

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მენეჯმენტის ინსტიტუტი
ბარემოს დაცვის ეკოცენტრი



**X საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია
წყალთა მენეჯმენტის, ბარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და
მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები**

ურობების კრებული

25-27 ივლისი, 2021

**ექვეყნა აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას
100 წლის იუბილეს**

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

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

COLLECTED PAPERS

25 – 27 JULY, 2021

**DEDICATED TO THE 100 ANNIVERSARY
OF THE ACADEMICIAN TSOTNE MIRTSKHULAVA**

**თბილისი, საქართველო / Tbilisi, Georgia
2021**

საორგანიზაციო კომიტეტი:

გურგენიძე დ., (საორგანიზაციო კომიტეტის თავმჯდომარე), გასიტაშვილი ზ. (თანათავმჯდომარე), გავარდაშვილი გ. (თანათავმჯდომარე), ტოკმაჯიანი ო. (თანათავმჯდომარე), იმანოვი ფ. (თანათავმჯდომარე), ირემაშვილი ი. (პასუხისმგებელი მდივანი), ბრუსი კ., ბალჯიანი პ., ბონდარიკი ი., გარიბოვი ი., გოჯამანოვი მ., კარაპეტიანი გ., კოპალიანი ზ., კოპიტოვსკი ვ., მაჟისკი ი., მაჟორი მ., მისეცკაიტე ო., მუსტაფაევი მ., ნურევი ე., პოპოვა ი., პოვილაიტის ა., სიმონიანი ა., სობოტა ე., სოკოლოვა ა., წერეთელი ნ., ჰერტმანი ლ., ტოკმაჯიანი ვ., ულევცი მ., ჯეზნახი ჯ., ზეინალოვი ტ.

Organizing Committee:

Gurgenidze D. (Chairman of the Organizing Committee), Gasitashvili Z. (Co-chairman of the Organizing Committee), Gavardashvili G. (Co-chairman of the Organizing Committee), Tokmajyan H. (Co-chairman of the Organizing Committee), Imanov F. (Co-chairman of the Organizing Committee), Iremashvili I. (Executive Secretary), Brys K., Baljyan P., Bondarik I., Garibov I., Godjamanov M., Karapetyan Hr., Kopaliani Z., Kopitovsky V., Majaiski Yu., Major M., Misetskaite O., Mustafayev M., Nuriev E., Popova I., Povilatis A., Simonyan A., Sobota J., Sokolova A., Tsereteli N., Hertman L., Tokmajyan V., Ulewicz M., Jeznach J., Zeinalov T.

სამეცნიერო კომიტეტი:

აიუბი ბ. (აშშ), ალიევი ვ. (აზერბაიჯანი), აბოლტინსი ა. (ლატვია), ბალჯიანი პ., (სომხეთი), ბაციკაძე თ. (საქართველო), ბორტევიკი ა. (დიდი ბრიტანეთი), ბოურნასკი ე. (ბულგარეთი), გავარდაშვილი გ. (საქართველო), გასიტაშვილი ზ. (საქართველო), გაპრამანლი ი. (აზერბაიჯანი), გვიშიანი ზ. (საქართველო), დიაკონიძე რ. (საქართველო), დუბენოვი ს. (ბელარუსია), დუდაი ნ. (ისრაელი), ედოიანი ნ. (სომხეთი), ვლასაკი პ. (ჩეხეთი), ვოლჩევი ა. (ბელარუსია), ვუ ი. (ჩინეთი), ზეინალოვი ტ. (აზერბაიჯანი), ზივატკაუსკინე ი. (ლიტვა), თავხელიძე დ. (საქართველო), იმანოვი ფ. (აზერბაიჯანი), იორდანიშვილი ი. (საქართველო), ირემაშვილი ი. (საქართველო), ივანოვი დ. (ბელარუსია), კინგი ლ. (გერმანია), კლიმიამშვილი ლ. (საქართველო), კოვალენკო პ. (უკრაინა), კოპალიანი ზ. (რუსეთი), კუბეჩკოვა დ. (ჩეხეთი), კუზნეცოვი მ. (რუსეთი), კუპრეიშვილი შ. (საქართველო), ლოისკანდლი ვ. (ავსტრია), მარუაშვილი ზ. (საქართველო), მამედოვი ა. (აზერბაიჯანი), მარკუზუკი ა. (პოლონეთი), მაჟისკი ი. (რუსეთი), მეიჯერი ჯ. (აშშ), მეიჯერი მ. (პოლონეთი), პოვილაიტისი ა. (ლიტვა), ჟანგი პ. (ჩინეთი), ჟენევისი რ. (იტალია), რაიჩიკი ჯ. (პოლონეთი), რომაშჩენკო მ. (უკრაინა), სარუხანიანი ა. (სომხეთი), სეიჰანი კ. (თურქეთი), სობოტა ე. (პოლონეთი), სუვა პ. (იაპონია), ტოკმაჯიანი ო. (სომხეთი), ტოკმაჯიანი ვ. (სომხეთი), უჯმა ა. (პოლონეთი), დარიბოვი ი. (აზერბაიჯანი), შილა ი. (ბელარუსია), შურდაია ვ. (საქართველო), ჩერნომორევი ს. (რუსეთი), ჯეზნახი ჯ. (პოლონეთი), ჯოზვიკოვსკი კ. (პოლონეთი), ჰაიდე ლ. (ნიდერლანდები).

Scientific committee:

Ayyub B. (USA), Aliyev V. (Azerbaijan), Aboltins A. (Latvia), Baljyan P. (Armenia), Batsikadze T. (Georgia), Borthwick A. (United Kingdom), Bournaski E. (Bulgaria), Chernomorets S. (Russia), Diakonidze R. (Georgia), Dubenok S. (Belarus); Dudai N. (Israel), Edoian V. (Armenia), Gahramanli Y. (Azerbaijan), Garibov Y. (Azerbaijan), Gasitashvili Z. (Georgia), Gavardashvili G. (Georgia), Genevois R. (Italy), Gvishiani Z. (Georgia), Hayde L. (The Netherlands), Imanov F. (Azerbaijan), Iordanishvili I. (Georgia), Iremashvili I. (Georgia), Ivanov D. (Belarus), Jozwiakowski K. (Poland), King L. (Germany), Klimiashvili L. (Georgia), Kopaliani Z. (Russia), Kovalenko P. (Ukraine), Kubeckova D. (Czech republic), Kupreishvili Sh. (Georgia), Kuznetsov M. (Russia), Loiskandl W. (Austria), Romashchenko M. (Ukraine), Maruashvili Z. (Georgia), Mammadov A. (Azerbaijan), Marzuk A. (Poland), Mazhaiskiy Yu. (Russia), Major J. (USA), Major M. (Poland), Povilaitis A. (Lithuania), Rajczyk J. (Poland), Sarukhanyan A. (Armenia), Seyhan K. (Turkey), Shila I. (Belarus), Sobota E. (Poland), Shurgaia V. (Georgia), Suwa H. (Japan), Tavkheldidze D. (Georgia), Tokmajian H. (Armenia), Tokmajian V. (Armenia), Ujma A. (Poland), Vlasak P. (Czech republic), A. Volchak (Belarus), Jeznach J. (Poland) Wu I. (China), Zeynalov T. (Azerbaijan), Zhang P. (China), Zivatkauskieni I. (Lithuania).

მისამართი: 0179, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60^ბ; ელ ფოსტა: gwmi1929@gmail.com; ვებ-გვერდი: <http://wmi.ge>
Address: 0179, Tbilisi, 60^b Ave. I. Chavchavadze; E-mail: gwmi1929@gmail.com; web-site: <http://wmi.ge>
Адрес: 0179, Тбилиси, пр. И. Чавчавадзе 60^б. эл. почта: gwmi1929@gmail.com; веб-стр.: <http://wmi.ge>

ISSN 1512-2344

© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი,
გარემოს დაცვის ეკოცენტრი, 2021

X International Conference on

**“MODERN PROBLEMS OF WATER MANAGEMENT,
ENVIRONMENTAL PROTECTION, ARCHITECTURE
AND CONSTRUCTION”**

25 – 27 JULY, 2021, Tbilisi, Georgia

CONFERENCES	DATE	PLACE (LOCATION)
I	18-22 August, 2010	Qobuleti, GEORGIA
II	24-31 July, 2012	Qobuleti, GEORGIA
III	29 July – 4 August, 2013	Tbilisi – Borjomi, GEORGIA
IV	27 – 30 September, 2014	Tbilisi, GEORGIA
V	16 – 19 July, 2015	Tbilisi, GEORGIA
VI	22–25 September, 2016	Tbilisi – Telavi, GEORGIA
VII	25–27 August, 2017	Tbilisi, Georgia
VIII	1-5 November, 2018	Tbilisi, Georgia
IX	25 – 27 July, 2019	Tbilisi, Georgia

Scientific directions of the Conference

- Water management;
- Hydraulic engineering and irrigation;
- Hydrology and meteorology;
- Environmental protection;
- Safety and risk of hydraulic structures;
- Construction and architecture;
- Earth sciences.

**Photo gallery from IX International Conference on
“MODERN PROBLEMS OF WATER MANAGEMENT, ENVIRONMENTAL
PROTECTION, ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION”
25–27 July, 2019**





იუბილე

აკადემიკოსი

ცოტნე

მირცხულავა



აკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა - 100

ქვეყნის იმ დამსახურებულ მეცნიერეთა შორის, რომლებმაც ქართული მეცნიერების მიღწევები მსოფლიო დონეზე იყვანეს, 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.

ფასდაუდებელია ბატონი ცოტნეს ღვაწლი 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 დამსახურს მის მშობლიურ 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, რათა მხარში დადგომოდა დედას - მარიამ კვიციანიას. ბატონი ცოტნე წარმატებით ამთავრებს ფოთის ჰიდრომელიორაციის ტექნიკუმს და იმავე წელს მისაღებ გამოცდებს ახარებს საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამშენებლო ფაკულტეტზე, რომელსაც ნაცვლად 5 წლისა, ამთავრებს 3 წელიწადში.

1956 წლიდან ბატონი ცოტნე, ინსტიტუტის მაშინდელი დირექტორის პროფესორ მიხეილ გაგოშიძის ინიციატივით მუშაობას იწყებს 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 დანერგილი მექანიკის მოდელები მან წარმატებით გამოიყენა მედიცინაში, ადამიანის სიცოცხლის გახანგრძლივების საშუალებების შემოთავაზებით, რომელსაც სოციალურ ქსელში 600 000-ზე მეტი ნახვა ჰქონდა, განსაკუთრებით უკრაინიდან. 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 სიძნელეების დაძლევისას.

მეცნიერის ეს თვისებები მას ჩამოუყალიბდა ჯერ კიდევ პოლიტექნიკური ინსტიტუტის დამთავრების შემდეგ საქნავთობის დედოფლისწყაროს ობიექტზე

მოღვაწეობის პერიოდში. იგი მუშაობის დაწყების პირველივე დღეებიდანვე დაუზარლად ასრულებდა არამარტო მასზე განპირობებულ სამუშაოებს, არამედ ხშირად, თუ ამას აუცილებლობა მოითხოვდა, უბრალო მუშასაც კი ჩაენაცვლებოდა ხოლმე. ამიტომ იყო, რომ კოლექტივში იგი პატივისცემითა და დაუფარავი სიყვარულით სარგებლობდა. მისი ამგვარი თავდადება შეუმჩნეველი არ დარჩენია „საქნავთობის“ ხელმძღვანელობას და სულ მალე გადმოყვანილ იქნა თბილისის სათავე ოფისში, ტრესტის მთავარი ინჟინრის თანამდებობაზე (1942-1953 წწ).

