики. Благоприятные природные условия и наличие оросительной воды создают возможности развития здесь орошаемого земледелия. Основным неблагоприятным явлением, задерживающим развитие сельского хозяйства, является широкое распространение засоленных почв и близкое залегание к поверхности земли высокоминерализованных грунтовых вод. С самого начала использования земель Кура–Араксинской низменности под сельскохозяйственные культуры столкнулись с необходимостью проведения здесь больших ирригационно-мелиоративных работ.

По данным многолетних исследований, для нормального и продуктивного возделывания с/х культур необходимо строгое установление норм и сроков орошения, устранения засоления и дренажных стоков на некоторых участках, поддержание уровня и минерализации грунтовых вод, а также правильной работы оросительной техники. В связи с этим на территории изучаемого региона необходимо комплексное изучение таких показателей, как общая испаряемость водно-солевого баланса, влажность и солевой состав почв, уровень и минерализация грунтовых вод. Влияние орошения и зон аэрации как изменение водного баланса способствует закономерному изменению солевого состава [1, 2]. Определение процессов передвижения соли и воды в почвах является одним из основных направлений в изучении данной проблемы. Для достижения поставленной цели необходимо изучение баланса выпадаемых осадков, орошения, минерализации поверхностных, дренажных и грунтовых вод и химического состава изучаемых почв. Изучение баланса территории с учетом природных и промышленных условий, должно проводиться отдельно для зон с общей, почвенной и грунтовой аэрацией и грунтовых вод. Поэтапное исследование водно-солевого баланса, влияние агротехнических, гидротехнических, химических и других мероприятий на продуктивность

почв, способствует выявлению роли водного фактора. Как известно, изучение баланса имеет важное практическое значение для проектного обоснования оросительных и дренажных систем. Возможность эффективной оценки очистки почв от солей изучаемой территории осуществляется посредством работы дренажной и оросительной систем.

## ОБЪЕКТ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований выбраны ключевые площадки на орошаемых почвах Кура-Араксинской низменности, которые имеют разные гранулометрические составы. Для изучения поставленных задач были использованы общепринятые методики [3].

## АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поэтапное исследование водно-солевого баланса, влияние агротехнических, гидротехнических, химических и других мероприятий на продуктивность почв, способствует выявлению роли водного фактора. Параллельно с водно-солевым балансом нами проведены исследования по изучению ряда вопросов, позволяющих выявить недостатки, снижающие эффективность сельскохозяйственного производства на мелиорируемых почвах. Эти недостатки могут быть разделены на три группы:

– при проектировании мелиоративных мероприятий. При составлении проектов коллекторно-дренажных и оросительной сети, почвенно-мелиоративные и гидрогеологические особенности объекта анализируются не полностью. Во многих случаях значения таких факторов, как модуль дренажного стока, коэффициент фильтрации почвогрунтов и критическая глубина залегания уровня грунтовых вод, являющиеся определяющими в определении междренних расстояний используются без уточнений. В результате чего, в одних случаях это приводит к потере земли, связанные с загущением междренних расстояний (Мугано-Сальянский массив), в других построенная коллекторно-дренажная сеть не в полной мере отвечает предъявляемым к ним требованиям, то есть не снижает уровня минерализованных грунтовых вод на междренном пространстве в нужный срок на необходимую глубину (критическую), (в связи с разреженностью междренних расстояний, Ширванская степь), исключающие возможности повторного засоления верхних слоев почвогрунтов;

– при строительстве коллекторно-дренажной сети. Во многих случаях откосы открытых дрен не доводятся к требуемым значениям, в связи с этим в первые же дни эксплуатации они разрушаются, заполняют дрены и препятствуют отводу минерализованных дренажных вод. При строительстве закрытых дрен трубы (отводящие) расставляются на недостаточно спланированную поверхность, имеет место использование дефектных труб, фильтрующий материал не сортируется, смотровые колодцы (предназначенные для контроля работы и очистки закрытых дрен) и устьевых сооружений (предназначенные для отвода дренажных вод в открытые дрены) строятся с определенными отклонениями и т.д.;

– планировка поверхности полей проводится некачественно, количество воды, поданной на промывку почв, не измеряется, в большинстве случаев общее количество воды, поданной на промывку почв, составляет значительно меньший объем, чем рассчитанная промывная норма. В итоге остаточная засоленность почвогрунтов в отдельных местах поля значительно превышает ее допустимые пределы и образует пятнистое засоление, площадь которого в среднем составляет от 5 до 15-20% от общего. Дамбы всех открытых каналов или плохо или вовсе не планируются и хозяйства не могут использовать их как внутривладельческую дорожную сеть, и вынуждены выделять для внутривладельственной дорожной сети часть пашни и т.д. [4];

– при эксплуатации мелиоративных объектов.



Севооборот сельхозкультур хозяйствами применяется не повсеместно, недостаточно полно используются прогрессивные способы орошения, поливы проводятся без контроля и не измеряются, во многих хозяйствах имеет место сброс поливных вод в дренаж. Это способствует разрушению дрен, увеличивает их расход, затрудняет работу перекачивающих станций и пр. Засевание полей другими культурами (кукуруза, рапс, соя и др.) после уборки зерновых не практикуется, хотя климатические условия дают на это полную возможность. Рост общей культуры земледелия низкий. Ликвидация вышеуказанных недостатков позволит в значительной мере повысить сельскохозяйственное производство на мелиорируемых землях. Результаты многолетних исследований и прогнозные расчеты, проводимые с применением математических методов, показывают, что для коренного улучшения мелиоративного состояния дренированных земель необходимо осуществление следующих мероприятий:

- произвести планировку поверхности полей, где микроповышения и микропонижения отдельных участков относительно общей поверхности массива составляли не более, чем 5 см;
- произвести работы по глубокому рыхлению почв, там, где почвы уплотнены или имеют тяжело-глинистый мехсостав;
- применять севообороты сельскохозяйственных культур;
- после уборки зерновых засеивать поля другими сельхозкультурами, имеющими короткий вегетационный период (кукуруза для силоса, горох, рапс, сорго и др.) и не допускать использования их несколько лет подряд под зерновыми.

Кроме вышеуказанного, большое внимание должно уделяться режиму орошения сельхозкультур в зависимости от засоленности почв:

- в почвогрунтах, содержащих соли выше чем 0,6% по плотному остатку необходимо проведение промывки нормами, соответствующими типу, степени засоления и водо-физическим свойствам почв;
- в почвогрунтах, содержащих соли в пределах 0,4-0,6% по плотному остатку необходимо проведение влагозарядковых поливов с большими нормами (2000-3000 м<sup>3</sup>/га) и вегетационных поливов 20%-м промывным режимом. Если будет наблюдаться дефицит воды, тогда после 15 июля то дополнительная часть оросительной воды, которая создает промывной режим на поле не подается;
- в почвогрунтах, содержащих соли в пределах 0,25-0,40% по плотному остатку необходимо проведение влагозарядковых поливов с небольшими нормами –1500-2000 м<sup>3</sup>/га и вегетационные поливы 10% промывным режимом до 15-20 июля. Затем продолжают поливы с обычными нормами (в соответствии к водопотреблению культуры) – 800-1000 м<sup>3</sup>/га;
- в почвогрунтах, содержащих соли в пределах 0,20-0,25% по плотному остатку, необходимо проведение влагозарядковых поливов с нормами 1200-1500 м<sup>3</sup>/га и вегетационных поливов с обычными нормами;
- в почвогрунтах, опресненных на большую глубину (солесодержание в 3-5 м глубине меньше, чем 0,5% по плотному остатку) необходимо проведение влагозарядковых поливов малыми нормами (1000-1200 м<sup>3</sup>/га) вегетационных поливов обычными нормами – 800-900 м<sup>3</sup>/га;
- если почвогрунты на большой глубине (3-5 м) сильно опреснены и имеют признаки осолонцевания (в сухом состоянии плохо обрабатываются, после вспашки при бороновании не разрыхляются, при смачивании, набухая, через себя воду не пропускают и др.), тогда таким почвогрунтам необходимо внесение удобрений, содержащих кальций и химических мелиорантов с нормами, соответствующими степени осолонцевания [5, 6].

Поля, используемые под сельскохозяйственные культуры, ежегодно пахутся на одинаковую глубину (25-30 см). Через определенное время (10-15 лет) при таком режиме использования земель наблюдается уплотнение подпахотного горизонта почв. Это последствия двух причин:

– передвигающиеся в почве оросительные воды транспортируют мелкие частицы и осаждают их в тонких порах нижележащих слоев;

– в течение одного года на пашне сельскохозяйственные машины, имеющие достаточно тяжелый вес делают в среднем 25-30 ходов, в результате чего происходит постепенное уплотнение подпахотного горизонта почвогрунтов. Мощность уплотнения в зависимости от свойств почв может достигать до 1,0-1,5 м и более глубины.

Если в новоосвоенных землях объемный вес почвогрунтов составляет 1,2-1,3, то после уплотнения он достигает 1,5-1,6 г/см<sup>3</sup>. В результате исследования установлено, что на уплотненных почвах урожайность сельскохозяйственных культур снижается до 20-30 и даже 40%. Это может быть объяснено так: Корни культурных растений не могут проникать в уплотненный слой и распространяются в верхнем 25-30 см слое и в короткий срок, присваивая имеющиеся там питательные вещества, исчерпывают его запасы. Кроме того, в почвах, где уплотнены подпахотные горизонты, число полезных микроорганизмов уменьшается, а в других микроорганизмах и почвенных беспозвоночных животных (фитогельментов, галонаматодов и др.), вызывающих разные болезни, наоборот увеличивается. Как видно, отрицательных сторон уплотнения подпахотного слоя почв немало. Поэтому необходимо разработать мероприятия, позволяющие предотвратить причины уплотнения почв. Результаты многолетних опытов, проведенных в Узбекистане и КНР показывают, что это отрицательное явление может быть устранено проведенной через определенное время (хотя бы через каждые пять лет) вспашкой почво-грунтов на глубину 60 см и глубокорыхлением на глубину 1,0 м. В таких местах, где уже осуществлена глубокая вспашка и рыхление, необходимо применение севооборотов. Здесь основные сельскохозяйственные культуры (хлопчатник, зерновые) в обязательном порядке должны быть на три года заменены люцерной. Поля, занятые люцерной, дополнительно могут быть использованы под кукурузу (на силос) и другие клубеньковые растения. С целью получения из разрыхленных почв высоких урожаев необходимо двухъярусное внесение (в пахотный и подпахотный горизонты в отдельности) органических и минеральных удобрений. Такая, смешанная культурными растениями, система земледелия в течение трех лет создает в почвогрунте мощный высокоплодородный слой, толщина которого достигает 50-60 см и более [7].

Новообразованный мощный плодородный слой обеспечит не только нормальное развитие очередной основной сельхозкультуры, но и уничтожит семена сорной растительности и вредных микроорганизмов. Данные последних лет подтверждают, что урожайность сельхозкультур, выращиваемых на землях Ширванской степи значительно ниже по сравнению с другими районами Кура-Араксинской низменности.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Установлено, что практически в пресных почвах, где среднее солесодержание почвогрунтов ниже 0,25% по плотному остатку при поддержании промывного режима орошения происходит растворение и удаление труднорастворимых солей. В связи с этим для практически пресных почв поддержание промывного режима вовсе нецелесообразно. В таких почвах рекомендуется проведение влагозарядкового полива небольшими нормами 1000-1200 м<sup>3</sup>/га и вегетационные поливы обычными нормами 800-1000 м<sup>3</sup>/га.

Одной из основных причин низкой урожайности почв Ширванской степи является их тяжелый гранулометрический состав. Объемный вес верхнего слоя почв здесь достигает 1,45-1,6 г/см<sup>3</sup> и более, а содержание физической глины, то есть частиц с размерами менее 0,01 мм составляет более 80% от общего. Повышение продуктивности этих почв может быть осуществлено с периодическим глубоким рыхлением почв.

В общем, с периодическим глубоким рыхлением и с применением системы земледелия

смешанными культурами не только можно повысить урожайность сельскохозяйственных культур, но и довести подпахотный горизонт до глубины одного метра и более. Следует отметить, что глубокое рыхление также может ускорить процесс улучшения мелиоративного состояния земель из года в год. Необходимо помнить, что только комплекс мелиоративных (агротехнических, агро-мелиоративных, инженерно-гидротехнических и др.) может обеспечить успешно ирригационное освоение земель с солонцовым почвенным покровом.

### Литература

1. **Волобуев В.Р.** Генетические формы засоления почв Кура-Араксинской низменности. Баку, изд. АН Азерб. ССР, 1965, 246 стр.;
2. **Мустафаев М.Г.** Причины снижения эффективности сельхозпроизводства на землях Азербайджана. // "Агротехнический вестник", № 3, САМ "Полиграфист" Москва, 2012, стр. 43-45.;
3. **Аринушкина Е.В.** Руководства по химическому анализу почв. М., Изд. МГУ, 1970, 488 стр.;
4. **Mustafayev M.G.** Some problems of saline soil reclamation of Azerbaijan. // Научные исследования в мелиорации и водном хозяйстве, Сб. науч. трудов, т. 49, вып 1, ТОО "КазНИИВХ", 2012, стр.106-110;
5. **Джебраилова Г.Г.** Влияние процессов засоления и солонцеватости на урожайность растений в Мильской степи. // Журнал "Почвоведение и Агротехника" НАНА. Том 21, № 3, Баку, Элм, 2013, стр. 402-406;
6. **Волобуев В.Р., Азизов К.З.** Засоленные почвы Кура-Араксинской низменности. // Докл. Симпоз. V делегат. съезда ВОП СССР. Т.6, Тбилиси, 1981, стр.104-124;
7. **Мустафаев М.Г., Джебраилова Г.Г., Мустафаев Ф.М.** Оценка глубины опреснения почвогрунтов на мелиорируемых землях Кура-Араксинской низменности. // Сб. науч. тр. "Современные энерго и ресурсосберегающие экоустойчивые технологические системы сельскохозяйственного производства" РГАТУ, вып. 9, г. Рязань, 2011, стр.141-148.

### Irrigation

## MEASURES INTENDING FOR THE ROOT IMPROVEMENT OF THE DRAINED SOILS MELIORATIVE CONDITION

**M.G. Mustafayev, G.G. Jabrailova, F.M. Mustafayev**

Institute of soil Science and Agrochemistry, NASA  
5, M. Rahim str., Baku, Azerbaijan

**Abstract.** Through information about the complex researches carried out in the meliorated soils was given in an article. The ameliorative state of soils was estimated, the reasons of the negative processes were shown taking into account of the soils all characters in the different zones. Generally, aggravation of the water-physical and other characters in the places where the collector-drainage systems work unsatisfactorily, the low productivity in the same zones was observed (20-25%). This process widely extended in the meliorated areas of the Shirvan plain. According to the researches consequences the complex agrotechnical and agromeliorative measures system was prepared and offered for the purpose of the meliorated soils improvement.

**Keywords:** irrigation network; salinity soils; saline soils; granulometric composition; humus.

## ПРОГНОЗ ВОЛНООБРАЗОВАНИЯ В ПОТОКАХ МАЛОЙ ГЛУБИНЫ ПРИ ЛИНЕЙНОМ РАЗМЫВЕ ПОЧВ

О.Г. Натишвили,<sup>1</sup> Т.Ф. Урушадзе,<sup>2</sup> Г.В. Гавардашвили<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И. Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия

E-mail: [agr.otar@science.org.ge](mailto:agr.otar@science.org.ge); [givi\\_gava@yahoo.com](mailto:givi_gava@yahoo.com)

<sup>2</sup> Институт почвоведения, агрохимии и мелиорации им. Михаила Сабашвили  
Грузинского аграрного университета  
аллея Д. Агмашенебели 240, 0131, г. Тбилиси, Грузия

E-mail: [t\\_urushadze@yahoo.com](mailto:t_urushadze@yahoo.com)

**Аннотация.** Работа посвящена, ранее никем не рассматриваемому, вопросу влияния волн в склоновых мелководных потоках на интенсивность эрозии почвогрунтов. Предлагаются методы как прогнозировать возникновение волн на свободной поверхности склонового стока как в водных, так и наносонесущих потоках.

Теоретическими исследованиями установлено, что влияние волнообразования на процесс интенсивности эрозии должно быть учтено в существующих расчетных зависимостях с помощью поправочного коэффициента  $V_g = 1,5V$  для средней скорости потока в живом сечении.

**Ключевые слова:** почвогрунт; мелководные потоки; волна; эрозия.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Вопросам линейного (ручейкового) размыва почв посвящено ряд теоретических и экспериментальных исследований [1- 5 и др.]. В большинстве указанных работ рассматриваются вопросы равномерного движения чистой воды малой глубины, т.е. потоки не содержащие взвеси наносов и не допускающие возможность появления волн на свободной поверхности равномерно движущегося потока. Это накладывает свой отпечаток на интенсивность размыва почв, так как скорость волны больше средней по живому сечению скорости равномерно движущегося потока. В потоках малой глубины часто наблюдаются скатывающиеся волны во время проливных дождей на наклонных участках улиц даже с незначительной шероховатостью поверхности.

Поэтому анализ волнового движения потока, несущего во взвешенном состоянии частицы почвогрунтов тяжелее воды, в ручейках с повышенной шероховатостью представляет как теоретический, так и практический интерес.

Имеются общие уравнения гидродинамики турбулентного течения взвесенесущего потока [6-10].

В работе [10] одномерные уравнения взвесенесущих потоков получены из гидродинамических зависимостей [7], а в работе [12] – из [9].

Так как более общую форму одномерного уравнения взвесенесущих потоков несут [11-12], остановимся на них для решения задачи.

## 2. ВЫВОД ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ ВОЗМУЩЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ВЗВЕСЕНЕСУЩЕГО ПОТОКА

Уравнения динамики взвесенесущего потока для неустановившегося движения [11, 12] имеет вид:

$$\frac{1}{g} \cdot \frac{\partial \tilde{V}}{\partial t} + \frac{\tilde{\alpha} \tilde{V}}{g} \cdot \frac{\partial \tilde{V}}{\partial x} - \frac{(\tilde{\alpha} - 1)}{g} \cdot \frac{\tilde{V}}{\tilde{\omega}} \cdot \frac{\partial \tilde{\omega}}{\partial t} + T \frac{\partial \tilde{H}}{\partial x} - i_0 + \tilde{J}_{mp} = 0. \quad (1)$$

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \tilde{Q}}{\partial x} + \frac{\partial \tilde{\omega}}{\partial t} = 0, \quad (2)$$

где:  $\tilde{V}$  – средняя по живому сечению скорость смеси;

$\tilde{\omega}$  – площадь живого сечения смеси;

$g$  – ускорение силы тяжести;

$\tilde{H}$  – максимальная глубина смеси;

$\tilde{\alpha}$  – полный корректив количества движения, учитывающий неравномерность распределения осредненных скоростей и пульсационный напор по сечению потока;

$i_0$  – уклон дна ручейки;

$\tilde{Q}$  – расход смеси;

$\tilde{J}_{mp}$  – сумма всех диссипативных членов, представляющая собой уклон гидравлических сопротивлений смеси;

$$T = \frac{W\tilde{\omega} + \sigma K_2 B v (S_{cp} - S_0)}{W\tilde{\omega}(1 + \sigma S_{cp})}, \quad (3)$$

т.н. безразмерный параметр гидравлики взвесенесущих потоков.  $\sigma = \frac{\rho^* - \rho}{\rho}$  – относительная плот-

ность;  $\rho^*$ ,  $\rho$  – соответственно плотности взвеси (частиц почвы) и воды;  $S_{cp}$  – средняя по сечению объемная концентрация взвеси;  $S_0$  – концентрация взвеси на поверхности потока;  $B$  – ширина потока смеси;  $W$  – средняя гидравлическая крупность взвеси в смеси;  $v$  – кинематический коэффициент вязкости смеси;  $K_2 = 0,6$  – экспериментальный коэффициент, учитывающий различие между коэффициентами турбулентного обмена несущей и несомой фазами.

Не трудно заметить, что если рассмотреть установившийся режим движения при  $S_{cp} = S_0 = 0$  и пренебречь пульсационной составляющей полного корректива, т.е.  $\tilde{\alpha} = \alpha$  зависимость (1) совпадает с уравнением проф. Г.А. Петрова [13] для водного потока, а при  $\alpha = 1$  зависимость (1) принимает вид уравнений И.И. Коновалова [13].

Постараемся решить задачу с привлечением метода "малых" возмущений.

Если устойчивому невозмущенному состоянию равномерного турбулентного взвесенесущего потока соответствует формула Шези:

$$i = \tilde{J}_{mp} = \frac{\tilde{V}_0^2}{C_0^2 \tilde{R}}, \quad (4)$$

то возмущенное состояние такого потока будет описываться условиями (1) и (2), при этом полагая, что

$$\tilde{V} = \tilde{V}_0 + \tilde{U}; \quad \tilde{H} = \tilde{H}_0 + \tilde{h}; \quad \tilde{\omega} = \tilde{\omega}_0 + B_0 \tilde{h}, \quad (5)$$

где: индекс "0" означает отнесение помеченных величин равномерному движению, а  $\tilde{U}$  и  $\tilde{h}$  – скорость и высота волн возмущения, которые являются настолько малыми, что их произведениями

и квадратами можно пренебречь, тогда будем иметь приведенные ниже выражения (6):

1.  $\tilde{V}^2 = (\tilde{V}_0 + \tilde{U})^2 = \tilde{V}_0^2 + 2\tilde{V}_0\tilde{U} + \tilde{U}^2 = \tilde{V}_0^2 + 2\tilde{V}_0\tilde{U};$
2.  $\frac{\tilde{V}}{\tilde{\omega}} = \frac{(\tilde{V}_0 + \tilde{U})(\tilde{\omega}_0 - B_0\tilde{h})}{(\tilde{\omega}_0 + B_0\tilde{h})(\tilde{\omega}_0 - B_0\tilde{h})} = \frac{\tilde{V}_0 + \tilde{U}}{\tilde{\omega}_0} \left(1 - \frac{B_0\tilde{h}}{\tilde{\omega}}\right);$
3.  $\frac{\tilde{V}}{\tilde{\omega}} \cdot \frac{\partial \tilde{\omega}}{\partial t} = \frac{\tilde{V}_0 B_0}{\tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial \tilde{h}}{\partial t};$
4.  $\frac{\partial \tilde{Q}}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}(\tilde{V}\tilde{\omega}) = \frac{\partial}{\partial x}(\tilde{\omega}_0\tilde{V}_0 + \tilde{\omega}_0\tilde{U} + B_0\tilde{V}_0\tilde{h} + B\tilde{h}\tilde{U}) = \tilde{\omega} \frac{\partial \tilde{U}}{\partial x} + B_0\tilde{V}_0 \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x};$
5.  $\frac{1}{g} \cdot \frac{\partial \tilde{V}}{\partial t} = \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial \tilde{U}}{\partial t};$
6.  $\frac{\partial \tilde{\omega}}{\partial t} = B_0 \frac{\partial \tilde{h}}{\partial t};$
7.  $\frac{\partial \tilde{H}}{\partial x} = \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x};$
8.  $\frac{1}{g} \cdot \frac{\partial \tilde{V}^2}{\partial x} = \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial}{\partial x}(\tilde{V}_0^2 + 2\tilde{V}_0\tilde{U}) = \frac{\tilde{V}_0}{g} \cdot \frac{\partial \tilde{U}}{\partial x};$
9.  $\tilde{V} \frac{\partial \tilde{V}}{\partial x} = (\tilde{V}_0 + \tilde{U}) \frac{\partial (\tilde{V}_0 + \tilde{U})}{\partial x} = \tilde{V}_0 \frac{\partial (\tilde{V}_0 + \tilde{U})}{\partial x} + \tilde{U} \frac{\partial (\tilde{V}_0 + \tilde{U})}{\partial x} = \tilde{V}_0 \frac{\partial \tilde{U}}{\partial x};$
10.  $T \frac{\partial \tilde{H}}{\partial x} = T_0 \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x}.$

Если воспользоваться показательной зависимостью Б.А. Бахметева для модуля расхода:

$$\frac{\tilde{K}}{\tilde{K}_0} = \left(\frac{\tilde{H}}{\tilde{H}_0}\right)^{\frac{\chi}{2}}, \quad (7)$$

то тогда, согласно Н.Т. Мелещенко [14], уклон гидравлических сопротивлений с точностью лишь малых первого порядка выразится соотношением:

$$\frac{\tilde{V}^2}{\tilde{C}^2 \tilde{R}} = j_0 \left[ 1 + \frac{2\tilde{U}}{\tilde{V}_0} + \left( \frac{2\tilde{B}_0}{\tilde{\omega}} - \frac{\chi}{\tilde{H}_0} \right) \tilde{h} \right], \quad (8)$$

где:  $\chi$  – гидравлический показатель русла;

$i_0 = \tilde{J} = \frac{\tilde{Q}^2}{\tilde{K}_0^2}$  – уклон гидравлических сопротивлений при равномерном движении, т.е. уклон дна

ручейка.

Используя и (6) и (8) уравнения (1) и (2) примут вид:

$$\frac{1}{g} \cdot \frac{\partial \tilde{U}}{\partial t} + \frac{\tilde{\alpha}}{g} \tilde{V} \frac{\partial \tilde{U}}{\partial x} - \frac{(\tilde{\alpha} - 1)}{g} \cdot \frac{\tilde{V} B_0}{\tilde{\omega}} \cdot \frac{\partial \tilde{h}}{\partial t} + T_0 \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x} + \frac{2\tilde{U} i_0}{\tilde{V}_0} + \left( \frac{2B_0}{\tilde{\omega}_0} - \frac{\chi}{\tilde{H}_0} \right) \tilde{h} i_0 = 0 \quad (9)$$

$$B_0 \frac{\partial \tilde{h}}{\partial t} + \tilde{\omega}_0 \frac{\partial \tilde{U}}{\partial x} + \tilde{V}_0 B_0 \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x} = 0. \quad (10)$$

Из зависимости (10)

$$\frac{\partial \tilde{U}}{\partial x} = \frac{B_0}{\tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial \tilde{h}}{\partial t} - \frac{\tilde{V}_0 B_0}{\tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x} \quad (11)$$

Откуда

$$\frac{\partial^2 \tilde{U}}{\partial x^2} = -\frac{B_0}{\tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial x \partial t} - \frac{\tilde{V}_0 B_0}{\tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial x^2} \quad (12)$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{U}}{\partial x \partial t} = -\frac{B_0}{\tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial t^2} - \frac{\tilde{V}_0 B_0}{\tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial x \partial t} \quad (13)$$

Дифференцируя (9) по  $x$  получим:

$$\frac{1}{g} \cdot \frac{\partial^2 \tilde{U}}{\partial x \partial t} + \frac{\tilde{\alpha}}{g} \tilde{V} \frac{\partial \tilde{U}}{\partial x^2} - \frac{\tilde{\alpha} \tilde{V} B_0}{g \tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial x \partial t} + \frac{\tilde{V}_0 B_0}{g \tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial x \partial t} + T_0 \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial x^2} + \frac{2i_0}{\tilde{V}} \cdot \frac{\partial \tilde{U}}{\partial x} + \frac{2B_0 i_0}{\tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x} - \frac{i_0 \chi}{\tilde{H}_0} \cdot \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x} = 0 \quad (14)$$

Подставляя (11), (12) и (13) в (14), после простейших операции будем иметь:

$$\frac{1}{g} \cdot \frac{B_0}{\tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial t^2} + 2 \frac{\tilde{\alpha} \tilde{V}_0}{g \tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial x \partial t} + \left[ \frac{\tilde{\alpha} B_0 \tilde{V}^2}{g \tilde{\omega}_0} - T_0 \right] \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial x^2} + \frac{2i_0 B_0}{\tilde{V} \tilde{\omega}_0} \cdot \frac{\partial \tilde{h}}{\partial t} + \frac{i_0 \chi}{\tilde{H}_0} \cdot \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x} = 0 \quad (15)$$

Умножая полученное уравнение на  $\frac{g \tilde{\omega}_0}{B_0}$ , получим:

$$\frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial t^2} + 2 \tilde{\alpha} \tilde{V} \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial x \partial t} \left[ \tilde{\alpha} \tilde{V}^2 - T_0 \frac{g \tilde{\omega}_0}{B_0} \right] \frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial x^2} + \frac{2i_0 g}{\tilde{V}_0} \cdot \frac{\partial \tilde{h}}{\partial t} + \frac{i_0 \chi g \tilde{\omega}_0}{\tilde{H}_0 B_0} \cdot \frac{\partial \tilde{h}}{\partial x} = 0 \quad (16)$$

Линейное уравнение (16) является основным дифференциальным уравнением возмущенного состояния взвесенесущего турбулентного потока. Если принять что  $\tilde{\alpha} = 1$ ;

$\bar{S}_{cp} = \bar{S}_0 = 0$ , уравнение (16) переходит в уравнение теории волны малой амплитуды для чистой воды.

### 3. ЧАСТНОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ВЗВЕСЕНЕСУЩЕГО ПОТОКА И ЕГО АНАЛИЗ

Для установления критериального условия потери устойчивости первоначального равномерного режима движения и появления волн на свободной поверхности, при движении взвесенесущего потока в ручейках, ищем частное решение линейного дифференциального уравнения возмущенного состояния взвесенесущего потока (14) в виде простого гармонического колебания с частотой  $K_1$ , отвечающее распределению возмущения (волн) вдоль положительных значений  $X$  (т.е. по направлению поступательного потока):

$$\tilde{h} = f(x) \cos K_1 t, \quad (17)$$

где:  $f(x)$  – некоторая функция, зависящая от  $x$ .

Пользуясь формулой Эйлера, это уравнение можно представить в комплексной форме, удобной для дальнейших преобразований:

$$\tilde{h} = f_1(x) e^{ik_1 t}, \quad (18)$$

где:  $f_1(x)$  – некоторая функция с вещественной и мнимой частью, зависящая только от  $x$ .

Дифференцируя (18), получим:

$$\frac{\partial \tilde{h}}{\partial x} = f_1'(x) e^{ik_1 t}; \quad (19)$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial x^2} = f_1''(x) e^{ik_1 t}; \quad (20)$$

$$\frac{\partial \tilde{h}}{\partial t} = f_1(x) i k_1 e^{ik_1 t}; \quad (21)$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial t \partial x} = f_1'(x) i k_1 e^{ik_1 t}; \quad (22)$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial t^2} = f_1(x) i^2 k_1^2 e^{ik_1 t}; \quad (23)$$

Так как  $i = \sqrt{-1}$ ;  $i^2 = -1$ , поэтому:

$$\frac{\partial^2 \tilde{h}}{\partial t^2} = -f_1(x) i^2 k_1^2 e^{ik_1 t}. \quad (24)$$

Подставляя (17÷24) в (16), т.е. в дифференциальное уравнение возмущенного состояния взвесенесущего потока, после сокращения на  $e^{ik_1 t}$  и группировки членов, получим обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами:

$$\left[ \alpha \tilde{V}_0^2 + T_0 \frac{g \tilde{\omega}_0}{B_0} \right] f_1''(x) + \left[ 2\tilde{\alpha} V_0^2 i K_1 + \frac{i_0 \lambda g \tilde{\omega}_0}{\tilde{H}_0 B_0} \right] f_1'(x) + \left[ \frac{2i_0 g}{\tilde{V}_0} i K_1 - K_1^2 \right] f_1(x) = 0. \quad (25)$$

Если обозначить:

$$T_1^2 = \left[ \tilde{\alpha} \tilde{V}_0^2 - T_0 \frac{g \tilde{\omega}_0}{B_0} \right], \quad (26)$$

$$T_2 = \frac{i_0 \lambda g \tilde{\omega}_0}{\tilde{H}_0 B_0}, \quad (27)$$

$$T_3 = \frac{2i_0 g}{\tilde{V}_0}. \quad (28)$$

С учетом (26), (27), (28) характеристического уравнения дифференциального уравнения (25) второго порядка с постоянными коэффициентами, примет вид:

$$T_1^2 Y^2 + [2\tilde{\alpha} V_0 i K_1 + T_2] Y + [T_3 i K_1 - K_1^2] = 0. \quad (29)$$

Решение (29) дает:

$$Y = \frac{-(2\tilde{\alpha} \tilde{V}_0 i K_1 + T_2) \pm \sqrt{(2\tilde{\alpha} \tilde{V}_0 i K_1 + T_2)^2 - 4T_1^2 (T_3 i K_1 - K_1^2)}}{2T_1^2}. \quad (30)$$

Для того, чтобы разделить вещественные и мнимые части в зависимости (29), примем обозначения:

$$(a + ib)^2 = (2\tilde{\alpha} \tilde{V}_0 i K_1 + T_2)^2 - 4T_1^2 (T_3 i K_1 - K_1^2) \quad (31)$$

или

$$a^2 + 2aib + b^2 = T_2^2 + 4\tilde{\alpha} \tilde{V}_0 i K_1 T_2 - 4\tilde{\alpha} \tilde{V}_0^2 i K_1^2 - 4T_1^2 T_3 i K_1 + 4T_1^2 K_1^2, \text{ т.е.}$$

$$a^2 - b^2 = T_1^2 - 4\tilde{\alpha}^2 \tilde{V}_0 K_1^2 + 4T_1^2 K_1^2 \quad (32)$$

$$2aib = 2i(2\tilde{\alpha} \tilde{V}_0 T_2 K_1 - 2T_1^2 T_3 K_1)$$

или

$$ab = 2\tilde{\alpha} \tilde{V}_0 T_2 K_1 - 2T_1^2 T_3 K_1.$$



Откуда

$$b = \frac{K_1}{a} (2\tilde{\alpha}\tilde{V}_0T_2 - 2T_1^2T_3). \quad (33)$$

Обозначим правую часть зависимости (32) через: " $\Pi_0$ ", т.е.

$$\Pi_0 = T_1^2 - 4\tilde{\alpha}^2V_0K_1^2. \quad (34)$$

Подставляя (33) и (34) в (32), после несложных преобразований получим:

$$a = \left[ \frac{\Pi_0}{2} \mp \sqrt{\frac{\Pi_0^2}{4} + K_1^2 [2\tilde{\alpha}\tilde{V}_0T_2 - 2T_1^2T_3]^2} \right]^{1/2}. \quad (35)$$

Зная " $a$ " и " $b$ " в виде (35) и (33), решение (30), с учетом (31), может быть записано так:

$$Y_{1,2} = \frac{1}{2T_1^2} \left\{ -(2\tilde{\alpha}\tilde{V}_0iK_1 + T_2) \pm (a + ib) \right\} \quad (36)$$

или вводя обозначения:

$$B_1' = \frac{a - T_2}{2T_1^2}, \quad (37)$$

$$B_2' = \frac{b - 2\tilde{\alpha}\tilde{V}_0K_1}{2T_1^2}, \quad (38)$$

$$B_1'' = -\frac{a + T_2}{2T_1^2}, \quad (39)$$

$$B_2'' = -\frac{b + 2\tilde{\alpha}\tilde{V}_0K_1}{2T_1^2} \quad (40)$$

получим:

$$Y_1 = B_1^1 + iB_2^1, \quad Y_2 = B_1^{11} + iB_2^{11}. \quad (41)$$

Таким образом, частное решение (16), отвечающее распространению воли возмущения вдоль движения, будет:

$$\tilde{h} = \Pi [f_1(x)e^{ik_1t}] = \Pi [M e^{yx+ik_1t}], \quad (42)$$

где:  $\Pi$  – символ вещественной части;

$M$  – произвольная постоянная;

$Y$  – одно из значений характеристического уравнения (28), определяемое зависимостями (41).

Вводим обозначения:

$$M = A_0 e^{i\psi}, \quad (43)$$

где:  $A_0$  – новая постоянная.

После отделения вещественной части, выражение (42) примет вид:

$$\tilde{h} = A_0 e^{B_1x} \cos(B_2x + K_1t + \psi), \quad (44)$$

причем  $B_1$  и  $B_2$  в этом выражении, в зависимости от того, какой из корней уравнения (29) принимается в выражении (42), в соответствии с формулами (41), определяется по зависимостям (37)÷(39).

Легко заметить, что принятые в выражении (41)  $Y = Y_2$  и, следовательно,  $B_1 = B_1''$  и  $B_2 = B_2''$  в выражении (42), приводит к условию затухания возмущения вдоль движения, но в то же время трудно определить, при каких условиях равномерного потока возмущение будет затухать, т.е. движение будет устойчивым.

Наоборот, при  $Y = Y_1$ , т.е. при  $B_1 = B_1^1$  и  $B_2 = B_2^1$  в уравнении (44) для того, чтобы  $B_1 < 0$  (см. 36) может иметь место при условии:

$$T_2 > a, \quad (45)$$

т.к.  $a > 0$  и  $T_1^2 = \tilde{\alpha}\tilde{V}_0 - T \frac{g\tilde{\omega}_0}{B} > 0$  следовательно, первоначальное равномерное течение потока будет устойчивым при условии (45).

#### 4. КРИТЕРИЙ ПЕРЕХОДА РАВНОМЕРНО ДВИЖУЩЕГОСЯ ВЗВЕСЕНЕСУЩЕГО ПОТОКА В ВОЛНОВОЙ РЕЖИМ

Подставляя в неравенство (45) значение "a" из (35), получим:

$$T_2^2 > \frac{\Pi_0}{2} \pm \sqrt{\frac{\Pi_0^2}{4} + K_1^2(2\tilde{\alpha}\tilde{V}_0T_2 - 2T_1^2T_3)^2},$$

откуда:

$$\left(T_2^2 - \frac{\Pi_0}{2}\right)^2 > \frac{\Pi_0^2}{4} + K_1^2(2\tilde{\alpha}\tilde{V}_0T_2 - 2T_1^2T_3)^2$$

или

$$T_2^4 - \Pi_0 T_2^2 > 4K_1^2\tilde{\alpha}^2\tilde{V}_0^2T_2^2 - 8K_1^2\tilde{\alpha}\tilde{V}_0T_1^2T_3T_2 + 4K_1^2T_1^4T_3^2$$

Учитывая (34) и после сокращения на  $4K_1^2T_1^2$ , получим:

$$-T_2^2 > T_1^2T_3^2 - 2\tilde{\alpha}T_2T_3\tilde{V}_0$$

Учитывая (26), (27) и (28), будем иметь:

$$T_0 \frac{g\tilde{\omega}_0}{B_0\tilde{V}_0^2} > \tilde{a} + \frac{\chi^2\tilde{\omega}_0^2}{4\tilde{H}_0^2B_0^2} + 2\tilde{a}\left(\frac{\chi\tilde{\omega}}{2B_0\tilde{H}_0}\right)$$

откуда

$$\frac{1}{Fr_0} > \frac{1}{T_0}[\mu^2 - 2\tilde{a}\mu + \tilde{a}], \quad (46)$$

где

$$Fr_0 = \frac{\tilde{V}_0^2 B_0}{g\tilde{\omega}_0}, \quad (47)$$

$$\mu = \frac{\tilde{\omega}_0 \chi}{2B_0\tilde{H}_0}. \quad (48)$$

Условие (46) выражает критериальное соотношение устойчивости первоначального равномерного движения турбулентного взвесенесущего потока т.е. при (46) волны на свободной поверхности потока в ручейках не образуются.

В приведенных зависимостях гидравлический показатель ручейка  $\chi$  зависит от формы поперечного сечения и шероховатости. Конкретное значение можно установить по рекомендациям Б.А. Бахметева или по зависимости Р.Р. Чугаева.

Значения  $\tilde{a}$  можно определить по формуле А.С. Образовского [15]:

$$\tilde{a} = \frac{(1 + K'_3)^2(1 + K'_4)^2}{(1 + 2K'_3)(1 + 2K'_4)}. \quad (49)$$

Параметры в зависимости (49) выражаются с помощью коэффициента Шези "С" и постоянной Кармана  $\chi^*$ :

$$K'_3 = \frac{\sqrt{g}}{\chi^*}; K_4 = 2K'_3 \left(1 - \frac{B}{\chi}\right);$$

$\chi$  – сточенный периметр.

Из (46) непосредственно вытекает, что при отсутствии взвеси т.е.  $\bar{S}_{cp} = S = 0$ , получаем:

$$\frac{1}{Fr_0} > (\mu^2 - 2a_0\mu + a_0),$$

т.е. соотношение Т.Г. Войнич-Сяноженцкого [16].

Если принять в зависимости (46)  $a \approx \tilde{a} \approx 1$ , получается условие устойчивости Ведерникова-Картвелишвили [17,18] и имеет вид:

$$\frac{1}{Fr_0} > \frac{\omega_0}{B_0 K_0} \left( \frac{dK}{dH} \right)_0 - 1, \quad (50)$$

где  $Fr_0 = \frac{V_0^2 B_0}{g \omega_0}$ .

Для доказательства вышесказанного, воспользуемся показательской зависимостью Б.А. Бахметева (7) для производной  $\left( \frac{dK}{dH} \right)_0$ , входящей в (1.90), получим выражение  $\left( \frac{dK}{dH} \right)_0 = \frac{\chi K_0}{2H_0}$ .

Подставляя в (50), получим:

$$\frac{1}{\sqrt{Fr_0}} > \frac{\chi \omega_0}{2B_0 H_0} - 1, \quad (51)$$

или возводя в квадрат, получаем критерий устойчивости Ведерникова-Картвелишвили [17,18].

Если принять  $\bar{a}_0 = \bar{a}$ , т.е. пренебречь величиной "пульсационного давления", то при  $\bar{S}_{cp} = \bar{S}$  критерий (46) практически оказывается совпадающим с критерием Иваса-Картвелишвили.

Анализ (46) показывает, что в зависимости от концентрации взвеси, гидравлической крупности наносов, плотности взвеси и др., взвесенесущий поток может быть более, менее или равным по степени устойчивости по скорости с эквивалентным водным потоком.

Таким образом, получается, что критериальное соотношение (46) позволяет прогнозировать появление на свободной поверхности волн в ручейке малой глубины, когда вода транспортирует взвешенные частицы почвогрунтов.

Поскольку рассчитать транспортирующую способность ручейкового потока трудно, можно просто допустить минимальное значение концентрации взвеси в потоке и осуществить расчет по критерию (46), что будет соответствовать самым худшим условиям, когда на поверхности потока будут появляться волны, т.е. прогноз будет осуществлен для наихудшего варианта.

В случае обнаружения возможности появления волн на поверхности потока, прогноз эрозии в ручейке следует рассчитывать не по средней по сечению скорости равномерно движущегося потока, а с учетом наличия волн, так как скорость волны в 1,5 раза больше скорости равномерно движущегося потока. В таком случае скорость потока на высоте выступа шероховатости следует назначать по  $V_g$ , где  $V_g = 1,5V$ , что было доказано в нашей предыдущей работе.

В таком случае, локальная скорость на высоте выступа шероховатости  $\Delta$ , т.е. донная скорость по интерпретации М.С. Кузнецова и Г.П. Глазунова [2], формула В.Г. Гончарова, примет вид:

$$U_\Delta = \frac{1,25 \cdot 1,5V}{\lg\left(6,15 \frac{H}{\Delta}\right)} = \frac{1,875V}{\lg\left(6,15 \frac{H}{\Delta}\right)}. \quad (52)$$

Нередко при орошении по бороздам и ручейковым потокам в правой части числителя зависимости (3), т.к.  $W\tilde{\omega}_0 \gg \sigma K_2 B_0 v(S_{cp} - S_0)$ , то можно пренебречь членом  $\sigma K_2 B_0 v(S_{cp} - S_0)$ ; тогда безразмерный параметр гидравлики взвесенесущих потоков принимает вид:

$$T_0 = \frac{1}{1 + \sigma S_{cp}}, \quad (53)$$

что значительно упрощает расчеты без значительного понижения точности.

**Пример.** В ручейке с треугольным поперечным сечением с коэффициентами заложения откосов  $m = 1$ , течет равномерно движущий взвесенесущий поток с максимальной глубиной  $H_0 = 0,1$  м и со средней по живому сечению скоростью  $V_0 = 1,2$  м/с. Средний диаметр взвешенных частиц почвогрунтов  $d = 1,5$  мм (гидравлическая крупность частиц  $W = 0,1256$  м/с). Плотности частиц почвогрунтов и воды соответственно  $\rho^* = 2,65$  т/м<sup>3</sup> и  $\rho = 1$  т/м<sup>3</sup>. Средняя объемная концентрация взвешенных частиц в воде  $S_{cp} = 0,02$ .

Требуется прогнозировать возможность появления на свободной поверхности потока (шириной  $B_0 = 0,2$  м) волн (т.е. установить потери устойчивости первоначального равномерного движения и его переход в волновой режим движения).

**Решение.** Площадь живого сечения ручейка  $\tilde{\omega}_0 = \frac{B_0 H_0}{2} = \frac{0,2 \cdot 0,1}{2} = 0,002$  м<sup>2</sup>. Число Фруда при равномерном режиме движения:

$$Fr_0 = \frac{V_0^2 B_0}{g \omega_0} = \frac{1,2^2 \cdot 0,2}{9,81 \cdot 0,02} = 1,468.$$

Определим соотношение:  $\mu = \frac{\omega_0 \chi}{2 B_0 H_0}$ .

По данным Б.А. Бахметева, гидравлический показатель русла для ручейки с треугольным поперечным сечением  $\chi = 5$ , тогда  $\mu = \frac{0,02 \cdot 5}{2 \cdot 0,2 \cdot 0,1} = 2,5$ .

Безразмерный параметр гидравлики взвесенесущих потоков определим по зависимости (53)

$$T_0 = \frac{1}{1 + \sigma S_{cp}} = \frac{1}{1 + 1,65 \cdot 0,02} = 0,968.$$

Воспользуемся зависимостью (46)

$$\frac{1}{Fr_0} > \frac{1}{T_0} [\mu^2 - 2\tilde{a}\mu + \tilde{a}].$$

Для упрощения расчетов, допустим  $\tilde{a} \cong 1,2$ . Тогда

$$\frac{1}{1,468} > \frac{1}{0,968} [2,5^2 - 2 \cdot 1,2 \cdot 2,5 + 1,2].$$

$0,68 < 1,499$  т.е. поток теряет первоначальный „устойчивый“ равномерный вид движения и переходит в волновой режим, что требуется принять во внимание при прогнозе эрозии почв в ручейковом потоке.

В таких случаях следует воспользоваться соотношением, например (52), что позволяет установить скорость на высоте выступа шероховатости и оценить интенсивность протекания процесса эрозии почв в ручейковых потоках.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при движении потока с малой глубиной в ручейках на поверхности равномерно движущегося потока, часто возникают катящиеся волны, что стимулирует интенсивность смыва почвогрунтов. Влияние волнообразования на процесс интенсивности эрозии, можно учитывать в существующих расчетных зависимостях, с помощью поправочного коэффициента  $V_6 = 1,5V$  для средней по живому сечению скорости потока.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев В.Я. Полуэмпирическая модель ручейковой эрозии почв. //Почвоведение, 2007, №11, стр. 1362-1372;
2. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. М.: изд. МГУ, изд. "Колос", 2004, 351 стр.;
3. Ларионов Г.А. и др. Уравнение транспорта наносов для склоновых потоков. //Почвоведение, 2006, №8, стр. 965-976;
4. Ларионов Г.А. и др. Разрушение почвенных агрегатов в склоновых потоках. //Почвоведение, 2007, №10, стр. 1263-1269;
5. Ларионов Г.А. и др. Влияние взвешенных наносов на эродированность почв // Почвоведение, 2008, №7, стр. 871-876;
6. Слезкин Н.А. Дифференциальные уравнения движения пульпы. //ДАН СССР, т. LXXXVI, №2, 1952;
7. Баренблатт Г.И. О движении взвешенных частиц в потоке. //П.М. и М. т. XVII, Вып. 3, М., 1953;
8. Маккаев В.М., Коновалов И.М. Гидравлика. Л.-М., Речиздат, 1940, 643 стр.;
9. Франкль Ф.И. К теории движения взвешенных наносов //Труды физ.-мат. ф-та Киргизского госуниверситета, вып. 3, Фрунзе, 1956;
10. Натишвили О.Г. Об устойчивости движения наносонесущего потока при течении с большими скоростями в руслах с крутыми уклонами //Труды ГрузНИИГиМ, вып. 22, 1963, стр. 67-76;
11. Натишвили О.Г. О переносе твердых взвешенных частиц турбулентным русловым потоком. //Труды ГрузНИИГиМ, вып. 23, 1965, стр. 159-174;
12. Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И. Одномерные наносонесущие русловые потоки. М.: ООО Научтехлитиздат, 2012, 192 стр.;
13. Петров Г.А. Движение жидкости с изменением расхода вдоль пути. М.-Л.: Стройиздат, 1951, 192 стр.;
14. Мелещенко Н.Т. Применение теории длинных волн малой амплитуды к вопросам суточного регулирования. //Известия ВНИИГ, т. XXVIII, вып. 28, Л., 1940, стр. 31-63;
15. Образовский А.С. Применение степенной зависимости к построению структурного механизма турбулентного потока. //Труды гидравлической лаборатории (ВОДГЕО), вып. 4, 1955, стр. 65-71;
16. Войнич-Сяноженцкий Т.Г. К вопросу устойчивости равномерного турбулентного потока и его свободной поверхности в условиях течения со сверхкритическими скоростями. //Труды Всесоюзного научно-технического совещания по водозаборным сооружениям и русловым процессам. Т. Г., Тбилиси, 1960, стр. 121-139;
17. Ведерников В.В. Условия на фронте волны пропуска, нарушающие установившееся движение реальной жидкости. //ДАН СССР, т. XIII, №4-6, 1945;
18. Картвелишвили Н.А. Об устойчивости критерия устойчивого установившегося течения в быстротках. //Известия АН СССР, ОТН, №3, М., 1958.

ტალღის წარმოქმნის პრობლემა მცირე სიღრმის ნაკადებში  
ნიადაგის საზომანი გარეცხვის დროს

ო.გ. ნათიშვილი,<sup>1</sup> თ.თ. ურუშაძე,<sup>2</sup> გ.გ. გავარდაშვილი<sup>1</sup>

<sup>1</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მუშრნეობის ინსტიტუტი

ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო

**E-mail: agr.otar@science.org.ge; givi\_gava@yahoo.com**

<sup>2</sup> საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის

მ. საბაშვილის სახ. ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიისა და მედიორაციის ინსტიტუტი

დ. აღმაშენებლის ხეივანი 240, 0131 ქ. თბილისი, საქართველო

**E-mail: t\_urushadze@yahoo.com**

**ანოტაცია.** ნაშრომი ეძღვნება საკითხს, რომელიც დღემდე მეცნიერების მიერ არ ყოფილა შესწავლილი და ეხება ტალღების გავლენას ნიადაგ-გრუნტების ეროზიის ინტენსივობაზე ფერდობზე წარმოშობილი წყალმცირე ნაკადების შემთხვევებში. შემოთავაზებულია ტალღის წარმოქმნის პროგნოზირების მეთოდები ფერდობზე ჩამონადენის თავისუფალ ზედაპირზე როგორც წყლის, ასევე ნატანდატვირთულ ნაკადებში.

თეორიული გამოკვლევის დროს დადგენილია, რომ ტალღის წარმოქმნის გავლენა ეროზიის ინტენსივობაზე უნდა იყოს გათვალისწინებული არსებულ საანგარიშო დამოკიდებულებებში შემასწორებელი კოეფიციენტის  $V_e = 1,5V$  დახმარებით ნაკადის საშუალო სიჩქარისათვის ცოცხალ კვეთში.

**საკვანძო სიტყვები:** ნიადაგ-გრუნტი, წყალმცირე ნაკადები, ტალღა, ეროზია.

**Environmental protection**

**FORECASTING ORIGIN OF WAVE IN SMALL DEPTH FLOWS  
DURING LINEAR SOIL EROSION**

**O.G. Natishvili,<sup>1</sup> T.T. Urushadze,<sup>2</sup> G.V. Gavardashvili<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Ts. Mirtskhulava Water Management Institute

of Georgian Technical University

60 I. Chavchavadze Avenue 0162 Tbilisi, Georgia

**E-mail: agr.otar@science.org.ge; givi\_gava@yahoo.com**

<sup>2</sup> M. Sabashvili Institute of soil science, agrochemistry and melioration

of Georgian Agraran University

240 D. Agmashenebeli, 0131, Tbilisi, Georgia

**E-mail: t\_urushadze@yahoo.com**

**Abstract.** The paper is dedicated towards the problem, which has not studied yet by scientists and highlights impact of waves upon the intensity of soil erosion in a case of forming the shallow flows on slopes. Methods, forecasting origin of waves on the free surface of slope runoff both in the water and sediment flows, are offered.

According to the theoretical study, influence of wave formation on the soil erosion intensity should be considered in existing computational dependencies using the correction coefficient  $V_e = 1,5V$  for average flow velocity in cross section.

**Keywords:** soil-ground; shallow flow; wave, erosion.

## ГИДРОНИМЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО АЗЕРБАЙДЖАНА

Э.Б. Нуриев, Ф.М. Гусейнзаде

Бакинский государственный университет  
ул. Захида Халилова 23, г. Баку, AZ-148, Азербайджан  
E-mail: [nuriyev47@mail.ru](mailto:nuriyev47@mail.ru)

**Аннотация.** Реки Северо-Восточного Азербайджана – Кусарчай, Кудиалчай, Атачай, Гарачай, Гильгильчай, Самур и другие впадают в Каспийское море. Маловодные реки приносят 0,6 км<sup>3</sup> воды и 6 млн. тонн наносных материалов в Каспийском море.

Большинство озер этого региона находятся в низкогорном и среднегорном поясах. В результате оползней некоторые озера исчезают или формируются на других территориях.

**Ключевые слова:** гидроним; гель (озеро); булаг (источник); арх (канал); чай (вода).

### ВВЕДЕНИЕ

Основные реки Северо-восточного Азербайджана (Кусарчай, Кудиалчай, Атачай, Гарачай, Гильгильчай, Самур и др.) играют важную роль в развитии сельского хозяйства и водоснабжении населенных пунктов региона. Имеющиеся здесь названия 200 гидрографических объектов объединены в небольшие группы, отражающие гидрографические особенности, что составляет 45% всех гидронимов.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На исследуемой территории реки типично горные, протекая в северо-восточном направлении, впадают в Каспийское море. Большинство озер находятся в низкогорном и среднегорном поясах. Наличие озер на склонах гор, создает условия для образования оползней. Иногда такие озера в результате оползней исчезают.

В регионе построен Самур-Абшеронский магистральный канал. В среднегорном и высокогорном поясах имеются многочисленные родники, количество которых в условиях иссушения климата уменьшается. Широко распространены минеральные источники, обладающие лечебными свойствами.

Современные речные долины по степени их распределения по территории, характеру поперечного разреза и морфологии связаны с природными факторами, в особенности климатом и тектоникой [1].

Вельвелечай, берущий начало с северного склона Бабадага протекает по территории Кубинского и Хачмазского административных районов. Слово "вельвеле" имеет арабское происхождение и означает "беспорядок". Местное население слово "вельвеле" объясняет, как "разрушающий". В обоих случаях это связано с селями и наводнениями, проходящими по реке. В исторических источниках Вельвелечай зафиксирован в виде Бяльбялячай [2], Бильбильчай [3], Бельбелечай [4]. Эти названия появились из-за разнообразных диалектов.

Гуручай (сухая река) берет начало с Бокового хребта Большого Кавказа. Она протекает по территории Кубинского и Хачмасского районов. Ее так называли, потому что в летние месяцы река

მელეტ и иногда вовсе пересыхает. На равнинной части бассейна река Гуручай называется Мязарчай. Ее так называют, так как на ее берегу имеется святыня (пир) и древнее кладбище. Слово "Мязар" арабского происхождения, означает "могила", "место паломничества".

Ситалчай протекает по территории г. Сумгаита. Слово ситалчай (на лезгинском Зидалватс), означающий "Дамджылы чай" (капельная река). Одновременно Ситалчай называют Агарджачай, Агырджа, Агарджа, что означает "тяжелое место". Здесь выражение агыр (тяжелый) указывает на маловодность реки, слабое (тяжелое) течение воды. Вообще, на азербайджанском языке слово "агыр" употребляется в значении "медленно". Река не имеет постоянного стока.

Джагаджыгчай, протекающая по территории Кубинского и Хачмасского районов, берет начало на склоне горы Полад. В географической литературе зафиксировано два варианта названия этой реки Чагаджыг и Чагаджук. В действительности, название реки Чагаджук, что имеет тюркское происхождение и означает небольшая река.

Река Гаранлыг (темная), один из верхних правых рукавов Карачая. Она так названа, потому что лучи солнца мало освещают речную долину.

На территории селения Хыналыг Кубинского района существуют родники под названием Чихи миджях, Миси миджях, Микия мыти и Куза митс. Эти названия из хыналыгского языка и соответственно означают "Большой источник", "Малый источник", "Сонный источник" и "Кувшинный источник". На территории селения Будуг имеются такие гидрографические объекты, как Гандодугулла (Бездонное озеро), Ганидж вис (Донный источник, источник, который находится на дне). На территории селения Далыгая имеются источники Курвис и Хархарвис. Эти названия также будугские и означают соответственно "Кор булаг" (слепой источник) и Хар-хар булаг. Слово Хар-хар связан с шумом, вызванным выходом воды на поверхность. В долине Чагаджыгчая, близ селений Юхары Ханягях и Ашагы Ханагях имеются источники Веро и Веров, означающие "Истису" (Теплая вода). Необходимо отметить, что имеющиеся на территории минеральные и лечебные источники, независимо от того они теплые или холодные, называются "Истису". Раньше в долине Бабачая был источник Джур-Джур и на плато Хальфя источник Энлибулаг (широкий источник). Название Джур-Джур получено в связи с малым дебитом родника. Энлибулаг означает несколько родников, близко расположенных друг от друга на небольшой территории.

В западной части исследуемой территории встречаются родники под названием Судейян (буквально, прибой). Воды этого родника не употребляются населением и животные ее не пьют. После ее употребления животные заболевают или умирают. Воды этих источников обычно выходят из больших глубин Земной коры. Такие источники местные жители называют Агыр су (тяжелая вода).

В среднегорье гидрографические объекты под названием Гырхбулаг (сорок родников) встречаются чаще всего. Это название также означает накопление в одном месте нескольких источников. Если количество источников больше двух (Гоша булаг) (парный источник), то их называют Гырхбулаг. Едди булаг означает (семь родников), доггуз булаг (девять родников).

На правом берегу Шахнабадчая (Кусарский район) существуют родники Кичик даха (малая даха) и Беюк даха (большая даха). Названия обоих родников имеют лезгинское происхождение и соответственно означают "Родник младшего брата" (гочи Тхе вил) и "Родник старшего брата" (Чехи Тха вил).

Канал Ханарх также находится на территории Кусарского района. Слово "Хан" указывает на то, что объект, когда тот принадлежал Кубинскому хану. В настоящее время этот канал реконструирован и используется для орошения засушливых земель.



Озеро Гошанохур (Кубинский район) расположено на восточном склоне бассейна правого притока Бабачая, которая называется Лаглагырс. Это название указывает на количество озер и слово "гоша" означает "два" или "пара". Бешгель или Пянджигель расположен в трех км к северо-западу от селения Дашкушчу Шабранского района. Он так назван, потому что состоит из пяти озер.

Агзыбирчалагель (Шабранский район) расположен на побережье Каспийского моря. Иногда в сточных озерах ту часть озера, откуда вытекает вода, называют "агыз" (рот). Место водного объекта, куда вливается вода, также называется "агыз" [5]. Так как из озера вытекает всего один ручеек, его назвали Агзыбир. Слово "чала" здесь употребляется в значении впадина, где расположено озеро. Второе название этого озера Дивичилиман (бухта Дивичи). В последнее время, ввиду понижения уровня, озеро распалась на две части. Одна из них названа Шималгель (северное озеро), другая – Джанюбгель (южное озеро). Малая река Гарадахначай, вытекающая из озера Агзыбирчалагель имеет длину 4 км и впадает в Каспийское море.

Сточное озеро Гейнарджгель расположено в истоках Халанджачая, правого притока Атачая. Оно пресноводное. Причиной названия его Гайнарджа (буквально, кипятки) является выход со дна озера горячих источников. Севернее от этого озера имеются три озера, расположенных близко друг от друга и имеющих связь между собой. Гайнарджа впадает в них. У истока Шабранчая (Шабранский район) расположено Эмбильгель. Это озеро имеет овальную форму, а площадь его составляет около одного гектара. Правильное название этого озера "Эмбиз", что на местном диалекте означает нагроможденный, высокий. Значит, Эмбизгель означает озеро, расположенное выше.

На территории селения Гирдах (Кубинский район) имеется озеро Готурнохур (готур-четсотка). Животные заболевшие этой болезнью, искупавшись в озере, выздоравливают.