ბატონ ცოტნეს მაღალი რეიტინგის საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალებში გამოქვეყნებული აქვს 600-ზე მეტი ნაშრომი, აქედან 26 მონოგრაფია. მონოგრაფია „ჰიდრომელიორაციულ ნაგებობათა საიმედოობა“ 1974 წელს გადაითარგმნა აშშ-ში ინგლისურ ენაზე და გამოცემულია ბეკლემის გამომცემლობის მიერ ნიდერლანდებში.

მეცნიერ კოლეგებში გაცემას 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 გადავავლებთ 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, როგორებიცაა: „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 კოლეგათა შორისაც, რის დასტურადაც 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 ჰიდრავლიკური კვლევის

საერთაშორისო ასოციაციის, ირიგაციისა და დრენაჟის საერთაშორისო კომიტეტის თავმჯდომარის მოვალეობას.

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

აკად. ც. მირცხულავა 1970 წლიდან არის საქართველოს მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწე. 1973 წლიდან სსრ კავშირის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი.

1993 წლიდან ც. მირცხულავა არის საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ნამდვილი წევრი, იგი ამავდროულად საზოგადოებრივ საწყისებზე “ფაზისის აკადემიის” პრეზიდენტია.

აკადემიკოსი ც. მირცხულავა არაერთხელ იყო არჩეული საერთაშორისო სიმპოზიუმების, სემინარების (პრელაში, პარიზში, ნიუ-იორკში, ტოკიოში და ა.შ.) ხელმძღვანელად. როგორც გაეროს ექსპერტი, 1967 წელს ხელმძღვანელობდა გაეროს სემინარს, რომელიც ეხებოდა წყალდიდობებისა და ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებებს, სადაც მონაწილეობა მიიღო მსოფლიოს 35-მა ქვეყანამ.

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 იგი დასახელდა 2005 წლის ქვეყნის საუკეთესო მეცნიერად ტექნიკის დარგში და დაჯილდოვდა შესაბამისი მედლით. ასევე უნდა აღინიშნოს ბატონი ცოტნეს ხელმძღვანელობით შესრულებული საერთაშორისო საგრანტო პროექტის (TA-MOU-01-CA15-011 - ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების კვლევა ვეტიკერისა და სხვა ნიადაგდამჭერი ბალახოვანი ბარიერების სახით“ 2002-2007 წწ.) დამუშავება, რომელიც აშშ-ს საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს (USAID) მიერ იყო რეკომენდებული, დამფინანსებელი - აშშ-ს ეროვნული აკადემია, ხოლო თანაშემსრულებელი - ისრაელის ვოლკანის ცენტრის წყლის, ნიადაგისა და გარემოს დაცვის ინსტიტუტი.

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 გადაწყვეტილებითა და სტუ-ს აკადემიური საბჭოს 2014 წლის 22 სექტემბრის #1263 დადგენილებით, რომელიც 2014 წლის 10 დეკემბერს

შეთანხმებულ იქნა საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროსთან, ინსტიტუტს მიენიჭა აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას სახელი.

ინსტიტუტის დირექციის ინიციატივითა და ქ. თბილისის მერიის გადაწყვეტილებით თბილისში ერთ-ერთ ქუჩას მიენიჭა ცოტნე მირცხულავას სახელი, მის საცხოვრებელ სახლზე დაფიქსირდა მემორიალური დაფა, მანამდე კი, მის მშობლიურ ქ. ფოთში, ქუჩას მიენიჭა ბატონი ცოტნეს სახელი.

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 უფროსი: ყურადღებიანი მეუღლე - რესპუბლიკის დამსახურებული ექიმის, ნანა მგალობლიშვილისა, მზრუნველი მამა დავით და ზაზა მირცხულავების - სპეციალობით ინჟინერ-ჰიდროტექნიკოსები, მეცნიერებათა დოქტორები, რომლებიც ღირსეულად აგრძელებენ ბატონი ცოტნეს მეცნიერულ გზას; 5 შვილიშვილის ბაბუა და 5 შვილთაშვილის საამაყო დიდი ბაბუა.

ბატონ ცოტნეს 2020 წლის 25 ივლისს 100 წელი შეუსრულდა. მისი ხსოვნა დიდხანს დარჩება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის თანამშრომლების, მისი მოსწავლეებისა და ჩვენი ქვეყნის მომავალ თაობაში.

დავით გურგენიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
რექტორი, პროფესორი

გივი გავარდაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ცოტნე მირცხულავას სახელობის
წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის
დირექტორი, პროფესორი

ЮБИЛЕЙ АКАДЕМИКА ЦОТНЕ МИРЦХУЛАВА – 100

Среди заслуженных ученых страны, которые возвели достижения грузинских ученых до мирового уровня, особое место занимает академик Национальной академии наук Грузии, Грузинской и Российской академий сельскохозяйственных наук, президент Национальной академии Фазис, бывший директор Института водного хозяйства, председатель ученого совета Института, обладатель многочисленных государственных наград, академик Цотне Мирцхулава.

Неоценим вклад г-на Цотне в развитие и совершенствование управления водными ресурсами и окружающей средой, гидравлики, гидромелиорации, надежности, риска и других смежных наук. Важное научное наследие, которое он оставил этой области, еще долго будет служить его родному Институту водного хозяйства и грузинской науке.

Г-н Цотне Мирцхулава родился в г. В Поти 25 июля 1920 года. После смерти отца - г-на Евгения, он в раннем возрасте начал работать, чтобы содержать свою мать - Мариам Квирквелия. Г-н Цотне успешно закончил Гидромелиоративный техникум в Поти и в том же году сдал вступительные экзамены на инженерно-строительный факультет Грузинского политехнического института, который закончил за 3 года вместо положенных 5 лет.

С 1956 года г-н Цотне по инициативе бывшего директора Института гидротехники и мелиорации профессора Михаила Гагошидзе начал работать в Грузинском институте водного хозяйства. Являясь бессменным руководителем Института, с 1968 по 2005 год он (в течении 37 лет) он внес существенный вклад в повышение его международного авторитета.

Удивительным является тот факт, что он успешно использовал модели механики, которые он создал и внедрил в медицину, предлагая средства продления человеческой жизни, которые набрали более 600 000 просмотров в социальных сетях, особенно Украины. В Интернете даже есть фраза: «Мирцхулава - это тот человек, который эффективно работает, как в решении проблем, связанных с водным хозяйством, так и проблемами продления человеческой жизни в медицине». Применение этого феномена в своей повседневной жизни также имело место в преодолении трудностей, связанных с существующими бытовыми отношениями.

После окончания Политехнического института у Цотне Евгеньевича сформировались качества ученого, которые понадобились ему при последующей деятельности на объекте «Грузнефть» в Дедоплисцкарской районе. С первых же дней работы он выполнял не только порученную ему работу, но часто, если возникала необходимость, он заменял простого рабочего. Поэтому в коллективе он пользовался уважением и любовью. Его самоотверженность не осталась незамеченной руководством «Грузнефть», и вскоре он был переведен в головной офис в Тбилиси на должность главного инженера треста (1942-1953).

Г-н Цотне опубликовал более 600 статей в высокорейтинговых международных научных журналах, в том числе 26 монографий. Монография «Надежность гидромелиоративных сооружений» была переведена на английский язык в США в 1974 г. и опубликована издательством «Becklem Publishing» в Нидерландах.

Удивительна его способность изучать, анализировать и оценивать колоссальное количество литературных источников, использованных в работе г-на Цотне, которую он выполнял со своей обычной эффективностью, точностью и целеустремленностью. Здесь следует упомянуть умение цитировать произведения не только из научных, но и из художественной литературы. При подборе цитат у читателя могло сложиться впечатление, что то или иное высказывание известных писателей и поэтов посвящено рассматриваемым научным вопросам. В этом легко убедиться, просмотрев монографии г-на Цотне, которые предлагаются для решения вопросов в этой области, таких как «Надежность гидромелиоративных сооружений», «Опасности и риски на некоторых водных и других системах» и др.

Автор нормативных документов государственного значения - «Определение допустимых неразмывающихся скоростей водотока для почв и грунтов», «Оригинальная методика расчета надежности и риска инженерных сооружений» получили мировое признание известных специалистов. Такая оценка работ, опубликованных академиком Цотне, явилась предпосылкой к тому, что ученый пользовался признанным авторитетом и уважением не только среди своих соотечественников, но и среди зарубежных коллег, что подтверждалось его единогласным избранием в член-корреспондентом Российской академии сельскохозяйственных наук, а позже - в действительным членом. В течение многих лет он был бессменным председателем постоянной комиссии по управлению водными ресурсами при Комитете по науке и технике. Более того: г-н Цотне вплоть до своей смерти был председателем Международной ассоциации гидравлических исследований, Международного комитета по ирригации и дренажу. Параллельно с научно-исследовательской работой г-н Цотне в течение 50 лет вел педагогическую деятельность в Политехническом институте Грузии, на факультете горной геологии. Под его руководством защищено около 100 кандидатских и докторских диссертаций как в Грузии, так и за рубежом.

Академик Цотне Мирцхулава - заслуженный деятель науки Грузии с 1970 года, а с 1973 года - действительный член Академии сельскохозяйственных наук СССР. С 1993 г. Ц. Мирцхулава является действительным членом Национальной академии наук Грузии, а также является президентом Академии «Фазис» на общественных началах. Академик Ц. Мирцхулава неоднократно избирался директором международных симпозиумов, семинаров (в Праге, Париже, Нью-Йорке, Токио и др.). В 1967 году в качестве эксперта ООН он руководил семинаром ООН по предотвращению наводнений и эрозии, в котором приняли участие 35 стран мира.

Господин Цотне отличался необычайным трудолюбием и требовал того же от нас - бывших аспирантов и младших коллег. Г-н Цотне Мирцхулава, который и в последние годы жизни активно занимался научной работой, под его руководством

были разработаны 2 грантовых проекта Национального научного фонда. Совместным решением ЮНЕСКО и Национальной академии наук Грузии он награжден 2005 г. с соответствующей медалью. Также заслуживает внимания разработка международного грантового проекта (TA-MOU-01-CA15-011 – «Исследование противоэрозионных мероприятий в виде ветивера и других почво-селеудерживающих барьеров "2002-2007 гг.) которое было рекомендовано агентством Международного развития США (USAID), проект был профинансирован Национальной академией наук США, а соисполнитель проекта - Институт охраны почвы и окружающей среды Израильского Волканского Центра.

Решением Ученого совета Института водного хозяйства Грузинского технического университета (ГТУ) от 8 августа 2014 года научными-сотрудниками института, постановлением академического совета ГТУ от 22 сентября 2014 г. № 1263, согласованным с Министерством образования и науки Грузии 10 декабря 2014 г., институту присвоено имя академика Цотне Мирцхулава.

По инициативе руководства Института и решением мэрии Тбилиси одна из улиц Тбилиси была названа именем Цотне Мирцхулава, на фасаде его дома установлена мемориальная доска. В г. Поти одна из улиц носит его имя.

Примечательно, что воспитанные академиком Цотне ученые до сих пор работают в Грузии и в разных странах мира и продолжают его научные традиции.

Цотне Мирцхулава был главой великолепной семьи: заботливая супруга - Нана Мгалоблишвили, заслуженный врач республики; сыновья - Давид и Заза Мирцхулава - доктора технических наук продолжают научный путь отца; дед 10 внуков и правнуков.

25 июля 2020 года г-ну Цотне исполнилось бы 100 лет. Его имя надолго останется в памяти сотрудников Института водного хозяйства, Грузинского технического университета, его студентов и в будущих поколениях нашей страны.

Давид Гургенидзе

Ректор Грузинского технического университета,
профессор

Гиви Гавардашвили

Директор института водного хозяйства
им. Цотне Мирцхулава
Грузинского технического университета,
профессор

ACADEMICIAN TSOTNE MIRTSKHULAVA – 100

Among the honored scientists of the country who have taken the achievements of Georgian science to global standards, a special place is occupied by the Academician of the National Academy of Sciences of Georgia, the Georgian and Russian Academies of Agricultural Sciences, the President of the Phasis Secular Academy, the former Director of the Institute of Water Management, the Chairman of the Scientific Council of the Institute, the holder of numerous national awards, Academician Tsozne Mirtskhulava.

Mr. Tsozne made invaluable contribution to the development and improvement of water management, the environmental protection, water resources engineering, hydroamelioration, reliability, risk, and other related sciences. The significant scientific legacy he left for the field will serve for a long time as an important contribution to his native institute of water management and, in general, to Georgian science.

Mr. Tsozne Mirtskhulava was born in c. Poti on 25 July 1920. Due to the death of his father - Mr. Evgeni at an early age, he began working since his childhood to support his mother - Mariam Kvirkvelia. Mr. Tsozne successfully graduates from Poti Hydroamelioration Technical School and in the same year passes the entrance exams at the Faculty of Civil Engineering of the Georgian Polytechnic Institute, which he graduates in 3 years instead of 5 years.

In 1956, Mr. Tsozne, at the initiative of the director of the institute, Professor Mikheil Gagoshidze, started working at the Georgian Institute of Water Management and he was the director of the institute for 37 years - from 1968 to 2005. Mr. Tsozne made great contribution to gaining the international authority by the Institute of Water Management.

It is also astonishing that he has successfully used the models of mechanics he has created and implemented in medicine, by offering a means of prolongation of human life, which has had more than 600,000 views on social media, especially from Ukraine. There is even a phrase on the Internet: "Is Mirtskhulava – one and the same person who works so effectively to solve problems related to water management and, at the same time, to prolong human life in medicine?". The application of this phenomenon in his daily life also took place in overcoming the difficulties related to the real-life relationships.

His qualities of a scientist formed while he was still working at the Dedoplistskaro facility of Saknavtobi after graduating from the Polytechnic Institute. From the very first days of his work, he not only diligently carried out the work assigned to him, but often, if the need arose, he would replace even a simple worker. That was why he enjoyed respect and obvious love in the team. His dedication was not left unnoticed by the leadership of "Saknavtobi" and he was soon transferred to the head office in Tbilisi, to the position of Chief Engineer of the trust (1942-1953).

Mr. Tsozne has published more than 600 papers in high-ranking international scientific journals, including 26 monographs. The monograph "Reliability of Hydroamelioration Facilities" was translated into English in the United States in 1974 and published by Becklem Publishing House in the Netherlands.

His scientist colleagues were amazed at his ability to study, analyze, and evaluate the colossal number of literary sources referred to in Mr. Tsozne's works, which he carried out with his usual promptness, accuracy, and purposefulness. The ability to quote works not only from scientific literature but also from belles-lettres should be mentioned here. He used to select citations so conveniently that the reader would get the impression that this or that expression of famous writers and poets was exactly dedicated to the scientific issues under consideration. This can be easily ascertained by looking at Mr. Tsozne's monographs, which are proposed to address the urgent issues of the field, such as "Reliability of Hydrotechnical and Hydroamelioration Facilities", "Hazards and Risks for Water-management and Other Facilities", etc.

His authored scientific works together with normative documents of a state value, such as: "Determination of allowable non-leaching velocities of water flow for subsoils and soils", "Original methodology for calculating the reliability and risk of engineering structures", were impartially recognized by world-renowned specialists.

Such an assessment of the works published by Mr. Tsozne was a prerequisite for the fact that the scientist enjoyed the recognized authority and respect not only among his compatriots, but also among his foreign colleagues, as evidenced by the fact that he was unanimously elected as an associate member of the Russian Academy of Agricultural Sciences, and a little later - as a full member. For years he was the permanent Chairman of the Standing Committee of Water Management under the Committee of Science and Engineering. Moreover: Mr. Tsozne was the Chairman of the International Association for Hydraulic Research, the International Committee for Irrigation and Drainage until his death.

In parallel with his scientific-research work, Mr. Tsozne has been actively involved in pedagogical activities at the Georgian Polytechnic Institute, Faculty of Mining and Geology for 50 years. Under his leadership, about 100 PhD and doctoral dissertations have been defended both in Georgia and abroad.

Acad. Ts. Mirtskhulava is an Honored Scientist of Georgia since 1970. Since 1973- a full member of the Academy of Agricultural Sciences of the USSR.

Since 1993 Ts. Mirtskhulava is a full member of the Georgian National Academy of Sciences, he is also the president of the "Phasis Academy" on a public basis.

Academician Ts. Mirtskhulava has been repeatedly elected as the director of international symposia, seminars (in Prague, Paris, New York, Tokyo, etc.). As an UN expert, in 1967 he led an UN seminar on flood and erosion preventive measures, which was participated by 35 countries around the world.

Mr. Tsozne was distinguished by his extraordinary hard work and demanded the same from us - former postgraduate students and junior colleagues.

Mr. Tsozne Mirtskhulava has been actively involved in scientific work in recent years and this is also evidenced by the fact that he has led two grant projects of the National Science Foundation, and by a joint decision of UNESCO and the National Academy of Sciences of Georgia he was named as the best scientist in the field of engineering in 2005 and was awarded the appropriate medal. Also noteworthy is the development of an

international grant project led by Mr. Tsotne (TA-MOU-01-CA15-011 - Study of Erosion Preventive Measures in the Form of Vetiver and Other Soil-retaining Grassy Barriers 2002-2007), recommended by the United States Agency for International Development (USAID), sponsored by the US National Academy and co-executed by the Institute of Water, Soil and Environmental Sciences of the Volcani Center of Israel.

By the decision of the Scientific Council of the Institute of Water Management of the Georgian Technical University (GTU) as of 8 August 2014 and by the Resolution # 1263 of the Academic Council of GTU as of 22 September 2014 agreed with the Ministry of Education and Science of Georgia on 10 December 2014, the Institute was named after Academician Tsotne Mirtskhulava by the scientific-workers of the Institute to perpetuate the merit of Academician Tsotne Mirtskhulava and crown him with immortality.

At the initiative of the Institute's management and according to the decision of the Tbilisi City Hall, one of the streets in Tbilisi was named after Tsotne Mirtskhulava, a memorial plaque was fixed on his residential house and before, the street in his native city of Poti was named after Mr. Tsotne.

It is noteworthy that the scientists brought up by Mr. Tsotne still actively work both in Georgia and in different countries of the world and continue the scientific traditions introduced by him.

Mr. Tsotne, in addition to spending most of his life at the institute, was the head of a brilliant family: an attentive spouse of Nana Mgaloblishvili - Honored Doctor of the Republic, a caring father of David Mirtskhulava and Zaza Mirtskhulava - specializing in hydraulic engineering, Doctors of Science, who suitably continue Mr. Tsotne's scientific path; Grandfather of 5 grandchildren and praiseworthy great grandfather of 5 grandchildren.

Mr. Tsotne turned 100 on 25 July 2020. His memory will remain for a long time in the future generation of the staff of the Georgian Technical University and the Institute of Water Management, his students and our country.

David Gurgenidze

Rector of Georgian Technical University, Professor

Givi Gavardashvili

Director of Tsotne Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University, Professor

Цотне Евгеньевич Мирцхулава -- Человек, Ученый, Учитель, Коллега, Друг !!!

Говорить и писать о Цотне Евгеньевиче можно очень много. Я недаром принял такое широкое название моего воспоминания, так как это отвечает и достойно Великого Человека. Впервые мы встретились на выездном заседании МАГИ, которое проходило в Тбилиси - Поти по проблеме реки Риони в начале 70 годов. С тех пор многие десятилетия мы имели возможность встречаться, общаться. Сначала я работал заместителем главного инженера института "Укргипроводхоз", с 1974 года директором УкрНИИГиМ Минводхоза СССР.

Наши институты были в подчинении одного Главка Министерства. Работая в "Укргипроводхозе" мне приходилось побывать почти во всех проектных и научно-исследовательских институтах Союза, в том числе и в ГрузНИИГиМ-е и Грузгипроводхоз-е.

Это диктовалось необходимостью получить с первы рук новые решения и подходы при создании крупнейших водохозяйственных и мелиоративных комплексов, таких как Северо-Крымский канал и крупнейшая Каховская оросительная система, площадь орошения 750 тысяч гектаров, а водозабор 530 кубических метров в секунду. Возглавляя в институте технический отдел (штаб института) по поручению дирекции я мотался по стране в поисках новинок в проектировании объектов. Была возможность познакомиться со **многими учеными, специалистами**. Всегда была радость встречи с Цотне Евгеньевичем, получить консультацию, совет. Мы нашли общие проблемы, над которыми трудились грузинские и украинские инженеры и ученые. Нас интересовали проблемы горных рек. У нас были проблемы Карпатских рек. Цотне Евгеньевич заинтересовался нашими проблемами и вскоре, когда я уже был директором УкрНИИГиМ, мы организовали встречу в Киеве с выездом на Прикарпатье, где получили живую консультацию и совет по многим вопросам. Совместно с институтом Гидромеханики АН Украинской академии наук мы провели научно-практическую конференцию в Киев-Ивано-Франковске. Цотне Евгеньевич был активным участником. Тогда я близко узнал Ученого, Человека и для меня Учителя. Работая над докторской диссертацией я смог получить некоторые консультации. Защищая докторскую диссертацию в 1975 году, в Москве и с большой благодарностью получил отзыв-поддержку от Цотне Евгеньевича.

Многие годы мы трудились как коллеги. И здесь я всегда получал советы старшего Уважаемого товарища. Каждый год Главк науки организовывал совет директоров на котором мы могли поделиться своими успехами. Всегда было всем нам интересно услышать мнение академика ВАСХНИЛ Цотне Евгеньевича.

Многократно, бывая у нас в институту мы получали консультации по гидравлическим исследованиям сложных русловых процессов, особенно в методах моделирования наносов.

Многие-многие годы наши институты и специалисты имели возможность совместно трудиться над сложными проблемами, связанных с водой, почвами, гидротехникой. В системе Минводхоза мы, вернее Цотне Евгеньевич и я, были старейшими директорами институтов . После ухода Величайшего Ученого, Коллеги, Друга я оставил директорство в 2011 году . Рекорд и образец подражания на всю жизнь остается за нашим Другом, Великом Ученым и Человеком ЦОТНЕ ЕВГЕНЬЕВИЧЕМ !

Помним и ценим.

Коваленко П. И.