В западной части северо-восточного Азербайджана существуют озера под названием Дибсиз (бездонное). Вообще то, глубокие озера, расположенные на плато называются бездонными. Такие озера в результате оползней, могут исчезнуть и поэтому их также называют Кексюз (без основания). Значит, в первом случае слово «дибсиз» отражает глубину озера, а во втором случае его возможное исчезновение, т.е. его бездонность. Малые озера, образовавшиеся на участках древних и новых оползней называются Шорнохур. Действительно, в водах таких озер чувствуется повышенная соленость. Озеро Кюлякгель (ветренное озеро) находится на территории Кусарского района, а Темизгель (чистое озеро) и Шюшегель (стеклянное озеро) Шабранского района. Ввиду того, что озеро расположено на больших высотах, на наветренных склонах гор его называли Кюлякгель. Озеро Темизгель и Шюшегель названы в связи с чистой и прозрачной водой, заполнявших их котловины.

В бассейне Вельвелечая имеются озера Ахмаз и Нохур, которые являются номенклатурными терминами.

На исследуемой территории имеются названия гидрографических объектов, указывающих на качество воды. Гидронимы "аг" (белый) и "гара" (черный) показывают пригодность воды для питья и ее цвет. Такие названия как Агчай (Кубинский, Хачмасский районы), Агбулаг (Кубинский район) сформировались со словом "аг". Здесь слово "аг" так же отражает прозрачность воды, ее чистоту, пригодность для питья. Слово "гара" в названии Гарачай (Кубинский, Хачмасский и Шабранский районы) указывает на жесткость воды и на ее плохое качество.

подавляющее большинство гидронимов северо-восточного Азербайджана составляют названия азербайджанского происхождения. Существуют, также гидронимические объекты татского, аварского, лезгинского, арабского, лакского, хыналыгского происхождения.

---

## Литература

1. **Будагов Б.А.** Современное и древнее оледенение Азербайджанской части Большого Кавказа. Баку, 1965;
2. **Бакыханов А.А.** Гюлистан-Ирем. Изд. АН Азерб. ССР, Баку, 1951;
3. Путешественники об Азербайджане. Том 1. Баку, 1961;
4. **Минорский В.Ф.** История Ширвана и Дербенда. М., 1963;
5. **Нуриев Э.Б., Юзбашев Р.М.** Азербайджанские народные географические термины. Баку, "ЭЛМ", 2000.

## Hydrology

### HYDRONYMS OF NORTH-EASTERN AZERBAIJAN

**E.B. Nuriyev, F.M. Husenzadeh**

Baku State University  
23, Zahid Halilov str. Baku, AZ-148, Azerbaijan

**E-mail: [nuriyev-47@mail.ru](mailto:nuriyev-47@mail.ru)**

**Abstract.** The rivers of North-Eastern Azerbaijan – Gusarchay, Gudialchay, Karachay, Atachay, Gylgylgay and other flows into the Caspian Sea. The rivers of little water bring 0.6 km<sup>3</sup> water and 6 mln. ton silty materials into Caspian Sea.

The majority of lakes of this region are located in the middle or low areas. As result of mudslides, some lakes disappear or shape in other areas. For example Dybsiz ghyol, Achnohur etc.

**Keywords:** hydronym; river; ghyol; nohur.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ГОРОДА ГЮМРИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Л.В. Саакян, О.А. Беляева, М.О. Кафян, Г.Г. Бабаян, А.К. Сагателян

Центр эколого-ноосферных исследований НАН РА  
ул. Абовяна 68, г. Ереван, Армения  
E-mail: [babayangayane@rambler.ru](mailto:babayangayane@rambler.ru); [ecocentr@sci.am](mailto:ecocentr@sci.am)

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты исследований качества вод, протекающих по территории г. Гюмри притоков трансграничной с Турцией р. Ахурян – малых горных рек Кумайри, Дзорджур, Горгоби, и Джаджур. Пригодность воды для орошения оценена путем сравнения с экологическими нормативами рек и их отдельных участков бассейна р. Ахурян – Ахурянско-го бассейна территориального управления, а также с использованием методики продовольственной и сельскохозяйственной организация ООН – ФАО. Показано, что качество воды рек не ограничивает их водопользование для орошения по изученным гидрохимическим показателям.

**Ключевые слова:** малые горные реки; классификация вод по целевому назначению; качество воды для орошения; загрязнение воды.

### ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения комплексной оценки качества воды для орошения следует учитывать агрономические, технические и экологические критерии. Исходя из этого, показатели качества воды подразделяются на две группы. Показатели первой группы характеризуют свойства воды для орошения и содержание веществ, необходимых в определенных количествах для нормального функционирования агроэкосистемы, а второй – свойства воды для орошения и содержание веществ, оказывающих при определенных условиях отрицательное воздействие на отдельные компоненты агроэкосистемы [1]. Только контроль за обеими группами показателей в воде может обеспечить урожайность сельскохозяйственных культур и предотвратить загрязнение почв и пищевых цепей.

Суб-бассейн 186-километровой реки Ахурян находится под совместной юрисдикцией Армении (29%) и Турции (71%). Бассейн отличается выраженным горным и высокогорным рельефом: средняя высота над уровнем моря – 2010 м на армянской территории и 1500-1600 м на турецкой. Гидрологический режим реки характеризуется весенними половодьями, летне-осенними наводнениями и устойчиво низким уровнем воды в зимний период. Для регулирования стока на реке действуют гидротехнические сооружения, из которых на течение реки Ахурян наиболее сильное воздействие оказывают Ахурянское (объемом 525 миллиона кубометров) и Арпиличское (105 миллионов кубометров) водохранилища [2, 3].

Территория бассейна расположена в зоне недостаточного увлажнения, поэтому сельскохозяйственное производство не может обойтись без орошения земель.

Притоки р. Ахурян, которые в свою очередь интенсивно эксплуатируются для земледелия и

---

Результаты исследования, представленные в статье, получены в рамках проекта "Определение эколого-геохимических особенностей города Гюмри", грант №13-1E220 при финансовой поддержке Государственного Комитета по науке Министерства Образования и Науки РА.

---

животноводства, непосредственно влияют на качественные и количественные характеристики основной реки. При этом, поскольку как на армянской, так и на турецкой территории крупные промышленные города отсутствуют, то в наибольшей степени антропогенное воздействие по ряду показателей на р. Ахурян оказывают именно поверхностные воды г. Гюмри.

В связи с этим, целью настоящей работы является исследование качества воды поверхностных вод г. Гюмри по гидрохимическим показателям и оценка пригодности воды на орошение для предотвращения засоления почв и нормального функционирования агроэкосистем.

## ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ И МЕТОДИКА

Поверхностные воды г. Гюмри с населением 145.9 тыс. человек – это малые реки Кумайри, Дзорджур и Джаджур, а также сезонно действующие водотоки Гюмри, Горгоби, Овуни и Ацик. Реки являются приемниками неочищенных сточных вод выпусков канализационных коллекторов, отдельных производственных и агропромышленных предприятий, ливневых и талых вод с урбанизированных территорий, обратных вод орошения. При этом, в определенные сезоны количество сточных вод сопоставимо с расходами малых рек. Ущерб водотокам наносят, накопленный в береговой зоне строительный и бытовой мусор, а также антисанитарное состояние городских территорий [3].

Гидрографическая сеть города и пункты отбора проб воды приведены на рисунке 1.

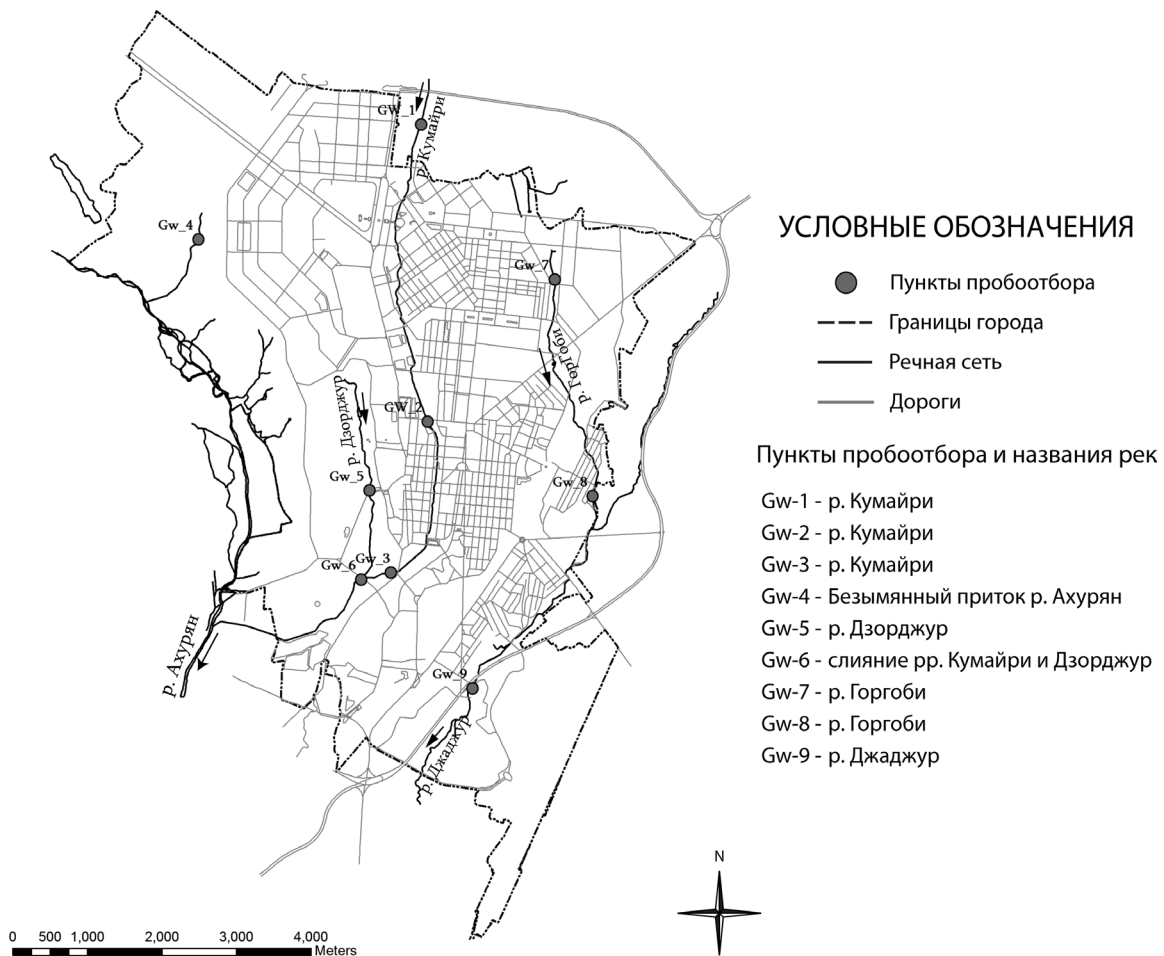


Рисунок 1. Гидрографическая сеть и пункты отбора проб воды

Отбор проб проводился в августе 2013 г. – месяц наиболее интенсивного забора воды на орошение. В качестве пунктов отбора проб выбраны наиболее загрязненные участки рек. Для обеспечения и контроля качества полевых и лабораторных работ анализировались повторные и нулевой пробы. При отборе проб определялись температура, рН, электропроводность, мутность, растворенный кислород, TDS с использованием Horiba U-10 и HACH sensION5 портативных мультианализаторов. Пробы транспортировались в холодильнике при температуре 4°C. Для анализа основных ионов использовались общепринятые утвержденные методы анализа. Пробы воды на тяжелые металлы консервировались азотной кислотой до  $\text{pH} \leq 2$  и анализировались методом атомно-абсорбционной спектроскопии (PerkinElmer Analyst 800). Анализ проводился в лаборатории центра эколого-ноосферных исследований НАН РА (сертификат ISO IEC 17025). В целом, определено 7 элементов Cd, Pb, Ni, Mo, Cu, Zn, Hg (77 определений) и 6 ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  (66 определений).

Оценка качества воды для орошения проведена согласно экологическим нормативам рек бассейна реки Ахурян – Ахурянского бассейна территориального управления на основании требований целевого водопользования. Согласно действующему в республике документу для орошения рекомендуются I-отличный, II-хороший, III-средний и IV-неудовлетворительный классы воды. Дополнительно для вод орошения требуется, чтоб величина рН не превышала 8.5, электропроводности – 1000 мС/см<sup>2</sup> [4]. Учитывая важное значение для региона качество воды для орошения оценено также с использованием методики продовольственной и сельскохозяйственной организация ООН – ФАО. Она предлагает три уровня ограничения качества воды для орошения: без ограничения, средних и строгий [5]. В качестве показателей оценки пригодности воды предложены катионы и анионы солевого состава:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , общая жесткость, минерализация, а также величина рН и электропроводность. Для оценки опасности засоленности почв при долговременном воздействии, рассчитываются коэффициент абсорбции натрия (SAR) и остаточный карбонат натрия (RSC).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Как уже отмечалось, свойства воды для орошения характеризуют две группы показателей – показатели, необходимые для нормального функционирования агроэкосистем и показатели отрицательно воздействующие на них. При этом один и тот же показатель может быть отнесен как к одной, так и к другой группе. Например, высокая минерализация поливочной воды приводит с одной стороны к засоленности почв, а с другой – к их загрязнению анионами и катионами. Для обеих групп оценка полученных данных проводилась сравнением концентрации каждого изученного показателя с соответствующим экологическим нормативом или с уровнем ограничения.

К показателям *первой группы* можно отнести физико-химические показатели и показатели солевого состава воды (табл. 1).

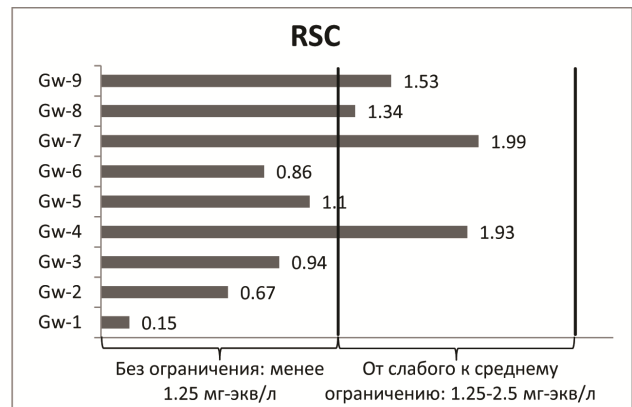
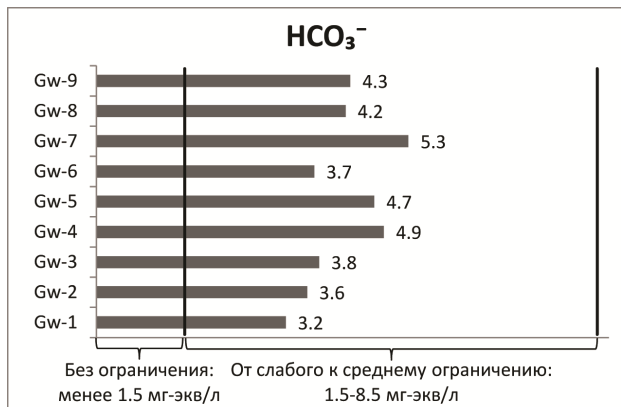
Качество воды по величине водородного показателя не превышает ограничение для вод орошения –  $\text{pH} = 6.5-8.5$ . По электропроводности и минерализации вода во всех пунктах второго класса, а р. Горгоби (Gw-7, Gw-8) и р. Джаджур (Gw-9) – третьего. Концентрация растворенного кислорода соответствует первому классу. Несмотря на то, что величина мутности не нормируется, надо отметить высокие ее концентрации в воде рек Кумайри (Gw-1) и Джаджур (Gw-9). Качество воды по хлоридам во всех пробах, а также сульфатов в пунктах Gw-4, Gw-5, Gw-6 и Gw-9 – третьего класса, а по величине общей жесткости – второго класса.

Согласно нормативам ФАО слабый уровень ограничения не превышает все изученные показатели кроме электропроводности (Gw-7 и Gw-8), гидрокарбонатов (по всем пунктам рек), а также остаточного карбоната натрия – RSC (Gw-4, Gw-7, Gw-8, и Gw-9) (Рис.2).

Таблица 1

Физико-химические показатели и солевой состав воды

Пункт отбора проб	Температура, °C	pH	Электропроводность, мС/см <sup>2</sup>	Мутность, NTU	Растворенный кислород, мг/л	Общая минерализация, мг/л	Общая жесткость, мг-экв/л	Солевой состав воды: в числителе – % от суммы анионов, в знаменателе – % от суммы катионов
Gw-1	25.8	7.41	396	168	9.61	262.7	3.01	$\frac{79.4\text{HCO}_3^-}{63.1\text{Ca}^{2+}} \frac{13.1\text{Cl}^-}{24.4 \text{Mg}^{2+}} \frac{7.5\text{SO}_4^{2-}}{12.6\text{Na}^+}$
Gw-2	14.8	7.20	433	10	9.36	290,5	3.00	$\frac{82.2\text{HCO}_3^-}{54.9\text{Ca}^{2+}} \frac{13.1\text{Cl}^-}{33.5 \text{Mg}^{2+}} \frac{4.7\text{SO}_4^{2-}}{11.7\text{Na}^+}$
Gw-3	14.7	7.51	445	11	9.14	300.8	2.77	$\frac{84.2\text{HCO}_3^-}{40.0\text{Ca}^{2+}} \frac{13.6\text{Cl}^-}{37.4 \text{Mg}^{2+}} \frac{2.2\text{SO}_4^{2-}}{22.6\text{Na}^+}$
Gw-4	14.9	7.78	580	4	10.78	382.8	2.87	$\frac{83.6\text{HCO}_3^-}{60.0\text{Ca}^{2+}} \frac{8.7\text{SO}_4^{2-}}{34.8 \text{Mg}^{2+}} \frac{7.7\text{Cl}^-}{5.2\text{Na}^+}$
Gw-5	14.9	7.55	534	2	10.20	389.1	3.53	$\frac{82.7\text{HCO}_3^-}{54.3\text{Ca}^{2+}} \frac{9.3\text{Cl}^-}{28.4 \text{Mg}^{2+}} \frac{8.0\text{SO}_4^{2-}}{17.3\text{Na}^+}$
Gw-6	16.1	7.45	491	13	10.13	324.4	2.78	$\frac{77.6\text{HCO}_3^-}{50.7\text{Ca}^{2+}} \frac{12.8\text{Cl}^-}{30.7 \text{Mg}^{2+}} \frac{9.6\text{SO}_4^{2-}}{18.6\text{Na}^+}$
Gw-7	15.9	7.50	862	12	10.40	435.7	3.22	$\frac{83.0\text{HCO}_3^-}{54.7\text{Ca}^{2+}} \frac{8.8\text{SO}_4^{2-}}{28.4\text{Na}^+} \frac{8.2\text{Cl}^-}{16.9\text{Mg}^{2+}}$
Gw-8	15.4	7.34	711	8	8.12	356.7	2.81	$\frac{77.3\text{HCO}_3^-}{61.7\text{Ca}^{2+}} \frac{17.1\text{Cl}^-}{20.4\text{Mg}^{2+}} \frac{5.6\text{SO}_4^{2-}}{17.9\text{Na}^+}$
Gw-9	17.5	7.42	649	97	9.12	348.3	2.71	$\frac{78.4\text{HCO}_3^-}{68.9\text{Ca}^{2+}} \frac{13.3\text{Cl}^-}{20.0\text{Na}^+} \frac{8.3\text{SO}_4^{2-}}{11.0\text{Mg}^{2+}}$



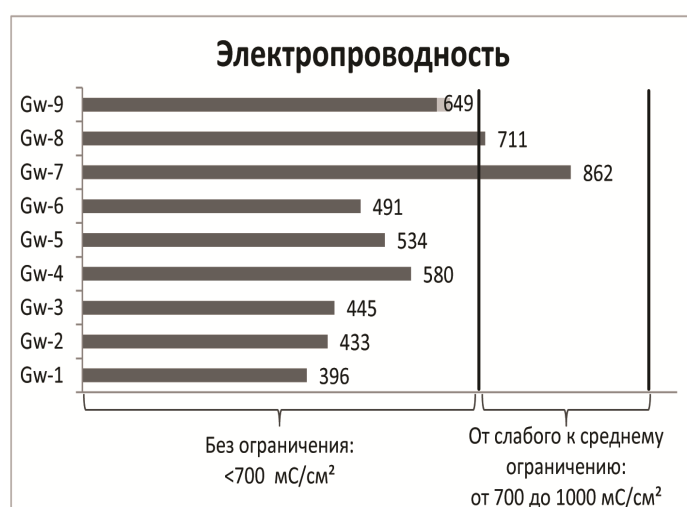


Рисунок 2. Показатели, превышающие слабый уровень ограничения системы ФАО

Таким образом, как экологические нормативы, так и международные стандарты не ограничивают водопользование с целью орошения.

В качестве дополнения к первой группе показателей из второй группы определены некоторые тяжелые металлы (табл. 2).

Таблица 2

Концентрации изученных тяжелых металлов по пунктам отбора проб

Пункт отбора проб	Концентрация, мкг/л						
	Hg	Cd	Pb	Ni	Mo	Cu	Zn
Gw-1	<0.6	0.05	1.51	4.61	<0.5	13.85	62.40
Gw-2	<0.6	<0.03	<0.3	<0.3	<0.5	7.50	38.44
Gw-3	<0.6	<0.03	0.38	<0.3	<0.5	10.37	18.06
Gw-4	<0.6	<0.03	<0.3	<0.3	3.31	11.20	15.81
Gw-5	<0.6	<0.03	<0.3	<0.3	3.27	12.37	16.64
Gw-6	<0.6	0.09	1.84	1.26	<0.5	12.50	21.83
Gw-7	<0.6	<0.03	<0.3	<0.3	7.97	15.84	20.37
Gw-8	<0.6	0.04	<0.3	<0.3	2.69	7.51	8.17
Gw-9	<0.6	0.07	<0.3	2.08	0.67	13.15	47.85

Из изученных тяжелых металлов второй класс воды классифицирован для меди и цинка во всех пробах, свинца – в пункте Gw-1 и Gw-6 и молибдена – в пункте Gw-4 и Gw-5. Четвертый класс отмечен только для молибдена в пункте Gw-7, который уже в следующем пункте вниз по течению переходит в первый.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Оценка качества поверхностных вод г. Гюмри по основным показателям показала, что наихудший четвертый неудовлетворительный класс воды классифицирован для молибдена, третий средний класс – для хлоридов, электропроводности, минерализации и сульфатов. Концентрации остальных изученных показателей, в том числе и тяжелых металлов, соответствуют первому отличному и второму хорошему качеству воды.

2. Четвертый – неудовлетворительный класс качества воды по классификации РА и средний уровень ограничения по методике ФАО не ограничивают использования воды для орошения, но ограничивает нормальное функционирование агроэкосистем и обеспечение безопасной санитарно-гигиенической обстановки.

### Литература

1. ГОСТ 17.1.2.03-90 Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения;
2. Манасян М.Г. и др. Ширакский марз: Природа, население, хозяйство. Ереван, Напет, 2002, 130 стр.;
3. Отчет национального статистического управления за 2008-2014 // Окружающая среда и природные ресурсы. (На арм. языке) <http://www.armstat.am/am/>
4. Об определении норм обеспечения качества вод для управления территориями отдельных водных бассейнов, в зависимости от особенностей местности. /Постановление правительства РА №75-Н от 27.01.2011 г. (на арм. языке);
5. FAO Irrigation and Drainage Paper //Water Quality for Agriculture, 29 Rev. 1. Ed. by R.S. Ayers & Westcot D.W. Reprinted 1994, 139 p.

### Hydraulic engineering and irrigation

#### ASSESSMENT OF GYUMRI'S SMALL RIVERS WATER QUALITY FOR IRRIGATION PURPOSES

L.V. Sahakyan, O.A. Belyaeva, M.H. Kafyan, G.H. Babayan, A.K. Saghatelyan

Center for Ecological-Noosphere Studies of NAS RA  
109, Abovian str., Yerevan, Armenia

E-mail: [babayangayane@rambler.ru](mailto:babayangayane@rambler.ru); [ecocentr@sci.am](mailto:ecocentr@sci.am)

**Abstract.** The article considers the outcomes of a water quality research implemented for the Akhorian (a river transboundary to Turkey) tributaries: the Koomayri, Dzojoor, Ghorghobi and Jajoor - small mountain rivers which run through the area of city of Gyumri. Water appropriateness for irrigation was assessed through collation between ecological standards of rivers and separate sections of River Akhorian basin – the Akhorian basin of territorial management, and by UN-FAO methods. The obtained data allow concluding that by the studied hydrochemical indices the river water quality is suitable for irrigation.

**Keywords:** small mountain rivers; water classification by purpose; irrigation water quality; water pollution.



## О РАСЧЕТЕ РАСХОДА ДОННЫХ НАНОСОВ В БОЛЬШИХ И МАЛЫХ РАВНИННЫХ РЕКАХ

О.А. Самохвалова

ФГБУ Государственный гидрологический институт  
2-я линия В.О., д. 23, г. Санкт-Петербург, 199053, Российская Федерация  
E-mail: [riverchannel@yandex.ru](mailto:riverchannel@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье на основе полевых данных Отдела русловых процессов ГГИ по большим, малым и средним равнинным рекам России выполнено взаимное сравнение формул, не учитывающих грядовую форму транспорта донных наносов, характерную для равнинных рек. Даны рекомендации по расчету расхода донных наносов отдельно для больших, малых и средних рек.

**Ключевые слова:** расход донных наносов; формулы расхода донных наносов; песчаные гряды; большие; средние и малые равнинные реки.

### ВВЕДЕНИЕ

Расход донных наносов является важнейшей характеристикой руслового процесса, и его расчет требуется для решения практически всех инженерных задач на реках. История проблемы расчета расхода донных наносов насчитывает уже более 200 лет. Накоплены сотни формул, и постоянно появляются новые, однако эта проблема все еще не получила удовлетворительного решения. Свидетельством тому является факт, что формулы дают результаты, отличные друг от друга и данных измерений в десятки, сотни и более раз, а удовлетворительными признаются те из них, которые дают ошибку расчета в пределах 1,5-2 раз [1].

Транспорт донных наносов в реках имеет различный характер в зависимости от величины реки, природных особенностей ее бассейна и гранулометрического состава донных отложений. В тех или иных гидравлических условиях донные наносы перемещаются в структурных (в виде гряд) или бесструктурных формах. Существующие формулы делятся на те, которые учитывают, и те, что не учитывают эти особенности. В Отделе русловых процессов ГГИ разрабатывается дифференцированный подход к расчету расхода донных наносов. В рамках этого подхода отдельно рассматриваются равнинные и горные, большие и малые реки [2-7]. Задачей настоящей работы является сравнение формул расхода донных наносов, не учитывающих форм транспорта наносов, с данными по большим и малым равнинным рекам, в которых донные наносы перемещаются в виде гряд [8].

Грядовое движение наносов является основной формой транспорта донных наносов в равнинных реках. Гряды (дюны) – микроформы речного русла, представляют собой малоинерционные песчаные образования на дне потока, соизмеримые с его глубиной. Гряды определяют шероховатость дна, гидравлическое сопротивление потоку, вертикальные колебания отметок русла и расход донных наносов [9].

Гряды типа дюн порождаются макротурбулентными вихрями, длина которых независимо от размера потока и режима течения изменяется от 2 до 10 глубин потока  $H$ , составляя в среднем  $6,5H$  (длина гряды в среднем также равна  $6,5H$ ) [10]. Дюны обладают наибольшей устойчивостью во времени по сравнению с другими грядовыми формами меньших размеров – рифлями, которые существуют в узком диапазоне гидравлических условий, в начальной стадии движения донных наносов.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основой для сравнения формул послужили данные полевых измерений Отдела русловых процессов ГГИ, выполненных на реках России. Они получены по единой методике повторного продольного эхолотирования речного русла. Массив данных состоит из 200 измерений, выполненных на 8 больших равнинных реках (Дон, Иртыш, Днепр, Кама, Белая, Вычегда, Волга – 2 участка) и 7 малых и средних равнинных реках России (Ануй, Лосиха, Тогул, Полометь) и Японии (Хии – 3 участка) [11].

На всех реках гранулометрический состав был однородным или близким к однородному. В качестве характеристики грансостава использовался средний взвешенный диаметр  $d$  (для р. Хии японские авторы дают  $d_{50}$ , но в силу однородности грунта это существенного значения не имеет).

Гидравлические характеристики массива использованных данных измерений представлены в табл. 1. На рис. 1 показано расположение на графике Шильдса тех данных, для которых имеются измерения уклона.

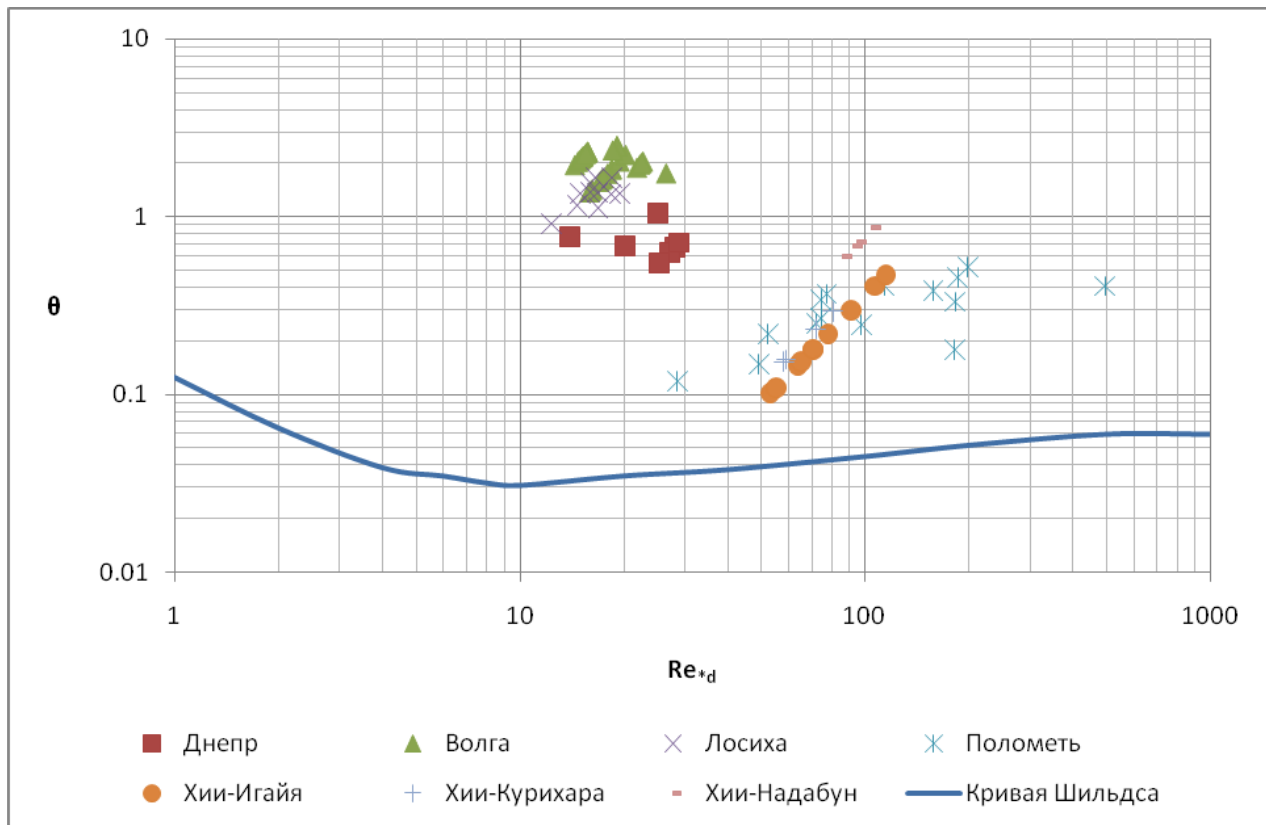


Рис. 1. Кривая Шильдса и экспериментальные точки в измерениях гряд на равнинных реках.

$$Q = \frac{\tau}{(\rho_T - \rho)gd}, \quad Re_{*d} = \frac{V_*}{\nu}.$$

Как видно из этого рисунка, все данные относятся к случаю интенсивного транспорта донных наносов, так как располагаются не ниже значения  $\theta = 0,1$ , а точки, соответствующие большим равнинным рекам (Днепр, Волга, Лосиха) лежат в промежутке  $\theta = 0,5...3$ .

Всего было проверено 80 формул отечественных (29) и зарубежных (51) исследователей. Проанализированные формулы по структуре можно разбить на несколько групп.

Таблица 1

Диапазон изменения гидравлических характеристик потока и песчаных гряд по данным измерений на больших реках

Характеристика	р. Дон	р. Иртыш	р. Днепр	р. Кама	р. Белая	р. Вычегда	р. Волга	р. Волга	Общее
Глубина потока $H$ , м	2,9-5,15	11-13,5	5-9,5	12,2-13,7	11,3-12,9	3-7,25	4,3-6,1	7-13,5	2,9-13,7
Скорость потока $V$ , м/с	0,72-1	0,99-1,12	0,8-1,15	1,6-2,1	1,41-1,83	0,85-1,2	0,86-0,97	0,9-1,2	0,72-2,1
Уклон водной поверхности $^1 I$	0,000069	–	–	–	–	–	0,000130-0,000195	–	0,000069-0,000195
Крупность донных отложений $d$ , мм	0,3-0,45	0,36-0,36	0,4-0,5	0,41-0,73	0,6-2,9	0,3	0,22-0,35	0,35	0,3-2,9
Высота гряд $h_r$ , м	0,31-0,66	1,1-1,75	0,7-1,2	1,1-2	0,95-1,75	0,4-1	0,4-0,9	0,5-1,4	0,31-1,75
Длина гряд $l_r$ , м	–	25-34	–	18-120	22-38	15-40	–	–	15-120
Скорость перемещения гряд $C_r$ , м/сут	4-9	4,7-7,6	3-6,7	5,6-24	11-55	2-8	0,96-7,92	1,81-7,95	0,96-55
Число Фруда $Fr = \frac{V}{\sqrt{gH}}$	0,12-0,15	0,09-0,11	0,09-0,14	0,15-0,19	0,13-0,17	0,10-0,17	0,12-0,14	0,09-0,12	0,09-0,19
Неразмывающая скорость $V_0$ , м/с	0,55-0,63	0,72-0,75	0,62-0,72	0,75-0,78	0,77-0,96	0,55-0,66	0,59-0,63	0,66-0,75	0,55-0,96
$H/d$	8314-12667	30556-37500	12500-19000	16986-31951	3897-21500	10000-24167	14857-26136	20000-38571	3897-38571
$h_r/H$	0,082-0,135	0,081-0,135	0,105-0,154	0,090-0,161	0,081-0,138	0,071-0,167	0,077-0,188	0,065-0,200	0,065-0,200
$h_r/d$	816-1467	3056-4861	1750-2500	2558-3261	328-2917	1333-3333	1333-3636	1429-4000	328-4861
$l_r/H$	–	2,05-2,62	–	1,43-9,68	1,72-3,36	2,27-8,33	–	–	1,43-8,33
$V/V_0$	1,28-1,59	1,31-1,55	1,25-1,73	2,14-2,78	1,82-2,16	1,31-1,94	1,42-1,60	1,33-1,66	1,25-2,78
$C_r/V$	0,00005-0,00012	0,00005-0,00009	0,00003-0,00008	0,00004-0,00013	0,00008-0,00035	0,00002-0,00008	0,00001-0,00010	0,00002-0,000094	0,00001-0,00035

<sup>1</sup> Уклон измерялся не на всех реках.

Таблица 2  
Диапазон изменения гидравлических характеристик потока и песчаных гряд по данным измерений на малых и средних реках

Характеристика	р. Ануй	р. Лосиха	р. Тогул	р. Полометь	р. Хии			Общее
					Игайя	Курихара	Надабун	
Глубина погока $H$ , м	1,8-2,2	1,45-2,3	3,3-5,4	0,3-2,5	0,208-0,732	0,202-0,454	0,705-1,033	0,202-5,4
Скорость погока $V$ , м/с	1,3-1,4	0,61-1,62	1,2-1,76	0,45-1,71	0,58-0,93	0,63-0,803	0,788-0,896	0,45-1,76
Уклон водной поверхности $I$	–	0,000270-0,000330	–	0,000320-0,001120	0,000840-0,001530	0,000890-0,001660	0,001420-0,001530	0,000270-0,001660
Крупность донных отложений $d$ , мм	0,64-4,9	0,26-0,31	1-1,4	0,6-7,5	1,44	1,33	1,1	0,26-7,5
Высота гряд $h_r$ , м	0,4-0,6	0,48-1	0,3-0,5	0,03-1	0,0145-0,138	0,042-0,075	0,174-0,252	0,0145-1
Длина гряд $l_r$ , м	8-15	11-21	4-9,5	–	0,795-2,84	1,12-1,59	2,13-2,87	0,795-21
Скорость перемещения гряд $C_r$ , м/сут	36-55,2	17,8-48	12-35,8	25,92-128	60,5-146	73,4-131	43,2-94,2	12-146
Число Фруда $Fr = \frac{V}{\sqrt{gH}}$	0,28-0,33	0,13-0,37	0,2-0,26	0,24-0,42	0,3-0,42	0,32-0,5	0,28-0,31	0,13-0,5
Неразмывающая скорость $V_0$ , м/с	0,54-0,76	0,47-0,52	0,62-0,69	0,38-0,87	0,38-0,49	0,37-0,44	0,46-0,5	0,37-0,87
$H/d$	429-3125	5577-8269	2571-5400	333-1609	144-508	152-341	641-939	144-8269
$h_r/H$	0,18-0,3	0,24-0,54	0,09-0,15	0,1-0,54	0,07-0,19	0,14-0,21	0,2-0,35	0,07-0,54
$h_r/d$	89-938	1667-3704	300-500	33-870	10,1-95,8	31,6-56,4	158-229	10,1-3704
$l_r/H$	3,81-8,33	6,05-11,05	0,89-2,64	–	1,92-3,88	2,62-5,94	2,58-3,25	0,89-11,05
$V/V_0$	1,71-2,45	1,19-3,18	1,81-2,65	1,16-2,74	1,44-1,96	1,49-1,89	1,7-1,84	1,16-3,18
$C_r/V$	0,0003-0,00049	0,00017-0,00059	0,00012-0,00035	0,00033-0,00102	0,00087-0,00291	0,0013-0,0022	0,0006-0,0012	0,00012-0,00291

<sup>1</sup> Уклон измерялся не на всех реках.

1. Формулы, содержащие критерий начала движения, в качестве которого используются:
  - критическая скорость потока  $q_m = f(V_0)$  – 16 формул,
  - критический расход воды  $q_m = f(q_0)$  – 6 формул,
  - критическое безразмерное касательное напряжение на дне потока  $q_m = f(\theta_0)$  – 33 формулы,
  - критический энергетический уклон  $q_m = f(I_0)$  – 1 формула.
2. Вероятностный подход  $q_m = f(P)$  – 4 формулы.
3. Подход, основанный на принципе равной подвижности наносов – 1 формула (Г. Паркер).
4. Регрессионные зависимости  $q_m = f(x, y, \dots)$  – 19 формул.

Формулы, содержащие энергетический уклон или его производные, не проверялись для массивов данных Дона, Иртыша, Камы, Белой, Вычегды, второго массива Волги, Ануя и Тогула ввиду отсутствия данных по этой характеристике. Формулы, использующие безразмерный критерий Шильдса и безразмерную функцию Эйнштейна, проверялись в нескольких вариантах. В качестве критического значения безразмерного касательного напряжения  $\theta_0$  выбирались следующие: по автору (если он предлагал собственное значение) или 0,06 – по Шильдсу и 0,03 – по Копалиани. Во всех формулах в качестве характеристики гранулометрического состава использовался средневзвешенный диаметр  $d$ . Формулы, использующие поправочные коэффициенты на неоднородность грунта, проверялись только без учета таких коэффициентов.

Для оценки соответствия расчетных данных, измеренным при сравнении этих формул, использовался следующий критерий:  $\Delta = \frac{q_{m_{расч}}}{q_{m_{изм}}}$ . Удовлетворительным был принят интервал:  $0,5 \leq \Delta \leq 2,0$ ,

т.е. занижение или завышение результата расчетов в 2 раза и менее. Соответствие проверяемых формул конкретной группе экспериментальных данных оценивалось по значению  $\Delta$ , осредненному по данной группе (объекту).

В ходе сравнения наилучшие результаты ( $0,5 \leq \Delta \leq 2,0$ ) были получены по следующим формулам.

Для больших рек:

1. В 6 группах данных из 8:

Автор	Большие реки							
	Оценка $\Delta = \frac{q_{m_{расч}}}{q_{m_{изм}}}$							
	Дон	Иртыш	Днепр	Кама	Белая	Вычегда	Волга-1	Волга-2
Л.Д. Коган и В.П. Углов (1985)	<b>0,76</b>	<b>0,60</b>	<b>0,59</b>	<b>1,11</b>	<b>1,11</b>	2,98	<b>3,71</b>	<b>1,14</b>

2. В 5 группах данных из 8:

Автор	Большие реки							
	Оценка $\Delta = \frac{q_{m_{расч}}}{q_{m_{изм}}}$							
	Дон	Иртыш	Днепр	Кама	Белая	Вычегда	Волга-1	Волга-2
А.Н. Бутаков (1998)	<b>0,94</b>	<b>0,63</b>	<b>0,77</b>	<b>1,67</b>	0,37	2,71	2,52	<b>1,19</b>

3. В 4 группах данных из 8:

Автор	Большие реки							
	Оценка $\Delta = \frac{q_{m_{расч}}}{q_{m_{изм}}}$							
	Дон	Иртыш	Днепр	Кама	Белая	Вычегда	Волга-1	Волга-2
Л.Г. Гвелесиани (1946)	<b>1,96</b>	<b>1,42</b>	<b>1,73</b>	4,91	<b>1,23</b>	5,93	4,79	2,64
В.Н. Гончаров (1962)	<b>1,68</b>	<b>1,17</b>	<b>1,15</b>	3,79	<b>0,69</b>	4,82	3,93	2,18
К.В. Гришанин (1969)	0,46	0,20	0,37	<b>1,44</b>	<b>0,72</b>	<b>1,09</b>	<b>0,61</b>	0,39
В.Н. Лазарев и Ф.М. Чернышов (1974)	<b>1,13</b>	0,42	<b>0,59</b>	<b>1,43</b>	0,33	3,06	2,81	<b>0,88</b>
И.И. Леви (1957) ( $V_0-1$ )	<b>1,53</b>	<b>1,50</b>	<b>1,49</b>	7,76	<b>1,89</b>	6,98	5,12	2,73
И.И. Леви (1957) ( $V_0-2$ )	<b>1,53</b>	<b>1,50</b>	<b>1,49</b>	7,76	<b>1,89</b>	6,98	5,12	2,73
Н.В. Рухадзе (1985)	0,45	0,50	0,42	2,73	<b>0,59</b>	<b>1,64</b>	<b>1,00</b>	<b>0,87</b>
Г.И. Шамов (1952)	<b>0,53</b>	0,21	0,33	<b>0,72</b>	0,18	<b>1,26</b>	<b>1,08</b>	0,42

Для малых и средних рек:

1. В 6 группах данных из 7:

Автор	Малые и средние реки						
	Оценка $\Delta = \frac{q_{m_{расч}}}{q_{m_{изм}}}$						
	Ануй	Лосиха	Тогул	Полометь	Хии-Игайя	Хии-Курихара	Хии-Надабун
А.Н. Бутаков (1998)	<b>1,22</b>	<b>1,65</b>	2,83	<b>0,84</b>	<b>1,41</b>	<b>1,02</b>	<b>0,56</b>

2. В 5 группах данных из 7:

Автор	Малые и средние реки						
	Оценка $\Delta = \frac{q_{m_{расч}}}{q_{m_{изм}}}$						
	Ануй	Лосиха	Тогул	Полометь	Хии-Игайя	Хии-Курихара	Хии-Надабун
В.Н. Лазарев и Ф.М. Чернышов (1974)	<b>0,70</b>	<b>1,46</b>	<b>1,17</b>	0,45	<b>0,59</b>	<b>0,57</b>	0,26
Б.В. Поляков	<b>1,90</b>	<b>1,43</b>	5,17	<b>0,92</b>	<b>0,79</b>	<b>0,52</b>	0,41

3. В 4 группах данных из 7:

Автор	Малые и средние реки						
	Оценка $\Delta = \frac{q_{m_{расч}}}{q_{m_{изм}}}$						
	Ануй	Лосиха	Тогул	Полометь	Хии-Игайя	Хии-Курихара	Хии-Надабун
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
М.А. Великанов	6,52	<b>1,02</b>	11,49	2,70	<b>1,51</b>	<b>0,98</b>	<b>0,74</b>
К.В. Гришанин (1969)	<b>1,88</b>	0,47	2,61	<b>1,08</b>	<b>1,39</b>	<b>1,10</b>	0,45

1	2	3	4	5	6	7	8
А.Ф. Кудряшов	<b>0,65</b>	0,45	<b>0,92</b>	0,41	<b>0,68</b>	<b>0,57</b>	0,21
И.И. Леви (1957) ( $V_0-1$ )	<b>1,50</b>	<b>2,00</b>	4,46	<b>0,75</b>	<b>0,65</b>	0,48	0,32
И.И. Леви (1957) ( $V_0-2$ )	<b>1,50</b>	<b>2,00</b>	4,46	<b>0,84</b>	<b>0,65</b>	0,48	0,32
Дж. Роттнер (1959)	2,15	2,67	6,82	<b>1,18</b>	<b>0,87</b>	<b>0,62</b>	<b>0,63</b>
Х.А. Энштейн (1950) (по К.В. Гришанину)		0,38		<b>0,55</b>	<b>1,38</b>	<b>0,96</b>	<b>0,80</b>

Все эти формулы могут быть рекомендованы для практических расчетов.

### ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Выполненный анализ позволяет заключить, что расчеты расхода донных наносов в больших реках при грядовом движении донных наносов, наряду с формулами, учитывающими в явном виде геометрические и динамические характеристики гряд, можно также вести по следующим формулам, не учитывающим в явном виде грядовую форму транспорта наносов:

- Л.Д. Когана и В.П. Углова (1985) [12]

$$q_{\tau} = c w d \rho_{\tau} \left( \frac{1,35}{k} \right)^2 \left( \frac{V}{k w} \right)^n \text{ кг/с/м; } k = 2,93$$

$$S = \frac{V}{k w}$$

$S < 2,5$  – транспорт наносов происходит монослоем,

$S = 2,5$  – образование гряд,

$S = 8$  – режим потока, при котором высота гряд достигает максимального значения,

$S > 14,5$  – смыв гряд (транспорт наносов осуществляется в гладкой фазе).

При  $S < 2,5$  –  $n = 12$ ,  $c = 17 \cdot 10^{-8}$ ,

при  $2,5 < S < 8,0$  –  $n = 3$ ,  $c = 64 \cdot 10^{-4}$ ,

при  $S > 8$  –  $n = 4$ ,  $c = 78 \cdot 10^{-5}$ ,  $w$  – по В.В. Романовскому;

- А.Н. Бутакова (1998) [13]

$$q_{\tau} = 0,0065 \left( \frac{v}{\sqrt{g}} \right)^{\frac{1}{3}} \sqrt{d} V_0 \left( \frac{V}{V_0} \right)^4 \text{ м}^3/\text{с/м, } V_0 = 1,25 \sqrt{g d} \lg \frac{8,8H}{d} \text{ – по В.Н. Гончарову (1954 г.);}$$

- Л.Г. Гвелесиани (1946) [14]

$$q_{\tau} = 12,95 \frac{d V_0}{\left( \lg \frac{12d + d}{d} \right)^2 \left( \frac{V^3}{V_0^3} - 1 \right) \left( \frac{V}{V_0} - 1 \right)} \text{ кг/с/м, } V_0 = 3,4 \frac{\lg \left( \frac{8,8H}{d} \right)}{\lg \left( \frac{12d + d}{d} \right)} \sqrt{d} \text{ м/с;}$$

- В.Н. Гончарова (1962) [15]

$$q_{\tau} = 1,2(1 + \varphi) d V_0 \left( \frac{V}{V_0} \right)^{4,33} \text{ кг/с/м, } V_0 = \lg \frac{8,8H}{d} \sqrt{\frac{2g(\gamma_{\tau} - \gamma)d}{3,5\gamma}};$$

при  $d = 0,15 \div 0,5$  мм –  $\varphi = 2,25$ ,

при  $d = 0,5 \div 1,5$  мм –  $\varphi = 1,23$ ,

при  $d > 1,5$  мм –  $\varphi = 1,0$ ;

- К.В. Гришанина (1969) [16]

$$q_{\tau} = 0,015 \left( \frac{V}{V_0} \right)^3 d (V - V_0) \text{ м}^3/\text{с}/\text{м},$$

$$V_0 = 0,96 \sqrt{g} d^{0,2} (d + 0,0014)^{0,3} \left( \frac{H}{d} \right)^{0,2} - \text{по Гончарову};$$

- В.Н. Лазарева и Ф.М. Чернышова (1974) [17]

$$q_{\tau} = 0,1 \left( \frac{d}{H} \right)^{\frac{1}{4}} \frac{d}{w} \sqrt{\frac{V - V_0}{w}} (V - V_0)^2 \frac{q}{H \sqrt{gH}} \text{ м}^3/\text{с}/\text{м},$$

$$V_0 = 3,83 d^{\frac{1}{3}} H^{\frac{1}{6}}, w - \text{по В.В. Романовскому [18];}$$

- И.И. Леви (1957) [16]

$$q_{\tau} = 0,00076 \left( \frac{V}{\sqrt{gd}} \right)^3 d (V - V_0) \left( \frac{d}{H} \right)^{0,25} \text{ м}^3/\text{с}/\text{м},$$

1. для квадратичной области ( $Re_d > 25$ ,  $d > 1,5$  мм)

$$V_0 = 1,3 \sqrt{gd} \lg \frac{12H}{d}$$

для переходной области ( $0,25 < d < 1,5$  мм)

$$V_0 = 32 d^{0,25} \left( \lg \frac{7,5H}{d} - 5,5d \right) - [H, d] = \text{см}, [V_0] = \text{см}/\text{с}, \text{коэффициенты размерные.}$$

для области гладкого русла ( $d < 0,25$  мм)

$$V_0 = \frac{90 d^{0,05} H^{0,125}}{\sqrt{H^{0,25} + 7,5}} - [H, d] = \text{см}, [V_0] = \text{см}/\text{с}, \text{коэффициенты размерные.}$$

2. для квадратичной области ( $Re_d > 25$ ,  $d > 1 \dots 1,5$  мм):

$$V_0 = \frac{c}{\sqrt{g}} V_{*0}, \quad V_{*0} = 0,16 \sqrt{\left( \sqrt{\frac{\rho_{\tau}}{\rho}} - 1 \right) gd}, \quad V_0, V_{*0} - \text{по В.С. Кнорозу.}$$

- Н.В. Рухадзе (1985) [19]

$$q_{\tau} = 0,008 (1 + \varphi) V^{5,14} \text{ кг}/\text{с}/\text{м},$$

при  $0,15 \leq d \leq 0,5$  мм –  $\varphi = 2,25$ ,

при  $0,5 \leq d \leq 1,5$  мм –  $\varphi = 1,23$ ,

при  $d > 1,5$  мм –  $\varphi = 1,0$ .

- Г.И. Шамова (1952) [14]

$$q_{\tau} = 0,95 \sqrt{d} \left( \frac{V}{V_0} \right)^3 (V - V_0) \left( \frac{d}{H} \right)^{0,25} \text{ кг}/\text{с}/\text{м} - \text{для однородных грунтов, } V_0 = 3,83 d^{\frac{1}{3}} H^{\frac{1}{6}}.$$



Расход донных на малых и средних реках следует рассчитывать по формулам:

- А.Н. Бутакова (1998) [13]

$$q_{\tau} = 0,07 \left( \frac{v}{\sqrt{g}} \right)^{\frac{1}{3}} \sqrt{d} \left( \frac{V}{V_0} \right)^3 \text{ м}^3/\text{с}/\text{м}, \quad V_0 = 1,25 \sqrt{gd} \lg \frac{8,8H}{d} \text{ – по В.Н. Гончарову (1954 г.)}$$

- В.Н. Лазарева и Ф.М. Чернышова (1974) [17] (см. выше).

- Б.В. Полякова

$$q_{\tau} = 0,1585V^4 \text{ кг}/\text{с}/\text{м}$$

- М.А. Великанова

$$q_{\tau} = 491dV^3(V - V_0) \text{ кг}/\text{с}/\text{м}, \quad V_0 = 1,035 \sqrt{gd} \lg \frac{8,8H}{d}$$

- К.В. Гришанина (1969) [16] (см. выше).

- А.Ф. Кудряшова

$$q_{\tau} = 0,788 \frac{V^4}{H^2} q \text{ кг}/\text{с}/\text{м}$$

- И.И. Леви (1957) [16] (см. выше)

- Дж. Ротгнера (1959) [20]

$$q_{\tau} = \rho_{\tau} \sqrt{\frac{\rho_{\tau} - \rho}{\rho} gH^3} \left( \frac{V}{\sqrt{\frac{\rho_{\tau} - \rho}{\rho} gH} \left( 0,667 \left( \frac{d}{H} \right)^{\frac{2}{3}} + 0,14 \right) - 0,778 \left( \frac{d}{H} \right)^{\frac{2}{3}}} \right)^3 \text{ ед. массы}/\text{ед.}$$

времени/ед. ширины русла.

- Х.А. Эйнштейна (1950) (интерпретация К.В. Гришанина) [21]

$$q_{\tau} = \frac{dw}{A_*} \frac{1 - \operatorname{erf} \left( \frac{B_* \psi - 1}{\sqrt{2\eta_0}} \right)}{1 + \operatorname{erf} \left( \frac{B_* \psi - 1}{\sqrt{2\eta_0}} \right)} \text{ м}^3/\text{с}/\text{м}, \quad \psi = \frac{(\gamma_{\tau} - \gamma)d}{\tau} = \frac{1}{\theta}, \quad w = F \sqrt{\frac{\rho_{\tau} - \rho}{\rho} gd}$$

$$F = \sqrt{\frac{c_1}{c_2}} = 1,2 \text{ по И.И. Леви, } A_* = 43,5, \quad B_* = 0,07, \quad \eta_0 = 0,5.$$

При этом формулы В.Н. Лазарева и Ф.М. Чернышова (1974), К.В. Гришанина (1969) и И.И. Леви (1957) могут быть использованы как для больших, так и для малых и средних рек.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение следует отметить, что больше трети из 80 проверенных формул не показало совпадения расчетных величин с измеренными ни по одной из больших или малых рек. Среди них зависимости Л. Ван Рейна (1984) [22], Доу Го-женя (1960) [23], Э. Мейер-Петера и Р. Мюллера (1948) [24], П.И. Жюльена [25], а также Я.С. Рибберинка (1998) [26].

Из других наиболее популярных формул совпадение расчетных и измеренных величин в пределах  $0,5 \leq \Delta \leq 2,0$  показали расчеты по формулам: М. Вонга и Г. Паркера (2006) [24] (по рекам Лосиха, Полометь, Хии), Г. Паркера (1982) [27] (Полометь, Хии), Х.А. Эйнштейна (1942) [28] (Полометь, Хии).

## Литература

1. **Гришанин К.В.** Основы динамики русловых потоков. М.: Транспорт, 1990, 320 стр.;
2. **Копалиани З.Д., Костюченко А.А.** Расчеты расхода донных наносов в реках. //Сборник работ по гидрологии, 2004, №27, стр. 25-40;
3. **Самохвалова О.А.** К вопросу расчета расхода крупных донных наносов при их грядовой форме перемещения в речных руслах. //Тр. VIII Международной научно-практической конференции "Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей". М.: РУДН, 2014, т. 2, стр. 113-123;
4. **Самохвалова О.А.** Расчет высоты песчаных гряд в больших и малых равнинных реках. //Вестник СПбГУ, 2011, сер. 7, вып. 4, стр. 135-148;
5. **Самохвалова О.А.** Расчеты скорости перемещения песчаных гряд в равнинных реках. //Водные пути и русловые процессы, 2013, вып. 1, стр. 182-200;
6. **Samokhvalova O.A.** Bed load assessment in plain rivers. //Proc. of the conf. "Contemporary hydrological issues in the research of Polish and Russian MSc and PhD students". Torun, Poland, 2012, pp. 91-103;
7. **Samokhvalova O.A.** Selective methodology of bedload discharge calculations in rivers. //Proc. of the conf. "Deltas: genesis, dynamics, modeling and sustainable development", – Istomino, Republic of Buryatia, Russian Federation, 2014, pp. 39-44;
8. **Клаვენ А.Б., Копалиани З.Д.** Экспериментальные исследования и гидравлическое моделирование речных потоков и руслового процесса. СПб: Нестор-История, 2011, 504 стр.;
9. **Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Сنيщенко Б.Ф.** Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л., 1982, 272 стр.;
10. **Снищенко Б.Ф., Копалиани З.Д.** О скорости движения гряд в реках и лабораторных условиях. // Тр. ГГИ, 1978, вып. 252, стр. 19-25;
11. **Shinohara K., Tsubaki T.** On the characteristics of sand waves formed upon the beds of open channels and rivers. //Reports of Research institute for applied mechanics, 1959, vol. 7, №25. pp. 15-45;
12. **Коган Л.Д., Углов В.П.** Формы транспорта и расход наносов. Гидрофизические процессы в реках и водохранилищах. М., Наука, 1985, стр. 131-137;
13. **Бутаков А.Н.** Обоснование расчетной формулы для расхода русловых наносов методом сравнительного анализа. //Тр. Академии водохозяйственных наук, 1998, вып. 5 – "Гидрология и русловые процессы", стр. 225-238;
14. **Шамов Г.И.** Формулы для определения предельной скорости и расходов донных наносов. // Тр. ГМИ, 1952, вып. 36 (90), стр. 3-17;
15. **Гончаров В.Н.** Динамика русловых потоков. Л., Гидрометеиздат, 1962, 274 стр.;
16. **Гришанин К.В.** Динамика русловых потоков. Л., Гидрометеиздат, 1969, 428 стр.;
17. **Лазарев В.Н., Чернышов Ф.М.** Уточнение расчета расхода влекомых наносов для крупнозернистых грунтов. // Тр. НИИВТ, вып. 88: "Методы улучшения судоходных условий на реках Сибири", Новосибирск, 1974, стр. 43-53;
18. **Караушев А.В.** Теория и методы расчета речных наносов. Л., Гидрометеиздат, 1977, 272 стр.;
19. **Рухадзе Н.В.** Динамические особенности русловых процессов горно-предгорных участков рек. //Автореферат канд. дисс., Тбилиси, 1985, 20 стр.;

20. **Annandale G.W.** Reservoir Sedimentation. //Developments in water science, 1987, № 29. p. 78;
21. **Гришанин К.В.** Теория руслового процесса. М., Транспорт, 1972, 216 стр.;
22. **Van Rijn L.C.** Sediment transport. Part 1: Bed load transport. //JHE, 1984, vol. 110, №10, pp. 1431-1456;
23. **Доу Го-жень** Перемещение наносов и устойчивость дна водных потоков. //Автореферат докт. дисс., Л., 1960, 38 стр.;
24. **Wong M., Parker G.** Reanalysis and correction of bed-load relation of Meyer-Peter and Muller using their own database. //Journal of hydraulic engineering, 2006, vol. 132, №11, pp. 1159-1168;
25. **Talukdar S., Kumar B., Dutta S.** Predictive capability of bedload equations using flume data. //Journal of hydrology and hydromechanics, 2012, vol. 60, №1, pp. 45-56;
26. **Ribberink J.S.** Bed-load transport for steady flows and unsteady oscillatory flows. //Coastal engineering, 1998, vol. 34, №1-2, pp. 59-82;
27. **Yang C.T.** Sediment Transport Theory and Practice – NY: The McGraw Hill Companies, Inc., 1996, 395 p.;
28. **Einstein H.A.** Formulas for the transportation of bed load. //ASCE Transactions, 1942, vol. 107, paper №2140. pp. 561-577.

**Hydrology and meteorology**

**ON CALCULATION OF BEDLOAD DISCHARGE IN LARGE  
AND SMALL PLAIN RIVERS**

**O.A. Samokhvalova**

FSBI State Hydrological Institute  
2 line, V.O., 23, Saint Petersburg, 199053, Russian Federation  
**E-mail: [riverchannel@yandex.ru](mailto:riverchannel@yandex.ru)**

**Abstract.** Based on the field data of the Channel processes department of SHI on big, small and middle-size plain rivers of Russia a mutual comparison is done of the formulae not taking into account the dune form of bedload transport typical of plain rivers. Recommendations are presented for calculating the bedload separately for large and small and middle-size plain rivers.

**Keywords:** bedload discharge, formulae for bedload discharge, sand dunes, large, middle-size and small plain rivers.

## ПУТИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИВНЫХ БОРОЗД И УДЛИНЕНИЕ ИХ ПОЛИВНОЙ СПОСОБНОСТИ

В.И. Самхарадзе

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия

**Аннотация.** Удлинение длины борозды обеспечивает высокое качество нарезки поливных борозд, имеющих устойчивые откосы, исключает осложненное перемещение стока, значительно уменьшает интенсивность водной эрозии почвы, отличается высокой экономичностью, устойчивостью в работе, а также увеличить срок эксплуатации оросительной борозды

**Ключевые слова:** борозда резак, водная эрозия, катковый бороздодел.

Поверхностные способы орошения в настоящее время являются самыми распространенными в нашей стране. В аридной зоне ими поливается 89% орошаемых земель, в основном в Грузии, Казахстане, Азербайджане и республиках Средней Азии. Это объясняется целым рядом достоинств данных способов: простая и надежная эксплуатация; небольшие затраты энергии на проведение полива; не зависят от ветра; обеспечивают хорошее промачивание почвогрунтов при влагозарядке, а также создают на засоленных почвах нисходящие промывные токи; невысокие капитальные вложения в строительство сети.