доктор технических наук, профессор, академик: НААН Украины, РАН,
Итальянской академии Георгофии

Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины , Киев

Мой Дорогой и Уважаемый Мирцхулава Цотне Евгеньевич

Примите мои искренние слова благодарности за Ваш высокий профессионализм, педагогический талант и преданность своему благородному делу в течение многих лет. Выражаю искреннюю признательность за вашу проделанную работу. Хочу выразить огромную благодарность за проделанную работу. Я единственный ВАШ ученик с Азербайджана и горжусь им. Очень приятно осознавать, что есть такие ответственные и исполнительные люди. Мне безумно приятно говорить Вам спасибо за всё. Надеюсь, что в дальнейшем все люди, знающие Вас, сохранят такую традицию. Пусть воля, и желание трудиться ведут нас к победам и поставленным целям. Также хочу поблагодарить Вас за отдачу и понимание, щепетильность и слаженность. За полное понимание значимости и важности нашего дела! Я Горжусь тем что был вашим Учеником Спасибо!



My Dear and Dear Mirtskhulava Tsozne Evgenievich

Please accept my sincere words of gratitude for your high professionalism, pedagogical talent and dedication to your noble cause for many years. I express my sincere gratitude for your work done. I want to express my deep gratitude for the work done. I am the only YOUR student from Azerbaijan and I am proud of him. It is very pleasant to realize that there are such responsible and executive people. I am extremely pleased to say thank you for everything. I hope that in the future all people who know you will keep this tradition. Let the will and desire to work lead us to victories and set goals. I also want to thank you for your commitment and understanding, scrupulousness and coherence. For a complete understanding of the significance and importance of our business! I am proud to be your Disciple Thank you!

TELMAN ZEINALOV

Chairman of the Public Council under the MENR Azerbaijan

АКАДЕМИК ЦОТНЕ МИРЦХУЛАВА – УЧЕНЫЙ, ГРАЖДАНИН, ЧЕЛОВЕК

Шел май 2002 года. В это время в Санкт-Петербурге проходил крупный международный конгресс под эгидой МАГИ. После тяжелой болезни, связанной с проблемой кровообращения в мозге, я вынужден был срочно выехать из Еревана, так как был назначен руководителем одной из научных секции международного конгресса. Параллельно с нашей секцией работала секция под руководством академика Цотне Евгеньевича Мирцхулава.

Узнав о моей болезни, он рекомендовал мне посмотреть его книгу о старении материалов и конструкций, в которой проведены параллели инженерных сооружений с человеческим организмом. В этой очень интересной и полезной книге приведены конкретные рекомендации по питанию и образу жизни взрослого человека, чтобы предохранить его от чрезмерного быстрого старения. Одна из рекомендаций - необходимость периодического употребления жидкого питания, например супов и бульонов несколько раз в неделю. На основе исследований было доказано, что между организмом человека и инженерными конструкциями много общего, которые подчиняются законам старения.



Мне кажется, что настало время переиздать эту замечательную книгу, которая воплощает в себе математику, физику, физиологию, теорию катастроф и философию. Вот таким всесторонне развитым человеком был академик Цотне Мирцхулава. Большое счастье быть современником этого Великого человека, а еще и дружить с ним и быть его учеником.

Искренно благодарный
ОГАНЕС ТОКМАДЖЯН

д.т.н., профессор

ПОНЯТИЕ ВРЕМЕНИ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Бондаренко В.Л.¹⁾, Хецуриани Е.Д.²⁾, Семёнова Е.А.³⁾, Штавакер М.И.⁴⁾

¹⁾Новочеркасский Инженерно-Мелиоративный Институт
Донского Государственного Аграрного Университета,
Новочеркасск, Российская Федерация

²⁾Южно-Российский Государственный Политехнический Университет (НПИ)
Им. М.И.Платова, Г. Новочеркасск, Российская Федерация;
Донской Государственный Технический Университет, г. Ростов на Дону

³⁾Северо-Кавказский федеральный университет (филиал в г. Пятигорск)

⁴⁾Новочеркасский Инженерно-Мелиоративный Институт
Донского Государственного Аграрного Университета,
Новочеркасск, Российская Федерация

E-mail: nimi.TBiP@yandex.ru, goodga@mail.ru,
deakannn@mail.ru, Shtawkader.marya@yandex.ru

Аннотация. В пространственных пределах бассейновых геосистем, где формируются водные ресурсы (поверхностный и подземный сток), протекают все процессы жизнедеятельности природных (биотических, абиотических) и техногенных компонентов и проживающего населения, которые обуславливаются теми или иными предшествующими исходными экологическими состояниями или различного рода явлениями (русловыми, экзогенными и др.). Поэтому любое, к примеру, экологическое состояние в рассматриваемой системе может быть объяснено и предсказано. Такой методологический подход позволяет делать альтернативные действия выбора, что обуславливает тесную взаимосвязь с понятием времени [1].

Время непрерывно течет, где настоящее постоянно обновляется, будущее всегда открыто пока не станет настоящим, а прошлое всегда остается неизменным. В потоке времени рассматриваемая бассейновая геосистема из неизменного прошлого, скоротечного настоящего и открытого будущего перемещается вперед под воздействием природных процессов в сочетании с хозяйственной деятельностью и природно-техническими системами ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население», в которых под «Объектом деятельности» может быть «Объект гидроэнергетики» (ГЭС, ГАЭС).

Рассматривая вопросы, связанные с оценкой экологического состояния в зонах влияния «Объектов гидроэнергетики» или в пространственных пределах ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики — Население», важным является какое ожидается будущее? В этом вопросе содержится глубокий смысл того, что время является фундаментальным измерением, в частности, оценки экологического состояния в зонах возводимого или функционирующего «Объекта гидроэнергетики».

Ключевые слова: система, время, бассейновая геосистема, экологическое состояние, развитие, энтропия, экологическая безопасность.

ВВЕДЕНИЕ

Хозяйственная деятельность по использованию водных ресурсов, в частности, для выработки электрической энергии на ГЭС-ГАЭС, свидетельствует о том, что прошлое и будущее выполняют различные роли. Так, на примере комплекса гидротехнических сооружений (КГТС) Зеленчукской ГЭС- ГАЭС (рис. 1), частично строящийся и частично функционирующий и образующих собой ПТС «Природная среда — Объект гидроэнергетики - Население» в пространственных пределах бассейновой геосистемы Верхней Кубани (объем бассейновой геосистемы $W_{б.с.} = 11330 \text{ км}^3$, объем верхних слоев литосферы $W_{\text{верх.сл.лит.}} = 3300 \text{ км}^3$, площадь водосбора $F_{\text{вод.тер}} = 1100 \text{ км}^2$), прошлое не имело внутриводосборного перераспределения стока, а настоящее имеет это перераспределение и будущее открыто для более полного использования перераспределенного стока на намечаемых к строительству Красногорских ГЭС-1 и ГЭС-2, что обуславливает собой явление необратимости (рис. 2).

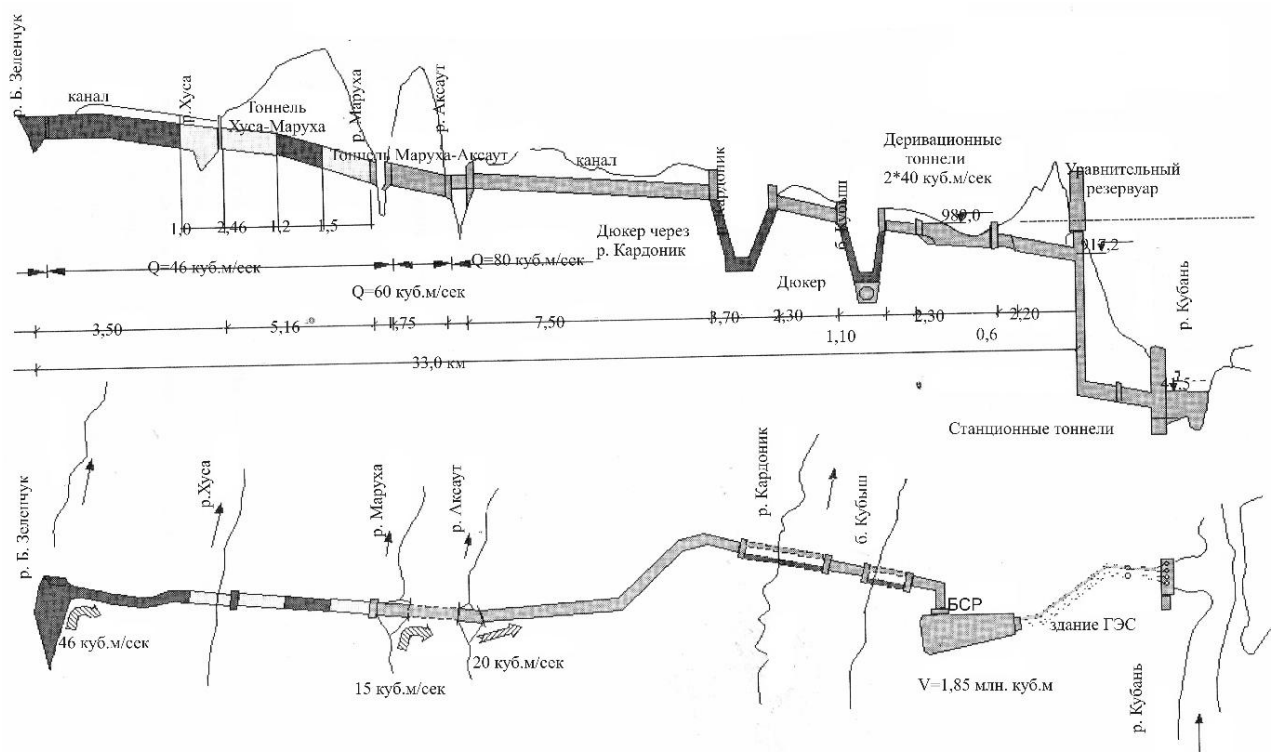


Рисунок 1. Комплекс гидротехнических сооружений каскада // Зеленчукской ГЭС-ГАЭС

Необратимость в процессах внутри бассейнового перераспределения стока вносит определенные изменения в природную среду, как в зонах влияния «Объектов гидроэнергетики», так и в бассейновую, геосистему в целом.

Необратимость процессов взаимосвязей, взаимодействий и взаимоотношений (ВВВ) «Объектов деятельности» с природными средами в зонах влияния пространственных пределов бассейновой геосистемы приводит к согласованным со временем (когерентности) действиям и эффектам, охватывающим все элементы ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» и бассейновой геосистемы в целом, где формируются водные ресурсы. Так, можно отметить, что «Стрела времени», к примеру, наиболее наглядно проявляется в процессах формирования стока в пространственных пределах бассейновой геосистемы речной гидрографической сети на водосборной территории. Так, полноводность рек и водотоков (расход $\text{м}^3/\text{с}$) на гидрографической сети меняется в зависимости от сформировавшихся морфологических

характеристик и гидрологических процессов, меняющихся в течении года и многолетних циклов, что собственно и обуславливает собой явление **необратимости**. Необратимость в процессах движения водного потока в руслах рек и водотоков приводит к множеству новых явлений, таких как переформирование берегов, транспортирование донных и взвешенных наносов, заиление или размыв отдельных участков русел и т.п. [2, 16].