Другой более эффективный, но и более сложный способ регулирования равномерности увлажнения по длине борозд заключается в искусственном изменении коэффициента впитывания воды в почву по их длине. В этом случае для нарезки борозд рекомендуется использовать специальный универсальный бороздоделатель, который одновременно с нарезкой прикатывает головную часть борозды, уменьшая коэффициент впитывания. Среднюю часть нарезают обычным способом, а концевую – с одновременным устройством щели, обеспечивающей увеличение водопоглощающей способности почвы. Некоторое повышение стоимости нарезки поливной сети окупается экономией поливной воды и прибавкой урожая сельскохозяйственных культур.

Улучшить условия механизации сельскохозяйственных работ, повысить КЗИ можно удлинением длины борозды. Но удлинение лимитируется сложным рельефом и высокой водопроницаемостью почв, недопустимостью больших срезов плодородного слоя почвы. При удлинённых бороздах требуется более тщательная планировка (до 100 м<sup>3</sup>/га и более).

Простота и низкая себестоимость метода поверхностного бороздового полива делает его одним из наиболее распространенных. Несмотря на то, что он менее эффективен, чем дождевание, капельное, подпочвенное и другие методы орошения применяется такой метод почти на 90% орошаемых земель Грузии.

Поверхностный бороздовый полив имеет многовековую историю применения не только в Грузии, но и в мире. Однако ряд существенных вопросов, имеющих важное значение повышения его эффективности, не нашли своего решения. До сегодняшнего дня не решены вопросы выбора оптимальных размеров борозды, равномерного увлажнения ее стен и дна.

Решению указанной проблемы посвящен ряд научных исследований, в которых выделяются работы, в частности, американских ученых, предлагающих прерывистую подачу воды [1], при этом поступающий в борозду расход, уменьшается на 20...25%, а время подачи – 25-30%.

Необходимо отметить исследования, где решение проблемы оптимизации полива осуществляется за счет устройства закрытых борозд [2], а также дифференциального уплотнения дна борозды [3].

С точки зрения авторов, наиболее перспективными являются работы, предлагающие уплотнение дна борозды, что значительно увеличивает ее длину и равномерность увлажнения. Однако для уплотнения контуров прорезанной борозды требуется создание специального, агрегированного с трактором механизма, что является достаточно сложной задачей.

Описана новая конструкция бороздодела, имеющая ряд преимуществ перед существующими образцами.

В настоящее время поливные борозды нарезаются в обработанных почвах плужными бороздоделами различных модификаций. При этом формирование борозд производится копанием, что вызывает растрескивание откосов и дна. Наличие трещин резко увеличивает фильтрацию, которая приводит к затоплению поверхности буквально в 5...10 м от начала борозды и значительно уменьшает эффективную длину борозды.

Важно отметить, что трещины на поверхности борозды создают условия, при которых даже при незначительном расходе воды частицы почвы легко отрываются и перемещаются вместе с потоком, из-за чего впоследствии образуется очаг формирования водной эрозии почв.

Таким образом, борозды, нарезанные плужными бороздоделами, имеют два существенных недостатка: малую длину и вызванный копанием отрыв и перемещением водным потоком мелких частиц почвы.

Существующее положение обуславливает необходимость разработки новых механизмов и технологий нарезки борозд, обеспечивающих увеличение длины их действия, а также – уменьшение водной эрозии почв.

Конструктивные изменения каткового бороздодела БКН-300, разработанные в Институте водного хозяйства, позволили получить катковый рабочий орган для нарезки оросительных борозд [4].

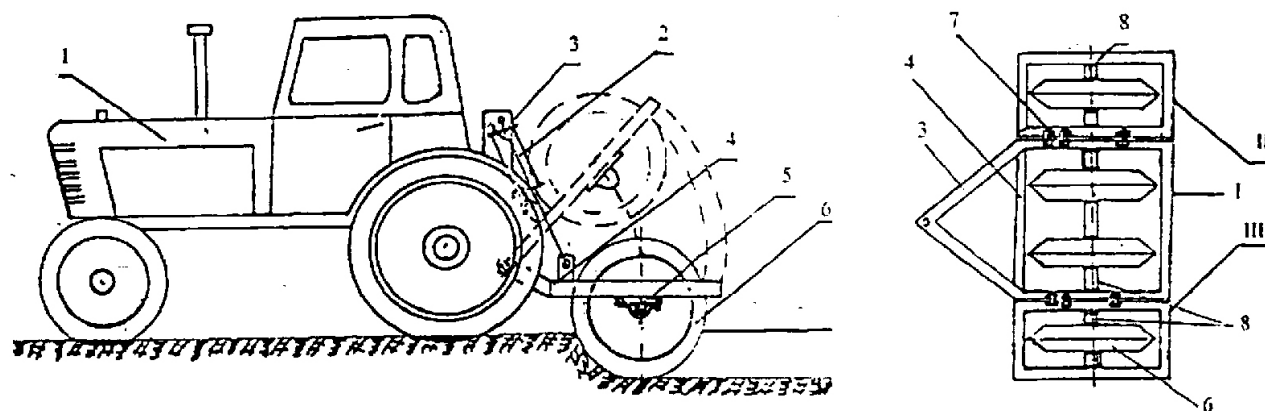


Рис. 1. Катковый бороздодел: 1-трактор; 2-гидроцилиндр; 3-навесное устройство; 4-рама; I,II,III-центральная и периферические секции рамы соответственно; 5-ось; 6-режущий диск; 7-болт; 8-втулки.

Катковый бороздодел формирует борозды по новой технологии: резанием и уплотнением (рис. 1). Рабочий орган с помощью гидроцилиндра трактора углубляется в почву и после перемещения трактора оставляет за собой с треугольным сечением поливные борозды, имеющее уплотненные откосы. Степень уплотнения откосов незначительна, но она не мешает фильтрации воды и не создает в борозде противоточный экран. Откосы борозды устойчивы, без трещин, что позволяет как увеличить длину поливной борозды, так и ее срок службы, исключая затопление в начале оросительного участка и значительно уменьшая интенсивность эрозионного процесса.

Катковый бороздодел работает следующим образом. С помощью гидроцилиндра (2) рама (4) опускается вниз вместе с рабочими дисками. При передвижении трактора, посаженные на ось диски, перемещаются в почве и с помощью качения нарезают поливные борозды с уплотненными откосами. Расстояние между дисками регулируется втулками (8) различной длины. Одним проходом формируется несколько борозд.

В зависимости от условий полива, бороздодел имеет возможность одновременно формировать  $2n+2$  борозд. Например, при поливе виноградников используется центральная секция с двумя дисками. Для полива однолетних культур к центральной секции с помощью болтов крепятся периферические секции с необходимым количеством дисков.

Ориентировочная цена такого каткового бороздодела составляет 5000 долл. США, срок его службы 5 лет.

Применение для нарезки поливных борозд предлагаемого механизма в значительной степени улучшает качество полива и повышает продуктивность орошаемого гектара. Так, урожайность орошаемых виноградников возрастает только за счет повышения качества полива на 5...10 %, что в денежном выражении составляет 80 долл.США/га. При годовой производительности механизма 48 га виноградных плантаций, прирост продуктивности виноградников на один механизм в год достигает 3,84 тыс.долл.США.

Величина чистого приведенного эффекта от применения механизма (NPV) при коэффициенте дисконтирования 15% определяется в размере 9,82 тыс.долл.США. Соответственно, индекс рентабельности инвестиции (PI) составляет 2,96, а дисконтированного срока их окупаемости (DPP) – 2 года.

Таким образом, предложенный катковый бороздодел имеет широкую сферу применения, обеспечивает высокое качество нарезки поливных борозд, имеющих устойчивые откосы, исключает осложненное перемещение стока, затопление в начале поливной борозды, значительно уменьшает интенсивность водной эрозии почвы, отличается высокой экономичностью, простотой конструкции, устойчивостью в работе.

## Литერატურა

1. **Iruno F.** Infiltration under Surge irrigation. Transaction of ASAE. 1985, 28 p.;
2. **Тугуши Г.Е.** Вопросы теории и техники поверхностного орошения. //Дисс. на соиск. степени д-ра техн. наук. Тбилиси, 1971;
3. **Модебадзе Н.Л.** Определение гидравлических параметров водного потока при бороздовом и полосовом способах полива. //Тр. ГрузНИИГиМ – "Вопросы мелиорации в горных и предгорных условиях". Тбилиси, 1988;
4. Пат. U579. Устройство для нарезки каналов на заболоченных участках // В.И. Самхарадзе, 1999.

**WAYS TO SUSTAINABILITY OF IRRIGATION FURROWS  
AND ELONGATION THEIR IRRIGATION CAPACITY**

**V.I. Samkharadze**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia

**Abstract.** A rolling furrow-cutter, which cuts irrigation furrows not by digging, but cutting and ramming was proposed. The new technology and design enable to extend the furrow length and to reduce water erosion, also to increase the term of exploitation of irrigation furrow.

**Keywords:** rolling furrow cutter, irrigation furrows, water erosion.

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАПОРНЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБ

А.А. Саруханян, А.В. Мартиросян, В.Б. Микаелян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении

ул. Терьяна, 105, г. Ереван 0009, Армения

E-mail: [asarukhanyan@ysuac.am](mailto:asarukhanyan@ysuac.am)

**Аннотация.** Для безопасной и долгосрочной эксплуатации напорных магистральных водоводов на повышенных точках устанавливаются вантузы, а на пониженных точках – водовыпуски по которым, в ходе эксплуатации, часто опорожняют отдельные участки водовода. Опорожнение водоводов является инженерной задачей, представляющей интерес для проектировщиков и обслуживающего персонала. Рассматривается задача опорожнения двухветвенного водовода с помощью уравнения неустановившегося движения. Составлена система уравнений и сформулированы краевые условия. Компьютерными вычислениями получены графики изменения напоров и время опорожнения отдельных ветвей водовода.

**Ключевые слова:** поток; грунт; гидравлический смыв; теоретическое решение.

### ВВЕДЕНИЕ

Напорные трубы являются основной составной частью водопроводной системы. Их эксплуатация осуществляется согласно специальным техническим условиям, безукоснительное выполнение которых должно обеспечить бесперебойную работу всей системы. Как правило, трасса водопроводных магистралей имеет повышенные и пониженные точки. В повышенных точках в процессе эксплуатации, а также при ее наливе, образуются воздушные скопления, которые приводят к уменьшению живого сечения, к повышению гидравлического сопротивления и, как следствие, к снижению пропускной способности.

Удаление воздуха осуществляется двумя способами:

- 1) в местах возможного скопления воздуха устанавливают вантузы или трубу со свободным концом;
- 2) в точках возможного скопления воздуха создают критическую скорость течения, при которой выносятся воздух.

Критическая скорость движения жидкости определяется по формуле

$$V_{kp} \geq K \sqrt{\frac{2gD \sin \alpha}{\lambda}}, \quad (1)$$

где  $D$  - диаметр трубы,  $g$  - ускорение свободного падения,  $\alpha$  - угол наклона исходящего участка,  $\lambda$  - коэффициент гидравлического сопротивления,  $K$  - коэффициент, определяемый по формуле

$$K = 0.073(\sin \alpha)^{-0.43}. \quad (2)$$

В пониженных местах, в соответствии с правилами эксплуатации, предусматриваются водовыпуски, при помощи которых осуществляется опорожнение отдельных участков сетей и водоводов, для проведения ремонтных, очистительных, промывных и дезинфекционных работ. Очистка необходима для удаления отложенной массы, которая нарушает технические условия эксплуатации водовода. Отложение может образоваться из-за:

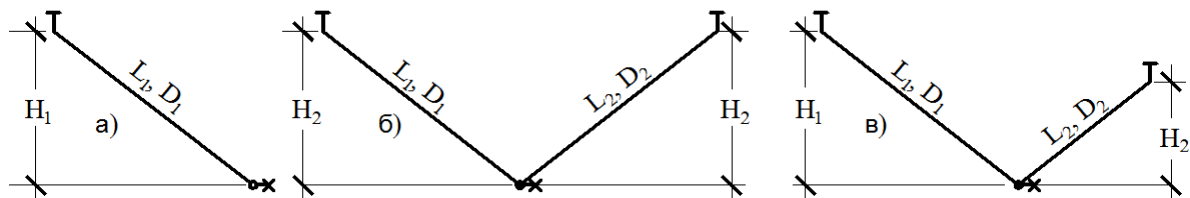


- a) коррозии металла, в результате которой образуется гидроокись железа  $Fe(OH)_3$ ;
- b) отложения твердых примесей (песок, ил, глинистые частицы), уносимые потоком;
- c) различные образования микроорганизмов (железобактерий);
- d) выпадение из стенки трубопроводов солей железа и кальция.

Очистка водопроводных труб проводится механическим, химическим и гидропневматическим способами. При очистке и проведении ремонтных работ опорожняются водоводы с помощью спуска воды через водовыпуски, предусмотренные в пониженных точках.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Магистральные водопроводы по расположению ветвей и водовыпуска могут соответствовать одному из вариантов, представленных на рис.1,



**Рис. 1. Расчетные схемы водовыпуска из водоводов**  
 а) одноветвенный наклонный водовод, б) двухветвенный водовод с равными напорами,  
 в) двухветвенный водовод с разными напорами.

Продолжительность опорожнения наклонного водовода постоянного диаметра определяется по формуле

$$T = 2\tau \ln \left( e^{\frac{L}{2V_{ct}\tau}} + \sqrt{e^{\frac{L}{V_{ct}\tau}} - 1} \right), \quad (3)$$

где  $V_{ct}$  – скорость стационарного течения,

$$V_{ct} = \sqrt{\frac{2gH_0}{\left( \frac{\sum \zeta_0}{L} + \frac{\lambda}{D} \right) L}},$$

$H_0$  – статический напор,  $\sum \zeta_0$  - суммарный коэффициент местного сопротивления,

$L$  - длина трубы,  $\lambda$  - коэффициент гидравлического сопротивления,  $D$  - внутренний диаметр.

Формула (3) получена в результате интегрирования уравнения неустановившегося одновременного напорного движения. Однако водовыпуск по схеме простого наклонного водовода встречается редко. Часто водовыпуск имеет двусторонние ветви (рис.1). В первом случае геометрическая высота обеих ветвей одинакова и водовыпуск начинается при полном наполнении двух ветвей. При разных геометрических высотах уровень жидкости в обеих ветвях выравнивается благодаря вантузам, установленным на возвышенных точках водовода. Следовательно, опорожнение водовода с двумя ветвями необходимо рассмотреть по равным напорам на обеих ветвях.

При  $t = 0$  мгновенно открывается задвижка, установленная на самом низком уровне, где осуществляется водовыпуск. Начинается неустановившееся движение в обеих ветвях водовода. Составим уравнение одномерного неустановившегося движения для:

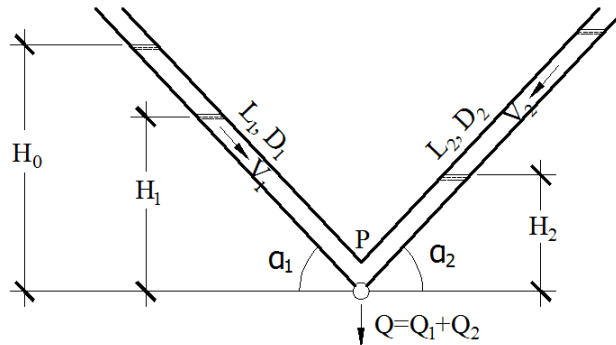
правой ветви

$$H_2 = \frac{P}{\rho g} + \frac{l_2}{g} \frac{dV_2}{dt}, \quad (4)$$

левой ветви

$$H_1 = \frac{P}{\rho g} + \frac{l_1}{g} \frac{dV_1}{dt}, \quad (5)$$

где,  $P$  – давление в точке спуска,  $V_1$  и  $V_2$  – мгновенные скорости жидкости в ветвях водовода,  $l_1$  и  $l_2$  – исходные длины трубопроводов обеих ветвей,  $H_1$  и  $H_2$  – напоры в левых и правых ветвей.



რის.2. სხეა პო რასეუთ ვოოვეფუსკა

В уравнениях (4) и (5) скорости  $V_1$  и  $V_2$  определяются через напоры  $H_1$  и  $H_2$  по формулам

$$\frac{dH_1}{dt} = V_1 \sin \alpha_1, \quad (6)$$

$$\frac{dH_2}{dt} = V_2 \sin \alpha_2, \quad (7)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – углы наклона ветвей водовода.

В уравнениях (4)÷(7)имеем пять неизвестных функций. Поэтому для получения замкнутой системы составим еще одно уравнение – уравнение неразрывности:

$$\mu d^2 \sqrt{2 \frac{P}{\rho}} = d_1^2 V_1 + d_2^2 V_2, \quad (8)$$

где,  $\mu$  – коэффициент расхода водовыпуска, равный

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_3 + \lambda \frac{l}{d}}}, \quad (9)$$

$\zeta_3$  – коэффициент местного сопротивления задвижки, при ее полном открытии,

$\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления выпускной трубы,  $d$  – ее диаметр.

Подставляя значение  $V_1$  и  $V_2$  из уравнений (6), (7) в уравнения (4), (5) получим:

$$\begin{cases} H_1 = \frac{P}{\rho g} + \frac{H_1}{g \sin^2 \alpha_1} \frac{d^2 H_1}{dt^2} \\ H_2 = \frac{P}{\rho g} + \frac{H_2}{g \sin^2 \alpha_2} \frac{d^2 H_2}{dt^2} \end{cases}, \quad (10)$$

$$P = \frac{1}{K^2} \left( \frac{d_1^2}{\sin \alpha_1} \frac{dH_1}{dt} + \frac{d_2^2}{\sin \alpha_2} \frac{dH_2}{dt} \right)^2$$

где  $K = \mu d^2 \sqrt{\frac{2}{\rho}}$  – коэффициент, определяемый параметрами водовыпуска.

Обозначив

$$\rho g k^2 = 2g\mu^2 d^4 = M, \quad a = \frac{d_1^2}{\sin \alpha_1}, \quad b = \frac{d_2^2}{\sin \alpha_2},$$

окончательно получим:

$$\begin{cases} \frac{H_1}{g \sin^2 \alpha_1} \frac{d^2 H_1}{dt^2} + M \left( a \frac{dH_1}{dt} + b \frac{dH_2}{dt} \right)^2 - H_1 = 0 \\ \frac{H_2}{g \sin^2 \alpha_2} \frac{d^2 H_2}{dt^2} + M \left( a \frac{dH_1}{dt} + b \frac{dH_2}{dt} \right)^2 - H_2 = 0 \end{cases} \quad (11)$$

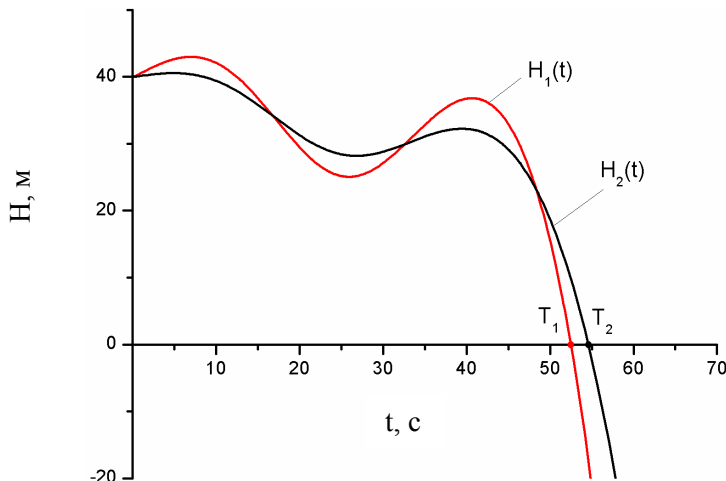
$$H_0 \geq H_1 \geq 0, \quad H_0 \geq H_2 \geq 0$$

Для интегрирования системы (11) задаются начальные и граничные условия.

При  $t = 0, \frac{d^2 H_1}{dt^2} = g \sin^2 \alpha_1, \frac{d^2 H_2}{dt^2} = g \sin^2 \alpha_2, H_1 = H_2 = H_0,$  (12)

при  $t = T, H_1 = 0, H_2 = 0$

Выполнено численное решение системы (9), при условиях  $H_0 = 40 \text{ м}, d_1 = d_2 = 300 \text{ мм},$   
 $\alpha_1 = -\frac{\pi}{6}, \alpha_2 = \frac{\pi}{12}, \mu = 0.2, d = 100 \text{ мм}.$  По результатам численного интегрирования системы (11)  
 получены графики изменения уровней жидкости в ветвях  $H_1$  и  $H_2$  (рис.3).



**Рис.3. Кривые изменения уравнений жидкости в ветвях водовода**

Полученные кривые показывают, что изменение уровня жидкости в ветвях водовода имеет волновой характер, при этом период колебания зависит от уклона трубы.

### ВЫВОДЫ

Предлагаемое решение по определению времени опорожнения водоводов через водовыпуски, установленные в низших точках, соответствуют происходящему процессу и вполне приемлемы для инженерных расчетов магистральных водоводов и систем водоснабжения.

---

## Литература

1. Справочник по эксплуатации систем водоснабжения, канализации и газоснабжения. Под ред. С.М. Шафрина. Л.: Стройиздат, 1976, 320 стр.;
2. Седраკян С.М. Об определении времени опорожнения трубопроводов. //Известия Ереванского государственного университета архитектуры и строительства. № 4 (30), Ереван, 2012, стр. 50-55;
3. Овсебян В.М. Гидравлика. Ереван, Луйс, 1973, 479 стр.

## Hydraulic engineering and irrigation

### SOME ISSUES OF PRESSURE WATER PIPES OPERATION

A.A. Sarukhanyan, A.V. Martirosyan, V.B. Mikaelyan

National University of Architecture and Construction of Armenia  
109, Teryan str., Yerevan, Armenia  
E-mail: [asarukhanyan@ysuac.am](mailto:asarukhanyan@ysuac.am)

**Abstract.** To provide safe and long-term operation of pressure water main conduits at higher points air eliminators are installed and at lower points outlet conduits are installed designed for pipeline emptying at some its sections in the course of operation. Pipeline emptying is an engineering problem of interest for designers and operating staff. The emptying problem for a two-branch conduit is considered using the equation of unsteady flow.

An equations set has been drawn and boundary conditions formulated. Curves of pressure change and time of emptying of individual branches have been plotted based on computer-assisted calculations.

**Keywords:** water main; conduit; emptying; unsteady flow; specifications; operation.

## АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ДАННЫХ ВЕТРОВЫХ И ВОЛНОВЫХ РЕЖИМОВ ПОТИЙСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ\*

И. Сагинадзе, Ю. Кадария, М. Кодуа

Государственный университет им. А. Церетели  
ул. Царицы Тамар 59, 4600, г. Кутаиси, Грузия

**Аннотация.** В работе приведены основные данные многолетних наблюдений и измерений ветровых и волновых режимов Потийского региона Черного моря. Проанализировано влияние этих факторов на прибрежные течения моря и поднятия уровня воды.

**Ключевые слова:** Черное море; волновой режим; прибрежные течения; уровень воды.

Масштабные геоморфологические изменения прибрежной зоны Черного моря потийского региона начались в 1939 году, после переброски основного потока реки Риони в северное направление. В результате было предотвращено затопление города, но уменьшение расхода воды и, соответственно, пляжеобразующего материала в городском канале р. Риони, вызвало эрозию городского берега. Скорость эрозии в прибрежной зоне потийского региона составляет 8-10 метров в год. Схематическая карта существующих геоморфологических и гидроинженерных проблем в прибрежной зоне потийского региона представлена на рис. 1.

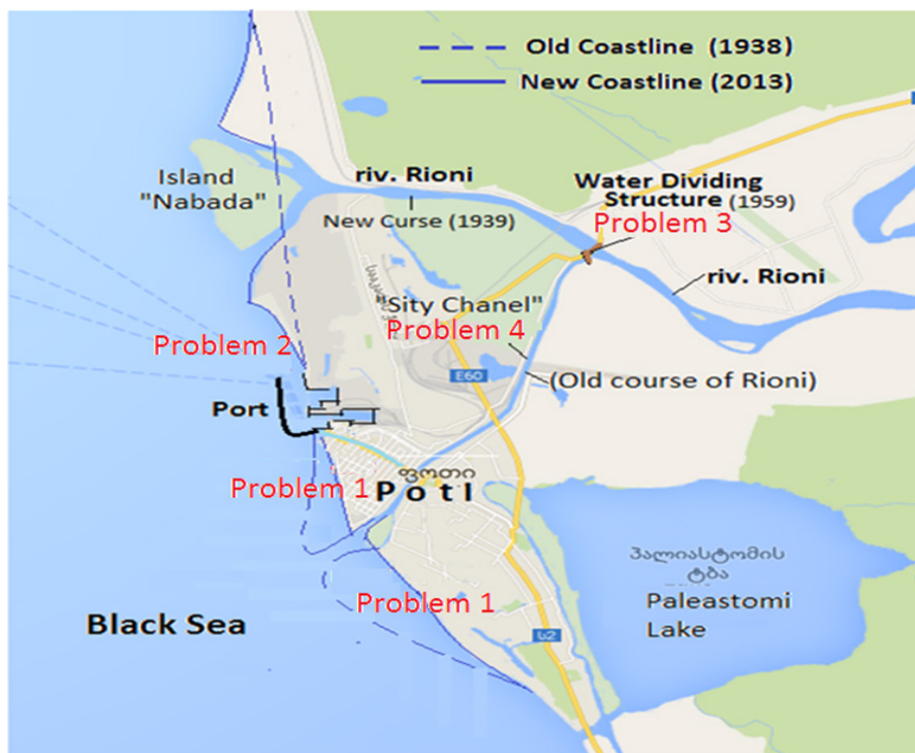


Рис. 1. Схематическая карта существующих геоморфологических и гидроинженерных проблем в прибрежной зоне Потийского региона

\* Работа выполнена по поддержке национального фонда Руставели, грант #AR/22/3-109/14

Математическое моделирование прибрежной зоны моря, включает в себя составление и решение дифференциальных уравнений движения сплошной среды (жидкости), которые учитывают особенности данной местности: профиль и гранулометрический состав дна, начальные (ветровой и волновой режим в открытом море – высота, период и уклон волны, уровень воды и скорость ее движения) и граничные (очертания береговой линии и исследуемой области, условия на дне и свободной поверхности) условия.

Результаты многолетних наблюдений и исследований основных параметров прибрежной зоны моря потийского региона приведены в работах [1÷4].

Знание волновых режимов прибрежной зоны моря необходимо для исследований прибрежных течений и движений наносов [5]. Для этого необходимо знать волновой режим в открытом море, который используется в постановке задачи движения воды как начальные данные.

Наблюдения над волнами в районе порта проводились длительное время. Распределение волн в акватории порта г. Поти свидетельствует, что преобладающими волнами являются западные – 44,7%, после которых идут волны юго-западного направления -39%. С учетом южной компоненты – 6,3%, показатель волн Черного моря потийского региона, составляет около 90%. В зависимости от сезона, летом преобладают юго-западные волны, в то время, как зимой и в переходный период между летом и зимой, более активны западные волны [3, 4].

Что касается высоты волн, то на волны высотой менее 0,7м приходится 63,4%, 0,7-2,0м – 29%, а волны высотой более 2м составляют 7,3%. Сильные волны по каждой волновой категории концентрируются в восточном и юго-восточном направлении [4].

Преобладающими направлениями волн в порту Поти являются южные, северо-западные и западные [4]. Однако эти результаты нельзя считать точными для всего побережья, так как наблюдения проводились недалеко от порта, где влияние подводного каньона и портовых сооружений было ощутимым.

По данным наблюдений Черноморского научно-исследовательского и проектного института (ЧНИИПИ), проводящихся в период с 1946 по 1953г., волны западного направления составляет 92,5% (западные – 44,7%, юго-западные – 39,0%, северо-западные – 8,8%). В таблице 1 приведены характеристики волн [4].

Таблица 1

Характеристики волн в районе Поти (1946-1953 г.) (ЧНИИПИ)

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Число дней, когда высота волн превышала 1,25 м	13	12	13	8	7	7	8	8	2	12	10	12
Высота волн (м)	3,8	2,5	2,6	2,1	4	1,9	2,1	1,7	2,8	3,0	3,6	2,6

В таблице 2 приведены результаты наблюдений в 1959 и 1962 г. [4].

Таблица 2

Волновой режим в районе Поти(1959-1962гг.)

Направление	Дата	Продолжительность	Ср. скорость ветра (м/с)	Длина нагона волны (км)	Высота волны $H_{1/3}$ (м)	Период волны (Тс.)
Северо-запад	02.05.1959	7 ч. 35 мин.	13,0	298	2,0	5,5
Северо-запад-север	02.09.1959	13 ч. 20 мин.	16,5	450	3,7	7,5
Запад	10.09.1962	32 ч. 30 мин.	16,5	504	4,9	9,0
Запад-юг-запад	10.09.1962	32 ч. 30 мин.	16,5	428	4,6	8,5
Юго-запад	02.05.1959	23 ч. 50 мин.	20,0	266	5,0	8,5

Принимая во внимание ограниченность периода времени, было определено, что проектная высота волн должна быть в 1.2 раза больше прогнозной [4], для чего были проведены дополнительные расчеты. Результаты расчетов показаны в таблице 3.

**Таблица 3**

**Проектные характеристики волн г. Поти**

Направление	Высота волны	Период волны
Северо-запад	2,4	5,5
Север-запад- север	4,4	7,5
Северо-запад	5,9	9,0
Запад-юг-запад	5,4	8,5
Юго-запад	6,0	8,5

Имеется информация нескольких источников по наблюдениям ветровых и волновых движений в восточной части Черного моря. Среди них можно отметить базу данных Alkiyon, она содержит большое количество информации по ветровым и волновым движениям во всем мире, которые получены при наблюдениях с кораблей с 1960 до 1994 года[1]. Сравнение результатов, полученных вблизи порта посредством измерений и вычислением волновых режимов по модели – "HISWA", проведенными Голландскими экспертами в 2000 году показывает, что занижен процент высоких волн. Занижение вызвано тем, что в модели "HISWA" не учтен дифракционный эффект портовых сооружений.

В работе [1] говорится, что периоды волн, полученные при наблюдениях с корабля, не соответствуют действительности, и их реальные значения надо вычислять с помощью высот волн.

1. Когда доминируют морские волны, тогда период вычисляется по формуле [1]

$$T_p = 4.8\sqrt{H_{sig}}$$

где  $T_p$  – пиковое значение периода, а  $H_{sig}$  – высота значительной волны.

2. При генерации ветровых волн (Зыбь), пиковый период является постоянным, равным 10 сек.

Г. Поти расположен в устье реки Риони. В силу особенностей своего географического положения город часто испытывает влияние восточных ветров, дующих со стороны Кавказского горного хребта. Летом преобладают юго-западные, западные и северо-западные ветры, тогда как зимой в основном дуют юго-восточные и северо-восточные ветры[2]. На таблице 4 показано распределение ветров (в процентах) в год, (летний, зимний и переходный период).

**Таблица 4**

**Распределение ветров в год (в процентах)**

М/С	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Всего
1 ÷ 4	2	5,2	16,7	4,1	4,4	4,7	10,4	4,8	52,3
5 ÷ 9	0,3	1,2	9,0	0,9	2,1	5,9	3,7	1,5	24,6
10 ÷ 14	–	0,1	3,7	0,1	0,6	1,3	1,0	0,3	7,1
15 ÷	–	0,1	2,1	–	0,1	0,2	0,3	0,1	2,9
<b>Всего</b>	2,3	6,6	31,5	5,1	7,2	12,1	15,4	6,7	86,9

Черное море отличается минимальными колебаниями уровня воды. Колебания под влиянием приливов составляет около 10 см. (при максимуме 20-25 см.), а под воздействием ветров, около 20-40 см.

В таблице 5 представлены среднемесячные, а также абсолютные значения уровня высоких и низких вод, зарегистрированных в период с 1993 по 1998 г. Данные прошлых периодов показывают, что наивысший уровень был отмечен в порту в феврале 1998 г. и составил + 129 см. В этот период часть порта была затоплена.

Таблица 5

Уровень воды в г. Поти (1993-1998 гг.)

	Средние значения (м)		Абсолютные значения (м)	
	УВВ	УНВ	УВВ	УНВ
Январь	0,55	0,22	0,89	0,17
Февраль	0,61	0,19	1,29	0,08
Март	0,47	0,15	0,73	0,01
Апрель	0,40	0,17	0,59	0,08
Май	0,42	0,18	0,55	0,03
Июнь	0,44	0,21	0,54	0,11
Июль	0,48	0,17	0,61	0,12
Август	0,42	0,18	0,64	0,06
Сентябрь	0,44	0,15	0,57	0,07
Октябрь	0,47	0,16	0,74	0,11
Ноябрь	0,36	0,13	0,64	0,07
Декабрь	0,38	0,15	0,54	0,17
В среднем за год	0,47	0,18	1,29	0,01

*Источники:* метеорологическая станция г. Поти. Из таблицы 5 можно выделить следующие цифры: Уровень очень высоких вод-1,3м; уровень высоких вод (УВВ)- 0,5м; уровень низких вод (УНВ) – 0,2м; уровень очень низких вод - 0м.

Течение в Черном море находится под влиянием стока в него крупных рек и в основном циркулирует в направлении против часовой стрелки. Однако характер циркуляции воды может меняться под влиянием ветров. В восточной части Черного моря преобладает главное течение с юга на север, проходящее на расстоянии от 3 до 10 км от береговой зоны. Наблюдаются также протекающие вблизи берега локальные потоки, преобладающие в период, когда дуют восточные и южные, а также слабые западные ветры. Эти потоки называются прибрежными. Как главное, так и прибрежные течения не являются постоянными и меняются в ответ на сезонные колебания речных стоков и ветров. Морские прибрежные течения у порта проходят с юга на запад, в то время как течения воды между северным рукавом реки Риони и порта г. Поти происходит, наоборот – с севера на юг. Такое направление течения возникает благодаря расположению южного рукава северного эстуария, который направлен с юга на запад. Средняя скорость прибрежных течений в районе порта г. Поти колеблется в диапазоне от 10 до 25 см/с, что нельзя назвать сильным течением, способным вызвать серьезные проблемы для навигации и проектирования строительных конструкций.

Литერатура

1. ARCADIS Euroconsult. მუნიციპალური წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის პროექტი საქართველოში. ძირითადი ანგარიში MUB 97016P1. ფოთი. 2000 წ. 397 გვ.;
2. Технология производства работ по использованию дельты – эстуария р. Риони для размыва больших массивов Колхидской низменности. Отчет по теме №736/74. ГПИ, Тбилиси, 1976 г., 262 стр.;



3. Проект развития порта Поти в Грузии. Группа "SAPROF" фонда зарубежного экономического сотрудничества Японии (OECD). 1999, 358 стр.;
4. Реконструкция причала №1 и №2. ЧерноморНИИпроект – порт Поти. Техно-рабочий проект, том 111. Инженерно-геологические условия. Одесса, 1972, 190 стр.;
5. **Horikawa K.** Nearshore dynamics and coastal processes. Tokyo: Univ. press. 1988, 522 p.

დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები

**შავი ზღვის ფოთის რეგიონის ქარებისა  
და ტალღური რეჟიმების ძირითადი მონაცემები**

**ი. საღინაძე, ი. ქადარია, მ. კოდუა**

ა. წერეთლის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
თამარ მეფის ქ. 59, 4600 ქ. ქუთაისი, საქართველო

*ანოტაცია.* ნაშრომში თავმოყრილია შავი ზღვის ფოთის რეგიონის ქარებისა და ტალღურ რეჟიმებზე მრავალწლიანი დაკვირვებებისა და გაზომვების შედეგები. გაანალიზებულია მათი გავლენა სანაპირო დინებებსა და წყლის დონის აწევაზე.

*საკვანძო სიტყვები:* შავი ზღვა; ტალღური რეჟიმი; სანაპირო დინებები; წყლის დონე.

Earth sciences

**ANALYSIS OF THE BASIC DATA OF WIND AND WAVE REGIMES  
POTI BLACK SEA REGION**

**I. Saghinadze, J. Kadaria, M. Kodua**

A. Tsereteli State University  
59, Queen Tamar, 4600, Kutaisi, Georgia

*Abstract.* The paper presents the basic long-term observations and measurements of wind and wave regimes Poti Black Sea region. Analyze the impact of these factors on raising the water level of the sea and coastal currents.

*Keywords:* Black Sea; wave regime; coastal currents; water level.

## АРХИТЕКТУРНО-МЕМОРИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС В ПРОСТРАНСТВЕ ГОРОДА: ТИПЫ АРХИТЕКТУРНО-МЕМОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

А. Н. Соколова, И.В. Кашина

Ростовский государственный строительный университет  
ул. Социалистическая 162, г. Ростов-на-Дону, 344022, Российская Федерация

E-mail: [lisa.858@yandex.ru](mailto:lisa.858@yandex.ru)

**Аннотация.** Исследование посвящено изучению типологии архитектурно-мемориальных комплексов на основе имеющейся информации. Рассмотрены классические мемориалы (малые архитектурные формы), которые включают в себя целый комплекс мемориальных конструкций (памятные знаки и различные виды памятников, склепы и мавзолеи). Выявлена одна из типологий архитектурно-мемориальных комплексов, которая основывается на определении вида мемориального монумента, который, в свою очередь, является центральным аспектом всего комплекса в целом. Таким образом, в исследовании выявлены следующие типы архитектурно-мемориальных комплексов: надгробные мемориалы, усадьбы, тематические парки. Также в данной работе подробно рассмотрены смысловые нагрузки мемориальных комплексов и их роль в городской среде.

**Ключевые слова:** архитектурно-мемориальные комплексы; типология; мемориал; усадьба; архитектурно-скульптурный мемориальный комплекс; тематические парки.

### ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе архитектурно-мемориальный комплекс является неотъемлемым атрибутом каждого крупного города, региона или страны, имеющих длительную историю. Они связываются с событиями, знаменитыми деятелями политики, культуры и социальной сферы, а также могут представлять и некие аспекты развития человечества. Типы этих комплексов разнообразны, но не очень исследованы. В данной научной статье мы более конкретно рассмотрим типологию данных видов сооружений.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Вначале хочется отметить классические мемориалы; к ним относятся малые архитектурные формы, которые представляют собой сооружения небольших размеров. Малые типы включают в себя целый комплекс мемориальных конструкций – это памятные знаки и различные виды памятников, склепы и мавзолеи. Они несут определенную информацию о покойном, обозначают захоронение [1, стр. 35].

Значительная группа мемориальных сооружений и конструкций представлена сооружениями с внутренним пространством или помещением. Это мавзолеи, склепы, пантеоны, несущие мемориальную информацию. На современном этапе они строятся очень редко, однако, сохранилось большее количество подобных конструкций, которые, в том числе, являются и составляющими архитектурно-мемориальных комплексов. Особенности подобных сооружений заключаются в том, что они могут быть как индивидуальными, так и семейными и могут содержать в себе захоронения нескольких поколений одной семьи и даже ее различных ответвлений.

В целом же, одна из типологий архитектурно-мемориальных комплексов основывается на

определении вида мемориального монумента, который является центральным аспектом всего комплекса в целом. Выделяются следующие типы мемориальных сооружений:

1. Надгробные мемориалы – символы.
2. Мемориал-грот. Распространился в эпоху романтизма и представляет собой стилизованную пещеру из камней, внутри которой могла стоять икона или прочие элементы религиозного культа.
3. Мемориал-надгробье «Колонна». Был распространен в XIX веке и представлял собой либо целую колонну, либо переломленную, представлявшую собой сломанную жизнь.
4. Мемориал-плита. Плита содержала информацию о покойном, размещалась в стене церкви, а гроб под полом усыпальницы. Как вариант плита могла быть размещена на кладбище над могилой.
5. Мемориал-скульптура. Изображал покойного, либо представлял собой символичную композицию, связанную с культом (например, ангел) или событиями жизни усопшего (например, перо, книга и пр.).
6. Мемориал-obelisk. Данный тип был распространен в России в XVIII веке. Обелиск располагался на постаменте и увенчивался крестом на шаре.
7. Мемориал-стела. Представляет собой вертикально поставленную мемориальную плиту и оформляется в самом различном варианте, распространен по настоящее время [2, стр. 14].

Часть перечисленных типов мемориалов сохраняют актуальность и на современном этапе, а также в одном архитектурно-мемориальном комплексе можно наблюдать сразу несколько типов мемориалов.

Архитектурно-мемориальные комплексы, посвященные определенным значимым трагическим событиям, имеют свою специфику, и их типология несет в своей основе составляющие, включенные в общий комплекс. Среди существующих и распространенных типов возможно выделить следующие:

1. Архитектурно-скульптурный мемориальный комплекс. Основополагающим и центральным объектом комплекса являются скульптурные композиции, которые символизируют трагизм события или напротив – достижение. Подобный тип представляется в совокупности с парковыми или садовыми зонами.
2. Усадьбы. Данный тип архитектурно-мемориального комплекса характерен фактически исключительно только для России и стран постсоветского пространства. Располагающиеся на территории усадьбы аспекты памяти несут в себе составляющие не только трагедии и смерти человека, которому они посвящены, но также и его жизнедеятельности и жизнедеятельности тех людей, которые влияли на его жизнь и становились ее частью. Тем самым, усадьба – это, по сути, не только мемориал человеку, подвигу, или группе людей – это мемориал эпохе, которая сопутствовала их жизни.
3. Тематические парки, которые являются мемориалом эпохе. Комплексы представляют собой совокупность архитектурных объектов, характерных для эпохи, музеев, выставок и экспозиций, в рамках комплексов могут проводиться тематические театрализованные представления, конкурсы, фестивали и пр.

В свою очередь парки подразделяются по идейно-тематическому признаку:

1. Парки, создаваемые в честь выдающихся деятелей народа, полководцев, ученых, писателей, художников, композиторов и т. д.
2. Парки, посвященные знаменательным историческим событиям (победы, освобождения, воссоединения, покорения космоса, юбилейные, дружбы и мира и т. п.).
3. Парки смешанного типа. Здесь мемориалы и сооружения на самые разные темы, и по времени они могут относиться к разным историческим событиям (историко-революционные, военно-патриотические, боевой и трудовой славы, мемориально-этнографические, парки с музеями и экспозициями на открытом воздухе).

Таким образом, планировка мемориальных парков и комплексов должна отражать характер их содержания. Плоский, спокойный рельеф требует регулярных приемов планировки, гористый, пересеченный – организации близких и дальних перспектив, свободной трассировки аллей и дорог. Если местность имеет склоны, пригорки, то мемориальные объекты целесообразно размещать так, чтобы они были на пути движения посетителей по поднимающейся стороне. Путь к мемориалу следует обозначить зелеными насаждениями [3].

В результате парк становится определяющим образ мемориального комплекса в целом так, как если в усадьбу или тематический парк включаются также здания и различные архитектурные сооружения, то для мемориально-скульптурного комплекса существуют только два основополагающих фактора. А именно скульптурные композиции и окружающий их ландшафт.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В целом, типологии архитектурно-мемориальных комплексов определяют их значение в городской среде, как социо-культурных объектов, которые представляют собой составляющие жизни города на протяжении периода его существования, определяя аспекты ментальности жителей прошлых поколений для поколений настоящих. Имея в качестве составляющей сооружений парковых зон, они также определяют картину благоустройства городов, являются частью экологической составляющей городской структуры.

## Литература

1. **Зайцев, А. К.** Мемориальные ансамбли в городах-героях. М.: Стройиздат, 1985. стр. 35;
2. Историко-краеведческие и мемориальные музеи: история и перспективы развития. //Тез. докл. на науч.-практ. конф. (Москва, 1 дек. 1999 г.) / [Науч. ред.: Самарина Н.Г.]. М.: МГУКИ, 2000, стр. 14;
3. **Горохов В.А.** Мемориальные парки и комплексы. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://landscape.totalarch.com/node/42> – статья в Интернете.

## Construction and architecture

### ARCHITECTURAL-MEMORIAL COMPLEX IN THE CITY SPACE: TYPES ARCHITECTURAL-MEMORIAL COMPLEXES

**A.N. Sokolova, I.V. Kashina**

Rostov State University of Civil Engineering  
162 Socialist str. Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation

**E-mail: [lisa.858@yandex.ru](mailto:lisa.858@yandex.ru)**

**Abstract.** Study investigates the typology of architectural memorials on the basis of available information. The classical memorials (small architectural forms), which include the whole range of memorials-governmental structures (commemoratives and various kinds of monuments, tombs and mausoleums). Revealed one of the architectural typologies memorial complexes, which is based on determining the type of memorial monument, which, in turn, is a central aspect of the complex as a whole. Thus, the study identified the following types of architectural memorials: funeral memorials, manors, theme parks. Also in this paper are considered in detail, semantic load memorial complexes and their role in the urban environment.

**Keywords:** architectural and memorials; typology; memorial; mansion; architectural and sculptural memorial complex; theme parks.

## ENERGY PARADIGM OF GEOLOGICAL PROCESSES: THEORY AND IMPLICATIONS

N.G. Stenina

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering  
113 Leningrad str, Novosibirsk, 630008, Russian Federation

E-mail: [stenina@yandex.ru](mailto:stenina@yandex.ru)

**Abstract.** The new paradigm of the geological processes based on the concept of the aqua-complex  $[2\text{SiO}_3\text{--OH}_2\text{--M}^{n+}2\text{M}^{m+}\text{O}^{\cdot}_4]$  (where  $\text{M}^{n+}$  is one-divalent cation:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ...;  $\text{M}^{m+}$  is multivalent cation: Al, Fe, As, P...;  $\text{O}^{\cdot}$  is O and other volatile elements: Cl, S...) as an informal counterpart of the DNA for the mineral matter is presented. The concept arranges all geological processes in a single evolutionary succession and unravels the origin of mineral deposits of various styles. The new theory is supported by the numerous practical applications relevant to the mining industry (prospecting and exploitation of mineral deposits), environment protection (developments of the methods for the "in place" remediation of the contaminated sites), construction industry (exploration of the raw mineral deposits, construction material science, industrial disasters, etc.) and, most urgently, the explanation of the causes incremental changes in the Earth's climate.

**Keywords:** aqua-complex  $[2\text{SiO}_3\text{--OH}_2\text{--M}^{n+}2\text{M}^{m+}\text{O}^{\cdot}_4]$ , "DNA" of the mineral matter.

Water is a constant constituent of the rock matter and an active participant both in the geological and construction processes. The problem of water incorporation in the mineral matter was standing during more than 70 years. As a result of studies of the natural minerals by TEM (Transmission Electron Microscopy) combined with other methods we found its solution in the form of the aqua-complex  $[2\text{SiO}_3\text{--OH}_2\text{--M}^{n+}2\text{M}^{m+}\text{O}^{\cdot}_4]$  (where  $\text{M}^{n+}$  is one-divalent cation:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ...;  $\text{M}^{m+}$  is multivalent cation: Al, Fe, As, P...;  $\text{O}^{\cdot}$  is O and other volatile elements: Cl, S...) (see Fig. 1a). Aqua-complexes were firstly discovered by TEM as the growth defects in quartz [1]. The following studies of the mechanism of the rock matter alteration in the evolution series: enclosing gabbro-granites [2] showed that the aqua-complex is an universal crystal-chemical unit of the mineral matter responsible for its: i) diversity (all minerals without exclusion are derivatives of the aqua-complex), ii) structural-chemical transformation, iii) formation of granite melt and its evolution, iv) existence of geochemical associations, v) energy conversion in the mineral systems. Based on these properties the aqua-complex was declared as a special "geochemical quant" responsible for the evolution of the mineral matter. Parallel between the aqua-complex and DNA (see Fig. 1b) has an informal character because in both species acid and basic radical are bound into a single whole throw hydrogen bonds.

The concept of the aqua-complex allows arranging all geological processes in a single evolutionary succession with the formation of mineral deposits being an integral part of the general evolution of the rock matter. New theory [3] is supported by numerous examples of practical investigations relevant to the prospecting and processing mineral deposits, environment protection, construction industry and, what is most urgently, the unraveling the causes responsible for the increasing anomalous changes in the Earth's climate.

The concept of the aqua-complex unravels the soil purification potential thus changing the problem of remediation of the contaminated sites. It was shown [4] that soil has an own remediation mechanism

that allows restoring its quality "in situ", i.e. without a distant removing of the contaminated material.

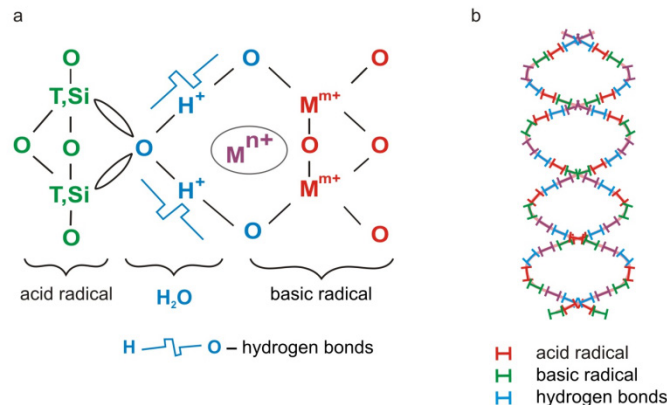


Fig.1. Schemes of the aqua-complex (a) and DNA (b)

The strong disturbance of the global hydro regime is a main feature of the current anomalous change of the climate. The total masses of the visible water (the waters of the World Ocean, rivers, ices, etc.) ( $1.37 \cdot 10^{24} g$ ) and invisible water, i.e. bound only in the crustal solid mineral matter ( $0.713 \cdot 10^{24} g$ ) [5] are comparable. Aqua-complex unravels the nature of the invisible water; the increasing nowadays water liberation is caused by changing of the Earth's energy state. So, the declared "cooling" or "warming" of the global climate have nothing to do with the true processes of the Earth life. As a practical support we can reference to the increasing phenomena of the landslides over the Globe. Releasing of the central water molecule from the aqua-complex units (Fig.1a) of mineral matter explains a mechanism of the loose sediment sliding on the massive crystalline fundament.

The problem of water bonding in the mineral matter has a key significance for the development of construction industry. Applications of the aqua-complex concept are shown for: 1) exploration of the deposits of construction raw materials and their quality testing, 2) testing the sites of the intended building development, 4) problems of urban development, 5) construction material science: the nature of concrete, 6) rock-concrete conflict: industrial disasters [6].

Thus the validity of the aqua-complex concept as the informal counterpart of DNA for the mineral matter has got a solid confirmation as a result of the solving the practical problems from the various fields. On the other hand, the solving of the specific problems bring additional material toward the development of this theory.

## References

1. **Stenina N.G.** Water-related defects in quartz. //Bulletin of Geosciences, v. 79, N4, 2004, pp. 251-268;
2. **Stenina N.G. and Distanova A.N.** Structural-chemical transformations of silicate minerals as an indicator of their genesis (on the example of Kaakhem pluton rocks, Tuva). //United Institute of geology, Geophysics and Mineralogy of SB RAS Publishing, Novosibirsk, 10 p. [in Russian];
3. **Stenina N.G.** Evolution of the Mineral Matter of the Earth. Theory and Implications. Energy paradigm of geological processes. //Scientific electron book: "steninageo.com". Academic Publishing House "GEO", 2013, 414 p.;
4. **Stenina N.G.** "Steninageo.com". Recent applications.
5. **Sorokhtin O.G. and Ushakov S.A** Development of the Earth. Moscow University Publishing House, Moscow [in Russian];
6. **Stenina N.G.** Construction Industry in the Light of Water bonding in Silicate Substance. Publishing of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk. 2014, 48 p.

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ: ТЕОРИЯ И ВНЕДРЕНИЕ**

**Н.Г. Стенина**

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет  
ул. Ленинградская, 113, г. Новосибирск, 630008, Российская Федерация

**E-mail: *stenina@yandex.ru***

**Аннотация.** Представлена новая парадигма геологических процессов, основанная на концепции аква-комплекса  $[2\text{SiO}_3\text{--OH}_2\text{--M}^{n+}2\text{M}^{m+}\text{O}'_4]$  (где  $\text{M}^{n+}$  – одно-, двухвалентные катион:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ...;  $\text{M}^{m+}$  - многовалентный катион: Al, Fe, As, P...;  $\text{O}'$  – O и другие летучие элементы: Cl, S...) как неформальном аналоге ДНК для минерального вещества. Данная концепция рассматривает все геологические процессы в единой эволюционной последовательности и раскрывает происхождение месторождений полезных ископаемых независимо от их профиля. Новая теория подтверждается многими практическими приложениями, имеющими отношение к горной промышленности (разведка и эксплуатация месторождений), защите окружающей среды (разработка методов "in place" рекультивации загрязненных территорий), строительной промышленности (разведка и эксплуатация месторождений строительного сырья, строительное материаловедение, техногенные катастрофы и др.) и, что особенно актуально, объяснению причин изменений климата Земли.

**Ключевые слова:** аква-комплекс  $[2\text{SiO}_3\text{--OH}_2\text{--M}^{n+}2\text{M}^{m+}\text{O}'_4]$ ; "ДНК" минерального вещества.

**მდ. დურუჯის ღვარცოფული კოლოიდური გამონატანის  
ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების ბანსაზღვრა და  
მისი გამოქმნება სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულებით**

**თ.ღ. სუპატაშვილი**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო

**E-mail: tamunasupatashvili@gmail.com**

**ანოტაცია.** სტატიაში განხილულია მდინარე დურუჯის ღვარცოფული კოლოიდური გამო-  
ნატანის ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების კვლევა და აღნიშნული გამონატანის  
გამოყენებით განხორციელებული ექსპერიმენტი. მიღებული შედეგების საფუძველზე  
წარმოდგენილია დასკვნები და რეკომენდაციები.

**საკვანძო სიტყვები:** ღვარცოფი; კოლოიდური გამონატანი; ქინძმარაული.

**შესავალი**

საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელებული ბუნებრივი კატასტროფებიდან ერთ-  
ერთი ძირითადი ყურადღების ობიექტია ღვარცოფები, რომლებსაც ადგილი აქვს თითქმის  
ყველა მთისა და მთისწინა რეგიონში. ღვარცოფები დიდ ზიანს აყენებენ სახალხო მეურ-  
ნეობის მრავალ დარგს, ამცირებენ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების საერთო ფარ-  
თობს.

კახეთის რეგიონში კლასიკური ღვარცოფსადინარის მაგალითს წარმოადგენს მდი-  
ნარე დურუჯის აუზი, რომლის ვიდეო-ფიზუალური აგეგმვა მიუთითებს, რომ ერთ ჰექტარ  
ფართობზე ეროზიის ინტენსივობამ, განსაკუთრებულ შემთხვევებში, შეიძლება 50 ტონა-  
მდე მიაღწიოს, რაც დასაშვებ ნორმაზე 25-ჯერ მეტია და იგი სატრანზიტო ადგილებში  
20 მეტრიანი ღვარცოფის ტალღის გავლის მიზეზიც შეიძლება გახდეს [1, 2].

მდინარე დურუჯის აუზში ბოლო 100 წლის განმავლობაში დაფიქსირდა 40-მდე  
კატასტროფული ღვარცოფი, რომლებმაც 200-ზე მეტი ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა.  
დადგენილია, რომ მდ. დურუჯის აუზში მუდმივად განახლებადი ღვარცოფული კერის  
ფართობი 20 კმ<sup>2</sup>-ს შეადგენს, სადაც ღვარცოფული მყარი მასის მოცულობა აღწევს 500  
მილიონ მ<sup>3</sup>-ს [1, 2].

ცნობილია, რომ თუ არა მდინარე დურუჯის ღვარცოფული გამონატანი, საქართვე-  
ლოში არ იარსებებდა ღვინო „ქინძმარაული“. აღნიშნული კოლოიდური ნატანი ხასიათ-  
დება ისეთი უნიკალური შედგენილობით, რომელიც სპეციფიკურ გარემოს უქმნის მდინა-  
რის მიმდებარედ გაშენებულ ვაზს. აღნიშნული მიკროზონის ტერიტორიის ნიადაგური  
მახასიათებლები, ჩატარებული კვლევებიდან გამომდინარე, შესაძლებლობას იძლევა  
ვაზის ჯიში საფერავი გამოყენებულ იქნეს ღვინო „ქინძმარაულის“ წარმოებისათვის.

კვლევის მიზანს წარმოადგენს მდინარე დურუჯის ღვარცოფული გამონატანის  
შესწავლა და მისი შემდგომი გამოყენება ცნობილი ქართული ბრენდის „ქინძმარაულის“  
დასამზადებლად შესაფერისი ყურძნის – „საფერავის“ ვენახების ფართობების გაზრდის  
მიზნით.



**პირითადი ნაწილი**

საკვლე-სამეცნიერო კვლევების განხორციელების მიზნით კვლევის ობიექტად შერჩეულ იქნა: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის საცდელ-სამედიცინო ბაზები – გარდაბნის რაიონის სოფელ გამარჯვებაში და გორის რაიონის სოფელ კარალეთში; ქინძმარაულის მიკროზონაში არსებული თ. ნაზრიშვილის მსხმოიარე ვენახი და ბაღდათის რაიონის სოფელ მეორე ოხაში უშანგი კაკაურიძის საკარმიდამო ნაკვეთი [3].

ჩვენს მიერ გამოხადებულ იქნა მდ. დურუჯის ღვარცოფული გამონატანიდან კოლოიდური ფრაქციები, რომელთა დიამეტრიც ნაკლები იყო 1 მმ-ზე. თითოეულ უბანზე შეტანილ იქნა სუსპენზია 20, 40, 60 და 80%-ის შემცველობით, გარდაბნის რაიონის ბაზაზე ზემოთაღნიშნული სუსპენზია ასევე შეტანილ იქნა მსხმოიარე ვახის ფართობში, ხოლო საკვლე უბნებზე 2013 წლის მარტში დარგულ იქნა საფერავის ჯიშის ვახის ერთწლიანი ნერგები.

კვლევის ფარგლებში განხორციელდა მდინარე დურუჯის ღვარცოფული კოლოიდური გამონატანის გეოლოგიური და ქიმიური შემადგენლობის დადგენა.

მდ. დურუჯის გამონატანის კონუსიდან აღებული მყარი შედგენილობის ნიმუშების გრანულომეტრული ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია №1 ცხრილში, ხოლო გრანულომეტრიის ინტეგრალური მრუდის გრაფიკი კი ნაჩვენებია სურ. 1-ზე [3, 4].

**ცხრილი 1**

**სხვადასხვა რაიონის ნიადაგების მექანიკური შემადგენლობა**

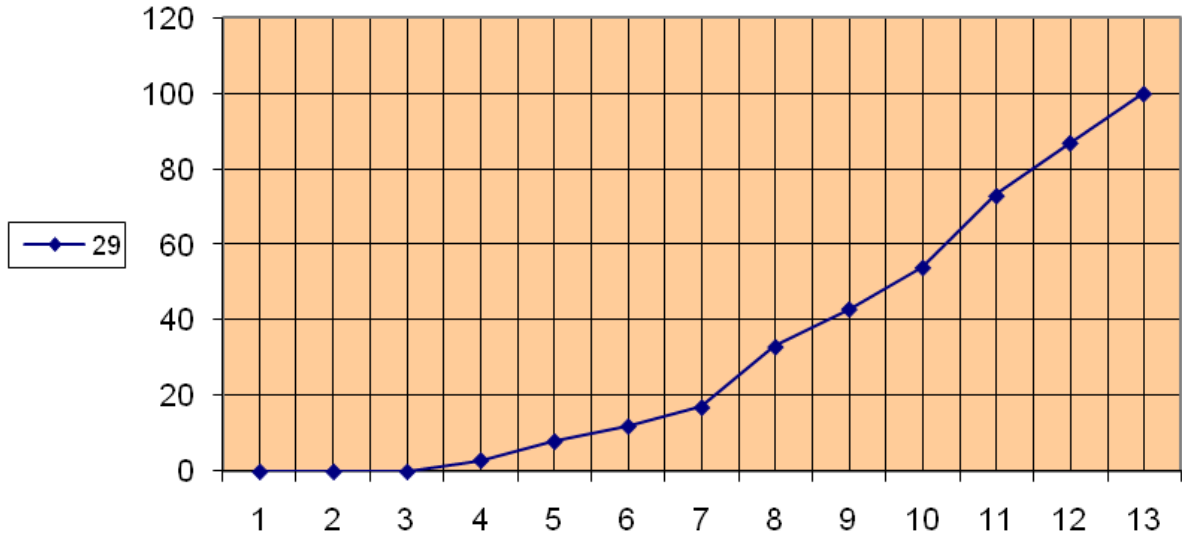
№	ნიადაგის ნიმუში	>10,0	7,0-10,0	5,0-7,0	3,0-5,0	2,0-3,0	1,0-2,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,1-0,25	0,06-0,0-1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	დურუჯის შლაში	21	17	11,5	13	5,6	12,5	8	6	4	1
2	ყვარელი	27	13	8,4	12,74	6,75	13,5	9,75	2,27	2,44	1,66
3	ბაღდათი	47	15	10,5	13,5	5	6	2,68	0,14	0,1	0,08
4	გარდაბანი	3,2	5	6,5	3,5	20,47	6	1,9	0,5	0,44	0,48
5	გარდაბანი შლამიანად	11,2	17,5	22,75	12,25	3,65	21	6,65	1,75	1,54	1,71
6	გორი	13	14	19	11	10	16	5	4	5	3

ღვარცოფული მასის სოფლის მეურნეობაში გამოყენების თვალსაზრისით ჩატარებული იყო კოლოიდური მასის ქიმიური ანალიზი, რომლის შედეგებიც მოყვანილია №2 ცხრილში (ქიმიური ელემენტების რაოდენობა მოცემულია %%-ში).

მდ. შავი დურუჯის წყალშემკრებ აუზში მთის ფერდობებიდან დენუდირებული მასის მოცულობის დასადგენად წელიწადის სხვადასხვა დროსა და კლიმატურ პირობებში ავიღეთ მდინარის წყლის ნიმუშები, რომელშიც განისაზღვრა შეტივანარებული ნატანის რაოდენობა (მგ/ლ-ში).

გარდაბნის რაიონის ნიადაგების თეორიული გაცნობის შემდეგ მოვახდინეთ ტერიტორიის შერჩევა საექსპერიმენტო პოლიგონის მოსაწყობად. აღნიშნული ტერიტორიიდან ავიღეთ ნიადაგის ნიმუშები, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის წყლისა და ნიადაგის ლაბორატორიაში

განხორციელდა როგორც გეოლოგიური, ასევე ქიმიური ანალიზი. ანალოგიურად მოვიქვეციოთ გორის რაიონის საცდელ-საექპერიმენტო უბანზეც.



სურ. 1. მდინარე დურუჯის ღვარცოფული კოლოიდური გამონატანის გეოლოგიური შემადგენლობის ინტეგრალური მრუდი

ცხრილი 2

მდინარე დურუჯის ღვარცოფული კოლოიდური გამონატანის ქიმიური ანალიზის შედეგები

მდინარე დურუჯის კოლოიდური მასის ქიმიური შედგენილობა %-ში									
ნივთიერება	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
%	48.6	26.8	13.2	0.3	0.85	2.88	0.8	1.06	5.2

ბაღდათის რაიონში საექსპერიმენტოდ შერჩეულ იქნა სოფელი მეორე ობჩის ტერიტორია. როგორც სხვა საკვლევი ტერიტორიის შერჩევისას, ბაღდათის შემთხვევაშიც წინასწარ მოხდა ტერიტორიის დათვალიერება, ნიმუშების აღება და განხორციელდა გეოლოგიური და ქიმიური ანალიზი [4].

მოსამზადებელი სამუშაოების ჩატარების შემდეგ გარდაბანში, გორსა და ბაღდათში წინასწარ შერჩეულ საექსპერიმენტო ტერიტორიებზე მოვაწყვეთ საცდელი პოლიგონები, რომელიც წინასწარ დაყვავით 5 სექტორად: I სექტორში დაეტოვეთ ნიადაგი უცვლელად; II – სექტორში შევიტანეთ წინასწარ მომზადებული სუსპენზია 20%-ის; III სექტორში – 40%-ის; IV სექტორში – 60%-ის და V სექტორში – 80%-ის შემცველობით. შემდეგ დავრგეთ ერთწლიანი საფერავის ნერგები სქემით 3,0 × 1,5 მ-ზე.

ზემთ აღნიშნული სამუშაოების პარალელურად დაკვირვებები ვაწარმოეთ ასევე ვენახზე, სადაც წინასწარ, დანამატის სახით, შევიტანეთ დურუჯის ღვარცოფული კოლოიდური გამონატანი.

საანალიზოდ ავიღეთ ყურძენი, რომელიც მივიღეთ ჩვენს საექსპერიმენტო ბაზაზე და შესადარებლად ავიღეთ ის ყურძენი, რომელიც მოყვანილია ნიადაგზე, სადაც შლამი არ არის დამატებული. ჩატარდა ყურძნის მტევნების მექანიკური შედგენილობის ანალიზი, რომლის შედეგები მოცემულია ცხრილ 3-ში.

საფერავის მტევნის მექანიკური ანალიზის შედეგები  
 (№1, 2 – ბუნებრივ ნიადაგზე მოყვანილი ყურძნის მტევანი;  
 №3- ნიადაგზე, სადაც 20%-იანი სუსპენზია იყო შეტანილი,  
 №4, 5 – ნიადაგზე, სადაც 40%-იანი სუსპენზია იყო შეტანილი)

საანალიზო ნიმუშის №	მტევნის საშუალო წონა, გ-ით	მარცვლების საშუალო რაოდენობა მტევანზე	მტევნის შემადგენელი ნაწილები %-ით მტევნის საერთო წონასთან				100 მარცვლის წონა გ-ით	100 წიპწის წონა გ-ით
			წვენი	კლერტი	კანი	წიპწა		
1	146	95	83.2	3.5	9.2	4.1	145	4.2
2	166	120	80.1	4	9.7	6.2	138	3.6
3	99	84	82.6	3.4	10.3	3.7	136	4.1
4	134	121	85.7	4.8	9.48	5.97	156.8	3.29
5	147	108	87	3.5	5.9	3.4	120	3

ასევე ჩაუტარდა ქიმიური ანალიზი საცდელი ნაკვეთიდან აღებული ყურძნის დაწურვით მიღებულ ღვინო-მასალას, რომლის რიცხოვრივი მაჩვენებლები მოცემულია მე-4 ცხრილში.

საფერავის ღვინო-მასალის ძირითადი პარამეტრების ანალიზის შედეგები

ნიმუში	ეთილის სპირტის მოცულობითი წილი	ტიტრული მჟავის კონცენტრაცია	საერთო გოგირდოვანი მჟავის მასური კონცენტრაცია	აქროლადი მჟავების მასური კონცენტრაცია	საერთო გოგირდოვანი მჟავის მასური კონცენტრაცია	თავისუფალი გოგირდოვანი მჟავის მასური კონცენტრაცია	დაჟვანილი ექსტრაქტის მასური კონცენტრაცია	ფარდობითი სიმკვრივე
საფერავი (ქინძმარაულის მიკროზონა)	13,7	1,04	6	0,85	38	8	24,8	0,992
საფერავი (20 %-იანი სუსპენზიით)	9,8	0,95	4	0,78	35	6	20,5	0,880
საფერავი (40 %-იანი სუსპენზიით)	12,6	1,0	5,5	0,72	36	7,5	23,4	0,990
ნორმა	–	4,0	4,0	1,1	210	30	20	–

### დასკვნა

საველე კვლევის ანალიზის შედეგად დადგინდა, რომ იმ სავარგულებში, სადაც 60, 80%-იანი სუსპენზია იყო შეტანილი, მცენარეს ძალიან გაუჭირდა ვეგეტაცია. ხოლო იმ ფართობებზე, სადაც 20 და 40%-იანი სუსპენზია იყო შეტანილი, ოთხივე საკვლევ უბანზე მცენარემ არა მარტო გააძლიერა ვეგეტაცია, არამედ ზოგიერთ ვაზზე დაფიქსირდა ყურძნის ნაყოფი.

ქ. ყვარელში ქინძმარაულის მიკროზონის ყურძნისა და საკვლევ უბნებზე მოსხმული ყურძნის წვეწის ქიმიური ანალიზის შედეგებმა დაადასტურა, რომ ნაყოფი, რომელიც მიღებულია ნიადაგზე, სადაც შეტანილი იყო მდინარე დურუჯის 40% შემცველობის კოლოიდური ფრაქციის სუსპენზია, თავისი ქიმიური შემცველობით (ეთილის სპირტის მოცულობითი წილი, ტიტრული მჟავის კონცენტრაცია, საერთო გოგირდოვანი მჟავისა და აქროლადი მჟავების, საერთო გოგირდოვანი მჟავისა და თავისუფალი გოგირდოვანი მჟავის, დაყვანილი ექსტრაქტის ფარდობითი სიმკვრივე) თანხვედრაშია ქინძმარაულის მიკროზონის ყურძნის მონაცემებთან.

ჩატარებული კვლევის ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია გავუწიოთ რეკომენდაცია მდინარე დურუჯის კოლოიდური გამონატანის 40%-იანი სუსპენზიის შეტანას სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებში. აღნიშნული საშუალებას მოგვცემს გავზარდოთ ქინძმარაულის სავარგულების ფართობი, რაც ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტის მიღების გარანტიაა.

### ლიტერატურა

1. **Gavardashvili G.** The Field Investigation of Erosion and Debris Flow Processes in Catchment Basin of the Duruji River. //5<sup>th</sup> International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation, Mechanics, Prediction and Assessment. Padua, ITALY – 14-17 June 2011, pp. 63-71;
2. **გავარდაშვილი გ.** მდინარე დურუჯის აუზში ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების პროგნოზირება და მათი საწინააღმდეგო ახალი საინჟინრო-ეკოლოგიური ღონისძიებები. „მეცნიერება“, თბილისი, 2003 წ., 116 გვ;
3. **Supatashvili T.** Evaluation ecological condition of the river Duruji. //4<sup>th</sup> International Scientific and Technical Conference "Modern Problems of Water Management, Environmental Protection, Architecture and Construction", Tbilisi, 2014, pp. 231-233;
4. **სუპატაშვილი თ.** მდინარე დურუჯის ღვარცოფული კოლოიდური გამონატანის სასოფლო-სამეურნეო მიზნით გამოყენებისათვის მიმდინარე ექსპერიმენტის მიმოხილვა. //საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მუშრნეობის ინსტიტუტის შრომათა კრებული №69, თბილისი, 2014, გვ. 250-254.

### Environmental protection

## DETERMINATION OF PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETER OF RIVER DURUJI DEBRIS FLOW COLLOIDAL SEDIMENT AND USING IT FOR AGRICULTURAL PURPOSE

**T.L. Supatashvili**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia  
E-mail: [tamunasupatashvili@gmail.com](mailto:tamunasupatashvili@gmail.com)

**Abstract.** In article is considered research of physical chemical parameter of river Duruji colloidal sediment and implemented experiment by using noted sediment. On the base of received results is presented conclusions and recommendation.

**Keywords:** debris flow; colloid sediment; Kindzmarauli.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
СЕЛЕВО-КОЛЛОИДНОГО НАНОСА Р. ДУРУДЖИ И  
ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЦЕЛЯХ**

**Т.Л. Супаташвили**

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия  
**E-mail: gogachaxia@mail.ru**

*Аннотация.* В статье рассмотрены исследования параметров селево-коллоидного наноса р. Дуруджи и осуществленный эксперимент с применением упомянутого наноса. На основе полученных результатов представлены заключения и рекомендации.

*Ключевые слова:* сель; коллоидный нанос; Киндзмараули.

## ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРОЕКТИРУЕМЫХ МГЭС НА РЕКЕ ГЕХИ И ЕЕ ПРИТОКАХ

**В.О. Токмаджян**

Национальный политехнический университет Армении  
ул. Терьяна, 105, г. Ереван 0009, Армения  
E-mail: [tokmajyanv@gmail.com](mailto:tokmajyanv@gmail.com)

**Аннотация.** Строительство каскада МГЭС в бассейне р. Гехи предполагается осуществить на реках Аджибадж (4 станции), Кард (4 станции) и Кирс (1 станция), которые являются основными притоками реки Гехи. На основе исследований нами предложены соответствующие рекомендации.

**Ключевые слова:** вода; гидроэнергетика; расход; рыбоход; водоснабжение.

### ВВЕДЕНИЕ

Гидротехнические сооружения относятся к числу наиболее распространенных среди сложных и ответственных инженерных объектов [1].

Строительство каскада МГЭС в бассейне р. Гехи предполагается осуществить на реках Аджибадж (4 станции), Кард (4 станции) и Кирс (1 станция), которые являются основными притоками реки Гехи. Все МГЭС деривационные. Основные технические характеристики предлагаемых к строительству станций приведены в табл. 1.

Ориентировочная схема расположения предложенных станций показана на рис.1. Там же показана схема расположения МГЭС Гехи, разрешение на водопользование которой выдано ранее, и, которая уже имеет лицензию на строительство. На схеме также видно расположение водохранилища Гехи, объемом 15 млнм<sup>3</sup>, с указанием зоны распространения подпора при полном наполнении водохранилища.

Как видно из схемы, станции на р. Кард и р. Аджибадж практически полностью перекрывают русла рек до их верхних течений, а на р. Кирс примерно на 50% – в его низовьях.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Река Гехи является левобережным притоком р. Вохчи. По своей водности и протяженности (30км) она является самым значимым притоком р. Вохчи. В 90-х годах на р. Гехи, ниже села Гегаванк была построена плотина высотой 80м, которая образует водохранилище полным объемом 15млнм<sup>3</sup>. Водоохранилище предназначено для обеспечения промышленного водоснабжения медно–молибденового комбината г. Каджаран. До настоящего времени водохранилище наполнялось лишь до уровня мертвого объема вследствие разных технических проблем. Однако в 2015 г. намечается полное наполнение водохранилища. Строительство высокой плотины Гехи по сути разорвало гидробиологическую связь между р. Вохчи и р. Гехи в створе плотины. Создание водохранилища Гехи по сути создает обособленную гидробиологическую среду, куда входит водохранилище и река Гехи выше водохранилища со всеми ее притоками. Такое образование, в первую очередь, значимо с ихтиологической точки зрения.

**Таблица 1**

**Основные технические данные МГЭС, проектируемых на р. Гехи**

Показатели	Единицы измерения	Кард-1	Кард-2	Кард-3	Авраэнергохолдинг			Ачабач-3-1		Ачабач-3	Ачабач-3
					ГХ-1 Ачабач	ГХ-2 Кард	ГХ-3 Кирс	ГХ-1 Ачабач	ГХ-2 левый приток		
Используемый энергетический поток	млн. м	19.31	21,77	22,8	42,17	35.67	18.57	22	16.9	20.8	38.4
Расчетный поток	м/сек	1.5	1.7	1.8	3.6	2.5	1.6	1.5	1.4	1.8	3.4
Расчетное давление	м	101.8	174.8 5	248.55	183	214.3	131.3	203.6	121.6	161.73	129.1
Установленная мощность	кВт	1222	2378	3579	5272	4286	1681	2443	1362	2329	3513
Установленная длина	м	1455	1150	3250	4250	3280	2230	1645	1565	2100	2380
Установленный диаметр	мм	0.82	1020	1020	1220	1220	1020	820	820	1020	1220
Количество агрегатов	кол	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Производство годовой электроэнергии	млн. кВтч	4638	8559	13050	18176	17388	5600.0	10290.0	4813	7638	11482
Сметная стоимость строительства без НДС, в долларах США	млн. драм	573.6	1053	1657.6	5181.1			1743.3		1073.3	1560
Вложение удельного капитала: для расположенного квт, для 1 кВтчас электроэнергии	тыс. драм	469.4	442.8	463.2	461			458.15		460.8	444.1
	драм	123.7	122.1	127	125.9			115.4		140.5	135.8
Себестоимость 1 квт/час электроэнергии, драм		1.97	6.5	6.2	5.6			5.8		7.5	6.7
Длительность строительства	месяц	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36

Практика строительства водохранилищ показала что они приводят к существенному увеличению валового количества рыб, иногда сопровождающееся снижением видовой их ценности. Причем, количество рыбы может доходить до значимых с промышленной точки зрения. Об этом свидетельствует опыт строительства Ахурянского, Кечутского, Гергерского, Апаранского и др. водохранилищ.

К сожалению, во многих из приведенных случаев необдуманное хозяйствование привело к серьезно-му истощению рыбных запасов. В любом случае, по мере наполнения водохранилища Гехи, следует ожидать образования определенной видовой популяции рыб. Для многих из них совершенной необходимостью будет возможность миграции вверх по р. Гехи и притокам, а также наличие нерестилищ в верховьях реки.

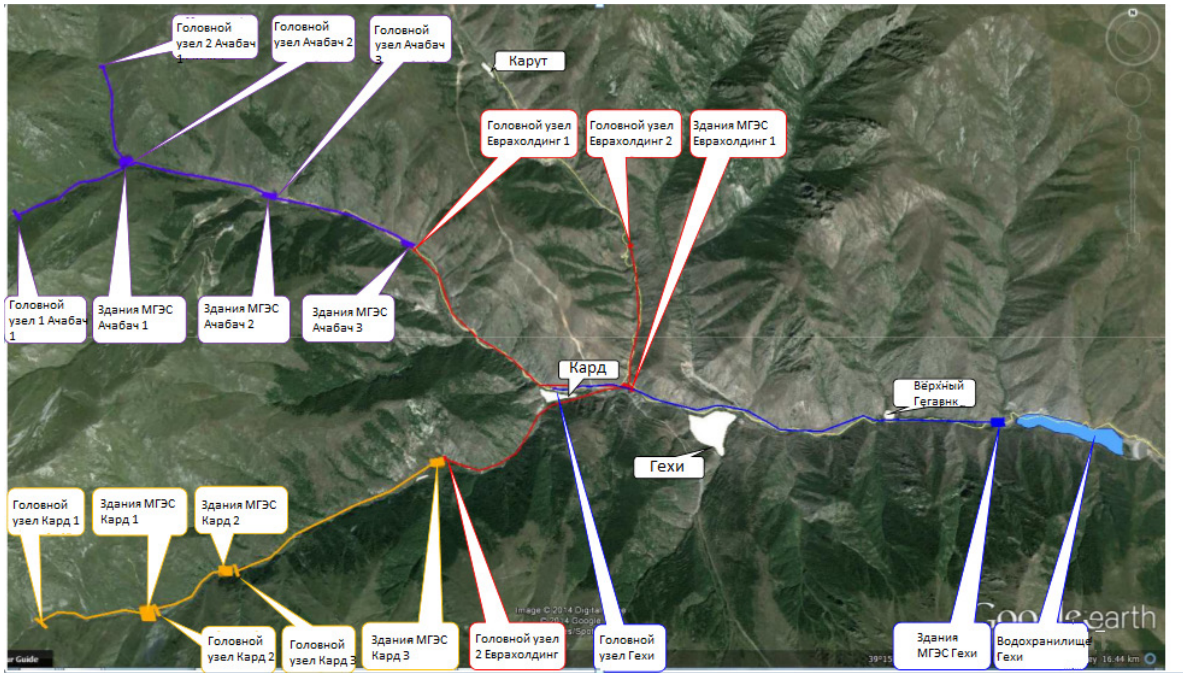


Рис. 1. Схема размещения МГЭС на р. Гехи и ее притоках

Строительство каскада МГЭС на реках выше водохранилища с такой плотностью может привести к абсолютной ликвидации нерестилищ для популяций речных рыб, встречающихся в реке Гехи и ее притоках, и к существенному усложнению их миграции. Но более опасна ликвидация условий для нереста рыбной популяции водохранилища Гехи, которая в таких условиях может формироваться только из непроходных рыб. Это приведет к сокращению возможных рыбных запасов водохранилища в несколько раз.

**Водоснабжение города Капан.** Основное водоснабжение г. Капан производится из родниковых образований и притоков р. Гехи. В частности, одним из источников водоснабжения является р. Кард в ее нижнем течении. В устьевой части р. Кард, после забора воды на питьевое водоснабжение, практически отсутствует вода. Между тем, по проекту, в октябре намечается осуществить водозабор для ГЭС 380 л/с, при этом оставив в реке 180 л/с воды. При этом не понятно, что оставляется для питьевого водоснабжения. Не лучше обстоит вопрос с многоводностью р. Кирс. Вместе с тем в предварительной оценке не совсем удачно выбраны также расчетные расходы станций. Достаточно отметить, что осредненный показатель выработки всех предложенных станций составляет 0.39, а самый низкий 0.35. При таких показателях и действующем в республике тарифе, весьма сомнительна эффективность этих станций. Достаточно отметить, что согласно проекту закона о ВИЭ России, льготы для возобновляемой энергетики не распространяются на станции с показателем выработки менее 0.45.

В табл. 2 приведена обобщенная оценка положительных и отрицательных воздействий при осуществлении проекта в представленном виде.



**Таблица 2**

<b>Положительные воздействия</b>	<b>Отрицательные воздействия</b>
1. Выработка экологически чистой электроэнергии	1. Снижение проходимости рек и практически опасность полного уничтожения нерестилищ на р. Гехи и притоках.
2. Повышение энергетической независимости региона (в случае установки современного оборудования с возможностью островной работы)	2. Серьезная угроза становлению биологической и, в особенности, ихтиологической инфраструктуры водохранилища Гехи
3. Создание дополнительных рабочих мест для местного населения в период строительства и последующей эксплуатации	3. Риски по обеспечению водоснабжения г.Капан
	4. Снижение туристической привлекательности региона
	5. Повышение риска загрязнений рек на локальных участках вследствие снижения транзитного расхода чистой воды в них
	6. Повышенный риск экологических нарушений в процессе проведения строительных работ

Следует провести более серьезные гидрологические исследования для обоснования предлагаемых проектов. В частности, рекомендуется при обосновании мощности и выработки станций, расчеты вести не по среднемесячным, а по суточным данным наблюдений за расходами воды. При обосновании расходов станций следует учитывать также перспективное водоснабжение г.Капан и селений региона.

### **ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Перед выдачей разрешений на строительство МГЭС по предложенной программе, следует провести серьезные исследования по оценке воздействия их на окружающую среду. При этом, ни в коем случае нельзя рассматривать указанные проекты в отдельности, а должна быть проведена оценка для всей экосистемы водохранилища Гехи, реки Гехи и ее притоков совместно.
2. Рекомендуется провести специальные ихтиологические исследования водохранилища и реки Гехи с притоками, на основании которых нужно пересмотреть схему энергетического использования рек. При этом, если нижняя станция на р. Гехи уже имеет лицензию на строительство, то для верхних вновь предлагаемых схемах весьма важно пересмотреть схему таким образом, чтобы на притоках - оставить участки для нерестилищ.
3. Следует весьма серьезно проводить экологическую экспертизу проектов, включая проект строительства МГЭС на р. Гехи. При этом, особое внимание следует обращать на конструкции рыбоходов, дабы исключить фиктивное их исполнение, не обеспечивающее проход рыб.
4. Следует пересмотреть проект осуществления МГЭС Евроэнергохолдинг и привести его в соответствие с ранее выданным разрешением на водопользование МГЭС Гехи.

5. Вне зависимости от осуществимости проектов следует обязать медно-молибденовый комбинат построить рыбоход на водозаборе, возведенный на р. Гехи выше водохранилища.
6. Следует провести дополнительные гидрологические исследования на реках с учетом суточных расходов, при этом рекомендуется на участках предполагаемых водозаборов, установить временные гидропосты и проводить измерения до окончательного утверждения проектов.
7. В проекте всех станций следует изучить возможность установки рыбозаградителей на водозаборах МГЭС.

### Литература

1. Векслер А.Б., Ивашинов Д.А., Стефанишин Д.В. Надежность, социальная и экономическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений //С-П(б), изд. ВНИИГ, 2002, 592 стр.

### Reliability and risk hydraulic engineering constructions

### EVALUATION OF SMALL HYDROPOWER PLANTS PROJECTS INFLUENCE ON GEKHI RIVER AND ITS TRIBUTARIES ENVIRONMENT

V.H. Tokmajyan

National Polytechnic University of Armenia  
109, Teryan str., Yerevan, Armenia  
E-mail: tokmajyanv@gmail.com

**Abstract.** Construction of the small hydropower plants cascade in the Gekhi River basin is supposed to implement on the rivers Ajibaj (4 stations), Kard (4 stations), and Kris (1 station) which are primary tributaries of the Gekhi River. On the basis of research we have carried out suggested recommendations.

**Keywords:** water; hydropower; flow; fish way; water supply.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАЗРУШЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН

О.В. Токмаджян, П.О. Балджян, Г.И. Карапетян, М.М. Мкртумян

Национальный политехнический университет Армении  
ул. Терьяна, 105, г. Ереван 0009, Армения  
E-mail: [rector@seua.am](mailto:rector@seua.am); [baljyan-1951@list.ru](mailto:baljyan-1951@list.ru)

**Аннотация.** Как показывает статистика аварий гидротехнических сооружений, разрушения и потери, возникшие в результате развала плотин можно сопоставить с последствиями естественных катастроф.

Возможны два варианта разрушения земляных плотин, для которых и составлены математические модели:

- вся плотина разваливается за очень короткое время,
- полное или частичное разрушение плотины происходит в течение времени, в результате размыва потоком.

В предложенных моделях заметны два недостатка: первый – закономерности размыва стен и дна проема принимаются одинаковыми, второй – количество размывшего грунта из тела плотины оценивается по одной из формул, предложенных для русловых потоков.

С целью устранения указанных недостатков разработаны новые подходы. Результаты разработок позволяют предложить наиболее усовершенствованную и новую методику по прогнозу параметров процесса разрушения земляных плотин.

**Ключевые слова:** земляная плотина; разрушение; поток; грунт; методика расчета.

### ВВЕДЕНИЕ

Образовавшиеся в результате смыва и разрушений плотин, катастрофические потоки наносят огромный ущерб. Как показывает статистика аварий гидротехнических сооружений, только по количеству человеческих потерь эти аварии сопоставимы с последствиями стихийных бедствий. Из многочисленных аварий рассмотрим некоторые крупные. В 1963г. в итальянских Альпах 262-х метровая плотина реки Вайонт была частично размыва и прорывной поток унес жизни десятков тысяч людей. В Китае 1973г., из-за 118 метровой рухнувшей плотины ГЭК Байцао погибло 30 тысяч людей. Десятки тысяч людей погибли и миллиарды долларов убытков нанесли паводковые потоки, образовавшиеся после разрушения плотин: в 1986г. в США на водохранилище Дантон (река Висконсин); в 1993г. в России на Киселёвском водохранилище (реки Каква); в 2010г. на водохранилище в Китае (река Фухе) и в Пакистане (река Индос). Многовековой опыт эксплуатации гидротехнических сооружений показывает, что более часто подвергаются разрушению малые и средние земляные плотины [1, 2].

Разрушение плотин обычно вызвано следующими причинами:

- из-за неприемлемого роста фильтрационных вод через тело плотины;
- из-за ошибки проектирования, сейсмических ударов или из-за мощных механических воздействий, вследствие чего, нарушается устойчивость плотины;
- при переливании потока через гребень земляной плотины, происходящее, когда, в полностью

заполненном водохранилище, начинается внезапное поступление катастрофических расходов или в нем образуются высокие волны.

Изучения явлений разрушения гидросооружений и сопутствующих им процессов, является наиболее сложной задачей гидродинамики. В случае земляных плотин, круг исследуемых задач определенно расширяется. Возникает необходимость правильного представления математической модели трудно прогнозируемого процесса размыва тела плотины. Возможно, по этим причинам проблема является малоизученной. Отсутствуют надежные рекомендации, направленные на решение этой проблемы, хотя она имеет большое практическое значение. В математических моделях, составленных для описания процесса разрушения земляных плотин, принимается один из двух возможных вариантов [3÷5]:

- мгновенный обвал всей плотины;
- частичное или полное разрушение плотины, происходящее с течением времени из-за размыва, начатого с любой части тела плотины.

Как показывает статистика аварий гидроузлов, даже в случае небольших плотин, первый вариант разрушений, в практике происходит крайне редко.

Разработанные модели для второго случая основаны на следующих общих положениях (гипотезах): размыв тела плотины начинается (вызван) по причине образования в ее гребне первоначального проема, по которой и происходит истечение жидкости. При этом расход истечения определяется условием водослива с широким порогом, а для определения количества смывшегося грунта берется определенная формула для расхода наноса. Выбирается шаг расчета, и для каждого промежутка времени определяются объемы соответственно вытекшей из водохранилища воды и размывшегося из тела плотины грунта, до момента полного опорожнения водохранилища.

В предлагаемых моделях наблюдаются два основных недостатка: во-первых, закономерности постепенного смыва боковых стен и дна, первоначально образовавшегося в теле проема, принимаются одинаково, во-вторых, что гораздо более серьезно, количество размываемого грунта с тела плотины оценивается по определенной формуле, предложенной для расчета расхода русловых наносов [6÷8].

Анализ и оценка последствий этих недостатков, а также предложения по их коррекции будут приведены ниже.

## ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ И МЕТОДИКА

Целью данной работы является усовершенствование модели, описывающих процесс размыва и разрушение земляных плотин, а также рекомендации по их использованию.

Кратко изложим постановку задачи: на реке, имеющей известные русловые характеристики, установлена плотина определенных размеров. Образованное перед ней водохранилище заполнено до глубины  $H_0$  (рис. 1). Предположим, что по причине какого-то воздействия на гребне плотины возник проем, имеющий размеры  $h_0, b_0$ . Через него начинается истечение воды из водохранилища и размыв грунта плотины. Размеры проема постепенно увеличиваются, приобретая текущие значения  $h, b$  (рис. 2). Ход развития размыва проема, и следовательно, процесс разрушения тела плотины обусловлены достоверностью принятых положений и закономерностей, точностью определения расходов вытекающей жидкости и размываемого грунта, надежностью исходных характеристик и т.д.

Ныне какая-нибудь обоснованная концепция, описывающая процесс размыва грунта в образованном проеме плотины неизвестна, поэтому рядом авторов предлагается наиболее общая гипотеза; расширение каждой стены, а также днища проема – происходит по разным закономерностям.

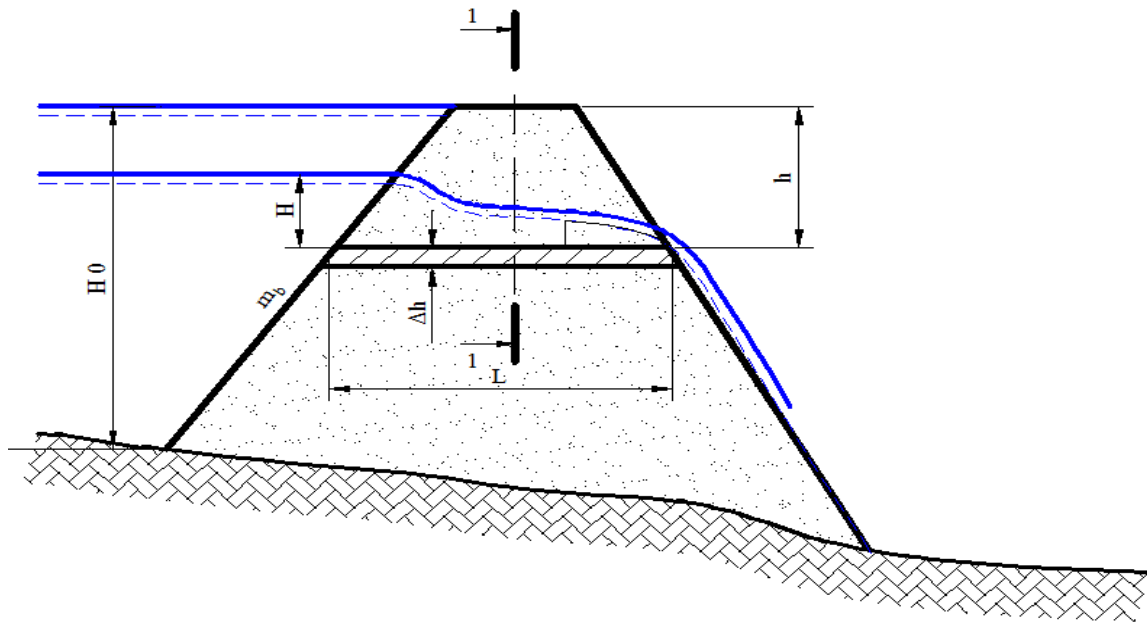


Рис. 1. Продольное сечение плотины и водохранилища

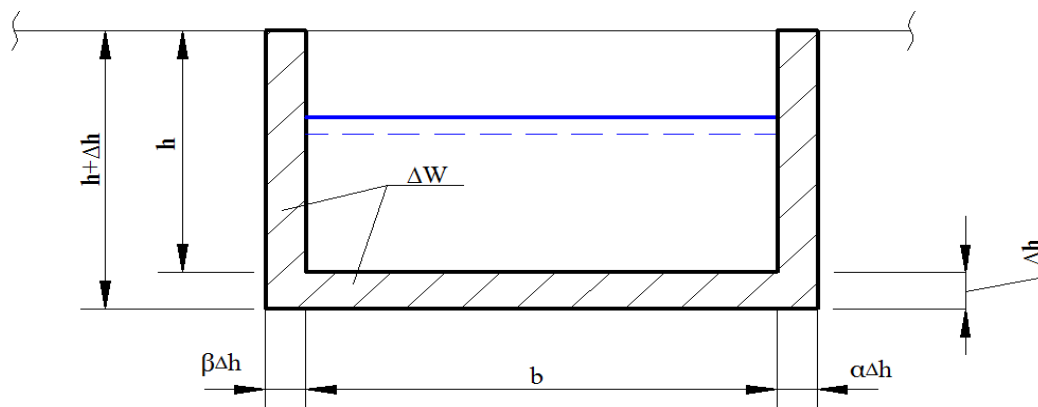


Рис. 2. Схематическое изображение размыва тела плотины

Тогда, в частности, в первом шаге размеры  $h$  и  $b$  могут быть определены следующими выражениями:

$$h = h_1 = h_0 + \Delta h, \quad (1)$$

$$b = b_1 = b_0 + \alpha \times \Delta h + \beta \times \Delta h, \quad (2)$$

где  $\Delta h$  – линейное приращение размыва по вертикальному направлению за элементарный отрезок времени  $\Delta t$ ;  $\alpha \times \Delta h$  и  $\beta \times \Delta h$  – прирост ширины проема в противоположных направлениях за то же время,  $\alpha$  и  $\beta$  – коэффициенты, определяемые исследованиями (естественными и лабораторными) или другими надежными способами.

Что касается определения количества грунта (расхода наносов), выносимого потоком в ходе размыва, необходимо отметить, что оно обусловлено рядом факторов [7,8]. Известно, что эта величина играет важную роль при решении различных задач прикладной гидродинамики (русловые преобразования, процессы, происходящие у речных сооружений, противоселевые мероприятия и т.д.). Тем не менее, проблема правильного определения расхода наносов остается в ряду наиболее

некорректно решенных задач. Качественные и количественные анализы показывают, что при одинаковых исходных условиях величины  $Q_T$ , рассчитанные по разным формулам, сильно отличаются друг от друга [7]. Иногда расхождения доходят до 600%. При этом отсутствует такой состав формул, который для различных диапазонов изменения параметров потока, наносов и русла, показал бы близкие друг другу результаты. Это означает, что при использовании предложенных формул, их ошибка автоматически переходит на разработанный новый метод.

Для оценки количества наносов более удобно в уравнениях использовать безразмерную наносонесущую способность потока или его концентрацию  $S_0$  (соотношение объемного расхода наносов и расхода двухфазной жидкости), т.е.

$$S_0 = \frac{Q_T}{Q_B + Q_T}, \quad (3)$$

где  $Q_T$  и  $Q_B$  – объемные расходы наносов и жидкости ( $m^3/c$  или л/с).

Иногда безразмерную величину  $S_0$  представляют в размерном виде –  $S$  ( $кг/м^3$ ), который получается, если в выражении (1) значение расхода  $Q_T$  поставить единицу массовой величины ( $кг/с$ ).

Вышеприведенные толкования дают основания в математических моделях ряда практических задач для определения наносонесущей способности потока не выбирать конкретную формулу. Вместо этого намного целесообразно и надежно задачу решить на фоне постепенного изменения значений  $S_0$ , которые охватывают их весь интервал.

Такой подход позволяет при любых изменениях количества наносов или грунта (в их числе, несомненно, войдут условия, соответствующие для данной задачи) получить всевозможные решения. Это дает исключительную возможность в решениях задачи прогнозировать любой неблагоприятный поворот, который может произойти в последствии экстремальных изменений, в естественных или искусственных условиях.

Результаты расчетов, проведенных для прогнозирования изменений параметров ряда русловых явлений, свидетельствуют, что при выбранных значениях расхода наносов, различающихся друг от друга даже порядком, полученные решения существенно не отличаются. Для турбулентного потока в таблице приведены возможные значения наносонесущей способности потока в безразмерном и размерном виде. Для каждого значения верхней строчки необходимо выполнить соответствующие расчеты для установления параметров размыва грунтов плотины и отложений водохранилища, а также для решения других задач руслового процесса. После этого результаты расчетов анализируются, и выбирается подходящий и надежный вариант решения данной задачи.

Таблица

Значения наносонесущей способности турбулентного потока

Объемная (безразмерная) наносонесущая способность потока – $S_0$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Наносонесущая способность в единицах массы – $S$ ( $кг/м^3$ )	270	540	810	1080	1350

Таким образом, методы, предложенные для описания разрушения тела плотины, приобретут наибольшую надежность, если в общей модели явления использовать предлагаемые новые положения и подходы по установлению размеров размываемого проема и расхода смытого потоком грунта плотины. В рамки сопутствующих процессов входят: истечение жидкости из водохранилища, понижение уровня водохранилища, движение потока в русле реки после плотины и т.д. Расчетные

методы их параметров, в основном, классические. В частности, расход жидкости, истекающий через проем плотины, правильно определить формулой водослива с широким порогом:

$$Q_B = m_0 b \sqrt{2g} H^{3/2}. \quad (4)$$

В начальной стадии истечения водослив не погружен, но с увеличением размеров проема, а следовательно и истекаемого расхода, водослив становится погруженным. Эти два состояния устанавливаются путем сопоставления глубин перед и после водослива.

При истечении определенного объема воды из водохранилища размер понижения его уровня  $\Delta H$  и, следовательно, глубина оставшейся в водохранилище воды рассчитываются с помощью зависимости между объемом и глубиной воды в водохранилище  $W = f(H)$ .

Определение гидравлических параметров участков реки, находящихся ниже плотины, выполняется классическим методом, предложенным для равномерного движения, принимая, что в условиях переменного по времени расхода истечения в каждый отрезок времени  $\Delta t$ , имеем определенный расход воды.

В исследованиях, кроме перечисленных задач, особенно важно установление границ, затопленных территорий в условиях формирования максимального и катастрофического расхода [6]. Для этого, необходимо иметь топографические, достоверные данные нижних участков реки и ее прибрежных территорий.

На основе приведенных выше положений, расчетных зависимостей и других данных для каждого значения наносонесущей способности потока  $S_0$  расчет параметров, характеризующих процесс разрушения плотины, выполняется нижеизложенной последовательностью.

В первом варианте берется –  $S_0 = 0,1$ .

Первый шаг:

- выбираются начальные размеры проема –  $h_0, b_0$ ,
- выбирается элементарная толщина смыва проема плотины  $\Delta h$ , чем меньше она, тем точность расчета выше (например, принимаем  $\Delta h = 0,1$  м),
- с учетом схем, приведенных на рис. 2 и 3, а также связей (1) и (2) определяется элементарный объем размыва грунта  $\Delta W_S$ , соответствующий толщине смыва  $\Delta h$ ,
- рассчитывается стекающий из водохранилища тот убуем воды  $\Delta W$ , который необходим для размыва грунта плотины с вышеуказанным объемом, учитывая, что при  $S_0 = 0,1$ , доля наносов в потоке составляет:  $\Delta W = 10 \Delta W_S$ ,
- соотношением величин  $\Delta W$  и  $Q$  рассчитывается отрезок времени  $\Delta t$ , необходимого для истечения данного объема из проема,
- по величине уменьшения объема воды  $\Delta W$  и переменного расхода истечения  $Q$  рассчитываются, соответственно, размер понижения уровня воды в водохранилище и глубина потока, установленная в нижнем от плотины участке реки.

Во втором шаге, исходными берутся расчетные величины, полученные из первого шага. Аналогичные расчеты выполняются и для последующих шагов. Они продолжаются до тех пор, пока водохранилище полностью не опорожняется.

Во втором варианте, указанные расчеты выполняются при значении  $S_0 = 0,2$ . И так для всех остальных вариантов. По анализу полученных результатов выбираются те варианты, которые более близки к действительной задаче. По расходам наиболее опасного варианта осуществляются расчеты для установления границ затопленных территорий.

---

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Предложены общие закономерности для установления поперечных размеров проема размыва в теле земляной плотины.

Предложен универсальный подход для учета расхода (количества) грунта смытого потоком с тела плотины.

Результаты разработок позволяют предложить усовершенствованную и наиболее надежную методику для расчета параметров в процессе разрушения земляных плотин.

## Литература

1. npp-aquarius.ru/osnnaprdeyat/hydrav/chis/
2. www.youtube.com/watch?v=vjaspfcww6c
3. Методические рекомендации по расчету развития гидродинамических аварий на накопителях жидких промышленных отходов. РА 03-607-03. М.: 2003 г.;
4. Spenser E. A Method of Analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-slice Forces. //Geotechnique, 1967, v.17, №1, pp. 11-26;
5. Учет сейсмических воздействий при проектировании гидротехнических сооружений. П17-85, ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, ГИДРОПРОЕКТ им. С.Я. Жука, ГрузНИИЭГС. Л.: 1986 г.;
6. Методика расчета зоны затопления и оценки выноса гидродинамической аварии на золоотвалах ТЭС. СОЗ.21.574 – ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Л.: 2005 г.;
7. Балджян П.О., Карапетян Г.И., Келеджян О.Г., Григорян. Об определении наносонесущей способности потока в недеформируемых руслах горных рек. //Вестник ЕГУАС, №3, Ереван, 2011 г., стр. 21-25;
8. Дебольский В.К., Зайдлер Р., Массель С. и др. Динамика русловых потоков и литодинамика прибрежной зоны моря. М.: Наука, 1994, 324 стр.

## Hydraulic engineering and irrigation

### IMPROVEMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF DESTRUCTION OF EARTH DAMS

**H.V. Tokmajyan, P.O. Baljyan, G.I. Karapetyan, M.M. Mkrtumyan**

National Polytechnic University of Armenia

109, Teryan str., Yerevan, Armenia

E-mail: [rector@seua.am](mailto:rector@seua.am); [baljyan-1951@list.ru](mailto:baljyan-1951@list.ru)

**Abstract.** As the statistics of accidents of hydraulic engineering constructions shows, destructions and the losses which have resulted from disorder can be compared with consequences of natural accidents. Two variants of disorder of earthen dams exist for which mathematical models are made when all dam collapses at once are made possible and during time dam disorder is carried out completely or in part. In the offered models two drawbacks are noticed: the first – law of washout of walls and an aperture bottom is accepted equally, the second – the quantity of the washed away ground from a dam body is estimated under the formula offered for an exit of deposits.

For the purpose of elimination of the specified lacks new approaches were offered. Results of workings out allow to offer the most advanced and new technique for calculation of parameters in the course of destruction of earthen dams.

**Keywords:** earthen dam; destruction; stream (flow) ground, calculation procedure (design procedure).



## ADSORPTION AS THE CHOICE FOR SEWAGE TREATMENT FROM ETHERS OF PHOSPHORIC ACID

G.H.Torosyan,<sup>1</sup> M.A. Ayryants,<sup>2</sup> Ye.G. Torosyan,<sup>3</sup> V.A. Davtyan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>National Polytechnic University of Armenia  
109, Teryan str., Yerevan, Armenia  
**E-mail: gagiktorosyan@seua.am**

<sup>2</sup>Yerevan State Medical University after Mkhitar Heratsi  
2 Koryun str., Yerevan, 0025, Armenia  
**E-mail: info@ysmu.am**

<sup>3</sup>European regional educational academy, environmental department

<sup>4</sup>Ministry of Nature Protection of the Republic of Armenia,  
Water Resources Management Agency  
Republic Square, Government House 3, 0010 Yerevan, Armenia

**Abstract.** It has been investigated the sorption of some organophosphorus compounds – Armin, Malathion from water solutions. It was found that adsorption of that compounds higher for H-zeolites and the activated carbon prepared of date pit. Here are included the preparation of some sorbents which is have higher sorptive activity.

Based on obtained data, it was suggested that the physical adsorption takes place under the influence of Van der Waals forces, adsorption activity of the sorbent increases depending on the size and specific surface area of the adsorbents.

The results obtained can be the basis for selective determination of phosphoric acid esters by chromatographic methods. At the basis of provided investigation has been concluded, that proposal method also can allows for identify toxicological point of view and quantify the chemical compounds. The latter is an important task of forensic chemistry in scientific pursuits, where touching the problem of chemists and doctors.

**Keywords:** phosphoric acid ethers; armin; malathion; adsorption; zeolites; activated carbon.

### INTRODUCTION

Nowadays the problem of removal of hydrocarbons from wastewater stream is becoming more actually. The concentrations of hydrocarbons, particularly of phosphoric acid esters in wastewater are increased rapidly due a medical and agricultural development. Some of phosphoric acid esters have been identified as human carcinogens.

A lot of research groups are engaged in the recovery and the introduction of drugs on the basis of organophosphorus compounds (OPC) [1]. Over a long tradition of application are agrochemicals, herbicides, pesticides, derived from organophosphorus compounds. OPC have a set of properties – high solubility, toxicity, high mobility in the environment are also one of the most common pollutants of wastewater. Esters of phosphoric acid are used extensively OPC is due both to their high activity, and a more or less low toxicity and stability in comparison with other OPC [1-4]. It should be noted that phosphoric acid esters are high boiling liquids, very slowly hydrolysable by water. Given this fact, as well

as their toxicity, the selection of these substances from the water is an important process.

However, the widespread use in practice OPC caused increased risk of poisoning them. Diligently employed OPC in agricultural work – malathion, metaphos, thiophos, trichlorfon, phosphamide and others – are highly toxic for human health [2, 3].

It is known that a strong toxicity and an exceptionally high biological and physiological activity of OPC served as the basis for their use as agents for chemical weapons [2-4]. At the same time it should be noted that the creation of medicines on the basis of OPC is almost 1.5 times faster than the growth in the number of medicines without phosphorus. Drugs in this group have strong anticholinesterase activity and are irreversible cholinesterase inhibitors. One of them is Armin, which is useful for the treatment of glaucoma, a tranquilizer, for the topical treatment of infectious and inflammatory and allergic diseases of the skin and mucous membranes, rendering the tumor antimetabolic action [4].

Pesticides, wide phosphoric acid esters, cannot be removed by conventional gravity separation technology. The application of treatment technologies to remove pesticides from the produced water would present to the operators a higher degree of complexity, risk and cost to the operations and potentially reduce the viability of many mature operations.

Malathion is most intensively used pesticide all over world that is caused both high activity – low toxicity and stability in comparison with others OPC pesticides. Malathion can get to water as a result of washing away from soil, and also at washout from plants. The quantity arriving of malathion in hydrosphere is defined also by aero-processing, pollination agricultural and other.

Despite the rapid development of new methods for removing organic compounds from aqueous media, the most appropriate method of treatment remains adsorption with application of inorganic and organic adsorbents [5-8]. Current treatment processes usually involve also biological degradation or chemical oxidation of the waste organics.

Adsorption became one of leading methods and means of chemistry, chemical technology, in permission of ecological problems, in processes of the food-processing industry and others [5-8]. Carbon adsorbents receive from every possible material which contains in largest or smaller quantity the difficult organic compounds capable under certain conditions to form the firm carbon rest [5]. Active coals have well developed porous structure and the big specific surface (to 1000 m<sup>2</sup>/g) [5, 6]. Carbon adsorbents apply first of all for dryness, clearings and divisions of gases, treatment of waste and natural waters, in processes of extraction of precious metals, deactivations polluted radionuclide solution, to allocation of the harmful impurity which are in atmosphere in small concentration, as carriers of catalysts and even for the analysis of the difficult mixes differing only by isotope structure.

Activated carbons are used routinely in the drinking water and wastewater treatment industries to remove principally organic contaminants [5, 7, 8]. Activated carbon is manufactured from a variety of sources; primarily coal, wood, lignite, and coconut shells [5, 7, 8]. The process includes first carbonizing the raw material at low temperatures, and then activating the carbon in a high temperature steam process. Any volatile content inside the carbon is burned, leaving a beehive-like structured carbon with a high volume of pores and a large surface area. PAC (powdered activated carbon) is prepared by a pulverizing action, leaving a very fine powder. GAC (granular activated carbon), is in granular form and has great mechanical strength [5, 7].

## MATERIALS, DEVICES AND METHODS

**Armin (Arminum).** Ethyl, p-nitrophenyl ester of methylphosphonic acid.

INN: Etilnitrofeniletilfosfonat molecular weight of 259.

ATC code: N07AA

Farm Group: cholinesterase inhibitor.

Pharmacological action: causes constriction of the pupil, reduces intraocular pressure.

Indications: angle-closure glaucoma. Armin is a liquid substance in yellow color. The solubility in water – about 35 mg/l 0.01% solution is a colorless transparent liquid, pH 3.5 ... 5.5. Armin used as mitotic and antiglaucomatous agent in the form of eye drops, and also in conjunction with other drugs antiglaucomatous [4]. Currently, Armin used in clinical practice with caution, but it is representative of a reference anticholinesterase OPC and retains its place in the register of medicinal substances and included in the curriculum Original Program in Pharmacology [4]. Moreover, Armin is used in various cancer center of the world, for example, in the medical center "Assita" (Israel).

Experiments were carried out by stirring a mixture of solid sorbent and an aqueous solution of the test substance. Accurately weighed portion of the sorbents (1.0 g) were added in aqueous solution certain amounts of the test substance (100 ml), the initial concentrations are varied. The mixture was thoroughly stirred on a magnetic shaker for 6 hours, then the sample was allowed to stand for 24 hours, then filtered [6,7]. The amount of the precipitated substance is determined by liquid chromatography – the difference between the initial and final concentrations Armin amounts in an aqueous medium.

**Malathion (carbophos)** Mw 330.4, O, O-dimethyl-8- (1,2-bis-ethoxycarbonyl ethyl) dithiophosphate. Colorless liquid is boiling in 156-157°C at 93 Pa (0.7 mm Hg). The solubility in water is 150 mg/l, soluble in ethanol, acetone, dichloroethane and other organic solvents.

LD50 for mice 400, rat 1400 mg / kg, for the bees 710ng / osob.PDK in v.r.z. 0.5 mg/m<sup>3</sup>, water sanitarian-purpose 0.05 mg / l in water reservoirs R.'s drug content is not allowed.

Malathion stability in water is estimated at approximately no more than one week at 25C. Malathion is soluble in water and is very mobile in the soil, although low resistance also implies a low risk on the application. Malathion slightly toxic to birds and mammals, however, malathion is highly toxic to the larvae of amphibians and various aquatic invertebrates [2, 3].

Experiments were carried out by stirring a mixture of solid sorbent and an aqueous solution of the test substance. Accurately weighed portion of the sorbents (1.0 g) were added to certain volumes of an aqueous solution of the test substance (100 ml), the initial concentrations are varied. The mixture was thoroughly stirred on a magnetic shaker for 6 h, when the sample was allowed to stand for 24 hours, when filtered. An amount of deposited material is defined by chromatography – the difference between the initial and final concentrations of OPC amounts in an aqueous medium.

**The preparation of zeolites** – Natural zeolite (clinoptilolite and mordenite) was dried for several hours to remove residual water at the temperature of 350...400°C. H-mordenite, clinoptilolite with an ammonium salt prepared according to procedure [6].

#### **Preparation of agricultural waste.**

The effectiveness of agricultural by-products made activated carbon for the removal of organics by adsorption also is enhanced by its large surface area [5].

Synthesis of activated carbon (AC) was conducted in the laboratory of adsorbents and fillers IGIC NAS. For the experiments used crushed shells studied seed fractions of 0.5...3.0 mm. Carbonization was carried out in half-liter corundum crucible at a temperature of 300...700°C length 1...3 process hours in a nitrogen atmosphere, and activation – in a 300 ml quartz reactor at a temperature of 700..1000°C process duration 1 ...5 h using a water vapor and gas mixture.

Chromatographic investigation carried out by HPLC (System 486 Water-detector, Water 600S-controller, Water 626-Pump) 250×4 mm column microspheroidal silica sorbents on the surface of the mobile phase flow rate of 1 ml/min. Detector UV 254 nm.

UV spectrum of 30% – aqueous malathion solution has absorption maxima in the region of 302, 340 and 398,5 Å.

**Sorption treatment.** Experiments were carried out by stirring a mixture of solid sorbent and an aqueous solution of the test substance. Accurately weighed portion of the sorbents (1.0 g) were added to

certain volumes of an aqueous solution of the test substance (100 ml), the initial concentrations are varied. The mixture was thoroughly stirred on a magnetic shaker for 6 h, then the sample was allowed to stand for 24 hours, then filtered. The definition of deposited amount of material detected by chromatography – the difference between the initial and final concentrations of malathion amounts in an aqueous medium.

## THE RESULTS AND DISCUSSION

With the purpose of finding active sorbent for water treatment from Armin following sorbents investigated, which previously showed activity at the higher adsorption of organic compounds from an aqueous medium [5, 6]. The studies on adsorption have been provided on the following adsorbents:

1. The crashed apricot stones – 1, 2. The crashed date pits – 2, 3. AC from apricot stones – 3, 4. AC from date pits – 4, 5. H-clinoptilolite – 5, 6. H-mordenite – 6.

Table 1

Adsorption of Armin on the sorbents 1-6

Armin concentration Mg/l	Armin adsorption on sorbents mg/g					
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
0,25	0,002	0,003	0,009	0,012	0,019	0,022
0,50	0,004	0,006	0,035	0,038	0,064	0,071
1,25	0,010	0,015	0,060	0,072	0,120	0,142
2,50	0,018	0,023	0,120	0,164	0,185	0,232
3,50	0,025	0,032	0,145	0,216	0,245	0,285

Table 2

Adsorption of malathion on the sorbents 1-6

Malathion concentration mg/l	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
0,12	0,00672	0,0072	0,0108	0,012
0,25	0,0137	0,0142	0,022	0,025
1,25	0,0606	0,0625	0,1	0,113
2,5	0,08	0,0862	0,175	0,228
3,75	0,101	0,11	0,202	0,248

It was found that the adsorption on H-zeolites is higher in the case of Armin. It has been established also that the sorption on non-activated sorbent is lower to AC, because of the specific area of activated carbon considerably interior is higher. These physical-chemical parameters of sorbents are given in [5, 6]. Based on these data, it was also suggested that the physical adsorption takes place under the influence of Van der Waals forces, adsorption activity of the sorbent increases depending on the size and specific surface area of the adsorbents.

The malathion sorption on the same sorbents gives this results ( table 2).

Here it has been obtained the same activity as for adsorption of Armin. That mean, that the discovered sorbents have same activity for investigated OPC.

## CONCLUSIONS

Adsorption of OPC from water depends on sorbent type. H-zeolites and the activated carbon prepared of date pit have the greatest sorption activity.

The results obtained can be the basis for selective determination of phosphoric acid esters by chromatographic methods. This also allows for identify toxicological point of view and quantify the chemical compounds. The latter is an important task of forensic chemistry in scientific pursuits, where touching the problem of chemists and doctors.

## References

1. **О’Брайн Р.** Токсичные эфиры кислот фосфора. Изд. Мир, М., 1964, 641 стр.;
2. **Мельников Н.Н., Волков А.И., Короткова О.А.** Пестициды и окружающая среда. М., Химия, 1977, 234 стр.;
3. **Wolfe N.R., Gordon J., Vaughman G. & D. Cline** Environmental Protection Agency, Washington D.C., EPA/600/J-77/003 (NTIS PB 266310), 1976;
4. **Гараев Р.С.** Изыскание новых лекарственных средств в рядах ФОС. //Казанский медицинский журнал, 2009, т. 89, №5, стр. 585-590;
5. **Ahmedna M., Johns M., Clarke S.J., Marshall W.E. and Rao R.M.** //Journal of the Science of Food and Agriculture, 1997, vol. 75, pp. 117-124;
6. **Sargsyan S.N., Grigoryan A.Sh., Harutjunyan S.A., Torosyan G.H.** Phenol removal from wastewater. //The Bulletin of Armenian Constructors, 2000, v.2 (18), pp. 30-32;
7. **Torosyan G.H, Zelentsov V.I., Datsko T. and al.** The investigation on the equilibrium and kinetics of adsorption furfural on activated carbon. //Journal of Environmental Science and Engineering. 2013, A2, pp. 80-88;
8. **Pollard, SJT, Fowler, GD, Sollars, CG and Perry, R.** Low cost adsorbents for waste and water treatment: a review. //Science Total Environment, 1992, 116, pp. 31-52.

## THE CONSUMPTION OF MEDIA IN THE MODERNIZED BUILDINGS

A. Ujma, A. Lis

Czestochowa University of Technology  
ul. Dąbrowskiego 69, 42-200 Częstochowa, Poland  
E-mail: [aujma55@wp.pl](mailto:aujma55@wp.pl), [annalis29@wp.pl](mailto:annalis29@wp.pl)

**Abstract.** The thermal protection of buildings and rationalization of water consumption are directly related with energy savings but also with other aspects. The article presents the real results of the thermal modernization activity based on the monitoring of their effects in forty educational buildings. The analysis includes water, electricity and energy consumption of these buildings. It was found that after thermal modernization the reduction of the consumption of water, electricity and gas has been noticed. The significant decrease in rates of consumption of media attributed to one student, the learner in a year, in the analyzed schools has been registered.

**Keywords:** thermal modernization; water consumption; electrical power consumption; gas consumption; utility costs.

### INTRODUCTION

The energy efficiency is a ratio between an output of performance, service, goods or energy, and an input of energy. Presently the energy efficiency is a widely addressed issue in strategic documents determining the development direction of the Union Member States. The impulse for action in this direction was depletion of natural energy resources, increase in fuel prices, increased dependence on energy imports and high environmental pollution by combustion products contributing to changes in the Earth's climate. Energy efficiency is a valuable means to address these challenges. It improves the Union's security of supply by reducing primary energy consumption and decreasing energy imports. It helps to reduce greenhouse gas emissions in a cost effective way and thereby to mitigate climate change. Shifting to a more energy efficient economy should also accelerate the spread of innovative technological solutions and improve the competitiveness of industry in the Union, boosting economic growth and creating high quality jobs in several sectors related to energy efficiency.

Buildings existing in Poland, both residential and public are characterized by a great potential of limiting the exploitation cost. The greatest possibility to reduce the exploitation costs gives a saving of media consumption: heat, natural gas, coal fuel, electricity, water. Energy consumption in buildings is divided into heating, ventilation, cooling, hot water, lighting and electrical devices. Especially importance because of climatic conditions in which are located the buildings in Poland, has a fuels and energy consumption for heating. It's also depends on the technical systems efficiency, preferences of users and the technical and economic indicators. A radical improvement in the heat and energy consumption gives the comprehensive energy modernization of buildings. Such projects results in increase efficiency of heat production and distribution, better use and control of systems, and, therefore, reduces energy consumption for heating and ventilation and the exploitation cost. It turns out that, by the way of typical thermal modernization works are limited electricity and water consumption and improve operating conditions and feelings associated with comfort of the room's usage.

## 1. EFFICIENCIES ENERGY AND WATER IN BUILDINGS

Indigenous production of primary energy carriers, after growth of consumption since year 2010, declined in 2013 and amounted to 3005.5 TJ. Production of hard coal, natural gas and others energy carriers decreased, while production of lignite and crude oil increased. Non-renewable fuels used in Poland for generation of energy are as follows: hard coal (61%), lignite (18%), fuel oil (14%) and natural gas (5%) [1]. 84% of electricity in Poland was produced from coal in 2013, the share of other energy carriers was little.

Poland is one of the biggest primary energy producers in the European Union (about 8.9% in 2013) [1]. Among other Member States of the EU, bigger primary production exist in United Kingdom, France and Germany. The share of Poland in energy consumption is lower and amounted to 5.8% in 2012. The

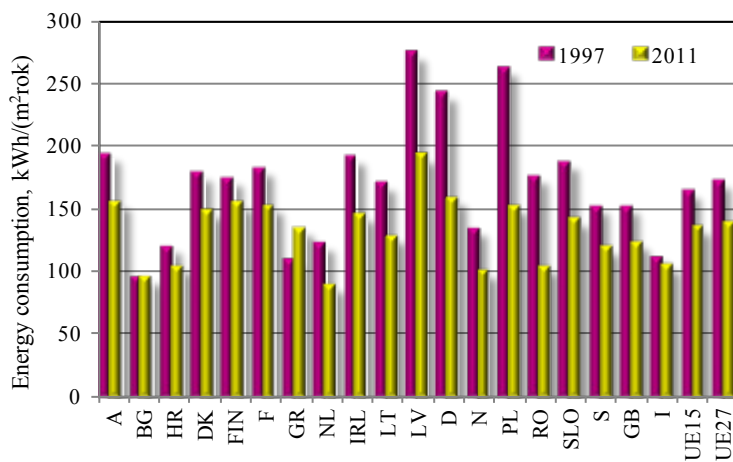


Fig. 1. Energy consumption in Poland and in European Union [1]

heat consumption in Poland and in European Union has shown a slight declining tendency in the recent years (Fig. 1).