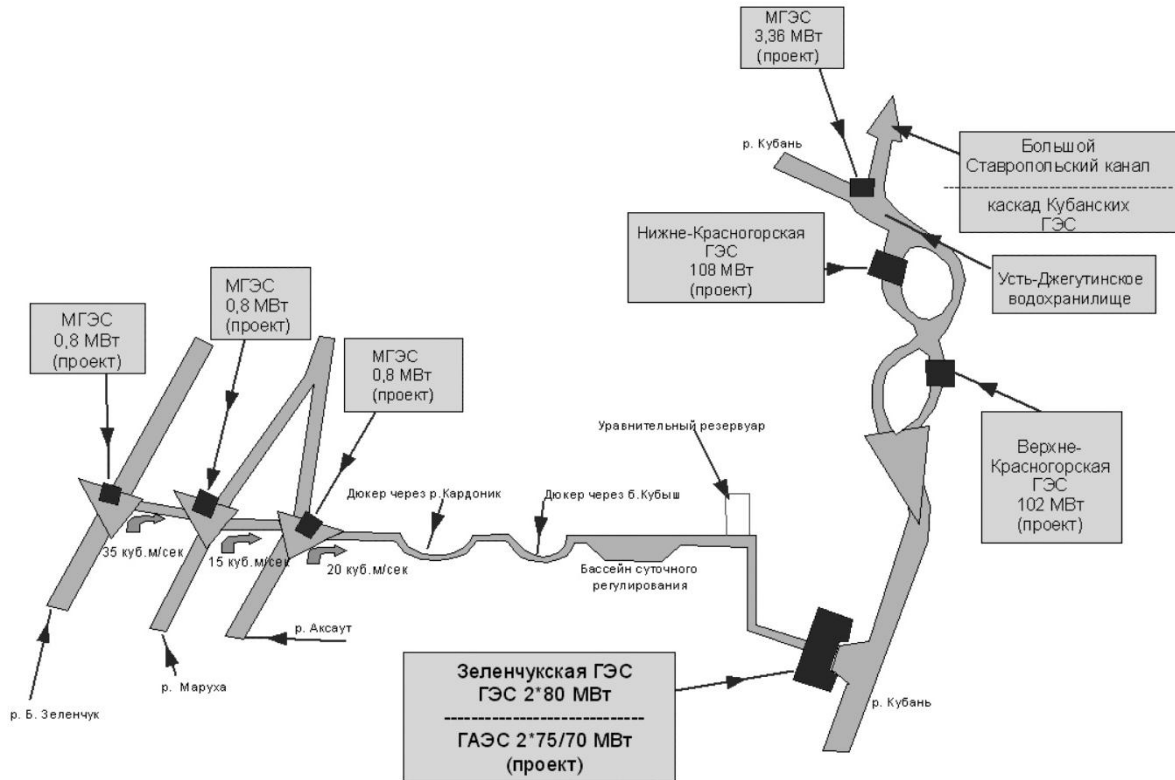


Рис. 2. Перспективы развития комплекса ГЭС в бассейновой геосистеме Верхней Кубани

В системном рассмотрении происходящих изменений в природных средах, под воздействием «Объектов гидроэнергетики» в значительной степени обуславливают собой «**Экологическое состояние**» в рассматриваемых пространственных пределах. «**Экологическое состояние**» рассматриваемого пространства в зонах влияния «Объектов гидроэнергетики» определяется интенсивностью и характером непрерывного движения потоков **вещества, энергии и информации (ВЕИ)**, обуславливающих собой базовые показатели «**Экологической безопасности**»: - климатические, гидрологические, геохимические, гидробиологические и ихтиологические, санитарно-химические, бактериологические, паразитологические, почвенно-растительные и фаунистические, геоботанические, физические воздействия (радиационных, шумовых, электромагнитных), здоровье «Населения», а также активизация экзогенных геологических процессов (ЭГП). Интенсивность и характер движения потоков ВЭИ в зонах влияния «Объект гидроэнергетики» проявляется во **времени**, т.е. «**Экологическое состояние**» в рассматриваемом пространстве изменяется со временем от принятого исходного. «**Время**» - это сотворение нового или вообще ничего. «**Экологическое состояние**» в рассматриваемых пространственных пределах – это непрерывное сотворение нового под воздействием естественных и природно-техногенных потоков ВЭИ. Все процессы ВВВ между природными и техногенными компонентами характеризуются то усиливающимися, то уменьшающимися изменениями в природных средах. Характер этих изменений, как показывают мониторинговые исследования, определяется

необратимыми процессами.

При изучении **необратимости**, как «Стрелы времени» в процессах ВВВ «Объекта деятельности» с природными средами в зонах влияния, важно учитывать начальные (исходные) условия.

В пространственных пределах бассейновых геосистем, где формируются водные ресурсы (поверхностный и подземный сток), протекают все процессы жизнедеятельности природных (биотехнических, абиотических), техногенных компонентов и проживающего населения, которые обуславливаются теми или иными предшествующими исходными экологическими состояниями или различного рода явлениями (русловыми, экзогенными и др.) и поэтому любое, к примеру, «**Экологическое состояние**» в рассматриваемой системе может быть объяснено и предсказано. Такой методологический подход позволяет делать альтернативные действия выбора, что обуславливает тесную взаимосвязь с понятием **Времени** в оценке «**Экологического состояния**» в зонах влияния «Водохозяйственных объектов гидроэнергетики», которые функционируют или возводятся [3, 5].

При изучении процессов ВВВ между природными (биотическими, абиотическими) и техногенными компонентами в составе действующих или создаваемых природно-технических систем (ПТС) «Природная среда - Объект деятельности — Население», функционирующих в пространственных пределах бассейновых геосистем, **Время** является фундаментальным измерением при оценке «**Экологического состояния**» в зонах влияния «Объектов деятельности» как важного фактора в обеспечении «**Экологической безопасности**».

ОБСУЖДЕНИЕ

В пространственных пределах бассейновых геосистем, где функционируют ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население», и систем более высокого иерархического уровня **Время** непрерывно течет, где настоящее постоянно обновляется, будущее всегда открыто, пока не станет настоящим, а прошлое всегда остается неизменным. В потоке **Времени** рассматриваемая бассейновая геосистема из неизменного прошлого, скоротечного настоящего и открытого будущего перемещается вперед, под воздействием природных процессов в сочетании с природно-техническими системами ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население».

Рассматривая вопросы, связанные с оценкой «**Экологического состояния**» в зонах влияния «Объектов гидроэнергетики» или в пространственных пределах ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» важным является какое ожидается будущее? В этом вопросе содержится глубокий смысл того, что **Время** является фундаментальным измерением, в частности, оценки «**Экологического состояния**» в зонах возводимого или функционирующего «Объекта гидроэнергетики».

Хозяйственная деятельность по использованию водных ресурсов, в частности, для выработки электрической энергии на ГЭС-ГАЭС, свидетельствует о том, что прошлое и будущее выполняют различные роли. Так, на примере комплекса гидротехнических сооружений (КГТС) Зеленчукской ГЭС-ГАЭС, частично строящийся и частично функционирующий и образующих собой ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» в пространственных пределах бассейновой геосистемы Верхней Кубани ($W_{б.с.} = 11330 \text{ км}^3$, $W_{\text{верх.сл.лит.}} = 3300 \text{ км}^3$, $F_{\text{вод.тер}} = 1100 \text{ км}^2$), прошлое не имело внутрибассейновое перераспределение стока, а настоящее имеет это перераспределение, а будущее - открыто для более полного использования перераспределенного стока намечаемых к строительству Красногорских ГЭС-1 и ГЭС-2, что обуславливает собой явление **необратимости** (рис. 2) [2, 3].

Необратимость в процессах внутрибассейнового перераспределения стока вносит

определенные изменения в природную среду как в зонах влияния «Объектов гидроэнергетики», так и бассейновой геосистемы в целом.

Необратимость процессов ВВВ «Объектов гидроэнергетики» с «Природными средами» в зонах влияния и пространственных пределах бассейновой геосистемы приводит к согласованным со **Временем** (когерентности) действиям и эффектам, охватывающим все элементы ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» и бассейновой геосистемы в целом, где формируются количественные и качественные показатели водных ресурсов. Можно отметить, что «**Стрела времени**» наиболее наглядно проявляется в процессах формирования стока в пространственных пределах речной бассейновой геосистемы на гидрографической сети. Так, полноводность рек и водотоков на гидрографической сети меняется в зависимости от сформировавшихся гидрологических процессов, а расходы (m^3/c) в них меняются в течении года и многолетних циклов, что собственно и обуславливает собой явление **необратимости**. **Необратимость** в процессах движения водного потока в руслах рек и водотоков приводит к множеству новых явлений, таких как переформирование берегов, транспортирование донных и взвешенных наносов, заиление или размыв отдельных участков русел и т.п. [3]

В системном рассмотрении происходящих изменений в природных средах под воздействием «Объектов гидроэнергетики» в значительной степени обуславливают собой «**Экологическое состояние**» в рассматриваемых пространственных пределах. «**Экологическое состояние**» рассматриваемого пространства в зонах влияния «Объектов гидроэнергетики» определяется интенсивностью и характером непрерывного движения потоков вещества, энергии и информации, обуславливающие собой базовые показатели «**Экологической безопасности**»: - климатические, гидрологические, геохимические, гидробиологические и ихтиологические, санитарно-химические, бактериологические и паразитологические, почвенно-растительные и фаунистические, геоботанические, физических воздействий (радиационных, шумовых, электромагнитных), здоровья «Населения», а также экзогенных геологических процессов (ЭГП). Интенсивность и характер движения потоков вещества, энергии и информации в зонах влияния «Объекта гидроэнергетики» проявляется во времени, т.е. экологическое состояние в рассматриваемой системе изменяется со временем от принятого исходного. **Время** - это сотворение нового или вообще ничего. «**Экологическое состояние**» в рассматриваемых пространственных пределах, это непрерывное сотворение нового под воздействием интенсивности и направления движения ВЭИ. Все процессы взаимодействий, взаимосвязей и взаимоотношений между природными и техногенными компонентами характеризуется то усиливающимися, то уменьшающимися изменениями в природных средах. Характер этих изменений определяется **необратимыми** процессами.

При изучении **необратимости**, как «**Стрелы времени**» в процессах ВВВ «Объекта гидроэнергетики» с «Природными средами» в зонах влияния, важно учитывать начальные (исходные) условия «**Экологического состояния**», которые будут распространяться на последующие моменты **Времени**. Необратимость для ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» рассматривается исходя из второго начала термодинамики - закона необратимости энтропии [2, 5, 12, 31].

В детерминистическом описании процессов ВВВ в рассматриваемых ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» «**Стрела времени**» определяет направление происходящих изменений в природных средах и структурных образований данной системы. Если будущее экологическое состояние в зонах влияния «Объекта гидроэнергетики» каким-то образом содержится в настоящем (период строительства, начальной эксплуатации), а в настоящем заключено прошлое (исходное фоновое состояние), то «**Стрела времени**» обуславливает собой факт того, что «**время обуславливает в себе своеобразного конструктора**», который

взаимосвязывает **прошлое с настоящим и будущим**. Следует отметить, что между временем и пространственными пределами зон влияния «Объекта гидроэнергетики» имеются принципиальные различия. Так, в рассматриваемом пространстве зон влияния «Объекта гидроэнергетики» показатели «**Экологического состояния**» меняются, а время при этом протекает только в одном направлении - от настоящего в будущее, т.е. невозможно переставить местами **прошлое и будущее**. Физический смысл связи между **прошлым и будущим** в определенной мере объясняет действие второго начала термодинамики, которым определен энтропийный барьер, определяющий доступные состояния от состояний запрещенных. Характер изменения энтропии в зонах влияния «Объекта гидроэнергетики» и бассейновой геосистемы в целом в обобщенном понимании отражает **прошлое, настоящее и будущее «Экологического состояния»**. Сумма изменений энтропии ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» и внешней для нее среды в пространственных пределах речной бассейновой геосистемы не может убывать, т.е. природные компоненты, к примеру, в виде речной сети нельзя вернуть в исходное состояние до осуществления внутрибассейнового перераспределения стока. Изменение энтропии определяется известным уравнением И. Пригожина [15]:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{deS}{dt} + \frac{diS}{dt}, \quad (1)$$

где: dS - полное изменение энтропии в системе за период времени dt ;

diS - изменение энтропии в системе, обусловленное необратимыми процессами внутри системы или производством энтропии;

deS - энтропия, отбираемая из окружающей внешней среды, т.е. в рассматриваемом случае пространственных пределов бассейновой геосистемы и характеризует обмен энергией с внешней средой.