Around 70% of energy is consumed for heating and domestic hot water needs [2]. The largest heat consumers in Poland are the households, consume about 54% heat.

The energy efficiency pointed out in the directives constitutes an important basis for reduction of greenhouse gas emissions. Starting from 2021 all newly constructed buildings will be required to have very low energy

consumption, covered mainly by the renewable energy resources. Therefore, it is necessary to promote and implement environmental friendly technologies based on the renewable energy resources.

As far as energy from renewable sources goes, relation of RES production to total energy consumption has been growing both in Poland and in the European Union during recent years. In Poland production of energy from biomass and wind has been increasing, while use of water and geothermal energy has stabilized (Fig. 2.).

One of the elements of improving energy efficiency and reduction of emissions are the undertakings related with thermal modernization of buildings. It has been estimated that through the modernization of an average building in accordance with the currently valid regulations up to 40% of energy may be saved. The implemented in Poland provisions constitute a basis for performing these activities in a complex manner and cost-effectively, considering the investment and utilization expenses.

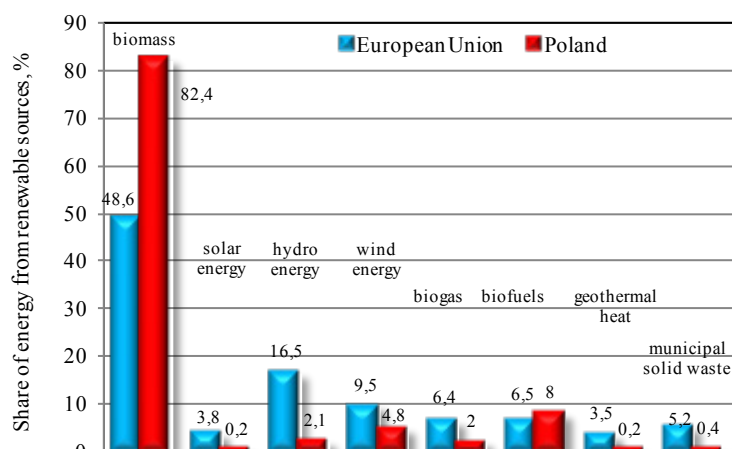
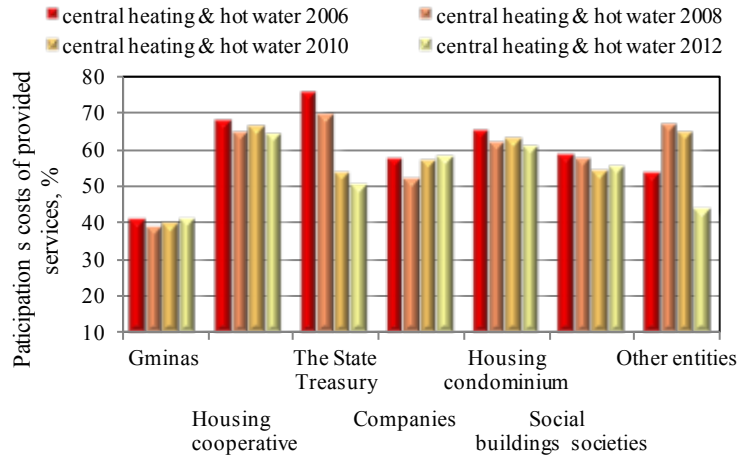


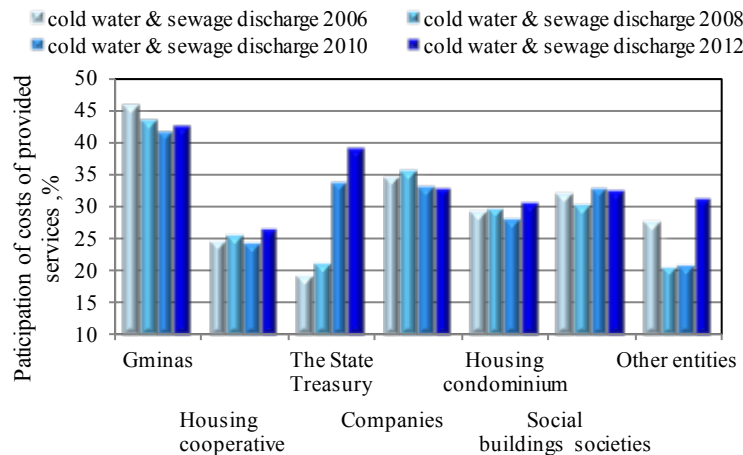
Fig. 2. Structure of energy production from selected renewable sources [3]

In the total operating costs of the provided services the main share accounted were costs related to payments for central heating and warm water [4]. The average share of the costs of heating and preparation of hot water in the total operating costs of exploiting buildings (Fig. 3) stood at 59.5% in 2006, and decreased to 53.1% in 2012.



**Fig. 3. Structure of share of central heating and hot water costs of provided services as per the forms of ownership in Poland [4]**

The average share of cold water and sewage discharge (Fig. 4) increased from 30.4% in 2006, to 33.3% in 2012. It indicates a clear trend declining of the cost of heating buildings and increase in the cost of water in the operation of the various buildings, in Poland.



**Fig. 4. Structure of share of cold water and sewage discharge costs of provided services as per the forms of ownership in Poland [4]**

## 2. EXAMPLES OF THERMAL MODERNIZATION AND THEIR EFFECTS

There are four school buildings, located in the province of Silesia, in the villages Gieblo, Ogrodzieniec, Podzamcze and Ryczow are the examples of buildings for which an assessment of the changes in basic media consumption and the related costs, before and after the thermal modernization. Objects have been audit analyzed where from 2010 to 2014 the thermal modernization was carried out. The following improvements have been done: the thermal insulation of the external barriers and replacement of some equipment of the buildings. Activities were aimed at improving the efficiency of the energy use for heating and preparation of the domestic warm water.



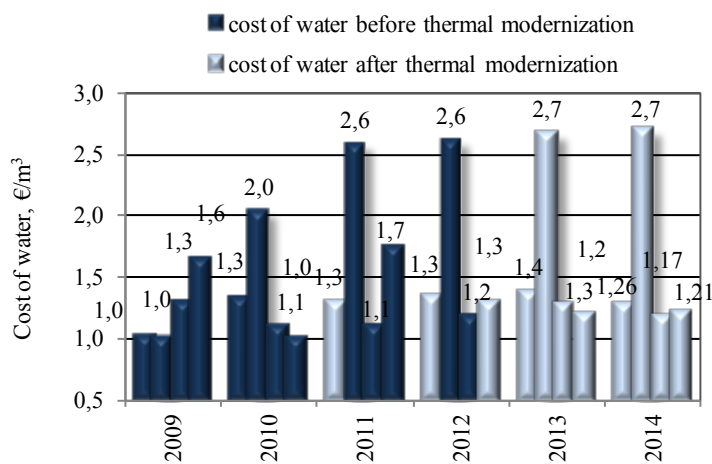


Fig. 5. Cost of water

and natural gas in the year, before and after the thermo, which stemmed from the annual accounts for the type of media have been taken into account. Another aim was to determine the consumption of a given type of media per student learner in a year in a school.

The average price of cold water increased in the period from 2009 to 2014 (Fig. 5). In the analyzed objects in the period before thermal modernization stood at 1.23 €/m<sup>3</sup>, and after the thermal modernization it was increased to 1.61 €/m<sup>3</sup>. In the same period, after the thermal modernization the annual water consumption per student in most sites and years was decreased (Fig. 6). Before thermal modernization the average water consumption was 4.32 m<sup>3</sup>/(per student a), and after the thermal modernization dropped to 3.86 m<sup>3</sup>/(per student a).

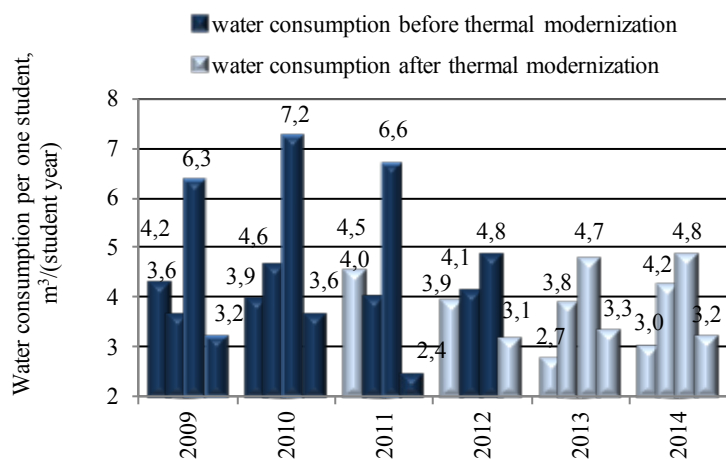


Fig. 6. Water consumption per one student

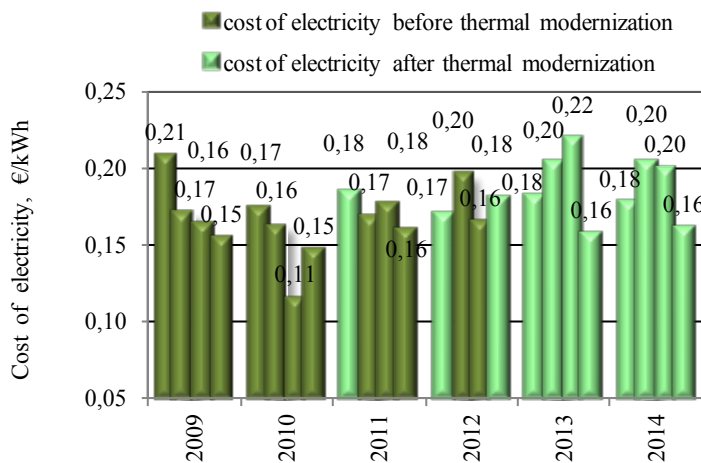


Fig. 7. Cost of electricity

The monitoring of the results from conducted modernizations showed that average energy reduction effect was approximately 50%, reduces gas and carbon consumption and associated costs. Apart from that other components of media consumption and associated costs have been monitored. Evaluations of price changes on individual media in a given period of time have been done. Then the change in the price of media consumption in the analyzed period of time has been compared. The principle of an average price of water, electricity

The average price of electricity increased in the period from 2009 to 2014 (Fig. 7). In the analyzed objects in the period before thermal modernization it stood at 0.16 €/kWh, and after the thermal modernization it increased to 0.19 €/kWh. In the same period, after the thermal modernization the annual electricity consumption per student in most sites and years significantly was reduced (Fig. 8). Before the thermal modernization the average electricity consumption in the analyzed objects was 169.4 kWh/(per student a), and after the thermal modernization dropped to 124.7 kWh/(per student a).

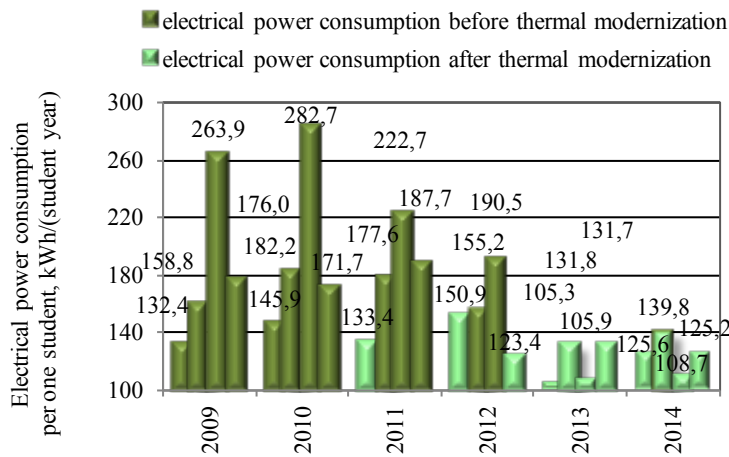


Fig. 8. Electrical power consumption per one student

nization dropped to 97,7 m<sup>3</sup>/(per student a).

The average price of natural gas increases significantly in the period from 2009 to 2014 (Fig. 9), in the analyzed objects in the period before thermal modernization stood at 0.47 €/m<sup>3</sup>, and after the thermal modernization increased to 0.65 €/m<sup>3</sup>. In the same period, as a result of carrying out the thermal modernization the annual consumption of natural gas per pupil in most sites and years was significantly reduced (Fig. 10). Before thermal modernization the average consumption of natural gas in the analyzed objects was 175.4 m<sup>3</sup>/(per student a), and after the thermal moder-

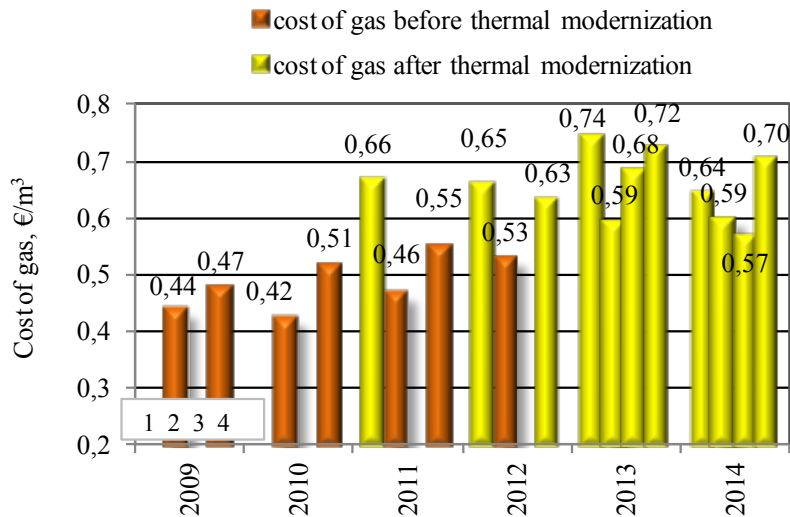


Fig. 9. Cost of gas

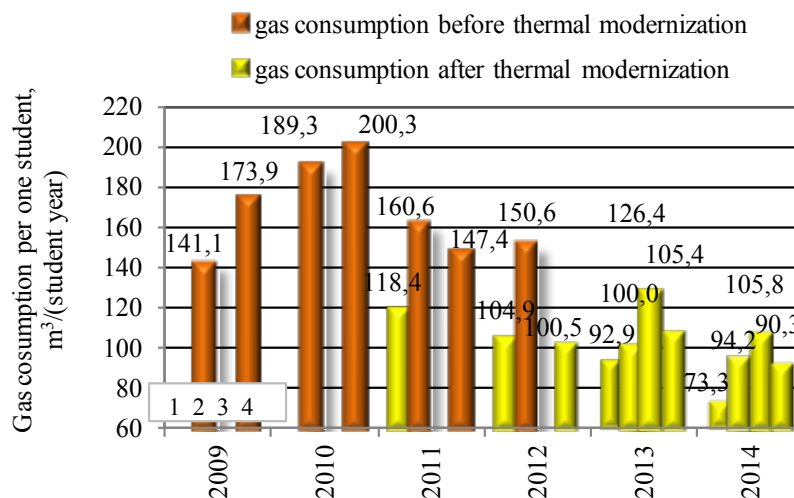


Fig. 10. Gas consumption per one student

## **CONCLUSIONS**

In Poland, in the recent period, the decrease in costs associated with the heating of buildings and increase in costs related to the provision of water and wastewater in the sewage system and electricity have been noticed. In this article a case of comprehensive thermal modernization of a educational buildings was described. Comprehensive thermal renewal of a building brings the greatest effects and the shortest time of return on invested capital. The study showed that the thermal modernization initiatives contribute different effects related to sustainable development of construction industry and contribute to the improvement of energy efficiency. This is associated with effects that play an important role in sustainable construction. Thermal modernization and observance of the rules of sustainable building allows reduction natural resources: water, gas and hard coal. These activities contribute to the reduction of gas emissions and decrease of buildings operation costs. Average reduce energy in monitored period in these buildings was approximately 50%. In the analyzed objects there was found that after the thermal modernization not only energy consumption for heating was lowered, but also there were obtained other interesting effects including economic results. Despite rising prices for water, electricity and natural gas the consumption rates of these media, per student were lower than before the thermal modernization. Reduction of water consumption per student was approximately 14% and the electricity 25%.

## **References**

1. Energy Statistics, Statistical Information and Elaborations. Central Statistical Office, Warsaw, 2014;
2. Energy consumption in households in 2012. Statistical Information and Elaborations. Central Statistical Office, Warsaw, 2014;
3. Energy from renewable sources in 2013. Statistical Information and Elaborations, Central Statistical Office, Warsaw, 2014;
4. Housing economy in 2006, 2007, 2010, 2012. Central Statistical Office, Warsaw 2007, 2009, 2011, 2013.

## RAINWATER IN THE SUSTAINABLE MANAGEMENT OF SEWERAGE

A. Ujma, I. Sowier-Kasprzyk

Czestochowa University of Technology  
ul. Dąbrowskiego 69, 42-200 Częstochowa, Poland  
E-mail: [aujma55@wp.pl](mailto:aujma55@wp.pl); [ibby@interia.pl](mailto:ibby@interia.pl)

**Abstract.** Article analyzed the operation of systems for hydraulic flows. There have been compared the results of calculations nominal roof surface resulting from hydraulic calculations with the guidelines producers and distributors drainage systems. Calculations have been made for gutters and downpipes.

**Keywords:** rainfall water; roof drainage; gutter; downpipe; drainage system; water management.

### INTRODUCTION

Rainwater is the main source of water in the city, thanks to which there are many positive processes. Cleared land and air, improved microclimatic conditions, and provided water for the functioning of green spaces and water systems. These are all that create a healthy and comfortable environment for people. On the other hand, the exhaust system, increasing rain water, must be designed for flood protection and urban effects of drought.

The management of rain waters is simultaneously one of the main problems for most modern cities, the construction of which is constantly growing. Therefore, residents will be deprived of the lands of biologically active substances, space, greenery and water. Excess water on the surface, densely covered with infrastructure: streets, sidewalks, parking lots, buildings, city square, are discharged. During rain or when the snow melts, water flows over the earth's surface, cause paralyzing the city water logging and flooding.

Excessive amounts of rainwater on more surfaces forming urban infrastructure (buildings, streets, sidewalks, parking lots, plazas, etc.) is not removed quickly enough through the sewer system and absorbed into the ground. During intensive but also long-lasting rains or snowmelts, water flows on the surface of the ground, causing blurring the area and flooding.

In traditional drainage systems, these problems should be neutralized by the drainage system, but often it is not able to take excess rainwater. During heavy rainfall, the collectors are overloaded and rainwater causes damage and flooding of urban areas. In some cases, when the rainwater goes to drain from the area of the urban too quickly and efficiently, there are adverse effects for example in the form of dried links. The lowering of the level of surface and groundwater intensifies the urban heat island effect, the deterioration of the functioning of greenery and living conditions of people.

There is growing importance of storm water drainage system adapted to receive an increased amount of rainwater. On highly urbanized areas, the amount of rainwater drained from the surface is so high that it requires proper authorization. In many cases the problem of excess of storm water can be solved by use of various systems that allow the retention surface. Often this requires finding adequate systems and financial resources to mitigate the negative effects of these phenomena. The problem is important because built the sewer systems should ensure effective work in perspective until 2100 [1]. All these aspects should also be taken into account in managing storm water discharge.

Problems with the disposal of rainwater translate into a worsening phenomenon of flooding in urban catchments, the scale of which often causes paralysis of communication, as well as tangible property damage in buildings, for residential as well as in urban infrastructure.

In the coming years it will be necessary to take measures aimed at:

- to promote sustainable development of drainage systems, storm water runoff;
- determination of standards for evaluation of the action of the drainage system in the aspect of quantitative;
- definition of quality standards for wastewater, rainwater;
- introduction of fees for waste water discharge, precipitation;
- increased pressure on education, social in relation to water and water precipitation. [2]

These works are interrelated and should be coordinated to achieve tangible results.

Regarding the concept of sustainable development to the problem of rainwater, it is essential to bear in mind the potential ability of receivers to receive polluted water discharges, and in general inviolability of water resources, particularly groundwater. Action at source is now one of the most developed concepts with regard to rainwater. There are already examples of application systems based on surface retention and infiltration instead of the traditional underground sewage systems.

The management of rainfall water runoff is contained in the selection of construction and technological, organizational and legal solutions undertaken at the stage of planning, designing and maintenance of the facilities collecting, storing and discharging rainfall water or thaw water in the settlement units. The scope of management also covers defining of the implementation methods of the solutions adopted, including, in particular, the acquisition of financial resources necessary for their execution.

While adjusting the method of managing rainwater collected from buildings and their surroundings, the principle of sustainable water management should be applied. The optimum management method of uncontaminated rainwater discharged from real property is its temporary storage, followed by usage on the area of the real property. The connected drainage system may contain special reservoirs from which the rainwater is used for residential purposes following the adequate pre-treatment. Such systems may be used in residential buildings, public utility buildings or industrial facilities, where many technological processes do not require potable water. The retention and slow infiltration into the ground is also recommended. Such measures allow for retaining water in the basins, which is particularly important in urbanized areas where hardening of the surface and accelerated runoff of rainwater occurs. The aforementioned measures enabling the reduction of tap water consumption are classified as cost-saving and ecologically-friendly solutions.

The problem of rainwater management has recently started to be particularly significant in view of implementation of a fee for rainwater discharge from real properties in some regions. The fee, sometimes referred to as the "rainfall tax" is introduced on the basis of statutory provisions [3]. The level of the fee for the discharge of rainwater usually depends on the area of the roof, the plot, and sometimes also on the forecast precipitation quantity.

Accordingly, similar to designing of the drainage water system and elements used for rainfall water recuperation, it is necessary to adopt reliable environmental parameters describing the rainfall and the technical parameters of various elements of the rainfall drainage system.

## **1. THE HYDRAULIC PERFORMANCE OF ROOF DRAINAGE SYSTEM**

In the storm water drainage system the hydraulic performance of system components plays an important role. The nominal flow capacity of gutters depends on the cross wires and *slope of the conduit*.

In the case of rainwater pipe flow depends on the cross wires. For calculation of nominal flow capacity rate using Chezy-Manning equation,

$$Q_g = F \cdot C \sqrt{R \cdot i_0}, l/s$$

where:  $F$  – flow area of the gutter,  $m^2$ ;

$C$  – Chezy coefficient, -;

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

where:  $n$  – Manning’s resistance coefficients, -;

$R$  – hydraulic radius,  $m$ ;

$i_0$  – slope of the gutter,  $m/m$ ;

and to calculate the nominal flow capacity in the downpipe of drainage structures using Kurganova, Fiodorova equation [4], for flow depending on the downpipe diameter at the water inflow to the downpipe from one direction (for example, the downpipe are placed on the end edge of the roof),

$$Q_{dp1} = \frac{1000 \mu \Pi D_{dp}}{2} \sqrt{2 g h^{2/3}}, l/s$$

and for nominal flow capacity depending on the downpipe diameter at the water inflow to the downpipe from two directions (for example, the downpipe located in the center of the roof edge),

$$Q_{dp1} = 1000 \mu \Pi D_{dp} \sqrt{2 g h^{2/3}}, l/s$$

where:  $\mu$  – coefficient, -;

$$\mu = 0,62 - 0,46 \frac{h}{D_{dp}}$$

$D_{dp}$  – calculation diameter of the downpipe,  $m$ ;

$h$  – gutter depth, height of water flow before downpipe,  $m$ ;

The results of calculations are described in the charts. Therefore, specifications are presented in the form of charts, for a one direction inflow (Fig. 1) and for a two directions inflow (Fig. 2). Comparison of the guidelines of various producers related to the selection of the gutter diameter to the drained roof surface indicates very high dispersion of the  $EPD_{max}$  value, exceeding even 100%.

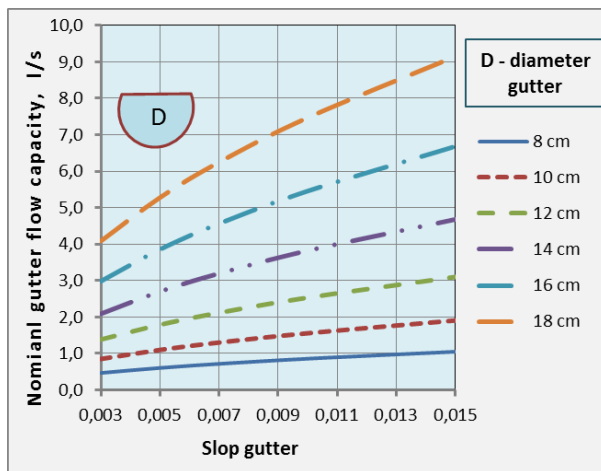


Fig. 1. Nominal flow capacity depending on the diameter of the gutter and slope of the conduit

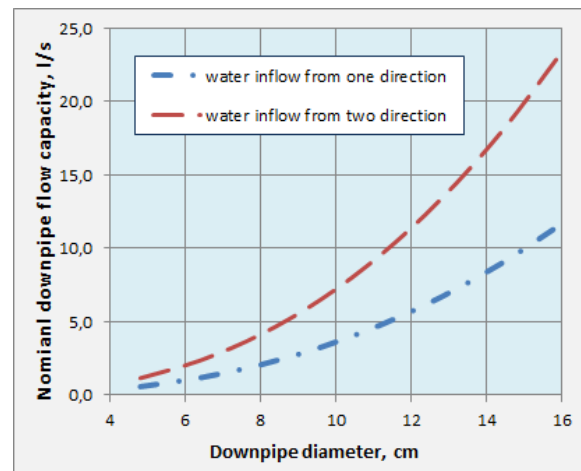
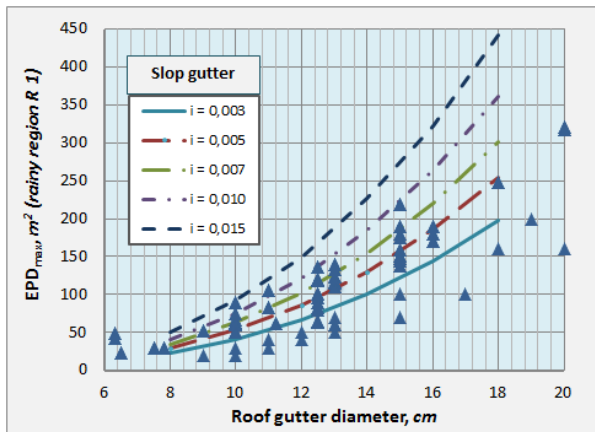


Fig. 2. Nominal flow capacity depending on the downpipe diameter at the water inflow to the downpipe from one and two directions

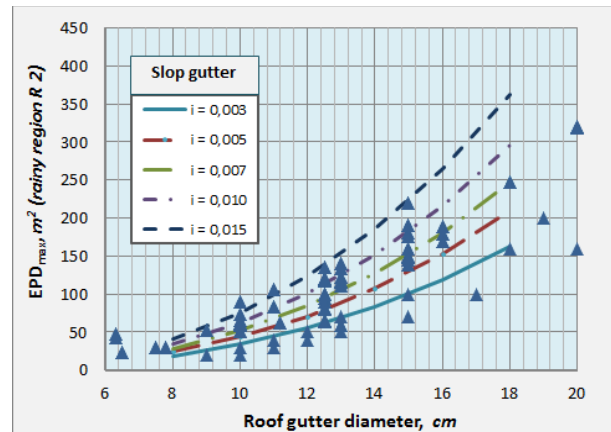
The results show significant differences in the rate of flow capacity of rainwater, depending on the diameter of the gutters and their slop and diameter of the downpipes. The great influence on intensity of the flow has slope gutters. For gutters with a diameter of 18 cm, during the change of the slope from 0.003 to 0.015, the flow capacity rate changes from 4 l/s to 9 l/s.

## 2. COMPARISON OF RAINWATER DRAINAGE SYSTEM PERFORMANCE WITH THE GUIDELINES OF MANUFACTURERS

On the basis of the calculated flow rate was then determined by the equivalent area of a roof with which it is possible the securing of the flow, assuming a rain the nature of the dependence of rain intensity on its probability for rainy region I and II in Poland, according to the Bogdanowicz-Stachy equation. The calculation is for a five-minute rain falling out with the probability of 5% (rainfall once in 2 years). For rainy region I it amounts 276 dm<sup>3</sup>/(s ha), and for rainy region II – 227 dm<sup>3</sup> (s ha) [5]. The results of the calculations are compared with the recommendations of producers and distributors of drainage systems. For the analysis, the guidelines related to the selection of the following drainage systems were adopted: Plastmo, Galeco, Gamrat, Kanion-Wavin, Plastmo-Plastal, Hunter, Marley and Raiko. (see Fig. 3 and Fig. 4).



**Fig. 3. Effective roof area  $EPD_{max}$  for the I rainy region, dependence on the roof gutter diameter and the sloop gutter, compare with the recommendations of the various manufacturers of drainage systems**



**Fig. 4. Effective roof area  $EPD_{max}$  for the II rainy region, dependence on the roof gutter diameter and the sloop gutter, compare with the recommendations of the various manufacturers of drainage systems**

Calculations indicate that the majority of manufacturer’s guidelines overstate the size of the roof surface from which water can be drained the drainage system. With the rise of slope gutter the nominal size of the roof supported by the drainage system is increased. Calculations made for the rainy region II are closer to the manufacturer’s guidelines.

For guidelines on the surface of the roof is supported by vertical pipes. Similar calculations were made as for horizontal gutters. The calculations were summarized with the guidelines of the manufacturers. Calculations were done for the two rainy regions. One calculation for the case of water supply from one direction (Fig. 5), the second for the case of the water supply from two directions (Fig. 6).

The comparison of calculation results with the guidelines of manufacturers’ shows that similar as for stated horizontal gutters the nominal roof surface that can handle downspouts are in most cases lower than that it is advised by manufacturers of roof drainage systems.

The results show that in the case of strict observance of the recommendations of the manufacturers of roof drainage systems, not all rain water will be accepted by the system. The part rainwater can be lost that is not consistent with the principles of sustainable rainwater management.

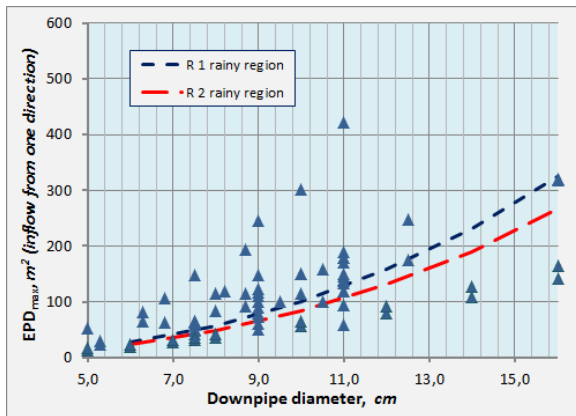


Fig. 5. Effective roof area  $EPD_{max}$  dependence on the downpipe diameter at the water inflow to the downpipe from one direction, according to the guidelines of various manufacturers of drainage systems

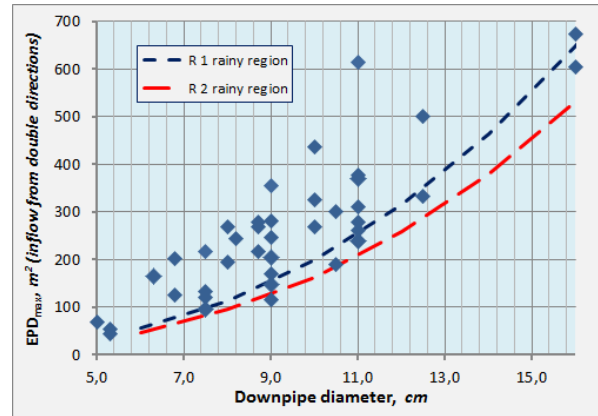


Fig. 6. Effective roof area  $EPD_{max}$  dependence on the downpipe diameter at the water inflow to the downpipe from two directions, according to the guidelines of various manufacturers of drainage systems

## CONCLUSIONS

1. The hydraulic analysis of water flow in the drainage system of the roof shows significant differences in the rate of flow capacity rainwater, depending on the diameter of the gutters and their slop and the diameter of the downpipes. Especially in the roof rainwater drainage slope gutters play an important part.
2. Made the calculation of the effective roof area shows that the majority of the recommendations of the manufacturers overstate the roof area from which water can be discharged into the sewers. With the rise of the slope of the gutter nominal size of the roof is supported by means of the drainage system increases. The calculations are made for rainy region II closer to the manufacturer's recommendations.
3. A comparison of the results of calculations with the manufacturers, similar to the gutters, as recommended by manufacturers roof surfaces provided to the downpipe dimension are in most cases overstated.
4. The results of the analysis show that in case of compliance with the recommendations of the manufacturers roof drainage systems, not all rainwater will be adopted by the system. Part of the rainwater can be lost. In case of application for a policy of sustainable rainwater management, there is need to strive to take and use all the water running off the roof. Therefore, when designing roof drainage systems and drainage other structures the accurate accounting of the parameters of the hydraulic systems should be ensured.

## References

1. **Kotowski A.** Wyzwania wywołane zmianami klimatu w projektowaniu systemów odwodnień terenów w Polsce. Inżynieria i Budownictwo 3/2013;
2. **Mrowiec M.** Gdy w przyszłości będzie padać ... Ochrona Środowiska 3-4.2012;
3. Ustawa o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz.U. 2001r. nr 72, poz. 747);
4. **Курганов А.М., Федоров Н.Ф.** Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения: Справочник / Ред. А.М. Курганов. Л.: Стройиздат 1986;
5. **Ujma A., Sowier-Kasprzyk I.** Dimensioning of roof drainage systems in the context of rainfall water runoff management. //4th International Scientific and Technical Conference "Modern Problems of Water Management, Environmental Protection, Architecture and Construction" 27–30 September, 2014, Tbilisi.



მთის წყალსაცავების ბარემოზე ზემოქმედების  
შეფასების კრიტერიუმები

ჯ.ნ. ფანჩულიძე, გ.ს. მეტრეველი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო  
E-mail: [jumber.panchulidze@gmail.com](mailto:jumber.panchulidze@gmail.com)

**ანოტაცია.** ნაშრომში განხილულია მთის წყალსაცავის – გეოგრაფიული ელემენტების ვერტიკალური ცვალებადობის ზონაში შექმნილი ხელოვნური წყალსატევების თავისებურებები: ინტენსიური მოსილვა, მნიშვნელოვანი ზემოქმედება კლიმატზე, ზღვის სანაპიროს მდგრადობასა და მიმდებარე ტერიტორიების ინფრასტრუქტურის უსაფრთხოებაზე.

დასაბუთებულია, რომ ინტენსიური მოსილვის მიზეზია ნატანის ჩაკეტვა, რითაც წყალსაცავი ქმნის ჰიდროენერგეტიკის, ნაპირდაცვის და მოსახლეობის უსაფრთხოების პრობლემათა ნაკრებს. ამ პრობლემების ერთდროული და სარგებლიანი რეალიზაცია იქნება წყალსაცავსა და მის ზემოთ მდინარეში აკუმულირებული ინერტული მასალის, ანუ „მოსილვის პრიზმის“, როგორც სასარგებლო წიაღისეულის, შეფასება და მის ასათვისებლად პერმანენტული კონვეიერის „წყალსაცავი-ზღვისპირი-მომხმარებელი“ ამოქმედება.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალსაცავი; მდინარის ნატანი; ზღვის სანაპირო; ინერტული მასალა.

შესავალი

წყალსაცავი არის მრავალფუნქციური, რესურს- და ფინანსტევადი, მაღალი რისკის ჰიდროტექნიკური ნაგებობა, რომლითაც ხდება წყლის რესურსების გადანაწილება დროსა და სივრცეში. ის უნდა აშენდეს იქ და მაშინ, როცა ენერგეტიკული, ირიგაციული, კომუნალური და სხვა წყალსამეურნეო პრობლემების კომპლექსური გადაჭრა გადაუდებელი ამოცანაა და მისი რეალიზაცია სხვა მიმართულებით შეუძლებელი ან ზარალიანია.

ამასთან, წყალსაცავის (განსაკუთრებით მთის წყალსაცავის) ექსპლუატაციის ვადა ლიმიტირებულია – ის გარკვეულ ვადაში მდინარის ნატანით და სანაპიროს ტალღურ-აბრაზიული წარმოშობის ინერტული მასალით ივსება და მის ადგილზე ყალიბდება აკუმულაციური ტერასა. ასეთ ტერასაში ჩატრილია მდინარის ახალი კალაპოტი და გამომუშავებულია შესაბამისი ჰიდროგრაფიული მრუდი, რომლის გასწვრივაც მდინარეს შეუძლია ნატანის სრული სპექტრით ტრანსპორტირება ქვედა ბიეფში.

პირითადი ნაწილი

წყალსაცავის გარემოზე გავლენა ორგანოა: არასაკმარისი დატენიანების ზონაში მისი გავლენა კლიმატზე, რეკრეაციასა და აგრომეურნეობაზე დადებითია; ჭარბი დატენიანების ზონაში კი, პირიქით – წყალსაცავის გავლენით იზრდება ტენიანობა, ქარის სიჩქარე, ატმოსფერული ნალექები, გრუნტებში მაღლდება ჰიდროსტატიკური წნევა, რაც თავის მხრივ, ააქტიურებს მეწერული პროცესების რისკს.

წყალსაცავის გარემოზე ზემოქმედების სახეებს შორის უმნიშვნელოვანესია კლიმატის სხვადასხვა მასშტაბის ტრანსფორმაცია. წყალსატევის კლიმატზე ზემოქმედების ინსტრუმენტი მისი ატმოსფეროსთან შეხების ზედაპირი, ანუ სარკე; ამასთან, თუ ობიექტი ირიგაციისთვისაც გამოიყენება, ან მეწყრულ პროცესებს ავითარებს, მაშინ, შეხების ზედაპირს სარკესთან ერთად სარწყავი ფართობები და დამეწყრილი მიწებიც ქმნიან.

წყალსაცავის კლიმატზე ზემოქმედების შეფასება გულისხმობს წყალსაცავის არსებობის პერიოდში ჰაერის ტემპერატურის ( $T$ ), აორთქლებული ტენის ( $E$ ), ორთქლის დრეკადობის ( $e$ ), ქარის პარამეტრების ( $W, \varphi$ ), ნალექებისა ( $P$ ) და სხვ. კლიმატური ელემენტების შესაძლო ცვლილებების რიცხვით მნიშვნელობებში გამოსახვას და საპროგნოზო სცენარის შექმნას. ასეთი სცენარი უნდა შესრულდეს კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე და უნდა მოიცავდეს უახლოეს მომავალს (2030-2050 წწ.) ან წინასწარ შერჩეული დროის ნებისმიერ მონაკვეთს.

აღნიშნული პრობლემის გადაწყვეტა ითვალისწინებს – ატმოსფეროს ადგილობრივი ცირკულაციის, კონდენსაციის დონის და ზემოაღნიშნულ დომინანტ ელემენტთა დროსა და სივრცეში რაოდენობრივი და თვისობრივი ცვალებადობის გამოკვლევას. გათვალისწინებული უნდა იყოს ის ფაქტიც, რომ წყალსაცავის კლიმატზე ზემოქმედება დროის მიხედვით მიღვეადი პროცესია, რადგან წყალსაცავი თანდათან ივსება ნატანით და ამ პროცესის ბოლოს წყვეტს არსებობას. ამიტომ, ასეთი ზემოქმედება წყალსაცავის არსებობის პირველ ფაზაშია მნიშვნელოვანი, იგი წყალსაცავის მოსიღვის პროპორციულად მიიღვევა და შეწყდება მესამე ფაზაში, როდესაც მდინარე სრულად აღიდგენს ნატანის ტრანსპორტირების ბუნებრივ რეჟიმს, ხოლო მისი სარკე მდინარის ზედაპირამდე შემცირდება.

წყალსაცავის კლიმატზე ზემოქმედების შეფასებისას, სარკის ფართობი უნდა შეესაბამებოდეს ყველაზე მაღალი განმეორადობის (ყველაზე ალბათურ) დონეს, რომელიც ნორმალური შეტბორვის დონეებსა (ნშდ) და მკვდარი მოცულობის დონეებს (მმდ) შორისაა მოქცეული. ასეთი დონის რიცხვითი მნიშვნელობა, პირველი მიახლოებით, შეიძლება მიღებულ იქნეს როგორც ნშდ-ს და მმდ-ს საშუალო არითმეტიკული, უფრო მაღალი სიზუსტისათვის, აღნიშნული საშუალო კორექტირდება წყალსაცავის რეგულირების ტიპის მიხედვით. საბოლოოდ, წყალსაცავიდან აორთქლებული ტენის ოდენობის გაანგარიშება უნდა მოხდეს სარკის ზემოაღნიშნული ალბათური ფართობიდან აორთქლებული ტენის ( $E_r$ ) და ამავე სარკის შესაბამისი დატბორვადი ქვემდებარე ზედაპირიდან (ნიადაგი, ბუჩქნარი, ტყე და სხვ.) აორთქლებული ტენის ( $E_g$ ) მოცულობათა სხვაობის ( $\Delta E$ ) სახით:

$$\Delta E = E_r - E_g. \quad (1)$$

მთის წყალსაცავების სერიოზული ნაკლია მათი ინტენსიური მოსიღვა (ამოვსება) მდინარის ნატანით და ნაპირების დეფორმაციით წარმოქმნილი მყარი მასალით. ამ პროცესის განვითარების მიხედვით, სეზონური და უფრო ხანგრძლივი რეგულირების წყალსაცავის ექსპლუატაციის ვადა, პირობით, სამ ფაზად იყოფა: პირველ ფაზაში წყალსაცავი სრულად ასრულებს პროექტით გათვალისწინებულ ფუნქციებს, ანუ სრულად იტევს მდინარის წლიურ (სეზონურ) ჩამონადენს; მეორე ფაზაში მისი მოცულობა ისეა შემცირებული ინერტული მასალით, რომ ვეღარ იტევს საჭირო მოცულობის წყალს და იძულებულია წყალდიდობა-წყალმოვარდნების დროს „ზედმეტი“ ჩამონადენი ფუჭად გაუშვას ქვედა ბიეფში; მესამე ფაზა წყალსაცავის კვდომის ფაზაა, როცა ის მხოლოდ 5% მოცულობით ასრულებს თავის ფუნქციას და ფაქტობრივად აკუმულაციურ ტერასას

წარმოადგენს. წყალსაცავში დალექილი მასალა წარმოქმნის „მოსილვის პრიზმას“, რომელიც წყალსაცავში დალექილი მასისა და ე.წ. „შლეიფისაგან“ შედგება.

შლეიფი არის მდინარის კალაპოტში აკუმულირებული ნატანისგან შექმნილი ტანი, რომელსაც მდინარე ქმნის იმ მასალისაგან, რომლის ტრანსპორტირება აღარ შეუძლია კალაპოტის შემცირებული დახრილობის გამო. პრიზმის ზრდის შედეგად მცირდება მდინარის კალაპოტის დახრილობა და მასთან ერთად ნატანის ტრანსპორტირების უნარიც. შესაბამისად, მდინარე სულ უფრო მეტ და მსხვილ ნატანს ტოვებს წყალსაცავიდან მოშორებით, კალაპოტში და ასეთი შლეიფის შექმნით ისწრაფვის ასწიოს თავისი კალაპოტი, რომ აღიდგინოს ნატანის ტრანსპორტირების უნარი, რომელიც წყალსაცავის შექმნის გამო დაკარგა.

შლეიფის ჩამოყალიბება მთავრდება, როცა მდინარის დახრილობა საკმარისი იქნება ნატანის სრული ფრაქციული სპექტრის ქვედა ბიეფში ჩატანისათვის.

მოსილვის პრიზმის, განსაკუთრებით შლეიფის, ზრდა ხდება სიმაღლესა და სიგრძე-სიგანეში. შესაბამისად, იზრდება წყალდიდობა-წყალმოვარდნების პერიოდში მდინარის ნაპირებიდან გადმოვარდნის და მასთან დაკავშირებული ნეგატიური მოვლენების რისკი. ამასთან, რაც უფრო მცირე დახრილობისაა მდინარე, მით მეტია შლეიფის სიგრძე და მაღალია დატბორვის რისკის ქვეშ მყოფი მოსახლეობისა და ინფრასტრუქტურის რაოდენობა.

შლეიფის სიგრძე ( $L$ , კმ) პირდაპირპროპორციულ კავშირშია მდინარის წყლის ( $Q$ , მ<sup>3</sup>/წმ) და ნატანის ( $R$ , კგ/წმ) ხარჯებთან, ნატანის დიამეტრთან ( $d$ , მმ) და უკუპროპორციულადაა დაკავშირებული მდინარის დახრილობასთან ( $I$ , მ/კმ):

$$L = \left( Q, R, d, \frac{1}{I} \right). \quad (2)$$

წყალსაცავის მოსილვის სიდიდის ( $S$ ) შეფასებისას მიზანშეწონილია მოსილვის პრიზმის მოცულობის გაანგარიშება, როგორც უშუალოდ წყალსაცავში აკუმულირებული მასალის ( $S_r$ ) და შლეიფის, ანუ მდინარის კალაპოტში (შენაკადებით) დალექილი ინერტული მასალის ( $S_{sh}$ ) ჯამისა:

$$S = S_r + S_{sh}. \quad (3)$$

ამ კომპონენტის მე-3) გამოსახულებით გაანგარიშება საშუალებას იძლევა რეალურად შეფასდეს წყალსაცავის გავლენა ზღვის სანაპიროს მდგრადობაზე და საჭიროების შემთხვევაში, ზუსტად იქნეს გამოკვლეული ზღვისპირა პლაჟების შესავსებად საჭირო ნატანის მოცულობა.

ჰიდროენერგეტიკისა და ნაპირდაცვის ერთობლივი პრობლემების რეალიზაციისათვის წყალსაცავის როლის შეფასებისას, მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ მთის წყალსაცავის შექმნის უარყოფითი მოვლენაა ზღვისპირის მდგრადობაზე მისი ნეგატიური გავლენა, რაც გამოწვეულია წყალსაცავის მიერ პლაჟების შემავსებელი ნატანის ჩაკეტვით. შედეგად, პლაჟი ირეცხება, ან იმდენად მცირდება, რომ ვეღარ იცავს ნაპირს ტალღური აბრაზისაგან და ზღვა იტაცებს ხმელეთს.

შესაბამისად, ნატანი რომელიც წყალსაცავში გროვდება, ერთის მხრივ, ამცირებს წყალსაცავის ექსპლუატაციის ვადას და ამით პრობლემას უქმნის ჰიდროენერგეტიკას; მეორეს მხრივ, სანაპიროზე პლაჟამგები მასალის მწვავე დეფიციტს ქმნის, რასაც პლაჟების წარცხვა და სანაპიროს აბრაზია მოსდევს. ამავე დროს, ეკონომიკის მრავალი დარგისათვის საჭირო ინერტულ მასალას მომხმარებელი მდინარეთა კალაპოტებიდან იღებს და ეკოლოგიურ ზარალთან ერთად, სანაპიროზე ნატანის დეფიციტს უფრო ამწვავებს.

## დასკვნა

აღნიშნულ და სხვა პრობლემათა ერთობლივი და მრავალმხრივ სარგებლიანი რეალიზაციაა ნატანის კონვეიერი „წყალსაცავი-სანაპირო-მომხმარებელი“. ასეთი კონვეიერი ნატანს მიაწვდის სანაპიროს და სახმელეთო მომხმარებელს, გაზრდის ელექტროენერჯის გამომუშავებას, შექმნის სამუშაო ადგილებს, ყოველ მლნ. მ<sup>3</sup> პლავამებზე და საბეტონე ინერტულ მასალაზე მოიტანს 2-3 მლნ. დოლარის მოგებას და მნიშვნელოვნად შეამცირებს ანთროპოგენულ ზეწოლას, რომელსაც გარემო განიცდის მდინარეთა კალაპოტიდან ინერტული მასალის მოპოვების გამო.

## ლიტერატურა

1. კორძახია მიტროფანე საქართველოს ჰავა. თბილისი, 1961;
2. Climate Change, 2007. Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report. WMO. UNEP. Cambridge, 2007;
3. www.russiandams.ru/otchet-vkp/. კაშხლები და განვითარება. მსოფლიო კომისიის 2000 წლის მოხსენება „ახალი მეთოდური გადაწყვეტილების მიღებისათვის“;
4. Гвахария В.К. Испарение с водной поверхности водоемов Кавказа. Мецниереба, 1973;
5. Гвахария В.К. Географическое моделирование испарения с водоёмов горных стран. Тбилиси, Мецниереба. 1986, 115 стр.;
6. Викулина З.А. Водный баланс озер и водохранилищ Советского Союза. Ленинград, Гидрометеиздат, 1985, 170 стр.;
7. Метревели Г.С. Водоохранилища Закавказья. Ленинград, Гидрометеиздат, 1985;
8. Метревели Г.С. Рехвиашвили Ш.Д, Заиление горных водохранилищ., Москва, 2002;
9. Сванидзе Г.Г., Гагуа В.П., Сухишвили Э.В. Возобновляемые энергоресурсы Грузии. Ленинград, Гидрометеиздат, 1987.

## Environmental protection

### MOUNTAIN RESERVUAR IMPACT ASSESSMENT CRITERIA

**J.N. Panchulidze, G.S. Metreveli**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia  
**E-mail: [jumber.panchulidze@gmail.com](mailto:jumber.panchulidze@gmail.com)**

**Abstract.** The mountain reservoir main micrometric features intensive sedimentation, significant impacts on climate, sea coastal sustainability and the surrounding areas infrastructure security are discussed in the article.

It's proved that the reservoir clogs the sediment streams and makes the hydropower, coastal protection and population security problems. Simultaneously and interest realization of the problem is assessing of the inert materials – "silting prism", which is accumulated in the reservoirs and the rivers near them as a permanent subsurface mineral grades and start the conveyor "reservoir–seashore–user" operation.

**Keywords:** water; river sediments; sea coast; inert material.

**КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ НА  
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Д.Н. Панчулидзе, Г.С. Метревели**

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия  
**E-mail: [jumber.panchulidze@gmail.com](mailto:jumber.panchulidze@gmail.com)**

**Аннотация.** В статье рассмотрены морфометрические особенности водохранилища, которые характеризуются интенсивностью заиления, существенным влиянием на климат, а также резко негативным влиянием на устойчивость морских берегов и на безопасность прилегающих пунктов, инфраструктуру.

Водоохранилище, перекрывая поток речных наносов, обосновано, что создает ряд проблем гидроэнергетике, морскому побережью, а также населению и инфраструктуре прибрежной зоны. Совместная и наиболее эффективная реализация этих проблем заключается в оценке наносов образующих призму заиления, как "полезные ископаемые" и организаций перманентно функционирующего конвейера наносов "водохранилище–морское побережье–сухопутный потребитель".

**Ключевые слова:** водохранилище; речные наносы; морское побережье; инертные материалы.

## STABILITY OF PLATES WITH DISCONTINUOUS PARAMETERS

G. Kipiani,<sup>1</sup> V. Mikadze,<sup>1</sup> L. Nikolaishvili<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Georgian Aviation University  
16, Ketevan Tsamebuli str., Tbilisi, 0144, Georgia  
E-mail: [gelakip@gmail.com](mailto:gelakip@gmail.com) , [vmikadze@mail.ru](mailto:vmikadze@mail.ru)

<sup>1</sup> Georgian Technical University  
77, M. Kostava str., Tbilisi, 0175, Georgia

**Abstract.** For analysis of having cuts and breaks plates, design formulae that gives the possibility to describe all singularities of stability components variables in adjacent of discontinuities, reflect variation and distribution of forces and moments in loading process, are obtained. Are solved for having cuts and ribs plates new tasks on calculation on stability for edges attachment various types and various conditions of contour loadings.

**Keywords:** plates with discontinuous parameters; cut; edge; stability; equations.

### INTRODUCTION

In the presented paper the new analytical solutions of number of having practical importance tasks of calculation of single layer plates with cuts and holes under the action of various contour loadings are stated. All solutions are grounded on proposed by author's method of consideration of arbitrary arrangement, direction and length cuts. The rectangular cut is simulated by four cuts that's makes closed rectangular contour.

For taking into account of cuts the apparatus of generalized (discontinuous) functions that are introduced in initial differential geometrical relations of theory of thin single-layer plates is applied.

As result of the introduction of these relations, due the elasticity relations, in the equilibrium equations or in equations of critical state the decisive equations, containing singular coefficients as delta functions and its derivatives are obtained. For solution of the obtained system various methods, variation with traditional approximation of desired functions, regular smooth functions are applied and method with approximation on special discontinuous functions, based on solution of corresponding static problem is offered by authors. It is shown that second method is most effective as it leads to rapid convergence process of successive approximations.

The developed analytical solutions lead to rather simple algorithms that are easily programmed and realized by computer engineering.

Modern achievements of mathematics and mechanics gives the possibility to start researches of complex problems, related with study of behavior of thin-walled structures having one or several arbitrary shape cuts.

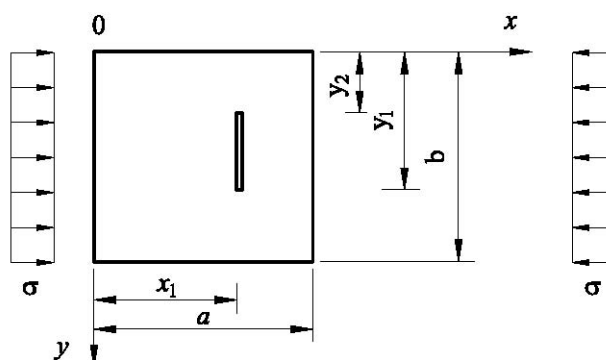
This were possible due researches of well-known scholars, the results of researches of that are stated in number of monographs of A.S. Volmir [1], A.N. Guz [2], E.I. Grigoliuk [3], G.N. Savin [4], A.M. Kurshin [5,] I.N. Preobrazhenski [6], B.K. Mikhailov [7].

The problem of stability of rectangular plates with rectangular holes firstly was stated by P.M. Varvak [8] and then was studied in the works of G.N. Savin, L.M. Kurshin, M.I. Plugan, I.M. Tsirlov, I.Yu. Kolesnikov, V.I. Korolev.

In the works of B.K. Mikhailov and G. Kipiani [9] new method of analysis of bending plates and shells with cuts, in parallel to sides of rectangular plane is developed. Taking into account the cuts in the differential geometrical relations, the discontinuous functions with coefficients, determined from condition of equality to zero of moment and shear force on edge of cut, are introduced. The solution of equation is presented as expansion on discontinuous function that gives the rather rapid convergence and simple formulae.

### BASIC PART

Let us consider the rectangular plate compressed in one direction by loading distributed on two opposite edges and having a cut on perpendicular to direction of compression (Fig. 1).



**Fig. 1. Plate with cut at action of uniformly distributed loading**

Then accordingly of [9] let us represent the deflection and angles of rotation as

$$\begin{aligned} \omega^* &= \omega + \Delta\omega 1_x 1_{yy}; \\ \gamma_1^* &= \gamma_1 + \Delta\gamma_1 1_x 1_{yy} = \Delta\omega \delta_x 1_{yy}; \\ \gamma_2^* &= \gamma_2 + \Delta\gamma_2 1_x 1_{yy}, \end{aligned} \tag{1}$$

where  $\Delta\omega$  – is the divergence of cut's edges;  $\Delta\gamma_1, \Delta\gamma_2$  – the angle of break of medial surface of cut accordingly in direction of axis's  $x$  and  $y$ ;  $1_x = 1(x - x_1)$  – the unit function from coordinate  $x$ ;  $1_{yy} = 1(y - y_1) - 1(y - y_2)$  – the function, composed from unit functions on coordinate  $y$ ;  $\delta_x = f(x - x_1)$  – the delta function.

Due introduction of expression (1) by relations of elasticity

$$\begin{aligned} M_1^* &= D \left( \omega_x^{*''} + \mu \omega_y^{*''} \right); \\ M_2^* &= D \left( \omega_y^{*''} + \mu \omega_x^{*''} \right); \\ M^* &= D(1 - \mu) \frac{1}{2} \left( \omega_x^{*''} + \mu \omega_y^{*''} \right), \end{aligned} \tag{2}$$

in the differential equations of equilibrium of plate's element related to bending moments

$$\frac{\partial^2 M_1^*}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M^*}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_2^*}{\partial y^2} = P, \tag{3}$$

obtain the equilibrium equation related to deflection function

$$\Delta^2 \varphi = - \left[ (\Delta \omega \delta_x'' + 2\Delta \omega'' \delta_x' + \Delta \omega_y'' 1_x + \Delta \gamma_1 \delta_x'' + \Delta \gamma_y'' \delta_y) \right]_{1_{yy}} + 2\Delta \omega_y'' 1_x \delta_{yy} + \Delta \omega_y'' \delta_{yy}' 1_x + \Delta \gamma_y'' \delta_{yy} \delta_x' \Big] + \frac{P}{D}, \quad (4)$$

where  $\delta_x', \delta_x''$  – are the derivatives from delta functions on  $x$ ;  $\delta_{yy} = \delta(y - y_1) - \delta(y - y_2)$ ;  $\delta_{yy}' = \delta'(y - y_1) - \delta'(y - y_2)$  – are the combinations from delta functions and its derivatives on variable  $y$ .

At generations of equation (4) and processes of functions  $\Delta \omega 1_x 1_{yy}$ ,  $\Delta \gamma_1 1_x 1_{yy}$ ,  $\Delta \gamma_2 1_x 1_{yy}$  differentiation, let's apply the relations

$$\begin{aligned} (\Delta \omega 1_x 1_{yy})_y' &= (\Delta \omega' 1_{yy} + \Delta \omega \delta_{yy}') 1_x = \Delta \omega_y' 1_{yy} 1_x; \\ (\Delta \omega 1_x 1_{yy})_y'' &= (\Delta \omega_y'' 1_{yy} + \Delta \omega_y' \delta_{yy}') 1_x = \Delta \omega_y'' 1_{yy} 1_x; \\ (\Delta \gamma_1 1_x 1_{yy})_y' &= (\Delta \gamma_{1y}' 1_{yy} + \Delta \gamma_{1y} \delta_{yy}') 1_x = \Delta \gamma_{1y}' 1_{yy} 1_x; \\ (\Delta \gamma_2 1_x 1_{yy})_y' &= (\Delta \gamma_{2y}' 1_{yy} + \Delta \gamma_{2y} \delta_{yy}') 1_x = \Delta \gamma_{2y}' 1_{yy} 1_x. \end{aligned} \quad (5)$$

This follows from that values  $\Delta \omega$ ,  $\Delta \gamma_1$ ,  $\Delta \gamma_2$  are the smooth, regular functions of  $y$  and therefore, equal to zero at  $y = y_1$  and  $y = y_2$ , because on the edges of cut would not be the step-wise change of deflection or angle of rotation, in contrary occurs the breaks and discontinuities along the whole cut.

Furthermore, the above mentioned in the equation (4) are accepted the notifications:  $\Delta^2$  – is the double Laplace operator;  $D = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}$  – the cylindrical stiffness;  $p$  – is the function of external loading.

Let's substitute in equation (4) the function of external loading by summand of external forces projections, acting on plane, tangent to deformed surface, as result of its buckling on normal, we will obtain in general case the equation of stability

$$p = - \left( T_1 \frac{\partial^2 \omega''}{\partial x^2} + 2S \frac{\partial^2 \omega''}{\partial x \partial y} + T_2 \frac{\partial^2 \omega''}{\partial y^2} \right), \quad (6)$$

on the other hand, the equation of critical state. In the considered case, accordingly of Fig. 1. would be assumed  $S = T_2 = 0$ .

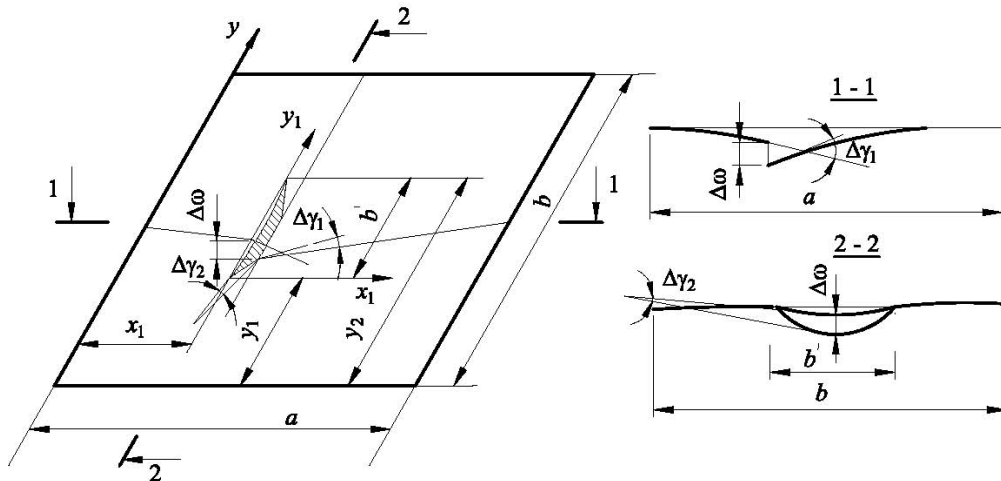
Then we have

$$\Delta^2 \omega = - \left[ (\Delta \omega \delta_x''' + 2\Delta \omega_y'' \delta_x' + \Delta \omega_y'' 1_x + \Delta \gamma_1 \delta_x'' + \Delta \gamma_y'' \delta_x) \right]_{1_{yy}} + 2\Delta \omega_y'' 1_x \delta_{yy} + \Delta \omega_y'' \delta_{yy}' 1_x + \Delta \gamma_y'' \delta_{yy} \delta_x' \Big] - \frac{T}{D} (\omega_x'' + \Delta \gamma \delta_x + \Delta \omega \delta_x')_{1_{yy}}. \quad (7)$$

This equation includes as coefficients the delta functions and their derivatives and would be integrated by method, stated in the work [9], i.e. by expression of desired solution as expansion on regular and special selected with discontinuous functions with several desired coefficients. this method gives the possibility to obtain practically similar convergence for moments and share forces in the regular domain, as well as in adjacent of cuts, including adjacent of cuts ends, and therefore, to determine the concentration of internal forces at keeping the small number of terms of expansion in series.

However, at determination of critical loading is not necessary to find the concentration of forces in small areas, as the critical loading at buckling of whole plate or whole structure represents the some integral characteristic, i.e. is less sensitive to local disturbances of mode of deformation and is mainly determined by character of disturbances distribution that represents the rather smooth functions, at least in intervals between cuts. From this would be expected of obtaining of quite satisfactory convergence process at determination of critical loading even at approximation of desired values by quite regular functions, for example trigonometric functions.





$$\Delta\omega = f_1(y') = \Delta\omega_1 \sin \frac{\pi}{b'} y',$$

$$\Delta\gamma_1 = f_2(y') = \Delta\gamma_{1(i)} \sin \frac{\pi}{b'} y',$$

$$\Delta\gamma_2 = f_3(y') = \Delta\gamma_{2(i)} \sin \frac{2\pi}{b'} y'$$

Fig. 2. Plate with cut

Let us express the deflection function by double series

$$\omega = \sum_k \sum_\ell \omega_{k\ell} \sin \alpha_k x \cdot \sin \beta_\ell y. \quad (8)$$

The functions of mutual angles of rotation  $\Delta\gamma_{1i}$ ;  $\Delta\gamma_{2j}$  and functions of edges divergence  $\Delta\omega_i$ ;  $\Delta\omega_j$  represents the functions of one coordinate, thus let's express them as ordinary series

$$\Delta\gamma_{1i} = \sum_k \Delta\gamma_{1ik} \sin \alpha_k x;$$

$$\Delta\omega_i = \sum_k \Delta\omega_{ik} \sin \alpha_k x;$$

$$\Delta\gamma_{2j} = \sum_\ell \Delta\gamma_{2j\ell} \sin \beta_\ell y;$$

$$\Delta\omega_j = \sum_\ell \Delta\omega_{j\ell} \sin \beta_\ell y. \quad (9)$$

Let us assume that plate undergoes the compression only in the  $x$  direction. Then, by introducing of (5) and (6) in the expression (4) and apply the Bubnov-Galerkin procedure for  $\ell$  term of expansion in series of external loading, we will obtain

$$\begin{aligned} (\alpha_k^2 + \beta_\ell^2)^2 \omega_{k\ell} = & - \sum_{i=1}^m \sum_k \sum_\ell [\omega_{i\ell} (\alpha_{ik}'' - 2\beta_\ell^2 \alpha_{ik}' + \beta_\ell^4 a_{ik}^0) \beta_{i\ell}^0 + \\ & + \Delta\gamma_{1i} (a_{ik}'' - \beta_{i1}^2 a_{ik}) \beta_{i\ell}^0 - 2\Delta\omega_{i\ell} \beta_\ell^2 a_{ik} \beta_{i\ell} - \Delta\omega_{i\ell} \beta_\ell^2 a_{ik}^0 \beta_{i\ell}^0 + \Delta\gamma_{1i\ell} \beta_\ell a_{ik} \beta_{i\ell}] - \\ & - \sum_{j=1}^m \sum_k \sum_\ell [\omega_{jk} (\beta_{j\ell}'' \alpha_{ik}'' - 2\alpha_k^2 b_{j\ell}^1 + \alpha_k'' b_{j\ell}^0) \bar{a}_{jk}^0 + \Delta\gamma_{2jk} (\beta_{j\ell}'' - \alpha_k^2 \beta_{j\ell}) \bar{a}_{jk}^0 - \\ & - 2\Delta\omega_{jk} \alpha_k^3 b_{j\ell}^0 \bar{a}_{jk} - \Delta\omega_{jk} a_k^2 \bar{b}_{j\ell}^0 \bar{a}_{jk} + \Delta\gamma_{2jk} (\beta_{j\ell}'' - \alpha_k^2 \beta_{j\ell}) \bar{a}_{jk}^0 - \\ & - \frac{T}{D} \left[ -\alpha_\ell^2 + \sum_{j=1}^m \sum_k \sum_\ell (\Delta\gamma_{1i\ell} a_{ik} + \Delta\omega_{i\ell} a_{ik}') b_{i\ell}^0 \right]. \end{aligned} \quad (10)$$

The entering in this equation coefficients  $\Delta\omega_{il}$ ;  $\Delta\omega_{jl}$ ;  $\Delta\gamma_{1il}$ ;  $\Delta\gamma_{2ik}$ ; will be found from conditions of equality to zero of moments and shear forces on lines of cuts, i.e.

$$\begin{aligned} M_1 = Q_1 + \frac{\partial H}{\partial y} = 0 \quad \text{at } x = x_i; \quad y_1 < y < y_{2i} \\ M_2 = Q_2 + \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad \text{at } y = y_i; \quad x_{1j} < x < x_{2j} \end{aligned} \quad (11)$$

Due to the introduction in these expressions of desired functions of deflection by formulae (7), (8), we will obtain simultaneous homogeneous equations. Such system, as it is known, has non-trivial solution, if its determinant is equal to zero. The condition of equality to zero of determinant of simultaneous equations (10) and (11) gives the equation for determination of critical loading  $T_{cr}$ .

Let's consider several examples. Let's assume that plate has one symmetrically arranged related to neutral axis cut, in parallel to  $y$  axis (Fig. 1). Then, keeping in expansion of desired function the one first term, we obtain the following simultaneous equations (in the first approximation)

$$\begin{aligned} (\alpha_1^2 - \beta_1^2)^2 \omega_{11} = -\gamma_{11} (\alpha_1'' - \beta_1^2 a_1) b_1^0 - \Delta\gamma_{1(1)} \beta_1 b_1 a_1 - \frac{T}{D} (\Delta\gamma_{1(1)} a_1 b_1^0 + \alpha_1^2 \omega_{11}) \\ - (\alpha_1^2 + \mu\beta_1^2) \omega_{11} + \Delta\gamma_{1(1)} a_1 b_1^0 = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

hence, we have

$$T_{cr} = T_{cr}^0 (1 - k), \quad (13)$$

where

$$k = \frac{(\alpha_1^2 + \mu\beta_1^2)(\alpha_1^2 + \beta_1^2) - \alpha_1^2 \frac{(\alpha_1^2 + \mu\beta_1^2)}{a_1 b_1^0} 2[(\alpha_1'' - \beta_1^2 a_1) b_1 + \beta_1 b_1 a]}{(2\alpha_1^2 + \mu\beta_1^2)(\alpha_1^2 + \beta_1^2)^2}.$$

where

$$\begin{aligned} a_1 = \frac{a}{2} \int_0^a \beta_x \sin^2 \alpha_1 x dx; \quad a_1'' = \frac{a}{2} \int_0^a \beta_x' \sin \alpha_1 x dx; \quad b_1^0 = \frac{b}{2} \int_0^b 1_{yy} \sin^2 \beta_1 y dy; \\ b_1 = \frac{b}{2} \int_0^b \delta_{yy} \sin \beta_1 y \cos \beta_1 y dy; \quad \alpha_1 = \frac{\pi}{a}; \quad \beta_1 = \frac{\pi}{b} \end{aligned}$$

For square plate with dimensions  $a = b = 300$  cm,  $h = 3$  cm and cut, equal to 100 cm, formula (13) gives the value of critical stress

$$\sigma_{cr} = \frac{T}{n} = 30.4 \text{ MPa}.$$

Accordingly, the value for continuous plate will be

$$\sigma = \frac{D (\alpha_1^2 + \beta_1^2)}{h \alpha_1^2} = 75.8 \text{ MPa}.$$

At consideration of successive approximations, values of critical stress are changed in direction of increasing. By keeping in expansion in the series of function  $\omega$  two, three and more approximations, we obtain the value of critical stress on second, third and so on approximations. For example, in the second approximation the boundary condition would be written down as [10]:

$$-(\alpha_1^2 + \mu\beta_1^2) \omega_{11} \sin \alpha_1 x \sin \beta_1 y - (\alpha_2^2 + \mu\beta_2^2) \omega_{21} \sin \alpha_2 x_1 \sin \beta_1 y = 0,$$

in the third approximation

$$-(\alpha_1^2 + \mu\beta_1^2)\omega_{11} \sin \alpha_1 x_1 \sin \beta_1 y - (\alpha_2^2 + \mu\beta_1^2)\omega_{21} \sin \alpha_2 x_1 \sin \beta_1 y - (\alpha_4^2 + \mu\beta_1^2)\omega_{41} \sin \alpha_4 x_1 \sin \beta_1 y,$$

where

$$\omega_{11} = \frac{(\alpha_1'' + \beta_1^2 a_1) b_1^0 + \frac{T}{D} a_1 b_1^0}{\frac{T}{D} \alpha_1^2 - (\alpha_1^2 + \beta_1^2)^2}; \quad \omega_{41} = \frac{(\alpha_4'' + \beta_1^2 a_4) b_1^0 + \frac{T}{D} a_4 b_1^0}{\frac{T}{D} \alpha_4^2 - (\alpha_4^2 + \beta_1^2)^2};$$

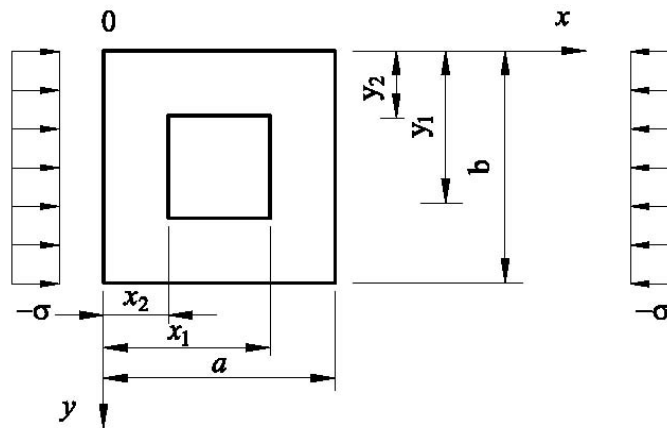
$$\omega_{21} = \frac{(\alpha_2'' + \beta_1^2 a_1) b_1^0 + \frac{T}{D} a_2 b_1^0}{\frac{T}{D} \alpha_2^2 - (\alpha_2^2 + \beta_1^2)^2}; \quad \alpha_2 = \frac{2\pi}{d}; \quad \alpha_1 = \frac{4\pi}{d}.$$

If in the function of angle of rotation  $\Delta\gamma_{ii} = \sum_k \Delta\gamma_{1ik} \sin \alpha_k x$  expand in the series on coordinate  $y$  on interval  $y_1 < y < y_2$ , then would be expected more rapid convergence of critical loading more precise definition process. Indeed, then in the second approximation  $\sigma_{cr} = 51.5$  MPa, in the third approximation  $\sigma_{cr} = 58.3$  MPa, The ninth and tenth approximations gives the values of critical loading accordingly 70 MPa and 70.3 MPa.

The further more precise definition would be terminated, because the divergence between approximations makes up 0.5%.

Thus, the critical stress for plate with cut is equal to 70.4 MPa that makes up 93% from critical stress of continuous plate.

As the second case, let's consider same square plate, having the four mutual perpendicular symmetrically arranged cuts, creating the closed square contour. Such cuts simulate the square hole (Fig. 2). The stated problem would be simplified if we assume  $\Delta\omega_{i\ell} = \Delta\omega_{ik} = 0$ , i.e. if assume that edges of cuts practically are not divergence at compression. As it is shown the experimental observations, this actually takes place, because are not the forces, applied in perpendicular to plane of plate and causing various on magnitude intense deflections of bank of cuts.



**Fig. 3. Plate with hole at action of uniformly distributed loading**

Due set the desired functions as

$$\begin{aligned} \omega &= \omega_{11} \sin \alpha_1 x \sin \beta_1 y; \\ \Delta\gamma_{1(1)} &= \Delta\gamma_{1(2)} = \Delta\gamma_{1(t)} \sin \beta_1 y; \\ \Delta\gamma_{2(1)} &= \Delta\gamma_{2(2)} = \Delta\gamma_{2(t)} \sin \alpha_1 x. \end{aligned} \tag{14}$$

and taking into account the symmetry  $\Delta\gamma_{1(1)} = \Delta\gamma_{2(1)}$ , let's write down the decisive simultaneous equations (10) and (11) as

$$\begin{aligned} (\alpha_1^2 + \beta_1^2)^2 \omega_{11} = & -2\Delta\gamma_{1(i)}(a_1'' + \beta_1^2 a_1) b_1^0 - 2\Delta\gamma_{1(i)} b_1 a_1 - 2\Delta\gamma_{2(i)}(b_1'' + \alpha_1^2 b_1) a_1^0 - \\ & - 2\Delta\gamma_{2(i)} \alpha_1 b_1 + \frac{T}{D} \alpha_1^2 \omega_{11} + 2 \frac{T}{D} \Delta\gamma_{1(i)} a_1 b_1^0; \\ -(\alpha_1^2 + \mu\beta_1^2) \omega_{11} + \Delta\gamma_{1(i)} a_1 b_1^0 = & 0; \\ (\alpha_1^2 + \mu\beta_1^2) \omega_{11} + \Delta\gamma_{2(i)} a_1 b_1^0 = & 0. \end{aligned} \quad (15)$$

Hence, we have

$$\begin{aligned} T_{cr} = & \left\{ (\alpha_1^2 + \beta_1^2)^2 + \frac{\alpha_1^2 + \mu\beta_1^2}{a_1 b_1^0} 2[(\alpha_1'' - \beta_1^2 a_1) b_1^0 + \beta_1 b_1 a_1] \right\} + \\ & + \alpha_1^2 \frac{\alpha_1^2 + \mu\beta_1^2}{b_1 a_1^0} 2[(b_1'' - \alpha_1^2 b_1) a_1^0 + \alpha_1 a_1 b_1] \left\{ 3\alpha_1^2 + 2\mu\beta_1^2 \right\}^{-1} \end{aligned}$$

The critical stress at above mentioned dimensions and length of each cut equal to 1/3 from width of plate, would be

$$\sigma_{cr} = \frac{T}{h} = 25.6 \text{ MPa}.$$

In the second approximation  $\sigma_{cr} = 37.9$  MPa and in the third  $\sigma_{cr} = 45.1$  MPa, in the ninth approximation  $\sigma_{cr} = 56.4$  MPa, in the tenth  $\sigma_{cr} = 56.8$  MPa.

Thus, the critical stress for plate with hole would be equal to  $\sigma_{cr} = 56.8$  MPa that makes up to 75% from critical stress of continuous plate.

## CONCLUSIONS

Are generated and studies the simultaneous differential equations that give the possibility on the unified basis in the condition of non-linear deformation to study stability for large class of having edges, cuts and concentrated supports plates. Various simplified variants of these equations are generated. The design modes express elements of construction structure as well as elements of used in aircraft, chemical, and instrument making engineering and in other fields of engineering structures.

## References

1. **Volmer A.C.** Stability of deformed systems. Moscow: Nauka, 1967, 984 p. (In Russian);
2. **Guz. A.H. et al.** Methods of shells analysis. Theory of thin shells weakened by holes. Under general editorship of Acad. Guz. Kiev: Naukova Dumka, 1980. (In Russian);
3. **Grigoliuk E.I., Kulikov N.A.** Stability of plates with holes. //Reports of Academy of Sciences of USSR, 1975, 224, № 4, pp. 790-793. (In Russian);
4. **Savin G.N.** Stress concentration hear holes. Kiev: Naukova Dumka, 1968, 887 p. (In Russian);
5. **Kurshin L.M., Matveev K.A.** To solution of problem of stability of plates with holes. //Dynamics and strength of structures, 1975, № 2, pp. 3-19. (In Russian);
6. **Preobrazhenski I.N.** Stability and oscillations of plates and shells with holes. Moscow: Mashinostroenie, 191 p. (In Russian);
7. **Mikhailov B.K.** Plates and shells with discontinuous parameters. Leningrad: Publishing LGU, 1980, 196 p. (In Russian);
8. **Varvak P.M.** Stability of square plate. //Transactions of KISI, 1945, № 7, pp. 21-28. (In Russian);
9. **Mikhailov B.K., Kipiani G.O.** Deformability and stability of spatial plate systems with discontinuous parameters. Saint Petersburg: Stroizdat SPB, 1996. 442 p. (In Russian);

10. **Kipiani Gela.** Definition of critical loading on three-layered plate with cuts by transition from static problem to stability problem. //Contemporary Problems in Architecture and Construction. Selected, peer reviewed papers the 6<sup>th</sup> International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, June 24-27, 2014, Ostrava, Czech Republic. Edited by Darja Kubeckova. Trans. Tech. publications LTD, Switzerland, 2014, pp. 143-150.

მშენებლობა და არქიტექტურა

**წყვეტილპარამეტრიანი ფირფიტების მდგრადობა**

**გ. ყიფიანი,<sup>1</sup> ვ. მიქაძე,<sup>1</sup> ლ. ნიკოლაიშვილი <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი  
ქეთევან წამებულის ქ. 16, ქ. თბილისი, 0144, საქართველო  
**E-mail: gelakip@gmail.com , vmikadze@mail.ru**

<sup>2</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
მ. კოსტავას ქ. 77, ქ. თბილისი, 0175, საქართველო

**ანოტაცია.** წიბოების და ტეხვების მქონე ფირფიტების გაანგარიშებისათვის მიღებულია საანგარიშო ფორმულები, რომლებიც საშუალებას იძლევა აღიწეროს მდგრადობის კომპონენტების ცვლადების ყველა განსაკუთრებულობა რეგულარობის დარღვევის მიახლოებაში, აისახოს დატვირთვის პროცესში ძაღვებისა და მომენტების ცვლილებები და გადანაწილებები. ამოხსნილია ჭრილებისა და წიბოების მქონე ფირფიტების მდგრადობაზე გაანგარიშების ახალი ამოცანები, კიდეების ჩამაგრების სხვადასხვა სახის და სხვადასხვა კონტურული დატვირთვის პირობებში..

**საკვანძო სიტყვები:** წყვეტილპარამეტრიანი ფირფიტა; ჭრილი; წიბო; მდგრადობა; განტოლებები.

Строительство и архитектура

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАСТИН С РАЗРЫВНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

**Г. Кипиани, В. Микадзе, Л. Николаишвили**

<sup>1</sup> Грузинский авиационный университет  
ул. Кетеван Цамебули 16, г. Тбилиси, 0144, Грузия  
**E-mail: gelakip@gmail.com , vmikadze@mail.ru**

<sup>2</sup> Грузинский технический университет  
ул. М.Костава 77, 0175, г. Тбилиси, Грузия

**Аннотация.** Для расчёта имеющих рёбра и изломы пластинок получены расчётные формулы, которые дают возможность описать все особенности переменных компонентов устойчивости вблизи от нарушения регулярности, отразить изменения и перераспределения усилий и моментов в процессе нагружения. Решены новые задачи расчёта на устойчивость пластинок с разрезами и рёбрами для различного рода закрепления кромок и в условиях различных контурных нагрузок.

**Ключевые слова:** пластины с разрывными параметрами; разрез; кромка; устойчивость; уравнения.

**ბორჯომის ხეობაში 2008 წელს განხორციელებული ეკოციდის შედეგად  
ფორმირებული ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების შეფასება  
და პრობნოზირება\***

გ.გ. ჩახაია, ზ.ნ. ვარაზაშვილი, ლ.ნ. წულუკიძე, რ.გ. დიაკონიძე,  
ი.გ. ხუბულავა, თ.ლ. სუბატაშვილი, გ.გ. ომსარაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მუშრნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო  
**E-mail: gogachaxia@mail.ru**

**ანოტაცია.** ბორჯომის ხეობაში განხორციელებული საველე-სარეკონოსცირებო კვლევების საფუძველზე დაფიქსირდა სოფ. დაბასთან ნაღვარევის დელეში ეკოციდის (ხანძრის) ნეგატიური შედეგებით პროვოცირებული ღვარცოფული მოვლენები. სოფლი-ოში აპრობირებული მეთოდოლოგიების გამოყენებით დადგენილია, ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების რაოდენობრივი მახასიათებლები და გაკეთებულია პროგნოზი ბორჯომის ხეობაში (ნაღვარევის დელეს წყალშემკრები აუზი) მიმდინარე გეოდინამიკური პროცესების რისკების შესაფასებლად.

**საკვანძო სიტყვები:** ეროზია; მოწყვლადობა; ღვარცოფი.

**შესავალი**

ცნობილია, რომ 2008 წლის აგვისტოში, ბორჯომის ხეობაში, რუსეთის მიერ განხორციელებული ეკოციდის შედეგად წარმოშობილი ხანძრისაგან განადგურდა კურორტ ბორჯომის, კასპის რაიონის სოფელ ხანდაკის, სურამის, კიკეთის, ხაიშის, ატენის, ხარაგაულის ეროვნული პარკის და ცენტრალური ავტომაგისტრალის მიმდებარე ტყის მასივები.

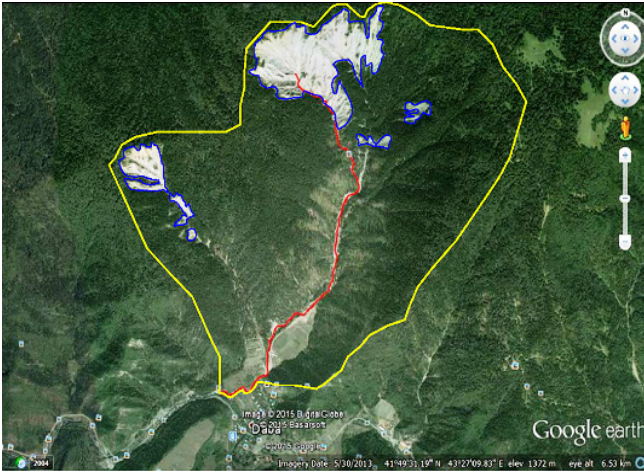
ზემოთ აღნიშნული ნახანძრალი ტერიტორიებიდან ჩვენი კვლევის საგანს წარმოადგენს ბორჯომის ხეობა, რადგან სტიქიის შედეგად განადგურებულმა ტყის ფართობმა მარტო ამ რაიონში 950 ჰექტარს მიაღწია (სულ საქართველოს მასშტაბით განადგურდა 1100 ჰექტარი ტყის მასივი) და სასიცოცხლო ფუნქცია შეუწყდა 290 000 მ<sup>3</sup> ხე-ტყეს. ხანძრის შედეგად მთის ფერდობებზე მთლიანად განადგურდა მცენარეული საფარი, რის გამოც გააქტიურდა ეროზიულ-ღვარცოფული მოვლენები, წარმოიქმნა ახალი მოწყვლადი უბნები [5, 6, 7].

მიმდინარე პროცესებმა, თავისთავად, ხელი შეუწყვეს ეკოლოგიური რისკების ამადლებას, რის შედეგადაც საკურორტო ზონებში, რომლის სტატუსსაც ზემოთ ხსენებული თითქმის ყველა რეგიონი ფლობს, შემცირდა ტურისტებისა და დამსვენებლების ნაკადი, რაც ნეგატიურად აისახა ამ დარგის ინფრასტრუქტურის განვითარებაზე და, შესაბამისად, რეგიონის ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე.

\* პროექტი განხორციელდა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის (გრანტი №30/01) ფინანსური მხარდაჭერით. წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული ნებისმიერი მოსაზრება ეკუთვნის ავტორს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ინტერესებს.

**პირველი ნაწილი**

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ბორჯომის ხეობაში ნახანძრავი მთის ფერდობების მოწყვლადობის შესაფასებლად, ჩვენ მიერ მდ. გუჯარულას მარჯვენა შენაკადში, ნაღვარევის დელეში (სოფ. დაბასთან) განხორციელდა საველე-სარეკოგნოსცირობო სამუშაოები, რომლის შედეგად გამოვლენილ იქნა ეროზიული გენეზისის აქტიური დვარცოფული მოვლენები (სურ. 1, 2), რის გამოც სოფ. დაბის მოსახლეობა მაღალი რისკის ქვეშ არის მოქცეული.



**სურ. 1. ნაღვარევის დელეს წყალშემკრები აუზის აეროფოტო**



**სურ. 2. ნაღვარევის დელეს კალაპოტში გაჩერებული დვარცოფის საერთო ხედი**

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნაღვარევის დელეში ხანძრის შედეგად პროვოცირებული ეროზიულ-დვარცოფული მოვლენების შეფასება და პროგნოზირება მეტად პრიორიტეტული საკითხია.

ნაღვარევის დელეს წყალშემკრები აუზში ჩატარებული საველე-სარეკოგნოსცირობო სამუშაოების შედეგების, აეროფოტო მასალის და პროფესორ გივი გაგარდაშვილის მიერ მიღებული ემპირიული დამოკიდებულებების გამოყენებით გაანგარიშებულ იქნა, ნაღვარევის დელეს წყალშემკრები აუზის მოწყვლადი ფერდობების ეროზიის კოეფიციენტი [1÷3]. ინგლისელი მეცნიერის, პროფესორ რ. მორგანის შკალის მიხედვით დადგენილია მთის ეროზირებული ფერდობების დაზიანების ხარისხი და რაოდენობრივი მახასიათებლები [4].

შემოთავაზებულ ეროზიის კოეფიციენტის საანგარიშო ემპირიულ დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე [5]:

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

სადაც:  $F_1$  მდინარის წყალშემკრები აუზში გაშიშვლებული ტერიტორიის ფართობია ( $კმ^2$ );

$F_0$  – მდინარის წყალშემკრები აუზის მთლიანი ფართობი ( $კმ^2$ );

$t$  – საკვლევი წლის პერიოდი (წელი);

$T$  – დაკვირვების საერთო პერიოდი (წელი).

ჩატარებული გამოთვლების შედეგად მიღებული სიდიდეები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1

ნაღვარევის დელეს აუზში მთის ფერდობების ეროზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობები

№	მდინარის დასახელება	წყალშემკრები აუზის ფართობი		ეროზიის კოეფიციენტის (E) მნიშვნელობები წლების მიხედვით					ეროზიის კლასი	ეროზიის ინტენსივობა წელიწადში (ტ/ჰა)
		მთლიანი, F <sub>0</sub> (კმ <sup>2</sup> )	ეროზირებული, F <sub>1</sub> (კმ <sup>2</sup> )			2010	2015	2020		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ნაღვარევის დელე	6,44	0,68	0,39	0,54	0,63	0,68	0,73	მესამე	5-10

აგრეთვე გაანგარიშებულ იქნა ნაღვარევის დელეს წყალშემკრებ აუზში მოსალოდნელი დვარცოფული ნაკადების სხვადასხვა უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯები, რომელთა საანგარიშო დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე [1, 2]:

$$Q_{max} = A(34 + 400i) \cdot F_0^{0,61} \text{ (მ}^3\text{/წმ)}, \quad (2)$$

სადაც: *i* შენაკადის საშუალო ქანობია;

F<sub>0</sub> – მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი (კმ<sup>2</sup>);

A – ხარჯის კოეფიციენტი, რომლის კავშირი უზრუნველყოფის კოეფიციენტთან (P%) მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

ხარჯისა (A) და უზრუნველყოფის კოეფიციენტების (P%) დამოკიდებულება

(P%)–უზრუნველყოფის კოეფიციენტი	0,1	1	3	5	10	25	50
A – ხარჯის კოეფიციენტი	2,4	1	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2

ანგარიშის შედეგები მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

ნაღვარევის დელეს წყალშემკრებ აუზში დვარცოფის სხვადასხვა უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯის მნიშვნელობები

№	შენაკადის დასახელება	წყალშემკრები აუზის ფართობი, F <sub>0</sub> (კმ <sup>2</sup> )	შენაკადის სიმაღლე ზღვის დონიდან, H (მ)		შენაკადის სიგრძე L (კმ)	ქანობი, i	დვარცოფის სხვადასხვა უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯები Q <sub>max</sub> (მ <sup>3</sup> /წმ)		
			სათავე (მ)	შესართავი (მ)			0.1%	1%	10%
1	ნაღვარევის დელე	6,44	1465	991	3,59	0,1319	648,6	270,2	135,1



## დასკვნა

ამრიგად, ჩვენ მიერ შესწავლილი და შეფასებული იქნა ნაღვარევის დელეს წყალ-შემკრებ აუზში ეროზიული პროცესებისა და ღვარცოფული მოვლენების განვითარების პირობები, რის საფუძველზეც შეიძლება დავასკვნათ, რომ აღნიშნულ ხეობაში დარღვეულია მდგრადი ეკოლოგიური ბალანსი, რაც საჭიროებს ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების საწინააღმდეგო ეფექტური და ოპერატიული ღონისძიებების ჩატარებას, როგორცაა: ფიტო-მელიორაციული და სატყეო-მელიორაციული, საინჟინრო და სხვა კომპლექსური ხასიათის ღონისძიებები, რათა მომავალში ნაღვარევის დელეს მიმდებარე მოწყველად ფერდობებზე დარეგულირდეს ნიადაგის ეროზიული პროცესები, აღდგენილ იქნეს ბიომრავალფეროვნება და შემცირდეს ღვარცოფის ფორმირების რისკები.

## ლიტერატურა

1. **გავარდაშვილი გ.ვ.** მდინარე დურუჯის აუზში ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების პროგნოზირება და მათი საწინააღმდეგო ახალი საინჟინრო-ეკოლოგიური ღონისძიებები. “მეცნიერება”, თბილისი, 2003, 116 გვ;
2. **გავარდაშვილი გ.ვ., ჩახაია გ. გ.** მდინარე აჭარისწყლის აუზში ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესების პროგნოზი და მისი შეფასება. //ჟ. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №7-9, თბილისი, 2004, გვ. 61-66;
3. **ჩეკურიშვილი რ.ი., გავარდაშვილი გ.ვ., ნადარაია მ.** მთის ლანდშაფტის კადასტრის შედგენა აეროკოსმოსური მეთოდების გამოყენებით. (მეთოდური მითითებები). თბილისი, 1994, 48 გვ;
4. **Morgan R.P.C., Hann M. J.** Shah Deniz Gas Export Project: erosion risk assessment. Crafeld University, UK, Silsoe, 2001, p. 25.;
5. <http://nala.ge/uploads/borjomi.pdf>
6. <http://presa.ge/new/?m=society&AID=11365>
7. [http://chemiraioniborjomi.blogspot.com/2013/11/blog-post\\_1267.html](http://chemiraioniborjomi.blogspot.com/2013/11/blog-post_1267.html)

## Environmental protection

### THE EVALUATION AND FORECAST OF EROSION- DEBRIS FLOW PROCESSES FORMED AS A RESULT OF ECOCIDE IMPLEMENTED IN 2008 IN BORJOMI VALLEY

**G.G. Chakhaia, Z.N. Varazashvili, L.N. Tsulukidze, R.V. Diakonidze,  
I.V. Khubulava, T.L. Supatashvili, G.G. Omsarashvili**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia  
**E-mail: gogachaxaia@mail.ru**

**Abstract.** In the Borjomi Valley as a result of field recognition research, in the Nagvarevi Ghele, near to vil. Data fixed debris flow phenomena provoked by negative results of ecocide (fire). It has been established quantities characteristics of erosion debris flow processes on the base of using World

---

appropriate methodology and it has been done forecast for evaluation of risks of geodynamic processes running in Borjomi valley (catchments basin of Nagvarevi Ghele).

**Keywords:** erosion; vulnerability; debris-flow.

**Охрана окружающей среды**

**ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ЭРОЗИОННО-СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ,  
СФОРМИРОВАВШИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЭКОЦИДА  
В БОРЖОМСКОМ УЩЕЛЬЕ В 2008 ГОДУ**

**Г.Г. Чахая, З.Н. Варазашвили, Л.Н. Цулукидзе, Р.В. Диаконидзе,  
И.В. Хубулава, Т.Л. Сунаташвили, Г.Г. Омсараშვილი**

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия  
**E-mail: gogachaxia@mail.ru**

**Аннотация.** На основе проведения полево-рекогносцировочных исследований в Боржомском ущелье у с. Даба (правый приток р. Гуджарула, ущелье р. Нагваревис-Геле) были зафиксированы селевые явления, спровоцированные негативными последствиями экоцида (лесной пожар). С помощью апробированной в мире методологий, были установлены количественные показатели эрозионно-селевых процессов и дан прогноз для оценки риска геодинамических процессов, протекающих в Боржомском ущелье (водосборный бассейн р. Нагваревис Геле).

**Ключевые слова:** эрозия; уязвимость; сель.

საქართველოში გეოლოგიური საფრთხეების მდგომარეობა  
და მათი ზრდის რისკის ტენდენციები

ე.დ. წერეთელი,<sup>1,2</sup> მ.გ. გაფრინდაშვილი,<sup>1</sup> გ.მ. გაფრინდაშვილი,<sup>1,2</sup>  
ო.ო. ქურციკიძე,<sup>1</sup> ც.გ. დონაძე,<sup>3</sup> თ.ს. ნანობაშვილი<sup>3</sup>

<sup>1</sup> საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს  
გარემოს ეროვნული სააგენტო  
დავით აღმაშენებლის გამზ. 150, 0112, ქ. თბილისი, საქართველო

E-mail: otarkurtsikidze@yahoo.com

<sup>2</sup> ვახუშტი ბაგრატიონის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტი  
მ. ალექსიძის 1, კორპ. 8, ქ. თბილისი, საქართველო

<sup>3</sup> ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 1, 0179, ქ. თბილისი, საქართველო

**ანოტაცია.** საქართველოში მრავალსპექტრიანი სტიქიური გეოლოგიური პროცესებით ტერიტორიების დაზიანებადობა მასშტაბურია, განმეორებადობა ხშირი, ეკონომიკური ზარალი დიდი და საშიშროების რისკი მაღალი. მათი საშიშროების რისკის არეალში მოქცეულია ქვეყნის ტერიტორიის 70%-მდე. მაგრამ, მიყენებული ეკონომიკური ზარალითა და ადამიანთა მსხვერპლის მიხედვით უმაღლეს რეგისტრში განიხილება, განსაკუთრებული ჰეტეროგენული ბუნების მქონე და დროის ინტერვალებში მზარდი მეწყრულ-გრავიტაციული და ღვარცოფული მოვლენები.

საქართველოში მეწყრულ – გრავიტაციული და ღვარცოფული პროცესების საშიშროების რისკის შესახებ სრულ წარმოდგენას გვაძლევს დღეისათვის დამუშავებული ტერიტორიის დარაიონების (ზონირების) სპეციალური რუკები დაზიანებადობისა და საშიშროების რისკის მიხედვით. დარაიონების პრინციპს საფუძვლად უდევს მუდმივად განმსაზღვრელი (ბაზისური) პროცესგანმსაზღვრელი ისეთი დეტერმინანტული სუბსტრატი, როგორც არის გეოლოგიური გარემოს თავისებურება, ლითოლოგია, რელიეფის ენერგეტიკული პოტენციალი, ჰიდროგეოლოგიური პირობები და მისი მგრძობიარობა ამ პროცესებისადმი. არასტაციონარულ რეჟიმში დროში ცვალებადი პროცესმაპროვოცირებელ სტოქასტიკურ ფაქტორთა ერთობლიობა, რომლებიც განსაზღვრავენ გეოლოგიურ გარემოს გამოყვანას დამყარებული კომპოსტატიზმის მდგომარეებიდან და ფიზიკური ველების დაძაბულობის მიყვანას კრიტიკულ ზღვრამდე, რაც იწვევს მეწყრულ-გრავიტაციული და ღვარცოფული პროცესების დინამიკაში მოყვანას ფონური მდგომარეობიდან ექსტრემალურამდე.

ამ სახის რუკები წარმოადგენს ბაზურ საფუძველს ტერიტორიის შესაფასებლად სხვადასხვა მიმართულების სამეურნეო-საინჟინრო საქმიანობისათვის და რეგიონული ხასიათის გეომონიტორინგის საწარმოებლად. მაგრამ, ვინაიდან, მეწყრულ-გრავიტაციული და ღვარცოფული პროცესები დროსა და სივრცეში არასტაციონარულ დინამიკურ რეჟიმში მიმდინარე მკვეთრად ცვალებადი მოვლენებია, აუცილებელია პერიოდულად (10 წელიწადში ერთხელ მაინც) ხდებოდეს ამ სახის რუკების განახლება. ამაში დაგვეხმარება პერმანენტულად წარმოებული რეგიონული გეომონიტორინგული კვლევებით მოპოვებული ინფორმაცია

**საკვანძო სიტყვები:** მეწყრულ-გრავიტაციული პროცესები; რისკი და საშიშროება; შერბილება.

## გეოლოგიური სტიქიის მღზომარეობის ზოგადი სურათი

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

გეოლოგიური სტიქიის ძლიერ ზეგავლენას (ხშირად კატასტროფული შედეგებით) პერიოდულად განიცდის ათასობით დასახლებული პუნქტი, მიწის სავარგულები, გზები, ნავთობ- და გაზსადენების ტრასები, მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ანძები, ჰიდრო-ტექნიკურ-სამეფიორაციო ობიექტები, სამთო-ტურისტული კომპლექსები და სხვ. სტიქიის საშიშროების არეალში მოქცეულია თითქმის ყველა ლანდშაფტურ-გეოგრაფიული ზონა – ზღვისპირეთიდან დაწყებული, ალპურ-ნივალურით დამთავრებული, სადაც გეოეკოლოგიური სიტუაცია გართულებულია „დაძაბულიდან“ – „კრიზისულ“ მღზომარეობამდე. აქ განვითარებული ღვარცოფებით, მეწყრულ-გრავიტაციული და ეროზიული მოვლენებით, წყალდიდობებით, მყინვარების ჩამოქცევით და მათგან ტრანსფორმირებული ე.წ. „გლაცი-ალური ღვარცოფებით“ გამოწვეული უარყოფითი სოციალურ-ეკონომიკური, დემოგრაფიული და ეკოლოგიური შედეგები მოიცავენ ადამიანის საქმიანობის ყველა სფეროს.

განსაკუთრებულად მძიმე ვითარებაა შექმნილი მთიან რეგიონებში, სადაც სტიქიის ექსტრემალური გააქტიურების პირობებში, არც თუ იშვიათად საჭირო ხდება მოსახლეობის აყრა ისტორიულად დამკვიდრებული საცხოვრისიდან და ზოგჯერ გაყვანა სხვა რაიონებშიც. ამას XX საუკუნის მეორე ნახევარში მოჰყვა ათეულობით მთის სოფლის დაცარიელება და მიწების გავერანება. ყველაზე საგანგაშო კი ის არის, რომ ამ მოვლენებს ხშირად თან სდევდა ადამიანთა მსხვერპლი. მარტო 1987 წლიდან დღემდე საქართველოში სტიქიამ შეიწირა 600-ზე მეტი ადამიანი, ხოლო ბოლო 35 წლის მანძილზე მათმა რიცხვმა 1000-ს გადააჭარბა. ამავე პერიოდში სტიქიით დაზიანებული ადგილებიდან გაყვანილი იქნა 60-ათასამდე ოჯახი.

სტიქიის ფონური გააქტიურების პირობებშიც კი საერთო ეკონომიკური ზარალი ათეული მილიონი დოლარით განისაზღვრება, ხოლო მისი ექსტრემალური განვითარებისას ასეულ მილიონებს აჭარბებს. ამის ნათელი დადასტურებაა საქართველოში 1967 წლიდან სტიქიით მიყენებული უარყოფითი შედეგების არასრული მონაცემები: 1967-1968 წლებში მარტო მეწყრული პროცესების ექსტრემალური გააქტიურების შედეგად დასავლეთ საქართველოში მიყენებულმა ზარალმა 500 მლნ. აშშ დოლარი შეადგინა; 1987-1989 წლების კატასტროფული სტიქიის შედეგად, რომელმაც თითქმის მთელი საქართველო მოიცვა – ზარალმა 1 მლრდ. აშშ დოლარს გადააჭარბა, ხოლო 1991-1992 წლებში მიწისძვრებით, მეწყრულ-გრავიტაციული და ღვარცოფული მოვლენებით გამოწვეულმა ზარალმა 10 მლრდ. დოლარს მიაღწია. 1981-2000 წლებისათვის შედგენილი საქართველოს ეროზიის საწინააღმდეგო გენერალური სქემის [1] თანახმად, გეოლოგიური სტიქიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების განსახორციელებელი ღირებულებები განისაზღვრა 1,300 მლრდ. დოლარის ფარგლებში. 1982 წელს მდ. რიონის წყალდიდობით დაიტბორა 13 000 ჰა ტერიტორია და ზარალმა შეადგინა 12 მლნ. დოლარი. 1987 წლის წყალდიდობებით დასავლეთ საქართველოში დაიტბორა 20 000 ჰა ფართობი, დაზიანდა 3 200 და დაინგრა 2 000 საცხოვრებელი სახლი, 650 ადმინისტრაციული შენობა-ნაგებობა, რკინიგზა – 16 კმ, საავტომობილო გზა – 13 კმ, დროებით ევაკუირებულ იქნა 16 ათასი ადამიანი. საერთო ზარალმა 300 მლნ დოლარი შეადგინა [4].

1967-1978 წლებში საქართველოში გეოლოგიური სტიქიით მიყენებულმა ზარალმა 2 მლრდ. დოლარს გადააჭარბა, დაიღუპა 150 ადამიანი; რაჭა-ლეჩხუმის რეგიონში 1987-

1990 წლებში მიყენებული ზარალი 20 მლნ. აშშ დოლარს აღემატებოდა [3].

1967-2008 წლებში აჭარაში მეწყრულ-ღვარცოფული მოვლენებით, წყალდიდობებით, მდინარეთა ნაპირებისა და ზღვის სანაპიროს წარცხვით მიყენებულმა ზარალმა 1,5 მლრდ. დოლარი შეადგინა და ადამიანთა მსხვერპლმა 200 გადააჭარბა.

აფხაზეთის ტერიტორიაზე 1966 წლიდან 1992 წლის საომარი მოქმედების დაწყებამდე მეწყრების ექსტრემალური გააქტიურება დაფიქსირებული იყო 1967-68, 1971, 1974-76, 1982, 1987-89 და 1991 წლებში. მათი მაღალი საშიშროების რისკის არეალში იმყოფებოდა 82 დასახლებული პუნქტი, სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის ბრუნვიდან ამოვარდა 20 000 ჰა მიწის სავარგული. მარტო 1987-89 წლებში სხვადასხვა ხარისხით დაზიანდა 1 400 საცხოვრებელი სახლი, ხოლო დაინგრა და საცხოვრებლად უვარგისი გახდა 560 საცხოვრებელი სახლი, საავტომობილო გზების 20% მეწყრული პროცესების საშიშროების ზონაში იმყოფება.

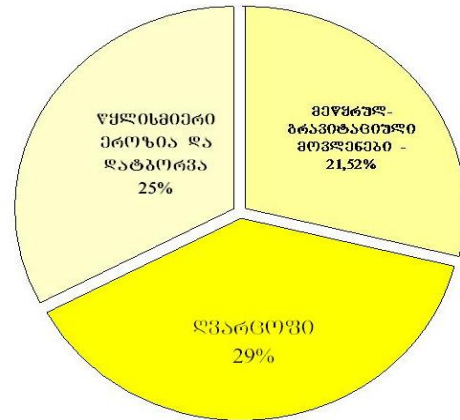
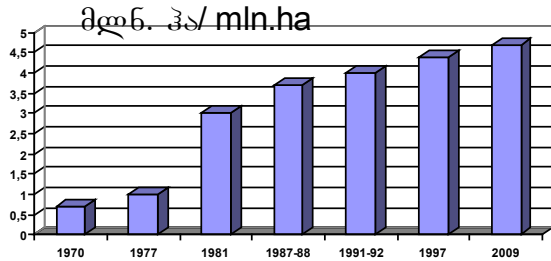
საქართველოს ენერგეტიკის სამინისტროს მონაცემებით 2001-2007 წლებში ბუნებრივი სტიქიის შედეგად დაზიანებული ელექტროგადამცემი ხაზების აღსადგენად დაიხარჯა 3 550 ათასი ლარი.

საქართველოში თუ XX საუკუნის ბოლო ათწლეულამდე მეწყრულ-ღვარცოფული და ეროზიული პროცესების გააქტიურების ექსტრემუმი, უმეტესწილად ემორჩილებოდა გარკვეულ ციკლურობას და ადგილის გეოლოგიურ-კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე, საშუალოდ მეორდებოდა 3-5 და 8-11 წლის ინტერვალით, 90-იანი წლებიდან მოყოლებული პროცესების საშუალო ფონს ზემოთ გააქტიურებას ადგილი აქვს თითქმის ყოველ წელს, ხოლო მათი ექსტრემალური გამოვლინების ინტერვალები მნიშვნელოვნად შემოკლებულია. შედეგად პროცესების უარყოფითი მოქმედების არეალში ექცევა სულ ახალი და ახალი ფართობები, დასახლებული პუნქტები და საინჟინრო-სამეურნეო ობიექტები [4].

ამ პერიოდისათვის საქართველოს ტერიტორიაზე დაფიქსირებული იყო 53-ათასამდე დინამიკაში მყოფი და საშიშროების რისკის ზონაში მოქცეული მეწყრულ-გრავიტაციული უბანი, 3000-მდე ღვარცოფტრანსფორმირებადი ეროზიული წყალსადინარი, მდინარეთა ნაპირების ეროზიული გარეცხვის 1000-ზე მეტი უბანი 1 500კმ საერთო სიგრძით, ზღვის ნაპირების ინტენსიური წარცხვა 180კმ-ზე და რამდენიმე ათასი თოვლის ზვავის მუდმივი ჩამოსვლის ადგილი. ყველა ამ პროცესის საშიშროების რისკის არეალში მოქცეულია 3 000-მდე დასახლებული პუნქტი (ანუ საერთო რაოდენობის 63%) და 400 ათასამდე ოჯახი. სტიქიური პროცესების რეაქტივაცია წლითიწლობით გეომეტრიული პროგრესიით იზრდებოდა და დღეისათვის მათგან დაზიანებული და მაღალი საშიშროების რისკის სივრცეში მოქცეულია მთელი ქვეყნის 70%-მდე. ამის ნათელი დადასტურებაა საქართველოს ტერიტორიაზე „საქგეოლოგიის“ მიერ სხვადასხვა წლებში კარტირებული გეოლოგიური სტიქიის საშიშროების არეალში მოქცეული ფართობები (დიაგრამა 1).

სტიქიის განსაკუთრებული ექსტრემალური რეაქტივაცია დაიწყო XXI საუკუნის გარიჟრაჟზე და აქედან მოყოლობული მათ განმეორებადობას საშუალო ფონზე მაღალი ადგილი აქვს თითქმის ყოველ წელს ცალკეული პაროქსიზმული აფეთქებებით. ამის ნათელი დადასტურებაა №1 ცხრილში ასახული სტატისტიკური მონაცემები, მოპოვებული რეგიონული მონიტორინგის პროცესში. მაგალითისათვის, 2004-2005 წლებში სტიქიის განსაკუთრებულად მაღალი საშიშროების რისკის არეალში აღმოჩნდა 1 035 დასახლებული პუნქტი, სხვადასხვა ხარისხის დეფორმაცია განიცადა 3 070 საცხოვრებელმა სახლმა, ხოლო 3 000-მდე აყვანილ იქნა გეომონიტორინგული კონტროლის ქვეშ. დაიტბორა, დაიმეწყრა და ღვარცოფული ნაკადებით მოისილა საერთო ჯამში 23 886 ჰა სავარგული, ხოლო მდინარეთა ნაპირები გაირეცხა 217კმ-ზე, გადაუღებელი რეაბილიტაცია დასჭირდა

სხვადასხვა კატეგორიის საავტომობილო გზებს 400კმ-ზე, საერთო ზარალმა 350 მლნ. ლარს გადააჭარბა, ხოლო ადამიანთა მსხვერპლმა 88-ს.



წელი/Year

დიაგრამა - 1

ცხრილი №1

წლები	მეწევერი				ღვარცოფი				საშიშროების რისკის ზონაში მოქცეული ობიექტები		
	გააქტიურებული და ახლად წარმოქმნილი	მიანობები პირდაპირი ზარალი (მლნ ლარი)	აღმართა მსხვერპლი	ღვარცოფის წარმოქმნის რაოდენობა	მიანობები პირდაპირი ზარალი (მლნ ლარი)	აღმართა მსხვერპლი	მილიანი ზარალი (მლნ ლარი)	დაზიანებული სასოფლო-სამეურნეო საგარეულობები	დაზიანებული პუნქტების რაოდენობა	საცხოვრებელი სახლები	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1995	670	132	6	250	96	12	228	179	274	195	
1996	610	80.3	3	165	27	5	107.3	232.3	403	626	
1997	871	102	2	335	44	7	146	336.5	458	227	
1998	543	67	5	173	20	6	87	229.6	370	159	
1999	56	12	1	27	4.5	-	16.5	137.8	157	314	
2000	65	13	1	23	3.0	-	16	162.2	240	207	
2001	75	15	-	26	4.0	-	19	127.5	191	127	
2002	69	13.8	1	23	2.5	2	16.3	147.9	203	193	
2003	71	14.5	3	28	4.0	-	18.5	106.5	90	207	
2004	949	147	4	258	28	2	175	16289.2	755	6042	
2005	603	96	-	155	9.0	4	105	7589.6	473	3682	
2006	356	70.5	1	63	9.0	-	79.5	3172.5	531	2066	
2007	136	20.5	-	104	11.5	-	32	1389.1	269	707	
2008	311	48	8	126	15	8	63	1387.7	392	1198	
2009	323	63.5	1	193	16.5	3	80	8232.3	521	2696	
2010	250	20	3	81	5.0	2	25	1155	366	822	
2011	94	უცნობი	3	37	9.0	8	20	652	181	463	
2012	325	უცნობი	1	88	50.0	5	50	1255	239	845	
2013	331	უცნობი	-	90	უცნობი	-	უცნობი	1413	267	1269	
2014	715	უცნობი	-	141	უცნობი	10	უცნობი	2460	298	982	
<b>სულ</b>	<b>7440</b>	<b>915.1</b>	<b>43</b>	<b>2389</b>	<b>358</b>	<b>74</b>	<b>1284.1</b>	<b>46654.7</b>	<b>6678</b>	<b>23027</b>	

ბუნებრივი სტიქიის მაღალი რეაქტივაციის რისკის ქვეშ მოექცა დასახლებულ პუნქტებთან ერთად ისეთი სტრატეგიული სახაზო ობიექტები, როგორებიცაა პირველი კატეგორიის საავტომობილო გზები და ნავთობ-გაზსადენები, რომელთა უმეტესობა გადის გეოლოგიურად მაღალი სენსიტიურობისა და გეოსაშიშროების არეალებში. ამის დადასტურებაა ცხრილში №2 მოყვანილი სახაზო ობიექტების გეოლოგიური კატასტროფებით დაზიანებადობის ხარისხი და საშიშროების რისკი, დაფიქსირებული დაპროექტების პირველ სტადიაზე.

**ცხრილი №2**

**საქართველოს სახაზო ობიექტების გეოლოგიური კატასტროფების  
 საშიშროების რისკი და დაზიანებადობის კოეფიციენტი**

ობიექტი	გეოლოგიური მოვლენები		
	მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენა	დვარცოფტრანსფორმირებადი წყალსადინრების რაოდენობა	ნაპირების გარეცხვა, უბანი
მთავარი საავტომობილო გზები, 3000კმ სიგრძეზე	2500	360	565
რკინიგზა – 300კმ	45	65	–
ხაშური-ბათუმის ნავთობსადენი – 232კმ	42	91	300
ტრანსკავკასიის გაზსადენი – 148კმ	65	40	60
დას. მიმართულების საექსპორტო ნავთობსადენი ბაქო-სუფსა – 232კმ	23	51	22
ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენის და შაჰდენიზი-ერზრუმის გაზსადენი – 249კმ	13	16	25

ბოლო პერიოდში გეოლოგიური სტიქიის ასეთი მასშტაბით განვითარება-რეაქტივაცია არასტაციონარულ რეჟიმში და გეოეკოლოგიური გართულებები უკიდურესად სენსიტიური გეოლოგიური გარემოს საერთო ფონზე, განაპირობა:

1. მაღალი ინტენსივობის მიწისძვრების გააქტიურებამ კავკასიაში (1988 წ. – სპიტაკის, 1991 წ. – რაჭა-იმერეთის, 1992 წ. – ფასანაური-ბარისახოს, 2002 წ. – თბილისის, ასევე სეისმური მონიტორინგის ცენტრის მიერ დაფიქსირებული მიწისძვრებით: 2005 წ. – ენგურის, 2006 წ. – რაჭის, კახეთის, ცხინვალის, 2007 წ. – ჯავახეთის, ახალქალაქის, 2008 წ. – რაჭის, კახეთის, ყაზბეგის, დმანისის, 2009 წ. – ონის, ახალქალაქის, იმერეთის, 2010 წ. – შაორის (ხარისთვალის), დედოფლისწყაროს, ყვარლის, დმანისის, ონის), რომლებიც აგრძელებენ „სიცოცხლეს“ დღემდე და არსებობს სეისმოლოგთა პროგნოზი, რომ ახლო მომავალში არ შენელებს სეისმური აქტივობა;

2. გლობალური კლიმატური ცვლილებების საერთო ფონზე ეგზოდინამიკური პროცესების მაპროვოცირებელი უარყოფითი მეტეოროლოგიური მოვლენების (პირველ ყოვლისა ატმოსფერული ნალექები, ტემპერატურა, ტენიანობა) გახშირებამ და რაოდენობრივმა ზრდამ საშუალო მრავალწლიურ მანუალებლებთან მიმართებაში;

3. ადამიანის მასშტაბურმა ზემოქმედებამ გარემოზე და მისი ბალანსური წონასწორობის

მკვეთრმა დარღვევამ, როგორცაა მოსახლეობის დასახლება და მიწების უსისტემო ათვისება, ხშირად ყოველგვარი წინმსწრები შეფასების გარეშე, ახალი სახაზო ობიექტების მშენებლობა-რეკონსტრუქცია გეოდინამიკურად რთულ სივრცეებში, ტყის საფარის მასიური გაჩეხვა, ჩაის პლანტაციების დიდ ფართობებზე ამოძირკვა და ა.შ. კვლევები ადასტურებენ, რომ ხშირია შემთხვევა, როდესაც მოსახლეობა სახლდება დროებით სტაბილიზებულ მეწყრულ სხეულებზე, ღვარცოფულ გამონატანებზე, მდინარეთა ჭალებზე, ჰიდროტექნიკური ნაგებობების აკრძალული ზონის ფარგლებში. არცთუ იშვიათად ეკომიგრანტებისათვის გამოყოფილ ახალ ფართობებზე დასახლება ხდება სათანადო გეოლოგიური შეფასების გარეშე.

საყურადღებოა, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე განვითარებულ გეოლოგიურ პროცესებს შორის უმეტეს შემთხვევაში თითქმის შეუძლებელი ხდება გამიჯვნა სტიქიური პროცესების მაპროვოცირებელ ბუნებრივ და ანთროპოგენურ ფაქტორებს შორის.

საქართველოში სტიქიური ეგზოგეოლოგიური პროცესებიდან თავისი განვითარების მასშტაბებით, განმეორებადობის სიხშირით, გენეტიკური მრავალსახეობრიობით, მიყენებული ნეგატიური შედეგებით და საშიშროების რისკით უმაღლეს რეგისტრში დგას მეწყრულ-გრავიტაციული და ღვარცოფული მოვლენები. ქვეყნისადმი გეოლოგიური სტიქიით მიყენებული ზარალის 70%-ზე მეტი, ეკომიგრანტების 90%-მდე და ადამიანთა მსხვერპლის 80%-მდე ამ პროცესებს უკავშირდება.

### მეწყრულ-გრავიტაციული და ღვარცოფული პროცესების მოკლე მიმოხილვა

მეწყრულ-გრავიტაციული პროცესები გვხვდება ყველა კლიმატურ-გეომორფოლოგიურ ზონაში, დაწყებული ზღვისპირეთიდან, დამთავრებული მაღალმთიან-ალპურით. დღეისათვის დაფიქსირებულია მათი სხვადასხვა ხარისხის დინამიკაში მყოფი და მაღალი საშიშროების რისკის 53 ათასი უბანი, რომელთა საერთო ფართობი 1.5მლნ ჰა-ს აღემატება. მათგან დინამიკაში მყოფი მეწყრების 70%-მდე ფიქსირებულია დასახლებული პუნქტების, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებისა და სახაზო საინჟინრო ობიექტების ზონაში. დღეისათვის მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენების უშუალო საშიშროების ზონაში იმყოფება 2 ათასამდე დასახლებული პუნქტი, 200 000-ზე მეტი მოსახლით, ცენტრალური საავტომობილო გზების, ნავთობ და გაზსადენების, დიდი ჰიდროტექნიკური წყალსაცავების არეალში დაფიქსირებულია 1 715 მეწყრული უბანი. სრულად გამოსულია მწყობრიდან თბილისის, სოხუმისა და ცხინვალის შემოვლითი გზების მონაკვეთები. მთლიანობაში სახაზო საინჟინრო ობიექტების 25%-მდე მეწყრულ-გრავიტაციული მოვლენების საშიშროების რისკის ზონაში იმყოფება.

მეწყრული პროცესების ფონური აქტივობის პირობებშიც კი ქვეყნის ეკონომიკისადმი ყოველწლიური მიყენებული ზარალი რამდენიმე ათეული მილიონი დოლარით განისაზღვრება, მათ შორის სოფლის მეურნეობის ობიექტებისათვის, მათი საშუალო აქტივობის პირობებშიც კი, პირდაპირი ზარალი საშუალოდ 40-50 მლნ. დოლარს შეადგენს.

მეწყრულ-გრავიტაციული პროცესების ექსტრემალური და პაროქსიზმული გააქტიურების შემთხვევაში მათგან გამოწყეული უარყოფითი შედეგები განუსაზღვრელად დიდია. მაგალითისათვის, 1967-68 წლებში დასავლეთ საქართველოში განვითარებულმა ექსტრემალური ხასიათის მეწყრულ-გრავიტაციულმა მოვლენებმა 300 ათას ჰა ფართობზე დაახინა და დაანგრია 10 000-მდე საცხოვრებელი სახლი, უვარგისი გახადა დასამუშავებლად



30 000 ჰა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები და 5 000-მდე მოსახლე გადასაცემი გახდა ახალ ადგილზე.

1975-1976 წლებში აფხაზეთის ზღვისპირეთში მეწყერმა დაანგრია 900-მდე საცხოვრებელი სახლი და სოფლის მეურნეობისათვის გამოუსადეგარი გახდა 5 400 ჰა ფართობი. 1987-1989 წლების კატასტროფული ხასიათის მეწყერულ-გრავიტაციული მოვლენების გააქტიურების შედეგად დაზიანდა და დაინგრა 20 000-მდე საცხოვრებელი სახლი და სამეურნეო ობიექტი, 9000-მდე ოჯახი გადაყვანილი იქნა ახალ უსაფრთხო ადგილზე.

1991-1992 წლებში სტიქიის დროს, როდესაც ერთმანეთს დაემთხვა რაჭისა და ფასანაური-ბარისახოს მიწისძვრები და გამოიწვია მეწყერულ-გრავიტაციული მოვლენების გააქტიურება-პროვოცირება გაუკეთა 30 000-მდე მეწყერულ-გრავიტაციულ პროცესებს. შედეგად სოფ. ხრეთში 50-მდე ოჯახი მთლიანად დამარხა 20 000 მლნ. მ<sup>3</sup> მოცულობის კლდეზავმა (საჩხერის რაიონი), გაასწორა მიწასთან ს.ს. ჩორდი, ჟაშქვა (ონის რაიონი), ბელოთი და საცხენისი (ცხინვალის რაიონი) და 70 000 მლნ. მ<sup>3</sup> მოცულობის მეწყერმა გადააკეტა მდ ფაწას ხეობა 40 მ სიმაღლის კაშხლით [4].