Согласно второго начала термодинамики, diS всегда положительна, а deS может быть, как положительной, так и отрицательной величиной (рис. 3).

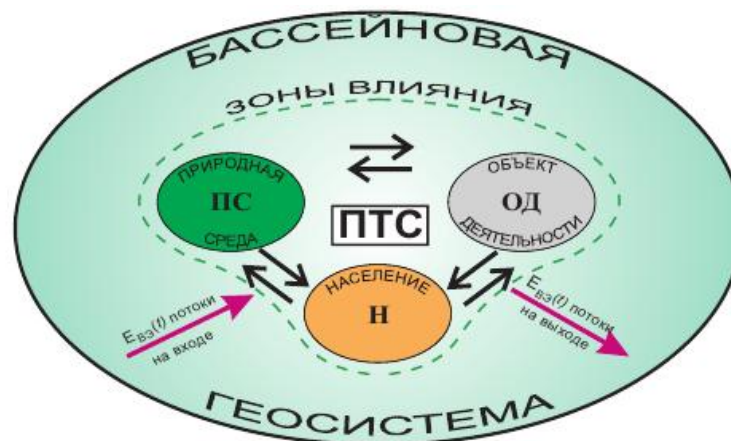


Рис. 3. Схема модели взаимодействия компонентов в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» в пространственных пределах речной бассейновой геосистемы

Направленность протекающих процессов в рассматриваемой системе - формируется процессами развития, которые зависят от роста полезной мощности P для определенных периодов времени в настоящем t_0 и будущем t_2, t_3 и т. д. Для каждого периода фиксируется: вклад в рост P за t , вклад в скорость роста P за t_2 , вклад в ускорение роста P за t_3 . Этот процесс можно представить в виде ряда разложений величин $P(t)$ по степеням:

$$P(t) = P_0 + P_1t + P_2t^2 + P_3t^3 \dots [t^5 T^{-5}], \quad (2)$$

ღე: P_0 - ნეგატივია ველიჩინა პოლენოი მოწნოი;

P_1 - სკოროსტ პოლენოი მოწნოი;

P_2 - სკოროსტ როსტა პოლენოი მოწნოი;

P_3 - უსკოროსტ როსტა პოლენოი მოწნოი.

ზა როსტო პოლენოი მოწნოი სოივტ როსტ ეფექტივინოი $f(t)$ ისპოლენოი პოლენოი მოწნოი $N_{\text{пол}}$, კოტოროი ობლადეა სისტემა. როსტ ეფექტივინოი ისპოლენოი $N_{\text{пол}}$ პრედსტავლენოი რედოი რაზლოჟენიო:

$$f(t) = f_0 + f_1 t + f_2 t^2 + f_3 t^3 \dots, \quad (3)$$

ღე: f_0 - ნეგატივია ეფექტივინოი ისპოლენოი $N_{\text{пол}}$ t_0 ვ f_1 - ეფექტივინოი ისპოლენოი დია t_1 , დალე f_2 დია t_2 , f_3 დია t_3 .

სლედუეტ ომეტივტ, კოე ეკოლოგიჩესკი უსოიჩივოე რაზვინოე (ЭУР) ვ რასსატრიავოეი ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» ვაისკივტ ოტ თემპოვ როსტა ეფექტივინოი ისპოლენოი $N_{\text{пол}}$ ი ნე უბვაოიჩეს თემპოვ როსტა P :

$$P + P_1 t + P_2 t^2 + P_3 t^3 + \dots \geq 0 [t^5 T^{-5}] \quad (4)$$

ი სოხრენიოი უბვაოიჩეს იზმენენიო მოწნოი პოტერე:

$$G_0 + G_1 t + G_2 t^2 + G_3 t^3 + \dots < 0 \quad (5)$$

ნა ოსოვოე ანალიზა ვრაჟენიო 4-5 პო ისპოლენოი $N_{\text{пол}}$ ი ნეუბვაოიჩეს თემპოვ როსტა P (5) ი სოხრენიოი უბვაოიჩეს იზმენენიო G (6) მოჟნო სლედოე ვაივოე, კოე ობესპეჩენიო ЭУР ვ რასსატრიავოეი ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» ვოჟოჟნო, ესლი რასსატრიავოე ისპოლენოი ვოდნოი რესურსოვ - კაკ პროცესი, ნაპრავლენიოი ნა იზმენენიო ნაპრავლენიო ი სკოროსტა დვიჟენიო პოტოკოვ სვობოდნოი ენერჟიი, ობუსლავლივოიჩეს პოლენოი მოწნოი P ვ **პროსტრანსტვე ი ვრემენი** [6].

ნეობრათივოე პროცესოვ ВВВ მეჟდუ «Объекта гидроэнергетики» ი «Природными средами» ვ პრედელაჟ ვლიენიოი ობუსლავლივოე ობესპეჩენიო პრობლემე, სვიაზენიოე ს ობესპეჩენიო «**Экологической безопасности**», ა ს დრუგოი სტორენოი, ვაისკივტ ნეობხოდინოე იზმენენიო ტეხნოლოგიი ისპოლენოი ვოდნოი რესურსოვ, კ პრიმერო, ვ დოპოლენიო კ დეისტვოიჩეს ГЭС სტროიტельство ГАЭС, ა თაკჟე პრიმენიოეჟ კონსტრუკტივინოი რეშენიო. Пространственные предель რეჩნოი ბასეინოი გეოსისტემე, გდე ვოვოდისე ი ფუნქციონირუე «Объект гидроэнергетики» პრიობრეტაე **ვრემენოე იზმენენიო** - «**Овременение пространства**», კოდა ნოვიო ბლიკ პროსტრანსტვა ი სოოტვესტვენოი, «**Экологическое его состояние**» (ნასტოჟაჩეს) იმეე ობესპეჩენიო ოტლიჩიო ოტ ისოღნოი (პროშლო) ბლიკა. ბუდუიოი ბლიკ პროსტრანსტვა ი ეგო «**Экологическое состояние**» მოჟე ობესპეჩენიო ევოლუციონინოე პროცესო ნეობრათივოეი, სვიაზენიოე ს როსტო **энтропии** ი ვ ობესპეჩენიო მერე პროდინიოეჟ პრიოდოოხრანინოი მეროპრიატიოე ვ ზონაჟ ვლიენიოი «Объекта гидроэнергетики».

В процессе эволюции ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» в зонах влияния непрерывно обменивается ВЭИ с окружающей «Природной средой» пространственных предель რეჩნოი ბასეინოი გეოსისტემე ი პრიოდინოე **энтропию** (რის.3). პრი ეთო, პრიოდინოე **энтропия** ნე აკკუმულირუეჟე ვ სისტემე, ა ვაივოდისე ვ ოკრუჟაოიჩეს ვნეშნიოე სრედე, თ.ე. ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» ნე მოჟე ბივტ რავნოვესნოი. თაკიე ВВВ ოტკრუიოი ი ნერავნოვესნოი ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» ს ოკრუჟაოიჩეს სრედოე ობესპეჩენიო პროცესო პოტრებლენიო ი ოკრუჟაოიჩეს «Природной среды» «**порядка**» ი ვაივოე იზ სისტემე ვ ოკრუჟაოიჩეს სრედე «**беспорядка**» (რის.3). სლედუეტ ომეტივტ, კოე კლეოჩევიო როლ ვ რასსატრიავოეი ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» იგრაე პონიოე როსტა **энтропии**, კოტორე ობუსლავლივოეჟე ვნუტრენინოი პროცესოეი ვაისკივტ, ვაისკივტეივოი ი ვაისკივტეივოეი «Объектов гидроэнергетики» ს «Природными средами» ვ

пределах зон влияния. Рост **энтропии** в единицу времени в единице объема пространственных пределах зон влияния «Объекта гидроэнергетики» выражает собой функцию диссипация или преобразования свободной энергии ($E_{свб}$) в связанную энергию ($E_{свз}$) и, в конечном итоге, в устойчивую форму - тепловую. Чем больше значение $E_{свб}$, тем выше работоспособность, производительность и, как следствие, соответственно «**Экологическое состояние**» системы. Так, при доминировании $E_{свз}$, как $E_{свб}$ система стремится к равновесию, т.е. деградирует [2, 15]. Энерго-энтропийный подход «**Экологического состояния**» в зонах влияния «Объекта гидроэнергетики» позволяет более объективно оценивать экологическую ситуацию в рассматриваемых пространственных пределах.

При оценке «**Экологического состояния**» в зонах влияния «Объекта гидроэнергетики», как показывает опыт многолетних мониторинговых наблюдений, возникает необходимость в модификации подходов учета **времени** в зависимости от функционального назначения отдельных видов гидротехнических сооружений, их временного периода практического использования, в частности, на стадии проектирования, строительства, эксплуатации и других аспектов. Так, создание комплекса гидротехнических сооружений для внутрибассейнового перераспределения стока рек Большой, Малый Зеленчуки и Кубани для выработки электрической энергии на Зеленчукской ГЭС-ГАЭС, а в перспективе на Красногорских ГЭС-1 и ГЭС-2, где **время** выражается «**возникающим свойством**» [2] и определяет направление «**Развития**» ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики — Населения». Понятие «**Развитие**» обуславливает в себе необратимые, направленные, закономерные изменения в природных средах зон влияния «Объекта гидроэнергетики» и соответственно «**Экологическое состояние**». Необратимость этих изменений характеризует процессы функционирования «Объекта гидроэнергетики» в пространственных пределах бассейновой геосистемы. В результате «**Развития**» ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население» возникает новое качественное и количественное «**Экологическое состояние**», в котором важную характеристику составляет **время**, определяющее направленность «**Развития**», как необратимого, направленного и закономерного изменения в природных средах зон влияния. При изучении процессов ВВВ в ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население», функционирующих и строящихся в пространственных пределах бассейновых геосистем, важным являются два противоположных понятия - **сохранения и изменения**. Наличие связи между понятиями «**изменение**» и «**сохранение**» обращает внимание то, что наличие «**изменений**» обуславливает отсутствие «**сохранения**», то есть на **не - сохранение**. Следует отметить, что оба понятия, как **сохранение**, так и **изменение** могут относиться как к **пространствам**, так и к формам движения в виде процессов ВВВ между природными и техногенными компонентами в рассматриваемых ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики - Население». Поэтому, важным является установить, что **сохраняется** и что **изменяется**, где следует учитывать, что одно дело сохранение «**пространства**» и совсем другое - сохранение форм движения потоков ВЭИ. Для рассматриваемого пространства, к примеру, зон влияния «Объекта гидроэнергетики», характерным является наличие линейных размеров и, следовательно, изменение «**пространства**» связано с изменением его геометрических размеров. Сохранение форм движения (процессов) не может быть выражено в линейных размерах, так как предикатом процесса или формы движения является «**длительность**», то есть нечто, связанное со **временем**. В этом собственно и обуславливается различие понятий **пространства** и **форм движения**, когда сохранение **пространства** можно характеризовать **неизменностью** размеров, в котором нет времени и где имеются два взаимоисключающих положения - **изменения**, либо **сохранение** третьего не дано. Следовательно, всякое **изменение** есть **не - сохранение** и всякое **сохранение** есть **не - изменение**, а **изменение** не есть **сохранение**. Для рассматриваемых процессов в ПТС

«Природная среда - Объект гидроэнергетики — Население», определяющих собой «**Экологическое состояние**» в природных средах зон влияния, характерной особенностью связи между понятиями «**изменение**» и «**сохранение**» является то, что «**Экологическое состояние**» в зонах влияния «Объектов гидроэнергетики» «**изменяется**», а пространство, как в зонах влияния, так и в бассейновой геосистеме в целом «**сохраняется**». Для сохранения пространственных пределов речной бассейновой геосистемы необходимы постоянные изменения в «Природных средах», т.е. «**сохранение**» есть «**изменение**». Следовательно, можно отметить, что синтез этих двух понятий обуславливает реальность окружающего нас мира «**Все изменяется и остается неизменным**», определяющее в себе процессы движения ВЭИ. Известная мысль Аристотеля: - «**время - число движение**».

ВЫВОДЫ

На основе результатов исследований процессов ВВВ компонентов в составе ПТС «Природная среда - Объект гидроэнергетики — Население», можно отметить, что оценка «**Экологического состояния**» в «Природных средах» зон влияния «Объектов гидроэнергетики» является доминирующим экологическим фактором по обеспечению «**Экологической безопасности**» в пространственных пределах речной бассейновой геосистемы, где формируются водные ресурсы, используемые для выработки электрической энергии на ГЭС, ГАЭС.

Использование понятия «**Время**» в оценке «**Экологического состояния**» в зонах влияния «Объектов гидроэнергетики», определяет собой определенную новизну в методологии оценки и прогноза «**Экологического состояния**» в зонах влияния «Объектов деятельности», что в определенной мере обуславливает теоретическую и практическую значимость в области экологических исследований в использовании водных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., Ilyasov A.I., Semenova E.A., Khetsuriani T.E. Assessment of the water facilities' impact types on the basin geosystems' geosphere during construction and operation. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "Construction materials and technologies of binders, concrete and building ceramics." 2020. С. 052038.
2. Bondarenko V.L., Ilyasov A.I., Khetsuriani E.D., Semenova E.A., Larin D.S., Khetsuriani T.E. Environmental safety conditions and factors in zones of influence of water facilities. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "Construction materials and technologies of binders, concrete and building ceramics." 2020. С. 052049.
3. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., Ilyasov A.I., Semenova E.A., Khetsuriani T.E. The conceptual framework of time concept in assessing the environmental status in water facilities' influence zones. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "Construction materials and technologies of binders, concrete and building ceramics." 2020. С. 052063.
4. Bondarenko V.L., Semenova E.A., Aliferov A.V. Methodological basics of assessing ecological safety in the zones where waterworks units influence natural habitats with the use of water resources В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 012111.
5. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., Ilyasov A.I., Semenova E.A. Innovative design solutions to ensure the environmental safety in the existing water intake technological complexes of water systems for urban farms. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. The International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice for the innovation Development" (CATPID-2019). 2019. С. 055040.
6. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., Ilyasov A.I., Semenova E.A. The results of the research on the

- pipelines protection from dreissena on the water intake technological complexes of multi-purpose water supply systems for urban farms. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. The International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice for the innovation Development" (CATPID-2019). 2019. С. 055041.
7. Bondarenko V.L., Khetsuriani E.D., Ilyasov A.I., Semenova E.A. Lightweight constructions in technical water supply systems of thermal and nuclear power plants. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. The International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice for the innovation Development" (CATPID-2019). 2019. С. 055042.
 8. Bondarenko V.L., Khetsuriani E.D., Ilyasov A.I., Semenova E.A. Development of protective measures providing environmental safety in areas affected by water-intake constructions of urban households. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. The International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice for the innovation Development" (CATPID-2019). 2019. С. 077053.
 9. Bondarenko V.L., Khetsuriani E.D., Ilyasov A.I., Semenova E.A. Development of protective measures providing environmental safety in areas affected by water-intake constructions of urban households. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development" - Construction of Roads, Bridges, Tunnels and Airfields., 2019. С. 077053.
 10. Bondarenko V.L., Khetsuriani E.D., Ilyasov A.I., Semenova E.A. Evaluation of environmental safety of waterworks for urban water supply systems. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. The International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice for the innovation Development" (CATPID-2019). 2019. С. 077060.
 11. Абакумов В.А. Экологические модификации и критерии экологического нормирования // Л., Гидрометеиздат, 1991. С. 18-40.
 12. Актуализация технического проекта первой очереди Зеленчукской ГЭС в части обоснования инвестиций в строительство водозабора на р. Б. Зеленчук. Т.5. Оценка воздействия на окружающую среду. Фонды ЗГЭС, 2003.
 13. Алиев Т.А., Картвелишвили Л.Н. Принципы оценки экологической надежности оросительных систем // Гидротехническое строительство. 1993, №5. С. 37-41.
 14. Аркушевский А., Столярский А., Боултон А. Методы определения минимального приемлемого расхода воды. Материалы ЕЭК ООН. Четвертая сессия, 1989. С. 37-42.
 15. Бондаренко В.Л., Дьяченко В.Б. Оценка экологического состояния бассейновой геосистемы в процессах использования водных ресурсов. // Проблемы региональной экологии. № 2, 2005. С.86-92.
 16. Бондаренко В.Л., Дьяченко В.Б., Гутенев В.В., Федорян А.В. Системный подход в оценке воздействия водохранилищ на окружающую среду. // Проблемы региональной экологии. № 5, 2006. С. 6-12.
 17. Бudyko М.И., Авакян А.Б. Глобальная экология. М., Мысль, 1977. 157 с.
 18. Бudyko М.И., Дроздов О.А. О влагообороте на ограниченной территории суши // Вопросы гидрометеорологической эффективности полезного лесоразведения. Л., Гидрометеиздат, 1950. 248 с.
 19. Вендров С.Л. Проблемы преобразования речных систем. Л., ГМИ. 1970.

THE CONCEPT OF TIME IN ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE HYDROPOWER FACILITIES

Bondarenko V.¹⁾, Khetsuriani E.²⁾, Semenova E.³⁾, Shtavdaker M.⁴⁾

¹⁾ Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute

Of Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

²⁾ M.I. Platov South-Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute),
Novocherkassk, Russian Federation; Don state technical University, Rostov-on – Don

³⁾ North-Caucasus Federal University (Branch in Pyatigorsk)

⁴⁾ Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute

Of Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

Annotation. In the spatial limits of basin geosystems, where water resources are formed (surface and underground runoff), all the processes of vital activity of natural (biotic, abiotic) and technogenic components and the living population occur, which are caused by certain previous initial ecological states or various kinds of phenomena (ruslov, exogenous, etc.) and therefore any, for example, ecological state in the system under consideration can be explained and predicted. This methodological approach allows us to make alternative actions of choice, which causes a close relationship with the concept of time [1].

Time flows continuously, where the present is constantly updated, the future is always open until it becomes the present, and the past always remains unchanged. In the flow of time, the basin geosystem under consideration moves from the unchanging past, the fleeting present and the open future to the past, under the influence of natural processes in combination with economic activity and natural-technical systems of the PTS "Natural environment-Object of activity-Population", in which the "Object of activity" can be a "Hydroelectric Power Facility" (HPP, PSPP).

Considering the issues related to the assessment of the ecological state in the zones of influence of "Hydropower Facilities" or in the spatial limits of the PTS "Natural Environment-Hydropower Facility-Population", what is the expected future? This question contains a deep meaning of the fact that time is a fundamental measurement, in particular, of the assessment of the ecological state in the zones of the constructed or functioning "hydropower Object".

Keywords: system, time, basin geosystem, ecological state, development, entropy, environmental safety.

EXPERIENCE OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN NATIONALIZING INDICATORS OF SDG 6 “ENSURING AVAILABILITY AND SUSTAINABLE MANAGEMENT OF WATER AND SANITATION FOR ALL”

Dubianok S., Kulakou A.

Central Research Institute for Complex

Use of Water Resources

Slavinskogo str. ½, 220086, Minsk, Republic of Belarus

E-mail: dsnega@list.ru

Annotation. The article presents the results of a study on the development of national methodologies for generating indicators for targets 6.3–6.5 of SDG 6 “Ensuring availability and sustainable management of water and sanitation for all” and their integration as target indicators into the developed state and sectoral strategies and programs affecting the rational use and protection of water resources.

Keywords: sustainable development goals; water resources; water use; wastewater; state water cadaster.

INTRODUCTION

In the Republic of Belarus, work is currently underway to implement the Sustainable Development Goals (SDGs) adopted by the UN General Assembly in resolution A/RES/70/1 of September 25, 2015 on the new sustainable development agenda for the period 2016–2030 – “Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development” (Agenda 2030) [1].

The 2030 Agenda identified 17 SDGs and 169 targets for their implementation, as well as reaffirmed the commitments of countries towards a global partnership for sustainable development.

To assess the effectiveness and progress in achieving the SDG targets, an international system of indicators has been created. For the formation of national reporting and assessment of progress in achieving the SDGs, countries are recommended to use international indicators or, on their basis, to develop national indicators to consider the specifics of the country (proxy indicators).

Eight of the seventeen SDGs have an environmental dimension, and four are related to environmental and environmental management objectives (SDG 6, 13, 14 and 15), with SDG 6 “Ensuring availability and sustainable management of water and sanitation for all” and SDG 14 “Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable development” is directly aligned with the sustainable use and protection of water resources.

In the Republic of Belarus, environmental SDGs are implemented by the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus (Ministry of Natural Resources).

At the same time, the primary task was to create a national system for monitoring progress in achieving the SDGs and forming national reporting. This task is addressed by the National Statistical Committee of the Republic of Belarus (Belstat).

In 2018, Belstat developed a Roadmap for the Development of Statistics on SDGs, and in 2019 – a National Platform for Reporting on SDGs.

For the Republic of Belarus, the main direction in the field of water use and protection is the implementation of SDG 6, including the formulation of national targets and indicators to assess progress in achieving the targets.

OBJECT AND RESEARCH METHODS

At the international level, SDG 6 has 8 targets and 11 indicators to measure progress towards targets. The Republic of Belarus recognized all 8 targets and 11 indicators as relevant for itself, and they should be used to monitor progress towards achieving SDG 6 at the national level.

According to the Roadmap for the development of statistics on SDGs, the Ministry of Natural Resources is responsible for the implementation of most of the SDG 6 objectives and determines the scientific and technical policy on the methodology for developing indicators, assessing them, and predicting their changes (Table 1).