აღსანიშნავია, რომ თუ ადრეულ პერიოდებში მეწყერულ-გრავიტაციული პროცესების წარმოქმნა-გააქტიურების განმეორებადობის ინტერვალები გეოლოგიური გარემოს სენსიტიურობიდან გამომდინარე მეორდებოდა 3-5-8-11 წლების პერიოდით, როგორც ზემოთ მოყვანილი ცხრილი №1 გვიჩვენებს, ეს კანონზომიერება დარღვეულია. ამ სახით პროცესების გააქტიურება ფონურზე ზევით თითქმის ყოველ წელს აღინიშნება. ეს განსაკუთრებით ეხება კლიმატოგენური ხასიათის მეწყერულ მოვლენებს, რომელთა გააქტიურება განპირობებულია არასტაციონარულ რეჟიმში მიმდინარე მეწყერმაპროვოცირებელი ატმოსფერული ნალექების გახშირებით, ფერდობების გაწყლოვანებით და „ტენიანობის ეფექტის“ გაზრდით, რაც იწვევს მეწყერული პროცესებისადმი მიდრეკილი ფერდობების ენერგეტიკულ დამუხტვას და ძვრის წინაღობის დაქვეითებას კრიტიკულ ზღვრამდე. საქართველოში ამ ტიპის მეწყერები სარგებლობენ მასობრივი განვითარებით, იკავებენ საერთო რაოდენობის 70%-ზე მეტს და გვხვდება ყველა იმ კლიმატურ-მორფოლოგიურ ზონაში, რომლის ზედაპირის დახრილობა 5-8°-ს აღემატება და ფერდობები გეოლოგიურად აგებულია ატმოსფერული ნალექების მიმღები დადებითი რეცეპტორების თვისებების მქონე მეწყერული პროცესებისადმი მგრძობიარე ქანებით.

რეგიონული გეომონიტორინგული და რეჟიმულ-სტაციონარული კვლევების მრავალწლიანი სტატისტიკური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კლიმატოგენური მეწყერული პროცესების დინამიკური რეჟიმი პირდაპირ დამოკიდებულებაში იმყოფება მოსული ატმოსფერული ნალექების გადახრის სიდიდებთან შიდაწლიურ ინტერვალში მრავალწლიური ნორმიდან შესაბამის კლიმატური პირობებისა და გეოლოგიური გარემოს სივრცეში. მეწყერების გააქტიურების ან მათი ახლად წარმოქმნის პერიოდში ემთხვევა ატმოსფერული ნალექების დადებით ბალანსს, ხოლო პროცესების ჩაქრობა თუ მათი დროებითი სტაბილიზაცია მრავალწლიური ნორმიდან გადახრილი ნალექების დეფიციტს. ამასთან პროცესის ჩაქრობის თუ მისი სტაბილიზაციის რეჟიმი პირდაპირ დამოკიდებულებაშია გეოლოგიური გარემოს შემადგენელი ელემენტების სინკრეტულობაზე. მეწყერების დინამიკური რეჟიმის მდგომარეობასთან მიმართებაში „ტენიანობის ეფექტის“ რაოდენობრივ მახასიათებლებზე დაყრდნობით გამოყოფთ მეწყერული პროცესების დინამიკური რეჟიმის 5 სტადიას: 1) ფონურზე დაბალი (სტაბილური); 2) ფონური; 3) ფონურზე მაღალი (სტრესული); 4) ექსტრემალური; 5) პაროქსიზმული.

კონკრეტულად, როდესაც წლის განმავლობაში მოსული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა ექცევა მრავალწლიური ნორმის საზღვრებში (ანუ ემთხვევა სტატიკური კლიმატური რეჟიმის პირობებს), მეწყრული პროცესების დინამიკური რეჟიმი, სხვა დამატებითი რისკ-ფაქტორების გამორიცხვის პირობებში, მიმდინარეობს ფონურის მდგომარეობის დონეზე; თუ წლის განმავლობაში მოსული ატმოსფერული ნალექების დადებითი ბალანსი მრავალწლიურ ნორმასთან მიმართებაში 100-200 მმ-ის ფარგლებშია, მეწყრული პროცესების რეჟიმში იწყება გააქტიურების ტენდენცია; ნალექების მოსვლის შემთხვევაში მრავალწლიური ნორმის ზემოთ 200-400 მმ საზღვრებში ადგილი აქვს პროცესების გააქტიურებას თითქმის ყველა დროებით სტაბილურ მეწყრებში და ახალი მეწყრები წარმოიქმნება იმ გეოლოგიურ გარემოში, რომელთა დეფორმაციის ჰორიზონტები გამოირჩევა მაღალსენსიტიური და სინთეზატორული თვისებებით. წლის განმავლობაში ატმოსფერული ნალექების მოსვლის პირობებში 400-600 მმ-ში და ზემოთ მრავალწლიური ნორმიდან ადგილი აქვს მეწყრული პროცესების ექსტრემალურ აფეთქებას. იმისდა მიხედვით, თუ ატმოსფეროს რა სახის ცირკულაციურ რეჟიმთან გვექნება საქმე პროცესების ექსტრემალური გააქტიურება შეიძლება გადავიდეს დიდ რეგიონულ პაროქსიზმის მასშტაბებში, რომლის არაერთი პარადიგმა მოგვეპოვება საქართველოსა და მთლიანად კავკასიის რეგიონში. თუმცა ქვეყნის ოროგრაფიულ-კლიმატური პირობებიდან და გეოლოგიური გარემოს ყველა მდგენელი ელემენტის სინკრეტული მოქმედებებიდან გამომდინარე, ექსტრემალური ხასიათის მეწყრული პროცესების წარმოქმნა-რეაქტივაციის პერიოდებს შორის შუალედი მერყეობს 2-4-დან 8-11 წლის დიაპაზონში და ხშირად მეწყრების გააქტიურების წლებიც სხვადასხვა რეგიონში ერთმანეთს არ ემთხვევა. ამის ნათელი დადასტურებაა ატმოსფერული ნალექების საშუალო მრავალწლიურიდან გადახრის გრაფიკები აჭარისა და კახეთის რეგიონების მაგალითზე.

**ღვარცოფული მოვლენები** საქართველოს მოსახლეობის სიცოცხლის ხელყოფის საშიშროებისა და საინჟინრო ობიექტების უსაფრთხოდ ფუნქციონირებისათვის კიდევ უფრო მაღალ რისკს ქმნიან. ისინი გამოირჩევიან განვითარების ჰეტეროგენულობით, ტერიტორიის დაზიანებადობის მასშტაბებით, განმეორებადობის სიხშირით და მიყენებული ეკონომიკური ზარალით (იხ. ცხრილი №1). ღვარცოფული მოვლენები გეხვდება ქვეყნის მთიანი ტერიტორიის ყველა კლიმატურ-მორფოლოგიურ ზონაში და გეოლოგიური აგებულების პირობებში – მთისწინეთიდან დაწყებული, მაღალმთიან-ნივალურით დამთავრებული. თუმცა ქვეყნის რელიეფური ხასიათისა და გეოლოგიური აგებულების სხვადასხვა სენსიტიურობიდან გამომდინარე მათი განმეორებადობა, მოცულობები, ენერგია, ფორმირების პირობები და რეოლოგიური ბუნება ერთმანეთისაგან სრულიად განსხვავებულია. დღეისათვის საქართველოს ტერიტორიაზე მცირე მდინარეებსა და უმეტესად დიდ მდინარეთა აუზების პირველი სამი რიგის შენაკადებში (ხორტინის კლასიფიკაციით) დაფიქსირებულია ღვარცოფტრანსფორმირებადი 3 000-ზე მეტი წყალსადინარი, რომელთა საერთო ფართობი 2 მლნ. ჰა-ს შეადგენს [2]. ღვარცოფების საშიშროების რისკის ქვეშ იმყოფება ყველა ის დასახლებული პუნქტი, რომელიც მცირე მდინარეთა ხეობებში არიან დასახლებული, ასევე ცივ-გომბორის, საგურამო-იალნოს ქედებისა და კახეთის კავკასიონის მთისწინეთის არეალში განლაგებული მოსახლეობა და ინფრასტრუქტურა; მათი საშიშროების მაღალი რისკის ქვეშ იმყოფება ქალაქები – თბილისი, ყვარელი, თელავი, საგარეჯო, ლაგოდეხი, ონი, ბორჯომი, მესტია, ლენტეხი, ახალციხე, ადიგენი, მცხეთა, ცაგერი და სხვა. 680 ღვარცოფტრანსფორმირებადი მდინარე პერიოდულად საშიშროებას

უქმნის საავტომობილო და სხვა სახის სახაზო-საირიგაციო ობიექტებს, სასოფლო-სამეურნეო საფარგულებს.

ქვეყნისადმი ღვარცოფებით მიყენებული ყოველწლიური ზარალი საშუალოდ რამდენიმე ათეული მლნ. დოლარის ფარგლებშია, ხოლო ექსტრემალური გააქტიურების პირობებში 100 მლნ. დოლარს აჭარბებს. მაგალითისათვის, 1977 წელს მარტო თელავის ხევში ტრანსფორმირებულმა ღვარცოფმა მიაყენა ზარალი ქალაქის ინფრასტრუქტურას 30 მლნ. დოლარის ფარგლებში, ხოლო იმავე წელს მდ. ცხენისწყლის აუზის ზემო წელში ტრანსფორმირებული ღვარცოფებით მიყენებული ზარალი 100 მლნ. დოლარს აღემატებოდა. 1995-2013 წლებში ტრანსფორმირებული ღვარცოფებით დაფიქსირებულმა მიახლოებულმა ზარალმა შეადგინა 358 მლნ ლარი, ხოლო ადამიანთა მსხვერპლმა 64. აღარაფერს ვამბობთ 2014 წელს დარიალის ხეობაში (ყაზბეგის მუნიციპალიტეტი) წარმოქმნილ კატასტროფული ხასიათის გლაციალური ღვარცოფებით გამოწვეულ ტრაგედიაზე და ეკონომიკურ ზარალზე.

საქართველოში ბოლო ორი საუკუნის მანძილზე არასრული მონაცემებით კატასტროფული ხასიათის ღვარცოფები დაფიქსირებულია 500-მდე, მათგან მდ. თერგის აუზში 77-ჯერ, მდ. არაგვის აუზში 38-ჯერ, მდ. ენგურის აუზში – 65, მდ. ცხენისწყლის აუზში 40, მდ. რიონის აუზში – 120, მდ. აჭარისწყლის აუზში 22, მდ. მტკვრის ზემო წელის აუზში 90-ჯერ, რომელმაც შეიწირა რამდენიმე ასეული ადამიანის სიცოცხლე. მარტო თბილისის ტერიტორიაზე ბოლო 100 წლის მანძილზე დაფიქსირებულია 20-ზე მეტი ღვარცოფული ხასიათის კატასტროფული წყალმოვარდნები, რასაც მოჰყვა 130-ზე მეტი ადამიანის მსხვერპლი. თუმცა, მთლიანობაში ღვარცოფების საშიშროების რისკზე ნათელ წარმოდგენას იძლევა საქართველოს დარაიონების რუკა ღვარცოფული მოვლენებით დაზიანებადობის ხარისხისა და საშიშროების რისკის მიხედვით. შესაბამისად ტერიტორია ზონირებული გვაქვს 9 პირობით ერთეულად:



## დასკვნა

პრაქტიკამ დაადასტურა, რომ საქართველოსთან მიმართებაში გეოლოგიური სტიქიით მაღალ მოწყვლად სივრცეებში, შეუძლებელია თავიდან იქნეს აცილებული ბუნებრივი კატასტროფების საშიშროების რისკი და მათი უარყოფითი შედეგები, უზრუნველყოფილი ქვეყნის მდგრადი განვითარება, შენარჩუნებული სასიცოცხლო სივრცე, მოსახლეობის დაცვა-ადაპტაცია და გეოლოგიური გარემოს გეოეკოლოგიური წონასწორობა, თუ ქვეყანა არ იქნება მზად ბუნებრივი სტიქიის შემოტევისგან თავდასაცავად. ამისათვის აუცილებელია სრულფასოვნად ვფლობდეთ გეოლოგიური სტიქიის რეალურ მდგომარეობას და მისგან მოსალოდნელ ნეგატიურ შედეგებს, ხოლო საშიშროების რისკის შესაფასებლად და ადრეული გაფრთხილების ეფექტური სისტემის შესაქმნელად ეროვნულ და რეგიონულ დონეზე, უპირველეს ყოვლისა უნდა ვფლობდეთ სიტუაციას სად რა სახის და მასშტაბის გეოლოგიური სტიქიის წარმოქმნა-რეაქტივაცია არის მოსალოდნელი და რა სახის და სიძლიერის საშიშროებას უქადის მოსახლეობას, სასოფლო-სამეურნეო და საინჟინრო ობიექტებს. ყოველივე ამას კი სჭირდება სათანადო დონეზე დამუშავებული სპეციალური ბაზისური რუკები და მასზე აგებული თანამედროვე მეთოდოლოგიისა და ტექნოლოგიების დონეზე პერმანენტულად წარმოებული სხვადასხვა დონის გეომონიტორინგული კვლევები ეროვნულ, რეგიონულ და მუნიციპალიტეტების დონეზე, სადაც დადგენილი და კარტირებული იქნება ყველა სახის გეოლოგიური მოვლენა, მათი გავრცელების არეალები, ტერიტორიის დაზიანებადობის ინტენსივობა და მოწყვლადობის ხარისხი, შეფასებული იქნება პროცესების განმსაზღვრელი ძირითადი დეტერმინანტული და დროში ძნელად პროგნოზირებადი სტოქასტიკური ფაქტორები და მოსალოდნელი საშიშროების რისკები. საფრთხეების ასეთი სახით გაანალიზება საშუალებას მისცემს დაინტერესებულ მხარეებს გაატაროს სათანადო დონისძიებები სტიქიის შესარბილებლად. ამავე დროს, ვინაიდან მეწყრულ-გრავიტაციული და ღვარცოფული პროცესების დინამიკური რეჟიმი მიეკუთვნება დროსა და სივრცეში მკვეთრად ცვალებად მოვლენებს, აუცილებელია ხდებოდეს ამ პროცესებით ტერიტორიის დაზიანებადობისა და საშიშროების რისკის ამსახველი რუკების პერიოდული (10 წელიწადში ერთხელ მაინც) განახლება. ამაში დაგვეხმარება სწორედ პერმანენტულად წარმოებადი გეომონიტორინგული კვლევებით მოპოვებული ინფორმაცია.

## ლიტერატურა

1. Генеральная схема противоэрозионных мероприятий на период 1981-2000 г.г., Тбилиси, 1988 г., 725 стр.;
2. **Gobechia Gigla, Tsereteli Emil, Gobejishvili Ramin** Hazard Zonation of Freshets and Mudflow Phenomena in Georgia. //International Symposium on Floods and Modern Methods of Control Measures. Tbilisi, 2009, pp. 164-170;
1. ინფორმაციული ბიულეტენი: მიწისქვეშა წყლების ეკოლოგიური მდგომარეობისა და საშიში გეოლოგიური პროცესების შესწავლისა და პროგნოზის შესახებ. საქართველოს გეოლოგის სახ. დეპარტამენტი. თბილისი, 2000 წ., 420 გვ.;
3. **ტატაშიძე ზ., წერეთელი ემ., საზარაძე რ.** სტიქიური ბუნებრივი მოვლენები. /მონოგრაფიაში: „საქართველოს გეოგრაფია (ნაწ. I). თბილისი, 2000 წ., გვ. 69-90;
4. **Церетели Э.Д., Церетели Д.Д** Геологические условия развития селей в Грузию. "Мецниереба", Тбилиси, 1985 г., 185 стр.

**STATE OF GEOLOGICAL HAZARDS AND  
RISKS INCREASING TRENDS IN GEORGIA**

**E.D. Tsereteli,<sup>1,2</sup> M.V. Gaprindashvili,<sup>1</sup> G.M. Gaprindashvili,<sup>1,2</sup>  
O.O. Kurtsikidze,<sup>1</sup> Ts.G. Donadze,<sup>3</sup> T.S. Nanobashvili<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> The National Environmental Agency  
of Ministry of Environment and Natural Resources Protection of Georgia  
150, David Agmashenebeli av., 0112, Tbilisi, Georgia

**E-mail: otarkurtsikidze@yahoo.com**

<sup>2</sup> Vakhushti Bagrationi Institute Of Geography  
1, korp. 8, M. Aleksidze str., Tbilisi, Georgia

<sup>3</sup> Iv. Javakhishvili Tbilisi State University  
1, I. Chavchavadze av., 0179, Tbilisi, Georgia

**Abstract.** Areas affected by multi spectrum elemental geological processes is of large scale In Georgia, associated with frequent repeatability, large economic losses and high risk of hazard . Around 70 % of State territory is within the range of risk of hazard. According to economic losses and human casualties, landslide – gravitational and mudflow phenomenon of exceptional heterogeneous character, through increasing in time interval is considered in the highest register.

A complete understanding of hazardous risk of landslide – gravitational and mudflow processes in Georgia, allows currently developed special zoning maps in accordance with damage and hazardous risks. The principle of zoning is based on constantly determining (basic) process defining deterministic substrate, such as geological features of the environment, lithology, energy potential of the relief , hydrogeological conditions and its sensitivity to these processes.

The Combination of time-variable, process provoking stochastic factors in non-stationary mode, determining recovery of geological environment from the established state of homeostasis and leading tension of physical fields to critical threshold, leads to the dynamics of landslide-gravitational mudflow processes from baseline conditions to the extreme.

These types of maps represents basic ground for the assessment of the area, various directions of the economy and engineering activities and carrying out geo-monitoring studies of a regional nature.

However, as landslide-gravitational mudflow processes represents ongoing drastically changing phenomenon through space and time in non-stationary dynamic mode, it is necessary, periodically (at least once every 10 years) to update these types of maps. For aforementioned reason, will serve received information, on the basis of permanently conducted regional geo-monitoring studies.

**Keywords:** landslide and gravitational processes; risk and hazard mitigation.

## СОСТОЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В ГРУЗИИ И ТЕНДЕНЦИИ ИХ РИСКА

Э.Д. Церетели,<sup>1,2</sup> М.В. Гаприндашвили,<sup>1</sup> Г.М. Гаприндашвили,<sup>1,2</sup>  
О.О. Курцикидзе,<sup>1</sup> Ц.Г. Донадзе,<sup>3</sup> Т.С. Нанобашвили<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Национальное Агентство окружающей среды  
Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Грузии  
пр. Давида Агмашенебели 150, 0112, г. Тбилиси, Грузия

**E-mail: otarkurtsikidze@yahoo.com**

<sup>2</sup> Институт географии им. Вахушти Багратиони  
ул. М. Алексидзе 1, корп. 8, г. Тбилиси, Грузия

<sup>3</sup> Тбилисский Государственный Университет им. И. Джавахишвили  
пр. И. Чавчавадзе 1, 0179, г. Тбилиси, Грузия

**Аннотация.** Степень поражаемости территории Грузии многоспектральными геологическими процессами – масштабный, повторяемость их частая. Экономический ущерб большой, а риск опасности высокий. В ареале их опасности находится 70% территории страны. Из многосторонних геологических процессов в смысле экономического ущерба и человеческой трагедии особое место занимают оползнево-гравитационные и селевые явления.

О степени опасности оползнево-гравитационных и селевых явлений полное представление дает разработанные специальные карты районирования (зонирования) территории Грузии по степени поражаемости и риска опасности. Эти карты служат базисной основой для целенаправленного планирования освоения территории Грузии и введения регионального мониторинга в смысле оценки состояния опасных геологических процессов.

Однако, исходя из того, что оползнево-гравитационные и селевые процессы характеризуются явлениями резко изменчивыми условиями развития во времени и пространстве, протекающих в нестационарном динамическом режиме, необходимо периодически возобновление таких карт, хотя бы за 10 лет один раз. Реализация данной проблемы легко разрешаема в условиях перманентного проведения регионального мониторинга.

**Ключевые слова:** гравитационно-оползневые процессы; риск и опасность, смягчение.

## НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**З.Д. Чарбадзе**

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И. Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия  
**E-mail: Zemfira42@mail.ru**

**Аннотация.** В статье представлена информация об основной научной проблеме современного мониторинга, определено его значение для наведения, прогноза и управления процессами изменения окружающей среды.

Уточнено понятие антропогенного мониторинга, его глобальные и региональные задачи и выдвинуто понятие о трёх его ступенях: экологическом или санитарно-гигиеническом мониторинге, геосистемном или природно-хозяйственном и биосферном.

**Ключевые слова:** мониторинг; антропогенный; геосистема; экологический; биосферный.

Вся система контроля над окружающей средой включает три основных типа деятельности: систематические наблюдения над состоянием окружающей среды, определение возможных изменений под воздействием человека, контроль таких изменений и мероприятия по регулированию окружающей среды. Под понятием "глобальный мониторинг" понимается, прежде всего, наблюдение и контроль, а по ходу изложения выдвигаемых мероприятий – речь идёт о конечных задачах мониторинга – сознательном управлении средой [1, 2].

Понятие "управление" окружающей средой может трактоваться довольно широко и произвольно. Например, управление национальным или мировым хозяйством в интересах окружающей среды. Такая трактовка, конечно, возможна. Однако она не может иметь только абстрактный характер; конкретная же реализация подобного употребления этого понятия будет определяться конкретными политическими, экономическими или другими подходами.

"Наблюдение", "контроль" и "управление" окружающей среды должны быть целеустремленны, взаимосвязаны и эффективны (полноценны). Однако все эти требования зависят, прежде всего, от состояния научной теории и соответствующих технических средств, поскольку все эти компоненты мониторинга окружающей среды.

В настоящее время недостаточно разработаны и в значительной мере еще дискуссионные компоненты мониторинга окружающей среды, но компоненты выборочны – по отношению к наиболее определённым явлениям, с помощью наиболее разработанной методики и по отношению к наиболее управляемым процессам. Поэтому, в настоящее время не должны возникать – по крайней мере в практической форме – какие либо существенные и реальные политические, экономические и другие "опасности", вытекающие из приведённого выше определения. Во всяком случае, они могут быть легко отведены при научном анализе состояния вопроса.

Тем не менее, приведенное толкование содержания понятия "мониторинг" открывает возможность использования его в довольно разной системе и объёме и, что самое главное, обозначает различные системы разнообразных мероприятий. Следует отметить два наиболее существенных возможных последствия такого толкования. Во-первых, оно чрезмерно широко и даёт возможность

включать в подобную систему слишком разнообразные и разноцелевые мероприятия. Во-вторых, при использовании его в качестве глобальной системы, неопределённым остаётся соотношение в общей системе мониторинга национальных и интернациональных мероприятий.

Система глобального мониторинга должна базироваться, прежде всего, на национальных службах, приобретая на основе совместных усилий, межнациональный глобальный масштаб.

Все существующие национальные службы наблюдения нуждаются в дальнейшем развитии и координации своей деятельности. В понятие современного мониторинга окружающей среды включаются не только систематические наблюдения состояния природной среды, но также и контроль над её изменением, и наконец, целенаправленное управление. Заметим при этом, что необходимой предпосылкой для рационального управления окружающей средой является заблаговременный и достоверный прогноз, т.е. предупреждение и предсказание возможных изменений в ней с вытекающими из них необходимыми мероприятиями. Поэтому, непосредственной задачей современного мониторинга окружающей среды, в указанном выше понимании, наряду с наблюдением и контролем, должен быть и соответствующий достоверный прогноз.

Эффективный контроль и достоверный прогноз разнообразных изменений окружающей среды рассматриваются в настоящее время как все более актуальная задача мониторинга, диктуемая политическими, экономическими и социальными факторами.

Основы мониторинга в том, что «мониторингом» правильнее называть систему наблюдений, позволяющую выделить изменения состояния биосферы под влиянием человеческой деятельности. Из такого определения сущности современного мониторинга окружающей среды, который можно называть антропогенным, необходимо сделать ряд определённых выводов.

Для современного мониторинга окружающей среды совершенно необходимо использовать опыт, накопленные материалы и существующие службы наблюдения над многими естественными природными явлениями, свойственными окружающей среде, но не зависящими или слабо зависящими от деятельности человека. Это тем более необходимо тогда, когда они способствуют решению, хотя бы частично, вышеуказанной задачи антропогенного мониторинга.

Построение полноценной и эффективной системы современного антропогенного мониторинга требует своего собственного подхода, отличного от тех, которые используются в других службах наблюдения над стихийными, т.е. естественными, природными явлениями.

Первой ступенью современного мониторинга окружающей среды должен быть биоэкологический мониторинг, который должен определяться структурой природных, социальных и экономических компонентов окружающей среды, а также учетом "характерного времени" развития явлений и процессов окружающей среды, влияющих на состояние здоровья населения.

При выборе и определении состава показателей (нормативов) для биоэкологического мониторинга, является установление научно-обоснованной связи для тех или других явлений окружающей среды и состояния здоровья населения. Очевидно, что и здесь должна быть определенная последовательность в выборе таких показателей. Вероятно, в первую очередь, должны использоваться наиболее достоверные и "опасные" показатели, набор которых, однако, должен, с течением времени, возрастать.

Наиболее доработанными в настоящее время для массового использования в системе экологического мониторинга являются токсические показатели загрязнения воздушной и водной среды, а также почв, так называемые показатели или нормативы допустимой предельной концентрации (ДПК) определенных веществ, вносимых в окружающую среду в виде химических удобрений, пестицидов в составе промышленных и бытовых отходов. Такие показатели должны относиться, прежде всего, к человеку (населению). Однако, несомненно, что подобные показатели должны быть значительно расширены за счет токсических в непосредственных пищевых (сельскохозяйственных



культур, продуктов животноводства, рыбного промысла или других паразитарных) связях между биотой в целом и человечеством. С этой точки зрения большие возможности для биологического мониторинга представляют санитарная эпидемиологическая и ветеринарная службы, служба защиты растений, гидробиологический контроль и т.д., которые должны быть использованы, вероятно, частично для его целей,

Столь же давно действуют различные национальные контрольно – наблюдательные службы (санитарно-гигиенический, эпидемиологический контроль и загрязнение вод, воздуха и др.), которые в той или иной мере выполняют цели такого экологического мониторинга. Современная задача состоит не только в том, чтобы сохранить и развивать подобные службы, но также и во всемерном повышении их научного и технического уровня, степени репрезентативности, а также технической координации деятельности.

В этом отношении первоочередное значение имеет как рациональный выбор и достаточная плотность контрольных пунктов наблюдений экологического мониторинга, так и эффективная организация автоматического получения, обработки первичных данных, выдача вторичной информации.

Второй ступенью, блоком общего мониторинга окружающей среды, по нашему мнению, должен быть геоэкологический, геосистемный или природно-хозяйственный мониторинг. Его содержание заключается в наблюдениях над изменением тех главных геосистем, из которых состоит окружающая среда и в преобразовании их в природно-технические (агросистемы, городскую среду и т.д.).

Третьей ступенью антропогенного мониторинга окружающей среды является биосферный мониторинг, который должен обеспечивать наблюдение, контроль и прогноз возможных изменений уже не в региональном (экосистемном), а в глобальном масштабе.

Основной задачей биосферного мониторинга будет наблюдение за главными параметрами современной биосферы с целью достоверного констатирования их периодических или направленных изменений, оценки экологического значения этих изменений, оценивания и жизнедеятельности человека, выявления их причин (прежде всего антропогенных).

К биосферному мониторингу должны быть отнесены наблюдения над мировым водным балансом и глобальным кругооборотом влаги. Также важна достоверная концентрация антропогенных изменений водного баланса и нарушений кругооборотов влаги, а также прогнозы на будущее. Именно в задачи биосферного мониторинга также должны войти наблюдения, контроль и изучение так называемого трансконтинентального распространения основных видов загрязнителей атмосферы и континентальных вод путём их распространения воздушными потоками или крупнейшими речными артериями.

Биосферный мониторинг должен, прежде всего, опираться на систему геоэкологических зональных и региональных полигонов.

Научно-исследовательские институты разрабатывают и совершенствуют научные принципы всего мониторинга окружающей среды, методику наблюдений, контроля и прогноза, а также обобщают полученные научно-теоретические результаты. Возможно многого достичь, используя работы существующих научных институтов, координацию и специализацию их деятельности.

## **ВЫВОДЫ**

На основании излагаемого, для проведения современного мониторинга процессов в окружающей среде необходимо проведение биоэкологического, геосистемного, геоэкологического и биосферного мониторингов.

---

---

## Литература

1. Всесторонний анализ окружающей среды. //Труды V Советско-Американского симпозиума. Л. Гидрометеиздат. 1989;
2. **Мирицхулава Ц.Е.** Экологические нарушения. Тбилиси. 1993 г.

გარემოს დაცვა

**ბარემოს თანამედროვე მონიტორინგის მეცნიერული არსი**

**ზ.დ. ჭარბაძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

ი. ჭავჭავაძის გამზ, 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო

**E-mail: Zemfira42@mail.ru**

**ანოტაცია.** სტატიაში წარმოდგენილია ინფორმაცია თანამედროვე მონიტორინგის ძირითად სამეცნიერო პრობლემაზე – განსაზღვრულია მისი მნიშვნელობა პროცესების ცვილებების მიხედვის, პროგნოზირების და გარემოში ამ პროცესების მართვის შესახებ.

დაზუსტებულია მონიტორინგის ანთროპოგენური გაგება, მისი გლობალური და რეგიონული ამოცანები და ყურადღება გამახვილებულია მის სამ საფეხურზე: ეკოლოგიურ და სანიტარულ-ჰიგიენურ მონიტორინგზე, გეოსისტემურ ანუ ბუნებრივ-სამეურნეოზე და ბიოსფერულზე.

**საკვანძო სიტყვები:** მონიტორინგი; ანთროპოგენური; ეკოლოგიური; გეოსისტემური; ბიოსფერული.

**Environmental protection**

## SCIENTIFIC BASIS OF MODERN ENVIRONMENTAL MONITORING

**Z.D. Charbadze**

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute

of Georgian Technical University

60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia

**E-mail: Zemfira42@mail.ru**

**Abstract.** The article presents information on the monitoring of major scientific managing -defined processes, changes in the value of the findings, forecasting and management of these processes on the environment. Specifies monitoring anthropogenic understanding of global and regional challenges and its focus is on three levels: ecological and hygienic monitoring, agricultural and natural geosystem or the biosphere.

**Keywords:** monitoring; geosystem; biosphere; anthropogenic.

## ГЛОБАЛЬНЫЙ СТОК РЕЧНЫХ НАНОСОВ В ОКЕАН И ДИНАМИКА ЗЕМНОЙ ОСИ ВРАЩЕНИЯ

О. Хмаладзе

Тбилисский Государственный Университет им. И. Джавахишвили  
пр. И. Чавчавадзе 1, 0179, г. Тбилиси, Грузия  
E-mail: [vazha.trapaidze@tsu.ge](mailto:vazha.trapaidze@tsu.ge)

**Аннотация.** Работа посвящена предложенной автором гипотезе о возможной связи глобального стока речных наносов в океан с динамикой Земной оси вращения.

Рассматривается механика вращательного движения тел и причины вызывающие изменения оси вращения в пространстве и времени. Даны характеристики глобального стока речных наносов в океан и характер их распределения на Земном шаре и указывается на возможную связь между этим стоком и динамикой Земной оси вращения.

**Ключевые слова:** глобальный сток; донный сток взвешенных наносов.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время доказано, что полюсы вращения Земли перемещаются по ее поверхности. Ученые различают движения полюсов нескольких видов в зависимости от их периодов. Один из этих видов – движение полюсов с периодом в один год – принято объяснять атмосферным фактором. Считается, что периодическое скопление дополнительной массы воздуха, в определенных районах земной поверхности меняет положение оси вращения в теле Земли, т. е. смещает полюсы ее вращения.

Естественно, что отклонение оси вращения Земли может быть вызвано смещением не только воздушных масс. Если на Земле будет происходить перемещение каких-либо других масс, соответственно, должно произойти и отклонение оси вращения. И, если перемещение масс будет носить не периодический, а постоянный характер, то смещение полюсов будет иметь определенное направление в пространстве и времени.

Возникает вопрос: наблюдаются ли на Земле подобные перемещения масс и насколько они велики? Такие явления, как горообразование, поднимающие колоссальные массы литосферы, эрозия, разрушающая эти массы и переносящая материал разрушения и эрозии в моря и океаны и пр., в первую очередь, следует рассматривать как перераспределение масс на нашей планете.

Геологическая история Земли показывает, что перемещения масс достигали колоссальных масштабов – они в десятки тысяч раз превосходили масштабы атмосферных явлений и, связанных с ними, перемещений. Следовательно, эти процессы должны были вызвать смещения оси вращения в теле Земли более значительные, чем отклонения, вызванные атмосферным фактором [3].

По нашему мнению, одним из постоянно действующих факторов, изменяющим распределение масс в теле Земли, является глобальный сток речных наносов в океан и моря.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Прежде чем перейти к нашей гипотезе о связи перемещения Земной оси и вращения с глобальным стоком наносов в океаны и моря, считаем необходимым отметить причины, способные вызывать перемещение оси вращения в теле Земли, которые легко объясняются законами механики.

Известно, что любая материальная система или тела имеют три главные центральные оси момента инерции, которые проходят через центр тяжести этого тела, и, которые составляют между собой прямые узлы. На рис. 1 дается изображение тела произвольной формы. Через центр тяжести "С" данного тела проходят три главные центральные оси момента инерции  $x - x'$ ,  $y - y'$ ,  $z - z'$ , они составляют между собой прямые углы.

Положение всех трех осей момента инерции относительно рассматриваемого тела является вполне определенным, и это положение зависит от распределения масс в теле. С изменением

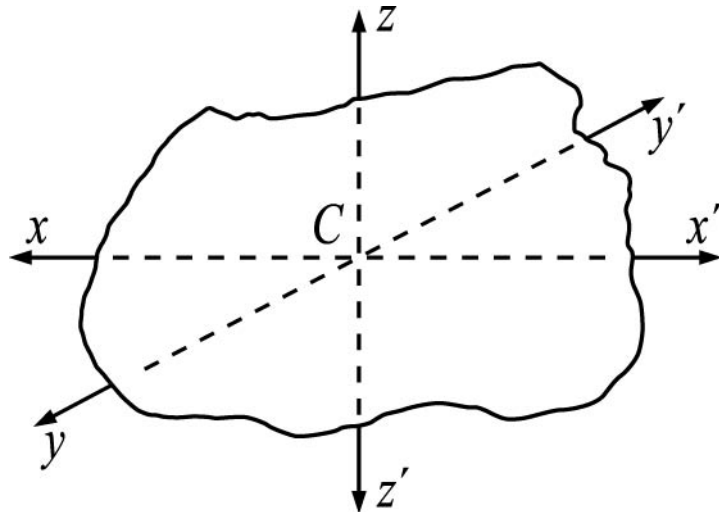


Рис. 1. Материальное тело

распределения масс тела меняется положение и этих главных осей момента инерции. Они будут проходить опять через центр тяжести, но, в общем случае, отклонятся на некоторый угол от первоначального положения, образуя прямые углы между собой и после смещения.

Момент инерции тела относительно данной из этих главных осей является максимальным. Например, момент инерции тела, изображенного на рис. 1, относительно  $z - z'$  имеет большую величину, чем момент инерции относительно других осей.

Если материальная система (тело) имеет вращательное движение, то будет устойчивой в том случае, если ось вращения совпадает с осью максимального момента инерции.

Из вышесказанного вытекает, что ось, вокруг которой вращается Земля, является осью максимального момента инерции Земли. Но, вместе с тем, следует, что, если на Земной поверхности или в Земном теле произойдут смещения масс, осью максимального момента инерции станет другая линия, и эта новая линия, т.е. новая ось максимального момента, образует угол со старой осью, и произойдет смещение оси максимального момента инерции относительно Земли.

А так как ось вращения должна совпадать с осью максимального момента инерции, то она (ось) отклонится на тот же угол от первоначального положения; произойдет смещение полюсов относительно Земной поверхности и все последующие явления, т.е. снижение уровней океанов в одних местах Земной поверхности и повышение этих уровней в других, изменение климатических условий и других глобальных процессов.

Однако, можно задать вопрос: наблюдается ли в геологической истории Земли смещение Земных масс, способные отклонять ось вращения в теле Земли?

Знакомство с историей геологического развития Земной поверхности убеждает нас в том, что в результате выветривания, эрозии и разрушений, вызванных воздействием морского прибоя, а также поверхностным стоком пенепленизировались целые континенты, горообразовательные процессы возвышали горные хребты, которые эрозия разрушала, иногда до основания и эти огромные массы переносились в океаны и моря.

Одним из многочисленных факторов, способствующих процессам перемещения масс на Земной поверхности, по нашему мнению, является глобальный сток речных наносов в мировой океан, который однонаправлено, веками протекает постоянно. Постараемся прояснить это положение приведением данных о глобальном стоке наносов в мировой океан.

Земная поверхность нашей планеты – континенты и острова – подвергаются воздействию

эрозии, продукты которой частью аккумулируются в пределах водосбора, частью выносятся реками в океаны и моря и аккумулируются в эстуариях на шельфе и континентальном склоне, местами в глубоководных зонах океана. Различные исследователи приводят разные оценки суммарного стока взвешенных наносов в мировой океан. Нами же к приведенным данным добавлен сток наносов данного составляющего, исходя из положения, что данные наносы составляют приблизительно 5-25% от стока взвешенных наносов (таблица 1).

Из таблицы следует, что для работ проведенных в 50-60 годах, основанных на малом количестве наблюдений, характерен большой разброс оценок (от 5,23 до 51 млрд. тонн) [2]. Прямыми наблюдениями обеспечен сток наносов лишь 50-60% областей внешнего стока континентов. Суммарный годовой сток наносов, как взвешенных так и донных, всех учтенных областей внешнего стока Земной поверхности составляет в среднем более 20 млрд. тонн, что дает средний модуль 214,4 т/км<sup>2</sup> год.

**Таблица 1**

**Оценка годового стока взвешенных и донных наносов в океан  
во второй половине XX столетия**

№	Автор	Год	Взвешенный сток наносов, $G$ млрд. т/год	Донный сток наносов, $g$ млрд. т/год	Сумма $G + g$ млрд. т/год
1	2	3	4	5	6
1	Кюннен	1950	32,5вп	3,3	35,8
2	Лопатин	1952	12,5	1,3	14,0
3	Джилали	1955	31,7	3,2	34,9
4	Печинов	1959	24,2	2,4	26,6
5	Фурнье	1960	51,1	5,1	56,2
6	Шумм	1963	29,6	3,0	32,6
7	Корбель	1964	5,2	0,52	5,7
8	Гаррель, Маккензи	1966	8,3	0,83	9,1
9	Джадсон	1968	24,0	2,4	26,4
10	Холеман	1968	18,8	1,9	20,8
11	Диви, Бэрд	1970	45,8	4,6	50,4
12	Сандберг	1973	15,0	1,5	16,5
13	Янсен, Пеинтер	1974	26,7	2,7	29,4
14	Львович	1974	21,7	2,2	23,9
15	Алексеев, Лисицина	1974	15,7	1,6	17,3
16	Бондарев	1974	14,6	1,5	16,1
17	Миллимэн	1975	16,0	1,6	17,6
18	Гольдберг	1976	18,0	1,8	19,8
19	Миллимэн, Мид	1983	13,5	1,4	14,9
20	Уолинг, Уэбб	1983	15,0	1,5	16,5
21	Миллимэн	1991	13,5	1,4	14,9
22	Львович и др.	1992	14,9	1,5	16,4
23	Мозжерин	1992	13,8	1,4	15,2
24	Миллимэн, Сивитекий	1992	20,0	2,0	22,0
25	Дедков, Мозжерин	2000	13,5	1,6	17,1

Однако сток наносов в мировой океан по континентам весьма различен. Самым большим поставщиком наносов является Азия (таблица 2).

Таблица 2

Современный сток наносов в океан по континентам

Часть света	Общая площадь периферийного стока в океан, $S$ , млн. км <sup>2</sup>	Площадь периферийного стока с данными о стоке наносов		Твердый сток		Сумма $G + g$ млн. т/год	Средний модуль стока $r$ т/км <sup>2</sup>	Общий сток наносов с периферийной площади $W = S_r$ млн.т/год	В % от общего		
		$S_1$ млн. км <sup>2</sup>	в % от $S$	Учтенный						Рассчитанный	
				взвешенный $G$ млн. т/га	донный $g$ млн. т/га					взвешенный $G$ млн. т/га	донный $g$ млн. т/га
Европа	8,4	4,19	50	288,6	28,9	317,5	75,8	636,7	3,7		
Азия	27,1	18,78	69	6327,1	632,7	6959,8	370,6	10 043,3	58,9		
Африка	18,3	7,89	44	451,0	45,1	496,1	62,9	1151,1	6,7		
Северная Америка	21,6	9,15	42	453,6	45,4	499,0	54,5	1177,2	6,9		
Южная Америка	17,2	10,11	59	724,8	72,5	797,5	78,9	1357,1	8,0		
Австралия	3,74	1,28	34	57,0	5,7	62,7	49,0	183,3	1,1		
Океания	1,26	1,1	87	1946,6	194,7	2141,3	1946,6	2452,7	14,7		
Земля	97,6	52,58	58	10248,7	1025,0	11273,9	376,9	20925,0	100		

С периферийной части Азиатского континента смывается наносов почти в 1,5 раза больше, чем с периферии других материков вместе взятых (около 60%). При этом область внешнего стока Азии четко разделяется на две части, резко отличающихся по интенсивности стока наносов (таблица 3).

Таблица 3

Сток наносов из Азии в различные океаны

Океаны	Площадь водосбора млн. км <sup>2</sup>	В том числе обеспеченная донными наносами млн. км <sup>2</sup>	То же в %	Масса взвешенных наносов $G$ млн. т/год	Масса донных наносов $g$ млн. т/год	Сумма $G + g$ млн. т/год	Модуль стока наносов т/км <sup>2</sup> год
Тихий и Индийский	15,7	8,3	63	7742,5	774,3	8516,8	1026,1
Северный Ледовитый	11,5	9,4	82	81	8,1	89,1	9,59

В бассейнах северных рек, несущих свои воды в Ледовитый океан, сток наносов почти в сто раз меньше, чем в бассейнах в юго-восточной и южной частях Азии. Это объясняется различием в рельефе, климате и особенно в плотности населения и хозяйственной освоенностью сравниваемых территорий. Очень сильная эрозия и огромный сток наносов в юго-восточном секторе Азиатского континента и на прилегающих островах, связан с преобладанием горного рельефа, интенсивными муссонными дождями, обилием легкоразмываемых пород (лессы Китая) и др.

Самым сухим континентом является Австралия, средний модуль стока наносов всего 49 т/км<sup>2</sup>/год, что в четыре раза меньше среднего модуля для всей земли. Австралия поставляет в мировой океан всего 1,1% наносов.

Исходя из сказанного, становится ясным, что подавляющее количество наносов, выносящих

всеми реками в Мировой океан – в юго-восточной и южной частях Азиатского континента, величина которой в среднем составляет более 10 млрд. т в год.

Следовательно, мы предположим, что наносы веками накапливаясь, преимущественно в этом регионе, могут влиять на перераспределение масс Земного шара, что в свою очередь по законам механики изменят и положение оси максимального момента инерции и естественно произойдет смещение полюсов Земли, что в свою очередь сильно повлияет на многие физико-географические факторы и процессы (климатические условия Земной поверхности, повышение уровней океанов в данных областях и уменьшение их в других). Накопление огромного количества наносов на шельфе и склонах могут спровоцировать землетрясения и другие катаклизмы. Так как описанная схема распределения наносов на Земной поверхности имеет постоянный характер во времени и пространстве (меняются только их количественные показатели), направление перемещения полюсов тоже будет постоянным, не принимая во внимание и другие возможные факторы.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В заключение следует отметить, что теории непрерывно рождаются и рушатся, но каждая вносит что-то ценное в сокровищницу науки, все более приподнимая завесу над тайнами природы. История богата примерами, когда даже ошибочные построения, отвергнутые дальнейшим опытом, оказывались полезными, уточняя пути достижения истин [1].

### **Литература**

1. Григорьев С.М., Емцев М.Т. Скульптор лика Земли. М. Издательство "Мысль", 1977;
2. Дедков А.П., Мозжерин В.И. Глобальный сток наносов в океан: природная и антропогенная составляющие. Эрозионные и русловые процессы. М. Изд-во МГУ, 2000;
3. Хизанишвили Г.Д. Динамика Земной оси вращения и уровней океанов. Тб., Изд-во учебно-педагогической литературы "Цодна", 1960.

### **Hydrology and meteorology**

## **GLOBAL SEDIMENT RUNOFF OF RIVERS INTO THE OCEAN AND DYNAMICS OF THE EARTH ROTATION AXIS**

**O. Khmaladze**

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University  
1, I. Chavchavadze av., 0179, Tbilisi, Georgia

**E-mail: [vazha.trapaidze@tsu.ge](mailto:vazha.trapaidze@tsu.ge)**

**Abstract.** The work considers the hypothesis offered by the author about the possible association between the global sediment runoff of rivers into the ocean and the dynamics of the Earth rotation axis.

The mechanics of rotating bodies and factors resulting in the dynamics of a body rotation axis in space and time are analyzed. The characteristics of global sediment runoff and their distribution on the earth surface are described and their possible association with the dynamics of the Earth rotation axis is explained.

**Keywords:** global sediment; bed runoff of suspended sediments.

**დვარცოფსაწინააღმდეგო თანამემროვე ღონისძიებების  
ანალიზი და პერსპექტივები**

**ი.გ. ხუბულავა**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მუშრნეობის ინსტიტუტი  
ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60, 0162 ქ. თბილისი, საქართველო  
**E-mail: khubulavai@yahoo.com**

**ანოტაცია.** ნაშრომში მოცემულია დვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების ზოგადი კლასიფიკაცია, მათი დანიშნულების და გამოყენების პირობების გათვალისწინებით.

გაკეთებულია ანალიზი გარსდენის პრინციპზე აგებული თანამემროვე სტანდარტის ნაგებობებზე განხორციელებული ლაბორატორიული და თეორიული კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე. აგრეთვე შეფასებულია მათი დანერგვის პერსპექტივები.

**საკვანძო სიტყვები:** დვარცოფი; დვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებები; რისკი.

**შესავალი**

დედამიწის ხმელეთის საერთო ფართობის დაახლოებით 16% წარმოადგენს დვარცოფსაშიშ ზონას, ამიტომაც დვარცოფები ყველაზე კატასტროფული ბუნებრივი მოვლენების ჩამონათვალის პირველ ათეულშია მოხვედრილი [1].

გამონაკლისი არც საქართველოა, სადაც ტერიტორიის 29% დვარცოფული მოვლენების გავრცელების არეალშია მოქცეული [2], რის გამოც მაღალია ეკოლოგიური რისკები და მნიშვნელოვნად ზარალდება ქვეყნის ეკონომიკა.

**პირითადი ნაწილი**

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, დვარცოფებისაგან ტერიტორიების, შენობებისა და ნაგებობების დაცვისათვის ძირითადად გამოიყენება ცხრილში 1 მოყვანილი შემდეგი სახის ნაგებობები და ღონისძიებები [3].

ცხრილი 1

**დვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების ზოგადი კლასიფიკაცია**

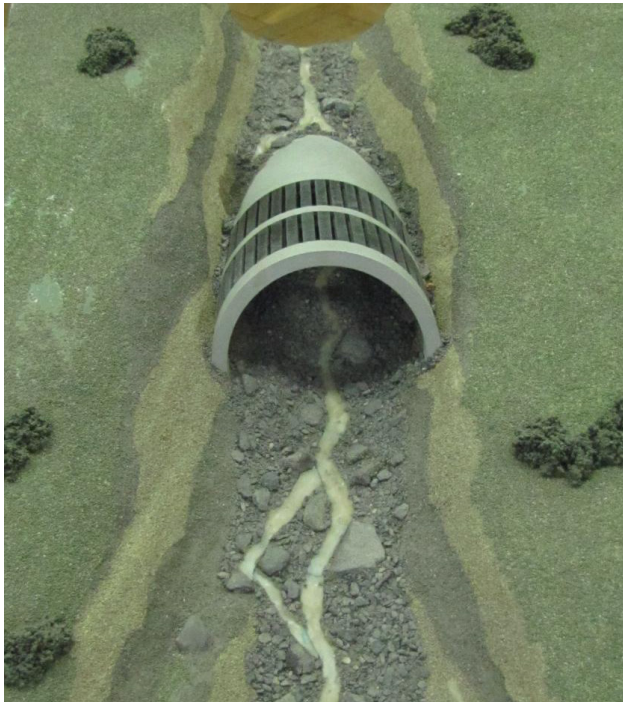
ნაგებობის და ღონისძიების სახეობა	ნაგებობის და ღონისძიების დანიშნულება და მათი გამოყენების პირობები
1	2
<b>I. დვარცოფდამჭერი</b>	
ბეტონის, რკინაბეტონის და ქვის წყობის კაშხლები:	დვარცოფის შეკავება ზედა ბიეფში. დვარცოფსაცავის შექმნა.
წყალსაგდები	
გამჭოლი	
კაშხლები გრუნტის მასალისგან (ყრუ)	



1	2
<b>II. ღვარცოფგამტარი</b>	
არხები	ღვარცოფის გატარება ნაგებობაზე ან შემოვლით
ღვარსაშვი	
ხიდები	
<b>III. ღვარცოფმიმართველი</b>	
მიმართველი და შემკავებელი დამბები	ღვარცოფის მიმართვა ღვარცოფგამტარ ნაგებობაზე
დეზი	
<b>IV. მასტაბილიზებული</b>	
კასკადი	ღვარცოფის მოძრაობის შეწყვეტა ან მისი დინამიკური მახასიათებლების შესუსტება
დამტბორი კედლები	
სადრენაჟო მოწყობილობები	
ფერდობების დატერასება	
ავროსატყეო მელიორაცია	
<b>V. ღვარცოფსაცვილებელი</b>	
კაშხლები წყალმოვარდნების რეგულირებისათვის	ღვარცოფწარმოშობი წყალმოვარდნების აცილება
წყალსაგდებები ტბის ზღუდარებზე	
<b>VI. საორგანიზაციო-ტექნიკური</b>	
დაკვირვების და შეტყობინების სამსახურის მოწყობა	ღვარცოფების წარმოშობის პროგნოზი

მიუხედავად იმისა, რომ დამუშავებულია უამრავი ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა და ღონისძიება, კატასტროფულ მოვლენასთან ეფექტური ბრძოლა საკმაოდ რთულია.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, ღვარცოფებთან ბრძოლის ეფექტურ-რესურს-მზოგი ღონისძიებების შემუშავების მიზნით, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის ბაზაზე, თანამედროვე მოთხოვნების გათვალისწინებით (საიმედოობა, ეკონომიურობა, მრავალჯერადად გამოყენების შესაძლებლობა), შემუშავებულ იქნა რესურსმზოგი ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის რამდენიმე კონსტრუქცია, რომლებიც ძირითადად გარსდენის პრინციპზე არის აგებული, რაც უზრუნველყოფს ნაგებობის მწყობრიდან გამოსვლის რისკის შემცირებასა და ზრდის მისი ექსპლუატაციის ხანგრძლივობას.



**სურ. 1. ტრამპლინის ტიპის გამჭოლი ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის (მაკეტის) საერთო ხედი**

ქვემოთ მოცემულია ზოგიერთი მათგანის მახასიათებლები:

1) ტრამპლინის ტიპის გამჭოლი ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა [4].

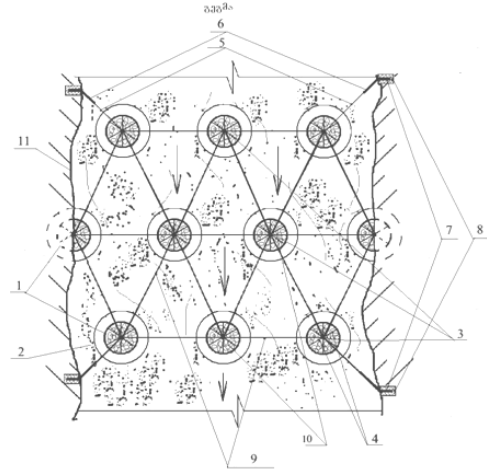
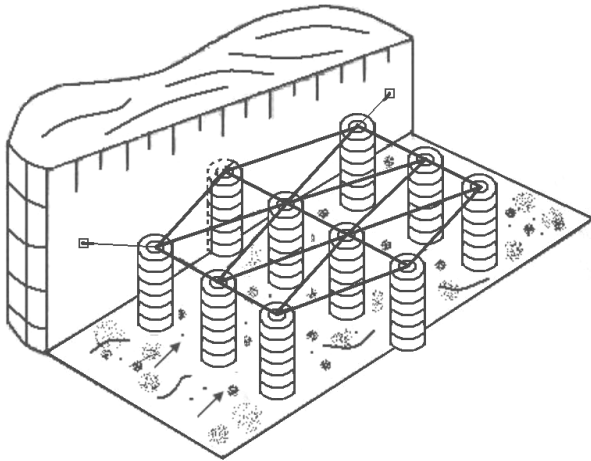
კონსტრუქცია წარმოადგენს თაღოვან-ცილინდრული ფორმის გამჭოლ კარკასს ყრუ კონუსური წვერით, კონუსის გაშლის კუთხით 90-1100 (იხ. სურ. 1).

ნაგებობა მუშაობს შემდეგი პრინციპით: ღვარცოფის მოძრაობისას მის ძირითად დამანგრეველ დარტყმას ღებულობს თაღოვან-გამჭოლი კარკასი კონუსური წვერით. ამ დროს ღვარცოფის ენერგია იმდენად მცირდება, რომ შემდგომი ნაკადის ენერგიის ჩაქრობა კონსტრუქციის ცილინდრულ ზედაპირზე გარსდენის გამო მიმდინარეობს მდორედ, გარდა ამისა, მართკუთხა ღრეჩოების ცოცხალი კვეთის ფართობით უზრუნველყოფილია ღვარცოფის ოპტიმალური ენერგიის ჩაქრობის ეფექტი, რაც მისი მრავალჯერადი გამოყენების საშუალებას იძლევა.

ნაგებობა შენდება რკინაბეტონისა და ამორტიზებული მასალისაგან, მაგალითად, მეორადი ლითონის რელსებისგან, რომლის რაოდენობაც შეადგენს მთლიანი სამშენებლო მასალის მოცულობის 70-80%-ს.

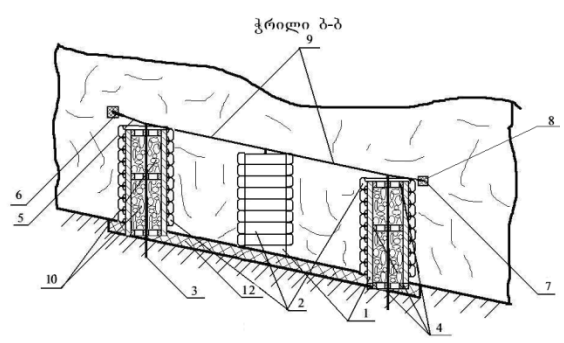
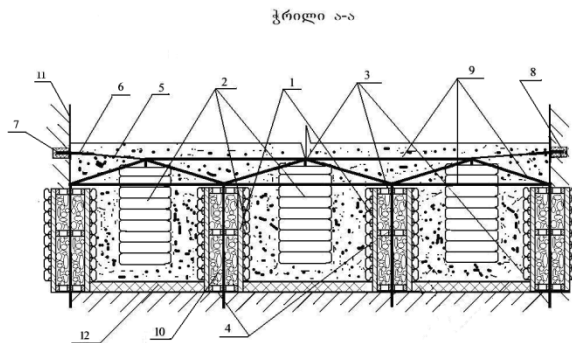
2) გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა [5].

ნაგებობა შედგება ჭადრაკული სქემით შეკრული ცილინდრული ფორმის ელემენტებისაგან, რომლებიც შედგენილია ლითონის ღერძის მქონე, ქვით სავსე ლითონის მიღზე წამოცმული საბურავებისგან, ისინი ჩამაგრებული არიან რკინა-ბეტონის ფუძეზე (იხ. ნახ. 2, 3, 4, 5).



ნახ. 2. გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის საერთო ხედი

ნახ. 3. გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის გეგმა



ნახ. 4. ნაგებობის წინხედი (ქვედა ბიეფიდან)

ნახ. 5. ნაგებობის გვერდხედი

ინსტიტუტში შექმნილი გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის სქემის შემადგენელი ელემენტებია: (1) ლითონის მილი, (2) საბურავები, (3) ლითონის ღერძი, (4) ლითონის ღერძისა და მილის შემაერთებელი ლითონის ირიბანები, (5) მდინარის კალაპოტის ფერდობებზე ცილინდრული ელემენტების დასამაგრებელი ტროსი, (6) ტროსის მომჭერი, (7) მდინარის კალაპოტის ფერდობებზე გვარლებების მისამაგრებელი ანკერები,

(8) მდინარის კალაპოტის ფერდობებზე ანკერების დასამაგრებელი ბეტონი, (9) ნაგებობის ცილინდრული ელემენტების ერთმანეთთან შემაკავშირებელი ლითონის ირიბანები, (10) მილში მოთავსებული ქვები, (11) მდინარის კალაპოტის ფერდობები, (12) ნაგებობის რკინაბეტონის საძირკველი.

ნაგებობა მუშაობს შემდეგი პრინციპით: ნაგებობაზე ღვარცოფის ზემოქმედებისას, პირველ დარტყმას ღებულობს ფრონტალურად განლაგებული ცილინდრული ფორმის ელემენტები, რომლებზეც ღვარცოფული მასა გარს შემოედინება და დასაშვებ ზემოქმედებას ახდენს ნაგებობის აღნიშნულ ელემენტებზე, რის გამოც ხდება ღვარცოფის კინეტიკური ენერჯის შემცირება. ნაგებობის ფრონტალურად განლაგებული ელემენტების გარსდენის შემდგომ, ენერჯიაშემცირებული ღვარცოფული მასა ზემოქმედებას იწვევს ნაგებობის მეორე ზოლში ჭადრაკული სქემით განლაგებულ ცილინდრულ ელემენტებზე, იგივე პრინციპით, როგორც ნაგებობის ფრონტალურად განლაგებული ელემენტების შემთხვევაში. ასე გრძელდება მანამ, სანამ არ მოხდება ღვარცოფის კინეტიკური ენერჯის ჩაქრობა. ნაგებობის ელემენტების საზოგადოებრივი განლაგების რიცხოვნობა განისაზღვრება წინასწარ ჩატარებული გაანგარიშებების მიხედვით.

ზემოაღნიშნული გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის დადებით მხარეს წარმოადგენს შემდეგი:

1. ნაგებობის ცილინდრული ფორმის ელემენტები უზრუნველყოფენ ღვარცოფული ნაკადის გარსდენას და შესაბამისად ღვარცოფის ენერჯის ეტაპობრივად ჩაქრობას, რაც ხელს უწყობს ნაგებობის მუშაობის საიმედოობას;
2. ნაგებობის ტანში, ღვარცოფის გავლის შემდეგ, არ იქმნება ღვარცოფული გამო-ნატანისაგან ნაგებობის გაწმენდის აუცილებლობა, რადგან ნაგებობის გამჭოლი სივრცის საკმარისი სიდიდის გამო შესაძლებელია მდინარის წყლის ნაკადმა გაწმინდოს იგი;
3. ლითონის მილზე წამოცმული საბურავები იცავს ნაგებობის ელემენტებს ღვარცოფული ნაკადის პირდაპირი დარტყმისაგან;
4. ლითონის მილში ჩაყრილი ქვები (ინერტული მასალა) აძლიერებს ნაგებობის გრავიტაციულ თვისებებს და ხელს უწყობს ნაგებობის მდგრადობას;
5. ნაგებობის ცილინდრული ელემენტების შემაკავშირებელი ირიბანები და ტროსები უზრუნველყოფენ ელემენტების სიმყარესა და ღვარცოფული ნაკადის მიმართ ნაგებობის მდგრადობას.

## დასკვნები და რეკომენდაციები

ამრიგად, ზემოაღნიშნული ღვარცოფსაწინააღმდეგო საინჟინრო ნაგებობები არის ღვარცოფის კინეტიკური ენერჯის ეტაპობრივად ჩამქრობი ეფექტური საშუალებები, რაც დადასტურებულია მათზე განხორციელებული ლაბორატორიული და თეორიული კვლევებით [4, 5, 7].

აღნიშნულიდან გამომდინარე, გარსდენის პრინციპზე აგებული ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის სხვადასხვა კონსტრუქციების დანერგვა პერსპექტიულია, რისთვისაც საჭიროა არსებული ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობების კონსტრუქციების დახვეწა მათი საიმედოობის, ეკონომიურობის და ექსპლუატაციის ხანგრძლიობის მისაღწევად.

## ლიტერატურა

1. <http://earthpapers.net/otsenka-selevoy-deyatelnosti-po-klimaticheskim-parametram#ixzz3XpmxKMca>
2. <http://meteo.gov.ge/index.php?pg=sts&id=26>

3. <http://docx.procspsb.ru/content/part/515363>
4. გავარდაშვილი გ. ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფებისას მთის ლანდშაფტების უსაფრთხოების ღონისძიებები. გამომც. „უნივერსალი“, თბილისი, 2011, 237 გვ.;
5. ჩახაია გ., წულუკიძე ლ., ვარაზაშვილი ზ., დიაკონიძე რ., ხუბულავა ი., სუპატაშვილი თ., ომსარაშვილი გ. გამჭოლი ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის შეფასება. //საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მენეჯმენტის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული №68. გამომც. „უნივერსალი“, თბილისი, 2013, გვ. 200-203;
6. კუხალაშვილი ე., ომსარაშვილი გ. ბმული ღვარცოფის განივ ნაგებობებზე მოქმედი დამრტემელი ძალის გაანგარიშება. //საქ. სახელმწიფო აგრაული უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტომი 3, №2(51). თბილისი, 2010, გვ. 70-73;
7. გავარდაშვილი გ. ახალი ნახევარცილინდრული ფორმის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობების ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგები. საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტომი 121, №1, გამომც. „მეცნიერება“, თბილისი, 1986, გვ. 169-171.

### Environmental protection

## ANALYSIS AND PROSPECTS OF MODERN ANTI DEBRIS FLOW MEASURES

I.V. Khubulava

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University  
60, Chavchavadze ave. 0162, Tbilisi, Georgia  
E-mail: [khubulavai@yahoo.com](mailto:khubulavai@yahoo.com)

**Abstract.** The paper gives the general anti debris flow measures classification considering their purpose and conditions of use.

It analyses the data from the survey on the basis of laboratory and theoretical researches as well, as the assessment of their implementation opportunities.

**Keywords:** debris flow; anti debris flow measures; risk.

### Охрана окружающей среды

## АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВРЕМЕННЫХ ПРОТИВОСЕЛЕВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

И.В. Хубулава

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета  
пр. И.Чавчавадзе 60, 0162, г. Тбилиси, Грузия  
[khubulavai@yahoo.com](mailto:khubulavai@yahoo.com)

**Аннотация.** В статье приведена общая классификация противоселевых мероприятий с учетом их назначения и условий применения.

Сделан анализ сооружений современного стандарта, возведенных на принципах обтекания селевым потоком. На основании полученных данных в результате выполненных лабораторных и теоретических исследований произведена оценка перспектив их внедрения.

**Ключевые слова:** сель; противоселевые мероприятия; риск.

**ავტორთა საპიეგელი**

<p>აირიანც მ.ა. .... 272</p> <p>აიუბი ბ.მ. .... 30</p> <p>ალავერდაშვილი მ.შ. .... 62</p> <p>ალიევი ვ.ა. .... 185</p> <p>არონია გ. .... 49</p> <p>ახმედოვი ა. .... 9, 45</p> <p>ბაბაიანი გ.ჰ. .... 218</p> <p>ბაირამოვი ა.ა. .... 175</p> <p>ბალჯიანი ვ.პ. .... 13</p> <p>ბალჯიანი პ.ო. .... 13, 266</p> <p>ბაციკაძე თ.ვ. .... 17</p> <p>ბელიაევა თ.ა. .... 218</p> <p>ბერაია ნ.პ. .... 136</p> <p>ბერძენაშვილი გ.ი. .... 40, 45, 49</p> <p>ბზიავა კ.გ. .... 30</p> <p>ბილაშვილი კ. .... 62</p> <p>ბოლბიშკო ვ.ა. .... 144, 155</p> <p>ბრეგვაძე გ.ი. .... 62</p> <p>გავარდაშვილი ა.გ. .... 23</p> <p>გავარდაშვილი გ.ვ. .... 30, 203</p> <p>გაფრინდაშვილი გ.მ. .... 306</p> <p>გაფრინდაშვილი მ.ვ. .... 306</p> <p>გველესიანი თ.ლ. .... 40, 45, 49</p> <p>გოგიაშვილი ა.ა. .... 166</p> <p>გოჯამანოვი მ.გ. .... 55</p> <p>გრიგოლია გ.ლ. .... 62</p> <p>გულიევა ა.ა. .... 96</p> <p>დადიანი ქ.ზ. .... 136</p> <p>დავთიანი ვ.ა. .... 272</p> <p>დარჩიაშვილი კ. .... 65</p> <p>დარჩიაშვილი ვ. .... 65</p> <p>დემეტრაშვილი დ.ი. .... 129</p>	<p>დიაკონიძე რ.ვ. .... 69, 301</p> <p>ღონაძე ც.გ. .... 306</p> <p>ეზუგბაია ზ.ა. .... 73</p> <p>ვარაზაშვილი ზ.ნ. .... 69, 301</p> <p>ვართანოვი მ.ვ. .... 86, 102</p> <p>ზეინალოვი ტ.ს. .... 91</p> <p>იმანოვი ფ.ა. .... 96</p> <p>იორდანიშვილი ი.კ. .... 102</p> <p>იორდანიშვილი კ.თ. .... 102</p> <p>ირემაშვილი ი.რ. .... 73</p> <p>ირემაშვილი ხ.გ. .... 9, 40, 45</p> <p>ისმაილოვი ა.ი. .... 55</p> <p>იტრიაშვილი ლ.ა. .... 115</p> <p>კარაპეტციანი გ.ი. .... 266</p> <p>კაფიანი მ.ო. .... 218</p> <p>კაშინა ი.ვ. .... 249</p> <p>კერესელიძე დ.ნ. .... 62</p> <p>კეჩხოშვილი ე.მ. .... 86, 161</p> <p>კიკნაძე ხ.ლ. .... 166</p> <p>კოდუა მ. .... 244</p> <p>კოპალიანი ზ.დ. .... 119</p> <p>კორძაძე ა.ა. .... 129</p> <p>კუპრეიშვილი შ.ზ. .... 136</p> <p>კურჩევსკი ს.მ. .... 180</p> <p>კუხალაშვილი ვ.გ. .... 129</p> <p>ლაზარევა ტ.ს. .... 140</p> <p>ლატუშკინა გ.ვ. .... 144, 150, 155</p> <p>ლის ა. .... 277</p> <p>ლიხაცვეიჩი ა.პ. .... 144, 150, 155</p> <p>ლობჯანიძე ზ.კ. .... 136</p> <p>ლორთქიფანიძე ფ.ნ. .... 161</p> <p>მაისაია ლ.დ. .... 166</p>
---	---

მამედოვი ა.შ. ....	169, 175	სტენინა ნ.გ. ....	252
მაჟაისკი ი.ა. ....	180	სტეფანია თ. ....	49
მარტიროსიანი ა.გ. ....	239	სუპატაშვილი თ.დ. ....	69, 255, 301
მახმუდოვი რ.ნ. ....	185	ტაბატაძე დ.გ. ....	17
მეტრეველი გ.ს. ....	288	ტაპარაუსკიენე ლ. ....	192
მეხრიშვილი გ.დ. ....	86, 188	ტოკმაჯიანი ვ.ო. ....	261
მისეცკაიტე თ. ....	192	ტოკმაჯიანი თ.გ. ....	266
მიქაძე გ. ....	283	ტოროსიანი ი.გ. ....	272
მიქაელიანი ვ.ბ. ....	239	ტოროსიანი გ.ო. ....	272
მკრტუმიანი მ.მ. ....	266	ტრაპაძე ვ.ზ. ....	62
მსხილაძე ნ.გ. ....	73	ურუშაძე თ.თ. ....	203
მუსტაფაევი მ.გ. ....	198	უჯმა ა. ....	277, 283
მუსტაფაევი ფ.მ. ....	198	ფანჩულიძე ჯ.ნ. ....	288
ნათიშვილი თ.გ. ....	203	ფოცხვერია დ.შ. ....	102
ნანობაშვილი თ.ს. ....	306	ქადარია ი.რ. ....	244
ნიკოლაიშვილი ლ. ....	293	ქურციკიძე თ.ო. ....	306
ნურიევი ე.ბ. ....	214	ყიფიანი გ. ....	293
ომსარაშვილი გ.გ. ....	301	შენგელია ე.გ. ....	69
პოგოდინი ნ.ნ. ....	144, 155	ჩახაია გ.გ. ....	69, 301
რამაზანლი ზ.ზ. ....	185	ციხელაშვილი ზ.მ. ....	40
რეკვავა პ. ....	65	წერეთელი ე.დ. ....	306
სააკიანი ლ.გ. ....	218	წულუკიძე ლ.ნ. ....	69, 301
სამოხვალოვა თ.ა. ....	119, 224	ჭარბაძე ზ.დ. ....	318
სამხარაძე ვ.ი. ....	235	ჭეიშვილი შ.ნ. ....	73
სარუხანიანი ა.ა. ....	239	ხმალაძე თ. ....	322
სალათელიანი ა.კ. ....	218	ხოსროშვილი ე.ზ. ....	115
სალინაძე ი. ....	244	ხუბულავა ი.ვ. ....	301, 327
სიჭინავა პ.ო. ....	136	ჯებრაილოვა გ.გ. ....	198
სოვიერ-კასპრიკ ი. ....	283	ჯინჯიხაშვილი გ. ....	49
სოკოლოვა ა.ნ. ....	249	ჭუსეიზაძე ფ.მ. ....	214
სოხაძე ვ.გ. ....	17		

AUTHORS INDEX

Akhmedov A. ....	9, 45	Gavardashvili G.V. ....	30, 203
Alaverdashvili M.Sh. ....	62	Godjamanov M.G. ....	55
Aliev V.A. ....	185	Gogiashvili A.A. ....	166
Aronia G. ....	49	Grigolia G.L. ....	62
Ayryants M.A. ....	272	Gulieva A.A. ....	96
Ayyub B.M. ....	30	Gvelesiani T.L. ....	40, 45, 49
Babayan G.H. ....	218	Husenzadeh F.M. ....	214
Bayramov A.A. ....	175	Imanov F.A. ....	96
Baljyan P.O. ....	13, 266	Iordanishvili I.K. ....	102
Baljyan V.P. ....	13	Iordanishvili K.T. ....	102
Batsikadze T.V. ....	17	Iremashvili I.R. ....	73
Belyaeva O.A. ....	218	Iremashvili Kh.G. ....	9, 40, 45
Beraia N.P. ....	136	Ismailov A.I. ....	55
Berdzenashvili G.I. ....	40, 45, 49	Itrishvili L.A. ....	115
Bilashvili K. ....	62	Jabrailova G.G. ....	198
Bolbishko V.A. ....	144, 155	Jinjikhashvili G. ....	49
Bregvadze G.I. ....	62	Kadaria J.R. ....	244
Bziava K.G. ....	30	Kafyan M.H. ....	218
Chakhaia G.G. ....	69, 301	Karapetyan G.I. ....	266
Charbadze Z.D. ....	318	Kashina I.V. ....	249
Cheishvili Sh.N. ....	73	Kechkhoshvili E.M. ....	86, 161
Dadiani K.Z. ....	136	Kereselidze D.N. ....	62
Darchiashvili K. ....	65	Khmaladze O. ....	322
Darchiashvili V. ....	65	Khosroshvili E.Z. ....	115
Davtyan V.A. ....	272	Khubulava I.V. ....	301, 327
Demetrashvili D.I. ....	129	Kiknadze Kh.L. ....	166
Diakonidze R.V. ....	69, 301	Kipiani G. ....	293
Donadze Ts.G. ....	306	Kodua M. ....	244
Ezugbaia Z.A. ....	73	Kopaliani Z.D. ....	119
Gaprindashvili G.M. ....	306	Kordzadze A.A. ....	129
Gaprindashvili M.V. ....	306	Kukhalashvili V.G. ....	129
Gavardashvili A.G. ....	23	Kupreishvili Sh.Z. ....	136

Kurchevski S.M. ....	180	Rekvava P. ....	65
Kurtsikidze O.O. ....	306	Saghatelyan A.K. ....	218
Latushkina G.V. ....	144, 150, 155	Saghinadze I. ....	244
Lazareva T.S. ....	140	Sahakyan L.V. ....	218
Likhatsevich A.P. ....	144, 150, 155	Samkharadze V.I. ....	235
Lis A. ....	277	Samokhvalova O.A. ....	119, 224
Lobghanidze Z.K. ....	136	Sarukhanyan A.A. ....	239
Lortkifanidze F.N. ....	161	Shengelia E.G. ....	69
Mahmudov R.N. ....	185	Sichinava P.O. ....	136
Maisaya L.D. ....	166	Sokhadze B.G. ....	17
Majaiski Iu.A. ....	180	Sokolova A.N. ....	249
Mammadov A.Sh. ....	169, 175	Sowier-Kasprzyk I. ....	283
Martirosyan A.V. ....	239	Stenina N.G. ....	252
Mekhrishvili G.D. ....	86, 188	Stepania T. ....	49
Metreveli G.S. ....	288	Supatashvili T.L. ....	69, 255, 301
Mikadze V. ....	283	Tabatadze D.V. ....	17
Mikaelyan V.B. ....	239	Taparauskiene L. ....	192
Miseckaitė O. ....	192	Tokmajyan H.V. ....	266
Mkrtmyan M.M. ....	266	Tokmajyan V.H. ....	261
Mskhiladze N.G. ....	73	Torosyan G.H. ....	272
Mustafayev F.M. ....	198	Torosyan Ye.G. ....	272
Mustafayev M.G. ....	198	Trapaidze V.Z. ....	62
Nanobashvili T.S. ....	306	Tsereteli E.D. ....	306
Natishvili O.G. ....	203	Tsikhelashvili Z.M. ....	40
Nikolaishvili L. ....	293	Tsulukidze L.N. ....	69, 301
Nuriyev E.B. ....	214	Ujma A. ....	277, 283
Omsarashvili G.G. ....	301	Urushadze T.T. ....	203
Panchulidze J.N. ....	288	Varazashvili Z.N. ....	69, 301
Pogodin N.N. ....	144, 155	Vartanov M.V. ....	86, 102
Potskhveria D.Sh. ....	102	Zeynalov T.S. ....	91
Ramazanly Z.Z. ....	185		



**УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ**

<p>Аирянц М.А. .... 272</p> <p>Алавердашвили М.Ш. .... 62</p> <p>Алиев В.А. .... 185</p> <p>Арониа Г. .... 49</p> <p>Ахмедов А. .... 9, 45</p> <p>Аюб Б.М. .... 30</p> <p>Бабаян Г.Г. .... 218</p> <p>Байрамов А.А. .... 175</p> <p>Балджян В.П. .... 13</p> <p>Балджян П.О. .... 13, 266</p> <p>Бацикадзе Т.В. .... 17</p> <p>Беляева О.А. .... 218</p> <p>Бераия Н.П. .... 136</p> <p>Бердзенашвили Г.И. .... 40, 45, 49</p> <p>Бзиава К.Г. .... 30</p> <p>Билашвили К. .... 62</p> <p>Болбышко В.А. .... 144, 155</p> <p>Брегвадзе Г.И. .... 62</p> <p>Варазашвили З.Н. .... 69, 301</p> <p>Вартанов М.В. .... 86, 102</p> <p>Гавардашвили А.Г. .... 23</p> <p>Гавардшвили Г.В. .... 30, 203</p> <p>Гаприндашвили Г.М. .... 306</p> <p>Гаприндашвили М.В. .... 306</p> <p>Гвелесиани Т.Л. .... 40, 45, 49</p> <p>Гогияшвили А.А. .... 166</p> <p>Годжаманов М.Г. .... 55</p> <p>Григолия Г.Л. .... 62</p> <p>Гулиева А.А. .... 96</p> <p>Гусейнзаде Ф.М. .... 214</p> <p>Дадиани К.З. .... 136</p> <p>Давтян В.А. .... 272</p>	<p>Дарчиашвили К. .... 65</p> <p>Дарчиашвили В. .... 65</p> <p>Деметрашвили Д.И. .... 129</p> <p>Джебраилова Г.Г. .... 198</p> <p>Джинджихашвили Г. .... 49</p> <p>Диаконидзе Р.В. .... 69, 301</p> <p>Донадзе Ц.Г. .... 306</p> <p>Езугбая З.А. .... 73</p> <p>Зейналов Т.С. .... 91</p> <p>Иманов Ф.А. .... 96</p> <p>Иорданишвили И.К. .... 102</p> <p>Иорданишвили К.Т. .... 102</p> <p>Иремашвили И.Р. .... 73</p> <p>Иремашвили Х.Г. .... 9, 40, 45</p> <p>Исмаилов А.И. .... 55</p> <p>Итриашвили Л.А. .... 115</p> <p>Кадария Ю.Р. .... 244</p> <p>Карапетян Г.И. .... 266</p> <p>Кафян М.О. .... 218</p> <p>Кашина И.В. .... 249</p> <p>Кечхошвили Э.М. .... 86, 161</p> <p>Кереселидзе Д.Н. .... 62</p> <p>Кикнадзе Х.Л. .... 166</p> <p>Кипиани Г. .... 293</p> <p>Кодуа М. .... 244</p> <p>Копалиани З.Д. .... 119</p> <p>Кордзадзе А.А. .... 129</p> <p>Купреишвили Ш.З. .... 136</p> <p>Курцикидзе О.О. .... 306</p> <p>Курчевский С.М. .... 180</p> <p>Кухалашвили В.Г. .... 129</p> <p>Лазарева Т.С. .... 140</p>
---	---

Латушкина Г.В.	144, 150, 155	Сагинадзе И. ....	244
Лис А.	277	Самохвалова О.А. ....	119, 224
Лихацевич А.П.	144, 150, 155	Самхарадзе В.И. ....	235
Лобжанидзе З.К.	136	Саруханян А.А. ....	239
Лорткипанидзе Ф.Н.	161	Сичинава П.О. ....	136
Мажайский Ю.А.	180	Совиер-Каспрчик И. ....	283
Маисая Л.Д.	166	Соколова А.Н. ....	249
Мамедов А.Ш.	169, 175	Сохадзе В.Г. ....	17
Мартиросян А.В.	239	Стенина Н.Г. ....	252
Махмудов Р.Н.	185	Степаниа Т. ....	49
Метревели Г.С. ....	288	Супаташвили Т.Л. ....	69, 255, 301
Мехришвили Г.Д. ....	86, 188	Табатадзе Д.В. ....	17
Микадзе В. ....	283	Тапараускене Л. ....	192
Микаелян В.Б. ....	239	Токмаджян В.О. ....	261
Мисецкайте О. ....	192	Токмаджян О.В. ....	266
Мкртумян М.М. ....	266	Торосян И.Г. ....	272
Мсхილადзе Н.Г. ....	73	Торосян Г.О. ....	272
Мустафаев М.Г. ....	198	Трапаидзе В.З. ....	62
Мустафаев Ф.М. ....	198	Уджма А. ....	277, 283
Нанобашвили Т.С. ....	306	Урушадзе Т.Ф. ....	203
Натишвили О.Г. ....	203	Хмаладзе О. ....	322
Николаишвили Л. ....	293	Хосროшвили Е.З. ....	115
Нуриев Э.Б. ....	214	Хубулава И.В. ....	301, 327
Омсарашвили Г.Г. ....	301	Церетели Э.Д. ....	306
Панчулидзе Д.Н. ....	288	Цихелашვილი ზ.მ. ....	40
Погодин Н.Н. ....	144, 155	Цулукидзе Л.Н. ....	69, 301
Поцхверია Д.Ш. ....	102	Чარბადзе ზ.დ. ....	318
Рамазанлы З.З. ....	185	Чахая Г.Г. ....	69, 301
Реквава П. ....	65	Чеишვილი შ.ნ. ....	73
Саакян Л.В. ....	218	Шенгелия Э.Г. ....	69
Сагатеян А.К. ....	218		

**შ ი ნ ა ა რ ს ი**

<b>აკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა – 95</b> .....	3
<b>აკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა – 95</b> (ინგლისურ და რუსულ ენებზე).....	6
<b>ახმედოვი ა., ირემაშვილი ხ.გ.</b> დაღმწილი ნატანის და მცირე მუშაობები მასების წარმცხვის მიხედვით მთის მდინარის კალაპოტში განლაგებული სანაპირო კონსტ- რუქციის მოქმედების მათემატიკური მოდელირება (აზერბაიჯანი, საქართველო) .....	9
<b>ბაღჯიანი პ.ო., ბაღჯიანი ვ.კ.</b> მრეწველობის არაბმული ბრუნვის ნაკადით ჩამო- რეცხვის პროცესის მათემატიკური აღწერა (სომხეთი) .....	13
<b>ბაციკაძე თ.ვ., ტაბატაძე დ.ვ., სოხაძე ვ.გ.</b> შენობების ბაზნაბარიშება ღინამიურ რემეზებზე მასალის წრფივი ბანმტვიცების ბათვალისწინებით (საქართველო) .....	17
<b>გავარდაშვილი ა.გ.</b> საქართველოს საზღვრებში – შავი ზღვის სანაპირო ზოლში 2015 წლის აპრილის თვეში ბანხორციელებული სავლე კვლევის შედეგები (საქართველო) .	23
<b>გავარდაშვილი გ.ვ., აიუბი ბ.მ., ბზიავა კ.გ.</b> მიწის მაღლივი კაშხლების შესაძლო აპირის შემთხვევაში სტიქიის ზონაში მოსახლეობის უსაფრთხოების უზრუნველყო- ვის მიხედვით რისკის თანამედროვე მეთოდოლოგიის დამუშავება (საქართველო, აშშ) ..	30
<b>გველესიანი თ.ლ., ციხელაშვილი ზ.მ., ბერძენაშვილი გ.ი., ირემაშვილი ხ.გ.</b> მცურავი ტალღანამტრობის (დემოფარის) მოქმედების მათემატიკური მოდელირების ბანხორ- ციელების მეთოდის შესახებ (საქართველო) .....	40
<b>გველესიანი თ.ლ., ირემაშვილი ხ.გ., ახმედოვი ა., ბერძენაშვილი გ.ი.</b> მდინარის ნაკადის სინქრონა ბანაწილება ბანივი ნაპირღამცავი ნაბეობის უბანზე (საქართველო, აზერბაიჯანი) .....	45
<b>გველესიანი თ.ლ., ჯინჯინაშვილი გ., ბერძენაშვილი გ.ი., სტეფანია თ., არონია გ.</b> ღვარცოვის კატასტროფული ზემოქმედების პრობლემა და პრევენცია მითიან რეგიონებში განლაგებულ კიდროკვანძებზე (საქართველო, ისრაელი) .....	49
<b>გოჯამანოვი მ.გ., ისმაილოვი ა.ი.</b> თანამზნავრული გეოდეზიის ფარლობითი მეთოდით აბეებული მხელების ბათანაბრება (აზერბაიჯანი) .....	55
<b>გრიგოლია გ.ლ., კერესელიძე დ.ნ., ბილაშვილი კ., ალავერდაშვილი მ.შ., ტრაპაიძე ვ.ზ., ბრეგვაძე გ.ი.</b> მდინარე ალაზნის საშხალო თვიური ხარჯის და მისის წლიური ბანაწილების ცვალეობების ტინდენციების შეფასება (საქართველო) .....	62
<b>დარჩიაშვილი კ., დარჩიაშვილი ვ., რეკვავა პ.</b> დაზინაებული რბინაბატონის სეისმოდე- ღები კარკასული ნაბეობების კვლევის ზობიერთი შედეგი (საქართველო) .....	65
<b>დიაკონიძე რ.ვ., შენგელია ე.გ., ჩახაია გ.გ., წულუკიძე ლ.ნ., ვარაზაშვილი ზ.ნ., სუბატაშვილი თ.ლ.</b> შავი ზღვის წყლის ხარისხის შეფასება საქართველოს ფარბლებში (საქართველო) .....	69
<b>ეზუგბაია ზ.ა., ირემაშვილი ი.რ., მსხილაძე ნ.გ., ჭეიშვილი შ.ნ.</b> საქართველოს ქალაქებ- ში ეკოლოგიური მღგომარეობის ბაუმჯობესება შენობებისა და ნაბეობების სახურავებზე მწვანე საფარის მოწყობის ბზით (საქართველო) .....	73
<b>ვართანოვი მ.ვ., კენხოშვილი ე.მ., მესრიშვილი გ.დ.</b> საქართველოს სამელიორაციო სისტემების საწარმოო ფონდების ამორტიზაციის ბაზნაბარიშების საკითხისთვის (საქართველო) .....	86
<b>ზეინალოვი ტ.</b> კლიმატი – ბინეში პოლიტიკის ისტორიის მამოკრავველი კალა (აზერბაიჯანი) .....	91
<b>იმანოვი ფ.ა., გულიევა ა.ა.</b> მდინარე ალაზნის (ბანიხი) წლიური ჩამონადენის ცვლილება (აზერბაიჯანი) .....	96

იორდანიშვილი ი.კ., ვართანოვი მ.გ., იორდანიშვილი კ.თ., ფოცხვერია დ.შ. გლობალური დათბობა და შავი ზღვის ღონური რეჟიმი (საქართველო) .....	102
იტრიაშვილი ღ.ა., ხოსროშვილი ე.ზ. მაქსიმალური მოლეკულური წყალტვივადობა, როგორც ბრუნტების კლასიფიკაციის მაჩვენებელი (საქართველო) .....	115
კობალიანი ზ.დ., სამოხვალოვა თ.ა. ვაკის მდინარეებში უსკერული ნატანის ხარჯისა და ჩამონადენის გამოთვლის ლოკალური ფორმულა (რუსეთი) .....	119
კორძაძე ა.ა., დემეტრაშვილი დ.ი., კუხალაშვილი ვ.გ. საქართველოს შავიზღვისპირეთისა და მის მიმდებარე აკვატორიაში დაბინძურების დინამიკური პროცესებისა და მათი გავრცელების პრობლემა (საქართველო) .....	129
კუპრეიშვილი შ.ზ., სიჭინავა პ.ო., ლობჯანიძე ზ.კ., დადიანი ქ.ზ., ბერაია ნ.პ. ბრუნტის წყლის დაუმყარებელი მოძრაობის პირობებში სისტემატური კორიზონტალური დრენაჟის გაანგარიშება (საქართველო) .....	136
ლაზარევა ტ.ს. საბაზონე გალახების სახეობების შერჩევა და გალახების ნარეგების შეღებვა (რუსეთი) .....	140
ლიხაძევიჩი ა.პ., პოგოდინი ნ.ნ., ბოლბიშეო ვ.ა., ლატუშკინა გ.გ. დახურული სადრენაჟო ქსელის ტექნიკური მომსახურება (ბელარუსი) .....	144
ლიხაძევიჩი ა.პ., ლატუშკინა გ.გ. ბოსტნეული კულტურების რწყვის ეფექტიანობის შეფასება ბელარუსის პირობებში (ბელარუსი) .....	150
ლიხაძევიჩი ა.პ., პოგოდინი ნ.ნ., ბოლბიშეო ვ.ა., ლატუშკინა გ.გ. დახურული სადრენაჟო ქსელის გამორეცხვის ტექნოლოგია (ბელარუსი) .....	155
ლორთქიფანიძე ფ.ნ., კენჭოშვილი ე.მ. მულჩირება – ნიადაგის თვისებების შენარჩუნების საშუალება (საქართველო) .....	161
მაისაია ღ.დ., კიკნაძე ხ.ლ., გოგიაშვილი ა.ა. ჰიდროგეოლოგიური პირობების ზეგავ- ლენა ბრუნტის წყლების დინამიკასა და ეკოლოგიური სტაბილურობის შენარჩუნ- ებაზე (საქართველო) .....	166
მამედოვი ა.შ. ჰიდროავლიკური ნახტომი გლუვ და ხორკლიან უსკერზე (აზერბაიჯანი) .....	169
მამედოვი ა.შ., ბაირამოვი ა.ა. მთის წყალმიმდებარე რაციონალური კონსტრუქცია (აზერბაიჯანი) .....	175
მაჟაისკი ი.ა., კურჩევსკი ს.მ. ორბანულ-მინერალური სასუქებისა და ბაქტერიული „ბაიკალი-მმ“ პრეპარატის ზეგავლენა ქვიშნარ კორდიან-ეწერი ნიადაგების ძირითად აბროვიზიტიკურ თვისებებზე (რუსეთი, ბელარუსი) .....	180
მასხუდოვი რ.ნ., ალიევი ვ.ა., რამაზანლი ზ.ზ. მორფომეტრული ფაქტორების ანალიზი მტკვრის ქვიშო წელში წყალდიდობების რისკების შესწავლის მიზნით (აზერბაიჯანი) .....	185
მეხრიშვილი გ.დ. საქართველოს სარწყავი სისტემების ექსპლუატაციის ეკონომიკური ეფექტიანობის ამაღლების ბზები (საქართველო) .....	188
მისეცკაიტე ო., ტაპარაუსკიენე ღ. დამსრობი მელიორაციის გავლენა მდინარეთა წყლის ბალანსზე (ლიტვა) .....	192
მუსტაფაევი მ.გ., ჯებრაილოვა გ.გ., მუსტაფაევი ფ.მ. ღონისძიებები დრენირებული მიწ- ბის მელიორაციული მდებარეობის ძირეულად გასაუმჯობესებლად (აზერბაიჯანი) ....	198
ნათიშვილი ო.გ., ურუშაძე თ.თ., გავარდაშვილი ვ.გ. ტალღის წარმოქმნის პრობლემა მცირე სიღრმის ნაკადებში ნიადაგის ხაზოვანი ბარეცხვის დროს (საქართველო) .....	203
ნურიევი ე.ბ., ჰუსეინზადე ფ.მ. ჩრდილო-აღმოსავლეთ აზერბაიჯანის ჰიდრონიმები (აზერბაიჯანი) .....	214
სააკიანი ღ.ვ., ბელიაევა თ.ა., კაფიანი მ.ო., ბაბაიანი გ.პ., საღათელიანი ა.კ. ძალაძ ბიუმრის მცირე მდინარეების წყლის ხარისხის შეფასება სარწყავი მიწებისათვის (სომხეთი) .....	218

<b>სამონხვალღოგა ო.ა.</b> ვაკის ღიღი ღა მცირე მღინარეღების უსკერული ნატანის ხარჰის ბანბარღმღბის შმსახეღ (რუსეთი) .....	224
<b>სამხარადე ვ.ი.</b> სარუყავი კვღბის მღბრადღობისა ღა მათი რუყვისუნარიანღბის ბახანბრღმღბის ბუმღი (საქართველო) .....	235
<b>სარუნანიანი ა.ა., მარტიროსიანი ა.ვ., მიქაელიანი ვ.ბ.</b> ღაუნევიანი ვყალსადენი მიღღბის მსკლუატაციის ზობიღრთი საკითხი (სომხეთი) .....	239
<b>სადინადე ი., ქადარია ი., კოდუა მ.</b> შავი ზღვის ფოთის რეღიონის ქარღბისა ღა ტალღური რეღიღბის ძირითადი მონაცემღბი (საქართველო) .....	244
<b>სოკოლოღა ა.ნ., კაშინა ი.ვ.</b> არქიტექტურულ-მემორიალური კომპლემსეღბი ქალაქის სიღრცეღში: არქიტექტურულ-მემორიალური კომპლემსეღბის ტიპეღბი (რუსეთი).....	249
<b>სტენინა ნ.ბ.</b> ბელოღბიღური პროცესეღბის ენერბეტიკული კარადღბეღ: თეორია ღა ღანერბეღა (რუსეთი) .....	252
<b>სუბატაშვიღი თ.ღ.</b> მღ. ღურუჰის ღვარცოფული კოლოღღური ბამონატანის ფიზიკურ-ქიმიღური კარამეტრეღბის ბანსაზღვრა ღა მისი ბამოყენეღა სანოფლო-სამეღრნეო ღანიშნულეღბით (საქართველო) .....	255
<b>ტოკმაჯიანი ვ.ო.</b> მღინარე ბესზე ღა მის შენაკადეზე მცირე კუნეღბის პროექტეღბის ბარემოზე ზემოქმედეღბის შეფასეღა (სომხეთი) .....	261
<b>ტოკმაჯიანი ო.ვ., ბალჯიანი პ.ო., კარაპეტნიანი ვ.ი., მერტუმნიანი მ.მ.</b> მიწის კაშსღბის ნბრეღის მათემატიკური მოღღელის ბაშმეღბეღბეღა (სომხეთი) .....	266
<b>ტოროსიანი ვ.ო., აირიანცი მ.ა., ტოროსიანი ი.ვ., დავთიანი ვ.ა.</b> აღსორბცია, რობორც ჩამღინარე ვყღბის ფოსფორმეღავას ეთერისაბან ბაწმენღის საშუალეღა (სომხეთი) .....	272
<b>უჯღა ა., ღის ა.</b> ენერბოსაშუალეღბეღბის მოხმარეღა მოღღერნიზეულ ნაბეღბეღბეღში (პოლონეთი) .....	277
<b>უჯღა ა., სოვიერ-კასპრჩიკ ი.</b> ვღიღის ვყღლის როღი საკანალიზაციო სისტემის რაციონალურ მართეღაში (პოლონეთი) .....	283
<b>ფანრულიღე ჯ.ნ., მეტრევეღი ვ.ს.</b> მთის ვყალსაცავეღბის ბარემოზე ზემოქმედეღბის შეფასეღბის კრიტიკიღმღბი (საქართველო) .....	288
<b>ყიფიანი ვ., მიქაღე ვ., ნიკოლაიშვიღი ღ.</b> ვყვეტიღკარამეტრიანი ვირფიტეღბის მღბრადღობა (საქართველო) .....	293
<b>ჩახაია ვ.ბ., ვარაზაშვიღი ზ.ნ., წულუკიღე ღ.ნ., დიაკონიღე რ.ვ., ხუბულაღა ი.ვ., სუბატაშვიღი თ.ღ., ომსარაშვიღი ვ.ბ.</b> ბორჰოღის ხეოზაში 2008 ველს ბანსორციეღღული ეკოციღღის შეღბეღალ ფორმიღღული ეროზიულ-ღვარცოფული პროცესეღბის შეფასეღა ღა პრობნოზირეღა (საქართველო) .....	301
<b>წერეთელი ე.ღ., გაფრინდაშვიღი მ.ვ., გაფრინდაშვიღი ვ.მ., ქურციკიღე ო.ო., ღონადე ც.ბ., ნანობაშვიღი თ.ს.</b> საქართველოში ბელოღბიღური საფრთხეღბის მღბრომარეღობა ღა მათი ზრღის რისკის ტენღენციღბი (საქართველო) .....	306
<b>ჭარბადე ზ.ღ.</b> ბარემოს თანამეღროვე მონიტორინღბის მენენიღრული არსი (საქართველო) .....	318
<b>ხმაღადე ო.</b> ოკეანეში მღინარეღთა ნატანის ბლობალღური ჩამონადენი ღა ღეღამიწის ღერძის ბრუნვის ღინამიკა (საქართველო) .....	322
<b>ხუბულაღა ი.ვ.</b> ღვარცოფსაწინააღმღებო თანამეღროვე ღონისძიღბეღბის ანალიზი ღა ამრსკეტიღმღბი (საქართველო) .....	327
ავტორთა საძიებელი (ქართულ ენაზე) .....	332
ავტორთა საძიებელი (ინღლისურ ენაზე) .....	334
ავტორთა საძიებელი (რუსულ ენაზე) .....	336

---

---

C O N T E N T S

<b>DEDICATED TO THE MEMORY OF ACADEMICIAN TSOTNE MIRTSKHULAVA</b> (in Georgian) .....	3
<b>DEDICATED TO THE MEMORY OF ACADEMICIAN TSOTNE MIRTSKHULAVA</b> (in English and in Russian) .....	6
<b>Akhmedov A., Iremashvili Kh.G.</b> MATHEMATICAL MODELING OF THE SHORE STRUCTURE LOCATED AT RIVER CHANNEL FOR SCOURING DEPOSITION OF SEDIMENT OR SMALL LANDSLIDE MASSES (Azerbaijan, Georgia) .....	9
<b>Baljyan P.O., Baljyan V.P.</b> MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE PROCESS OF LOOSE HOMOGENEOUS SOIL WASH AWAY BY FLOW (Armenia) .....	13
<b>Batsikadze T.V., Tabatadze D.V., Sokhadze V.V.</b> ANALYSIS OF BUILDINGS ON DINAMIC OSCILLATIONS WITH TAKING INTO ACCOUNT OF LINEAR STRENGTHENING OF MATERIAL (Georgia) .....	17
<b>Gavardashvili A.G.</b> RESULTS OF FIELD RESEARCH IN THE BLACK SEA COAST LINE WITHIN THE BORDERS OF GEORGIA IN APRIL 2015 (Georgia) .....	23
<b>Gavardashvili G.V., Ayyub B.M., Bziava K.G.</b> INTRODUCTION OF MODERN RISK METHODOLOGIES FOR PROVISION OF SECURITY MEASURES FOR POPULATION LOCATED IN DISASTER AREAS IN CASE OF FAILURES OF HIGH EARTHEN DAMS (Georgia, USA) .....	30
<b>Gvelesiani T.L., Tsikhelashvili Z.I., Berdzenashvili G.I., Iremashvili Kh.G.</b> ON THE METHOD OF MATHEMATICAL MODELING OF THE FLOATING WAVEDAMPING (DAMPER) ACTION (Georgia) .....	40
<b>Gvelesiani T.L., Iremashvili Kh.G., Akhmedov A., Berdzenashvili G.I.</b> RIVER FLOW VELOCITIES DISTRIBUTION AT THE TRANSVERSAL COAST-PROTECTING STRUCTURE ZONE (Georgia, Azerbaijan) .....	45
<b>Gvelesiani T.L., Jinjikhashvili G., Berdzenashvili G.I., Stepania T., Aronia G.</b> ON PREDICTION AND PREVENTION OF DEBRIS FLOW CATASTROPHIC IMPACTS ON HYDRAULIC PROJECTS IN MOUNTAIN AREAS (Georgia, Israel) .....	49
<b>Godjamanov M.G., Ismailov A.I.</b> EQUALIZING NETWORKS BASED REGARDING THE METHOD OF SATELLITE GEODESY (Azerbaijan) .....	55
<b>Grigolia G.L., Kereselidze D.N., Bulashvili K., Alaverdashvili M.Sh., Trapaidze V.Z., Bregvadze G.I.</b> ASSESSMENT OF TENDENCIES OF VARIABILITY OF AVERAGE MONTHLY DISCHARGES OF ALAZANI RIVER AND THEIR ANNUAL SHARES (Georgia) .....	62
<b>Darchiashvili K., Darchiashvili V., Rekvava P.</b> SOME RESULTS OF ASSESSMENT OF DAMAGED EARTHQUAKE RESISTING R/C FRAME BUILDINGS (Georgia) .....	65
<b>Diakonidze R.V., Shengelia E.G., Chakhaia G.G., Tsulukidze L.N., Varazashvili Z.N., Supatashvili T.L.</b> EVALUATION OF BLACK SEA WATER QUALITY IN BORDER OF GEORGIA (Georgia) .....	69
<b>Ezugbaia Z.A., Iremashvili I.R., Mskhiladze N.G., Cheishvili Sh.N.</b> THE GREEN COVERING ARRANGEMENT ON THE ROOFS OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS OF GEORGIAN CITIES AND TOWNS IN PURPOSE TO IMPROVE THE ECOLOGICAL SITUATION (Georgia) ..	73
<b>Vartanov M.V., Kechkhoshvili E.M., Mekhrishvili G.D.</b> THE CALCULATION OF THE AMORTIZATION OF PRODUCTIVE FUNDS OF RECLAMATION MAINTENANCE ORGANIZATIONS OF GEORGIA (Georgia) .....	86
<b>Zeynalov T.</b> CLIMATE – ENGINE OF DIRTY POLITICS HISTORY (Azerbaijan) .....	91

<b>Imanov F.A., Gulieva A.A.</b> CHANGES IN ANNUAL DISCHARGE OF ALAZANI (GANIKH) RIVER (Azerbaijan) .....	96
<b>Iordanishvili I.K., Vartanov M.V., Iordanishvili K.T., Potskhveria D.Sh.</b> GLOBAL HEATING AND THE BLACK SEA LEVEL REGIME (Georgia) .....	102
<b>Itriashvili L.A, Khosroshvili E.Z.</b> MAXIMUM MOLECULAR WATER-ABSORBING CAPACITY AS A SOIL CLASSIFICATION (Georgia) .....	115
<b>Kopaliani Z.D., Samokhvalova O.A.</b> REGIONAL AND LOCAL FORMULAE FOR BEDLOAD DISCHARGE AND YIELD ASSESSMENT IN PLAIN RIVERS (Russian Federation) .....	119
<b>Kordzadze A.A., Demetrashvili D.I., Kukhalashvili V.G.</b> FORECAST OF DYNAMIC AND IMPURITY'S DISPERSION PROCESSES IN THE GEORGIAN BLACK SEA COASTAL ZONE AND ADJOINING WATER AREA (Georgia) .....	129
<b>Kupreishvili Sh.Z., Sichinava P.O., Lobghanidze Z.K., Dadiani K.Z., Beraia N.P.</b> CALCULATING OF SYSTEMATIC HORIZONTAL DRAINAGE IN CONDITION OF UNSTEADY MOVEMENT OF GROUND WATER (Georgia) .....	136
<b>Lazareva T.S.</b> SELECTION OF TYPES OF LAWN GRASSES AND GRASS MIXTURES PREPARATION (Georgia) .....	140
<b>Likjatshevich A.P., Pogodin N.N., Bolbishko V.A., Latushkina G.V.</b> MAINTENANCE OF CLOSED DRAINAGE NETWORK (Belarus) .....	144
<b>Likatsevich A.P., Latushkina G.V.</b> EVALUATION OF IRRIGATION VEGETABLE CROPS IN THE CONDITIONS OF BELARUS (Belarus) .....	150
<b>Likatsevich A.P., Pogodin N.N., Bolbishko V.A., Latushkina G.V.</b> WASHING TECHNOLOGY OF CLOSED DRAINAGE SYSTEM (Belarus) .....	155
<b>Lortkifanidze F.N., Kechkhoshvili E.M.</b> MULCHING – SOIL CONVERSATION TOOL (Georgia) .	161
<b>Maisaya L.D., Kiknadze Kh.L., Gogishvili A.A.</b> INFLUENCE OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS ON THE DYNAMIC OF GROUND WATER AND SAVING OF ECOLOGICAL STABILITY (Georgia) .....	166
<b>Mammadov A.Sh.</b> HYDRAULIC JUMP ON SMOOTH AND ROUGH RIVERBEDS (Azerbaijan) .....	169
<b>Mammadov A.Sh., Bayramov A.A.</b> RATIONAL MOUNTAIN WATER INTAKE DESIGN (Azerbaijan) .....	175
<b>Majaiski Iu.A., Kurchevski S.M.</b> IMPACT OF ORGANO-MINERAL FERTILIZERS AND BACTERIAL PREPARATION "BAIKAL EM-1" BASIC PROPERTIES AGROPHYSICAL SANDY SOD-PODZOLIC SOILS (Russia, Belarus) .....	180
<b>Mahmudov R.N., Aliev V.A., Ramazanly Z.Z.</b> ANALYSIS OF MORPHOMETRIC FACTORS OF STUDY RISK OF FLOODINGS IN THE LOWER MTKVARI (Azerbaijan) .....	185
<b>Mekhrishvili G.D.</b> WAYS TO ENHANCE THE EFFECTIVENESS OF THE ECONOMIC OPERATION OF IRRIGATION SYSTEMS (Georgia) .....	188
<b>Miseckaitė O., Taparauskiene L.</b> THE IMPACT OF LAND RECLAMATION ON RIVER WATER BALANCE (Lithuania) .....	192
<b>Mustafayev M.G., Jabrailova G.G., Mustafayev F.M.</b> MEASURES INTENDING FOR THE ROOT IMPROVEMENT OF THE DRAINED SOILS MELIORATIVE CONDITION (Azerbaijan) ..	198
<b>Natishvili O.G., Urushadze T.T., Gavardashvili G.V.</b> FORECASTING ORIGIN OF WAVE IN SMALL DEPTH FLOWS DURING LINEAR SOIL EROSION (Georgia) .....	203
<b>Nuriyev E.B., Husenzadeh F.M.</b> HYDRONYMS OF NORTH-EASTERN AZERBAIJAN (Azerbaijan)	214
<b>Sahakyan L.V., Belyaeva O.A., Kafyan M.H., Babayan G.H., Saghatelian A.K.</b> ASSESSMENT OF GYUMRI'S SMALL RIVERS WATER QUALITY FOR IRRIGATION PURPOSES (Armenia) .	218

<b>Samokhvalova O.A.</b> ON CALCULATION OF BEDLOAD DISCHARGE IN LARGE AND SMALL PLAIN RIVERS (Russia) .....	224
<b>Samkharadze V.I.</b> WAYS TO SUSTAINABILITY OF IRRIGATION FURROWS AND ELONGATION THEIR IRRIGATION CAPACITY (Georgia) .....	235
<b>Sarukhanyan A.A., Martirosyan A.V., Mikaelyan V.B.</b> SOME ISSUES OF PRESSURE WATER PIPES OPERATION (Armenia) .....	239
<b>Saghinadze I., Kadarria J., Kodua M.</b> ANALYSIS OF THE BASIC DATA OF WIND AND WAVE REGIMES POTI BLACK SEA REGION (Georgia) .....	244
<b>Sokolova A.N., Kashina I.V.</b> ARCHITECTURAL-MEMORIAL COMPLEX IN THE CITY SPACE: TYPES ARCHITECTURAL-MEMORIAL COMPLEXES (Russia) .....	249
<b>Stenina N.G.</b> ENERGY PARADIGM OF GEOLOGICAL PROCESSES: THEORY AND IMPLICATIONS (Russia) .....	252
<b>Supatashvili T.L.</b> DETERMINATION OF PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETER OF RIVER DURUJI DEBRIS FLOW COLLOIDAL SEDIMENT AND USING IT FOR AGRICULTURAL PURPOSE (Georgia) .....	255
<b>Tokmajyan V. H.</b> EVALUATION OF SMALL HYDROPOWER PLANTS PROJECTS INFLUENCE ON GEKHI RIVER AND ITS TRIBUTARIESENVIROMENT (Armenia) .....	261
<b>Tokmajyan H.V., Baljyan P.O., Karapetyan G.I., Mkrtmyan M.M.</b> IMPROVEMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF DESTRUCTION OF EARTH DAMS (Armenia) .....	266
<b>Torosyan G.H., Atryants M.A., Torosyan Ye.G., Davtyan V.A.</b> ADSORPTION AS THE CHOICE FOR SEWAGE TREATMENT FROM ETHERS OF PHOSPHORIC ACID (Armenia) .....	272
<b>Ujma A., Lis A.</b> THE CONSUMPTION OF MEDIA IN THE MODERNIZED BUILDINGS (Poland) ..	277
<b>Ujma A., Sowier-Kasprzyk I.</b> RAINWATER IN THE SUSTAINABLE MANAGEMENT OF SEWERAGE (Poland) .....	283
<b>Panchulidze J.N., Metreveli G.S.</b> MOUNTAIN RESERVAR IMPACT ASSESSMENT CRITERIA (Georgia) .....	288
<b>Kipiani G., Mikadze V., Nikolaishvili L.</b> STABILITY OF PLATES WITH DISCONTINUOUS PARAMETERS (Georgia) .....	293
<b>Chakhaia G.G., Varazashvili Z.N., Tsulukidze L.N., Diakonidze R.V., Khubulava I.V., Supatashvili T.L., Omsarashvili G.G.</b> THE EVALUATION AND FORECAST OF EROSION-DEBRIS FLOW PROCESSES FORMED AS A RESULT OF ECOCIDE IMPLEMENTED IN 2008 IN BORJOMI VALLEY (Georgia) .....	301
<b>Tsereteli E.D., Gaprindashvili M.V., Gaprindashvili G.M., Kurtsikidze O.O., Donadze Ts.G., Nanobashvili T.S.</b> STATE OF GEOLOGICAL HAZARDS AND RISKS INCREASING TRENDS IN GEORGIA (Georgia) .....	306
<b>Charbadze Z.D.</b> SCIENTIFIC BASIS OF MODERN ENVIRONMENTAL MONITORING (Georgia) .	318
<b>Khmaladze O.</b> GLOBAL SEDIMENT RUNOFF OF RIVERS INTO THE OCEAN AND DYNAMICS OF THE EARTH ROTATION AXIS (Georgia) .....	322
<b>Khubulava I.V.</b> ANALYSIS AND PROSPECTS OF MODERN ANTI DEBRIS FLOW MEASURES (Georgia) .....	327
Authors index (in Georgian) .....	332
Authors index (in English) .....	334
Authors index (in Russian) .....	336



СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПАМЯТИ АКАДЕМИКА ЦОТНЕ ЕВГЕНЬЕВИЧА МИРЦХУЛАВА</b> (на грузинском) .....	3
<b>ПАМЯТИ АКАДЕМИКА ЦОТНЕ ЕВГЕНЬЕВИЧА МИРЦХУЛАВА</b> (на английском и русском) .....	6
<b>Ахмедов А., Иремашвили Х. Г.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ БЕРЕГОВОЙ КОНСТРУКЦИИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ В РУСЛЕ ГОРНОЙ РЕКИ, ДЛЯ РАЗ- МЫВА НАНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И НЕБОЛЬШИХ ОПОЛЗНЕВЫХ МАСС (Азербайджан, Грузия) .....	9
<b>Балджян П.О., Балджян В.П.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА СМЫВА ПОТОКОМ НЕСВЯЗНОГО ОДНОРОДНОГО ГРУНТА (Армения) .....	13
<b>Бацикадзе Т.В., Табатадзе Д.В., Сохадзе В.Г.</b> РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ НА ДИНАМИЧЕС- КИЕ КОЛЕБАНИЯ С УЧЕТОМ ЛИНЕЙНОГО УПРОЧНЕНИЯ МАТЕРИАЛА (Грузия) .....	17
<b>Гавардашвили А.Г.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОВЕДЕННЫХ В АПРЕЛЕ МЕСЯЦЕ 2015 ГОДА НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЧЕРНОГО МОРЯ В ГРАНИЦАХ ГРУЗИИ (Грузия) .....	23
<b>Гавардшвили Г.В., Аюб Б.М., Бзиава К.Г.</b> РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННОЙ МЕТОДОЛОГИИ РИСКА В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНЕ БЕДСТВИЯ В СЛУЧАЕ ВОЗМОЖНОЙ АВАРИИ ВЫСОКИХ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН (Грузия, США) .....	30
<b>Гвелесиани Т.Л., Цихелашвили З.М., Бердзенашвили Г.И., Иремашвили Х.Г.</b> О МЕТОДИКЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕЙСТВИЯ ПЛАВАЮЩЕГО ВОЛНОГАСИТЕЛЯ (ДЕМПФЕРА) (Грузия) .....	40
<b>Гвелесиани Т.Л., Иремашвили Х.Г., Ахмедов А., Бердзенашвили Г.М.</b> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ В ЗОНЕ ПОПЕРЕЧНОГО БЕРЕГОЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ (Грузия) ..	45
<b>Гвелесиани Т.Л., Джинджихашвили Г., Бердзенашвили Г.М., Степаниа Т., Арониа Г.</b> ОТНОСИТЕЛЬНО ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗА И ПРЕВЕНЦИИ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕЛЕВОГО ПОТОКА НА ГИДРОУЗЛЫ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ (Грузия, Израиль) .....	49
<b>Годжаманов М.Г., Исмаилов А.И.</b> УРАВНИВАНИЕ СЕТЕЙ, ПОСТРОЕННЫХ ОТНОСИТЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИИ (Азербайджан) .....	55
<b>Григолия Г.Л., Кереселидзе Д.Н., Билашвили К., Алавердашвили М.Ш., Трапаидзе В.З., Брегвадзе Г.И.</b> ОЦЕНКА ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СРЕДНЕМЕСЯЧНОГО РАСХОДА РЕКИ АЛАЗАНИ И ЕГО ГОДИЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ (Грузия) .....	62
<b>Дарчиашвили К., Дарчиашвили В., Реквава П.</b> НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВА- НИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СЕЙСМОСТОЙКИХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ (Грузия) .....	65
<b>Диаконидзе Р.В., Шенгелия Э.Г., Чахая Г.Г., Цулукидзе Л.Н., Варазашвили З.Н., Супаташвили Т.Л.</b> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ЧЕРНОГО МОРЯ В ПРЕДЕЛАХ ГРУЗИИ (Грузия) .....	69
<b>Езугбая З.А., Иремашвили И.Р., Мсхиладзе Н.Г., Чеишвили Ш.Н.</b> УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛО- ГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В ГОРОДАХ ГРУЗИИ ПУТЕМ УСТРОИСТВА ЗЕЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА КРЫШАХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ (Грузия) .....	73
<b>Варганов М.В., Кечошвили Э.М., Мехришвили Г.Д.</b> К ВОПРОСУ РАСЧЕТА АМОРТИЗА- ЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ГРУЗИИ (Грузия) .....	86
<b>Зейналов Т.</b> КЛИМАТ – ЭТО ДВИГАТЕЛЬ ИСТОРИИ ГРЯЗНОЙ ПОЛИТИКИ (Азербайджан) ...	91
<b>Иманов Ф.А., Гулиева А.А.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ГОДОВОГО СТОКА РЕКИ АЛАЗАНИ (ГАНЫХ) (Азербайджан) .....	96

<b>Иорданишвили И.К., Варганов М.В., Иорданишвили К.Т., Поцхвериа Д.Ш.</b> ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОГО МОРЯ (Грузия) .....	102
<b>Итриашвили Л.А., Хосрошвили Е.З.</b> МАКСИМАЛЬНАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ ВЛАГОЕМ-КОСТЬ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ГРУНТОВ (Грузия) .....	115
<b>Копалиани З.Д., Самохвалова О.А.</b> ЛОКАЛЬНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА РАСХОДА И СТОКА ДОННЫХ НАНОСОВ В РАВНИННЫХ РЕКАХ (Россия) .....	119
<b>Кордзაде А.А., Деметрашвили Д.И., Кухалашвили В.Г.</b> ПРОГНОЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ В ГРУЗИНСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ АКВАТОРИИ (Грузия) .....	129
<b>Купрейшвили Ш.З., Сичинава П.О., Лобжანიძე З.К., Дадიაი К.З., Бераია Н.П.</b> РАСЧЕТ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В УСЛОВИЯХ НЕУСТАНОВИВШЕГО ДВИЖЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД (Грузия) .....	136
<b>Лазарева Т.С.</b> ПОДБОР ВИДОВ ГАЗОННЫХ ТРАВ И СОСТАВЛЕНИЕ ТРАВЯНЫХ СМЕСЕЙ (Россия) .....	140
<b>Лихацевич А.П., Погодин Н.Н., Болбышко В.А., Латушкина Г.В.</b> ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЗАКРЫТОЙ ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ (Беларусь) .....	144
<b>Лихацевич А.П., Латушкина Г.В.</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ (Беларусь) .....	150
<b>Лихацевич А.П., Погодин Н.Н., Болбышко В.А., Латушкина Г.В.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫВКИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА (Беларусь) .....	155
<b>Лорткиანიძე Ф.Н., Кечხოшვილი Э.М.</b> МУЛЬЧИРОВАНИЕ – СРЕДСТВО СОХРАНЕНИЯ ПОЧВЫ (Грузия) .....	161
<b>Маисая Л.Д., Кикнадзе Х.Л., Гогиашვილი А.А.</b> ВЛИЯНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДИНАМИКУ ГРУНТОВЫХ ВОД И СОХРАНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ (Грузия) .....	166
<b>Мамедов А.Ш.</b> ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЫЖОК НА ГЛАДКОМ И ШЕРОХОВАТОМ ДНЕ (Азербайджан) .....	169
<b>Мамедов А.Ш., Байрамов А.А.</b> РАЦИОНАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ГОРНЫХ ВОДО-ЗАБОРОВ (Азербайджан) .....	175
<b>Мажайский Ю.А., Курчевский С.М.</b> ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА "БАЙКАЛ ЭМ-1" НА ОСНОВНЫЕ АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУПЕСЧАНОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ (Россия, Беларусь) .....	180
<b>Махмудов Р.Н., Алиев В.А., Рамазанлы З.З.</b> АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ РИСКА НАВОДНЕНИЙ В НИЖНЕЙ КУРЕ (Азербайджан) .....	185
<b>Мехришვილი Г.Д.</b> ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ГРУЗИИ (Грузия) .....	188
<b>Мисецкайте О., Тапараускаене Л.</b> ВЛИЯНИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ НА ВОДЫ БАЛАНСА РЕК (Литва) .....	192
<b>Мустафаев М.Г., Джебраилова Г.Г., Мустафаев Ф.М.</b> МЕРОПРИЯТИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕН-НЫЕ ДЛЯ КОРЕННОГО УЛУЧШЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕНИРО-ВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ (Азербайджан) .....	198
<b>Натишვილი О.Г., Урушадзе Т.Ф., Гавардашვილი Г.В.</b> ПРОГНОЗ ВОЛНООБРАЗОВАНИЯ В ПОТОКАХ МАЛОЙ ГЛУБИНЫ ПРИ ЛИНЕЙНОМ РАЗМЫВЕ ПОЧВ (Азербайджан) .....	203
<b>Нურიев Э.Б., Гусейнзаде Ф.М.</b> ГИДРОНИМЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО АЗЕРБАЙДЖАНА (Азербайджан) .....	214
<b>Саакян Л.В., Беляева О.А., Кафян М.О., Бабалян Г.Г., Сагателян А.К.</b> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ГОРОДА ГЮМРИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ (Армения) .....	218

<b>Самохвалова О.А.</b> О РАСЧЕТЕ РАСХОДА ДОННЫХ НАНОСОВ В БОЛЬШИХ И МАЛЫХ РАВНИННЫХ РЕКАХ (Россия) .....	224
<b>Самхарадзе В.И.</b> ПУТИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИВНЫХ БОРОЗД И УДЛИНЕНИЕ ИХ ПОЛИВНОЙ СПОСОБНОСТИ (Грузия) .....	235
<b>Саруханиян А.А., Мартиросян А.В., Микаелян В.Б.</b> НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАПОРНЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБ (Грузия) .....	239
<b>Сагинадзе И., Кадария Ю., Кодуа М.</b> АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ДАННЫХ ВЕТРОВЫХ И ВОЛНОВЫХ РЕЖИМОВ ПОТИЙСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ (Грузия) .....	244
<b>Соколова А. Н., Кашина И.В.</b> АРХИТЕКТУРНО-МЕМОРИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС В ПРОСТРАНСТВЕ ГОРОДА: ТИПЫ АРХИТЕКТУРНО-МЕМОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ (Россия) .	249
<b>Стенина Н.Г.</b> ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ: ТЕОРИЯ И ВНЕДРЕНИЕ (Россия) .....	252
<b>Супаташвили Т.Л.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕВОКОЛЛОИДНОГО НАНОСА Р. ДУРУДЖИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЦЕЛЯХ (Россия) .....	255
<b>Токмаджян В. О.</b> ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРОЕКТИРУЕМЫХ МГЭС НА РЕКЕ ГЕХИ И ЕЕ ПРИТОКАХ (Армения) .....	261
<b>Токмаджян О.В., Балджян П.О., Карапетян Г.И., Мкртумян М.М.</b> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАЗРУШЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН (Армения) ...	266
<b>Торосян Г.О., Аирянц М.А., Торосян Ю.Г., Давтян В.А.</b> АДсорбции, ВЫБОР ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЭФИРОВ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ (Армения) .....	272
<b>Уджма А., Лис А.</b> ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В МОДЕРНИЗОВАННЫХ ЗДАНИЯХ (Польша) .....	277
<b>Уджма А., Совиер-Каспрчик И.</b> РОЛЬ ДОЖДЕВЫХ ВОД В РАЦИОНАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ (Польша) .....	283
<b>Панчулидзе Д.Н., Метревели Г.С.</b> КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (Грузия) .....	288
<b>Кипиани Г., Микадзе В., Николаишвили Л.</b> УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАСТИН С РАЗРЫВНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ (Грузия) .....	293
<b>Чахая Г.Г., Варазашвили З.Н., Цулукидзе Л.Н., Диаконидзе Р.В., Хубулава И.В., Супаташвили Т.Л., Омсарашвили Г.Г.</b> ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ЭРОЗИОННО-СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ, СФОРМИРОВАВШИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЭКОЦИДА В БОРЖОМСКОМ УЩЕЛЬЕ В 2008 ГОДУ (Грузия) .....	301
<b>Церетели Э.Д., Гаприндашвили М.В., Гаприндашвили Г.М., Курцикидзе О.О., Донадзе Ц.Г., Нанобашвили Т.С.</b> СОСТОЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В ГРУЗИИ И ТЕНДЕНЦИИ ИХ РИСКА (Грузия) .....	306
<b>Чарбадзе З.Д.</b> НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (Грузия) .....	318
<b>Хмаладзе О.</b> ГЛОБАЛЬНЫЙ СТОК РЕЧНЫХ НАНОСОВ В ОКЕАН И ДИНАМИКА ЗЕМНОЙ ОСИ ВРАЩЕНИЯ (Грузия) .....	322
<b>Хубулава И.В.</b> АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВРЕМЕННЫХ ПРОТИВОСЕЛЕВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ (Грузия) .....	327
Указатель авторов (на грузинском языке) .....	332
Указатель авторов (на английском языке) .....	334
Указатель авторов (на русском языке) .....	336



გამომცემლობა „უნივერსალი“

თბილისი, 0179, ი. ჯავახიშვილის გამზ. 1, ( : 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30  
E-mail: universal@internet.ge