Table 1

Distribution of responsibilities in the formation of indicators within the specified SDG 6 targets

Indicators identified at the national level to assess progress towards achieving SDG 6 targets	Responsible for the formation of the indicator
<i>TARGET 6.1.</i> By 2030, achieve universal and equitable access to safe and affordable drinking water for all	
6.1.1 Proportion of population using safely managed drinking water services	Belstat
<i>TARGET 6.2</i> By 2030, achieve access to adequate and equitable sanitation and hygiene for all and end open defecation, paying special attention to the needs of women and girls and those in vulnerable situations	
6.2.1.1 Proportion of population using safely managed sanitation services	Belstat
<i>TARGET 6.3.</i> By 2030, improve water quality by reducing pollution, eliminating dumping and minimizing release of hazardous chemicals and materials, halving the proportion of untreated wastewater and substantially increasing recycling and safe reuse globally	
6.3.1 Proportion of wastewater safely treated	Ministry of Natural Resources, Belstat
6.3.2.1 Proportion of surface water bodies that have been assigned a “good” or higher ecological (hydrobiological) status	Ministry of Natural Resources
<i>TARGET 6.4.</i> By 2030, substantially increase water-use efficiency across all sectors and ensure sustainable withdrawals and supply of freshwater to address water scarcity and substantially reduce the number of people suffering from water scarcity	
6.4.1 Change in water-use efficiency over time	Ministry of Natural Resources, Belstat
6.4.2 Level of water stress: freshwater withdrawal as a proportion of available freshwater resources	Ministry of Natural Resources, Belstat
<i>TARGET 6.5.</i> By 2030, implement integrated water resources management at all levels, including through transboundary cooperation as appropriate	
6.5.1 Degree of integrated water resources management implementation (0-100)	Ministry of Natural Resources
6.5.2 Proportion of transboundary basin area with an operational arrangement for water cooperation	Ministry of Natural Resources
<i>TARGET 6.6.</i> By 2020, protect and restore water-related ecosystems, including mountains, forests, wetlands, rivers, aquifers and lakes	
6.6.1.1 Changing the area of water bodies	Ministry of Natural Resources
<i>TARGET 6a.</i> By 2030, expand international cooperation and capacity-building support to developing countries in water- and sanitation-related activities and programmes, including water harvesting, desalination, water efficiency, wastewater treatment, recycling and reuse technologies	
6.a.1 Amount of water- and sanitation-related official development assistance that is part of a government-coordinated spending plan	Ministry of Housing and Communal Services, Ministry of Health, Ministry of Natural Resources, Ministry of Finance, Ministry of Economy

Indicators identified at the national level to assess progress towards achieving SDG 6 targets	Responsible for the formation of the indicator
<i>TARGET 6b.</i> Support and strengthen the participation of local communities in improving water and sanitation management	
6.b.1 Proportion of local administrative units with established and operational policies and procedures for participation of local communities in water and sanitation management	International organizations (WHO; UNEP; OECD)

In the period 2018-2019 - within the framework of the international project “Water Initiative of the European Union Plus for the Eastern Partnership Countries”, the Central Research Institute for Complex Use of Water Resources (CRICUWR) carried out research on the adaptation of international methodologies and the development of national methodologies for the formation of indicators for targets 6.3-6.5 of SDG 6 and proposals were developed to include SDG 6 indicators in national programs and strategies related to the rational use and protection of water resources, modernization and development of water systems.

The study on the nationalization of SDG 6 indicators was carried out by CRICUWR in 6 main stages:

1. Analysis of the applicability of international SDG 6 targets 6.3-6.5 indicators used in neighbouring countries (CIS countries and EU countries) to assess the possibility of comparing the results obtained by indicators at the country level.
2. Assessment of the possibility of applying international indicators of targets 6.3-6.5 of SDG 6 at the national level and the need to develop national indicators (proxy indicators) from the standpoint of the availability and optimality of national statistical data. Identification of organizations that are sources of information for the calculation of indicators.
3. Development, agree and approval of methodologies for the formation of indicators (proxy indicators) of targets 6.3-6.5 SDG 6, calculation of indicators.
4. Integration of methodologies for calculating indicators of targets 6.3-6.5 SDG 6 into the information system of the State Water Cadastre (SWC) to automate their calculation.
5. Organization of information exchange of data between interested government bodies, public organizations, citizens, etc.
6. Formation of proposals for the inclusion of indicators as target indicators in the developed state and sectoral strategies and programs affecting the rational use and protection of water resources.

Analysis of international methodologies for the formation of indicators for targets 6.3-6.5 of SDG 6 confirmed the possibility of applying at the national level with some refinements of indicators 6.3.1, 6.4.1, 6.4.2, 6.5.1 and 6.5.2; and for indicator 6.3.2, a methodology has been developed for its assessment in the form of a proxy indicator.

When developing national methodologies and refining international methodologies, the level of aggregation of each indicator (national, regional, basin, by type of economic activity) and the sources of initial information for calculating the indicator were simultaneously determined and substantiated.

Particular attention was paid to the calculation of indicators 6.5.1 “Degree of integrated water resources management implementation (0-100)” and 6.5.2 “Proportion of transboundary basin area with an operational arrangement for water cooperation”. These indicators are complex and make it possible to assess the level of implementation in the country of integrated water resources management and the level of development of international cooperation in the management of transboundary water resources with neighbouring countries. These indicators are especially important because all five large river basins of the country (Dnieper, Pripyat, Western Bug, Neman and Western Dvina) are transboundary and their total area is 99.7% of the country's area.

Methodologies for calculating indicators of SDG 6 targets 6.3-6.5 were approved by the Ministry of Natural Resources in 2019 and integrated into the information system of the State Water Cadastre (SWC), which is maintained by the Ministry of Natural Resources and the Ministry of Health [2].

Integration of methodologies for calculating indicators in the SWC made it possible to automate calculations for different levels of aggregation (national, regional, basin, by type of economic activity) for different periods of time and organize information exchange of data.

Currently, the SWC information system has a section “Calculation of SDG 6 Indicators”, which includes thematic subsections on indicators of targets 6.3 - 6.5 of SDG 6.

The structure of the section is shown in Figure 1 with the display of the names of the subsections in the form of web pages and further work with them by activating the required subsection.

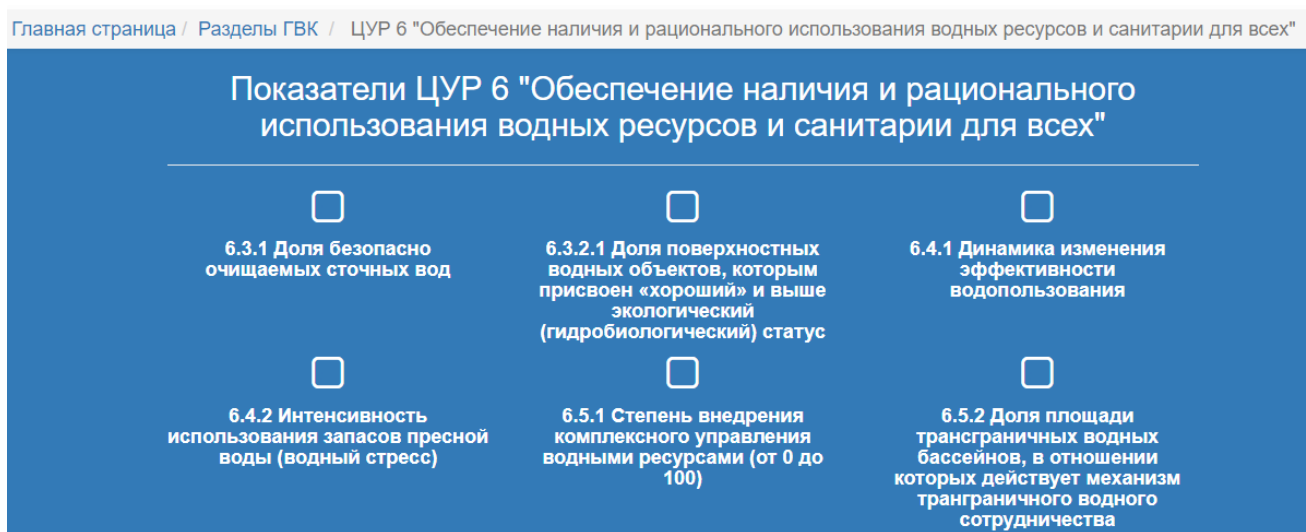


Figure 1 - Structure of the information section on indicators of targets 6.3-6.5 SDG 6

Access to the SWC Information System is free at - <http://178.172.161.32:8081>[3] or from the CRICUWRwebsite- www.cricuwr.by [4].

At present, CRICUWR regularly calculates national indicators for targets 6.3 - 6.5 of SDG 6 and submits data to Belstat for posting on the National SDG reporting platform, as well as calculates indicators 6.5.1 and 6.5.2 for their submission to international organizations.

Obviously, for the successful achievement of SDG 6 targets, they should be included in existing and future national strategic documents dealing with the rational use and protection of water resources, and it is advisable to include indicators as indicators to assess the success of achieving the set goals and objectives.

Currently, several indicators of SDG 6 targets 6.3-6.5 are included in the draft Strategy of Water Resources Management in the context of Climate Change for the period until 2030, in the draft Strategy for Environmental Protection of the Republic of Belarus for the period until 2035. Several indicators are included in the State Program “Environmental Protection and Sustainable Use of Natural Resources” for 2021-2025 and the State Program “Comfortable Housing and Favourable Environment” for 2021-2025.

SDG 6 target indicators 6.1 and 6.2 are planned to be included in the developed National Strategy for the Development of Water Supply and Sewerage Sector of the Republic of Belarus until 2035.

At the regional level, individual indicators of SDG 6 targets are included in the developed river basin management plans and are used as indicators for regional programs for the modernization and development of water systems.

Selected SDG 6 indicators are elements of national reporting on the implementation of obligations under international agreements affecting the rational use and protection of waters, to which the Republic of Belarus has joined. In particular, indicator 6.5.2 for target 6.5 “By 2030, implement integrated water resources management at all levels, including through transboundary cooperation as appropriate” is included in national reporting under the UNECE Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and international lakes (Helsinki Convention), to which the Republic of Belarus joined in 2003.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Nationalization of methodologies for the formation of indicators for SDG 6 targets makes it possible to implement international approaches in the field of sustainable use and protection of water resources into national legislation, considering the specifics of each country.

The use of various levels of aggregation of indicators allows them to be used to assess the success of the implementation of tasks for the rational use and protection of water resources both at the regional and basin levels.

This makes it possible to further use the indicators not only as target indicators when assessing the success of the implementation of state and sectoral programs, but also when developing river basin management plans, when conducting regional assessments of water potential and the ecological state of water bodies.

The work carried out in the Republic of Belarus on the nationalization of SDG 6 indicators and the launch of the process of their regular monitoring made a significant contribution to improving the information basis for making management decisions at the national and international levels.

REFERENCES

1. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015 – A/RES/70/1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development / UN conference on trade and development – access mode: http://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ares70d1_ru.pdf – free.
2. Regulation on the procedure of keeping the State Water Cadastre and using its data / Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus of 02.03.2015 No. 152 “On some measures on realization of the Water Code of the Republic of Belarus”. // “Эталон-Online” [E-resource] / National Center for Legal Information of the Republic of Belarus.
3. State Water Cadastre [Information resource] - access mode: <http://178.172.161.32:8081> - free
4. The official website of the Central Research Institute of Complex Use of Water Resources - access mode: <http://www.cricuwr.by> - free.

თოვლის ზვავის ინოვაციური კონსტრუქციის დაპროექტებისათვის მეთოდოლოგიის დამუშავება

გ. გავარდაშვილი ^{1,2)}, ე.კუხალაშვილი ²⁾

ი. ირემაშვილი ²⁾, ნ. გავარდაშვილი ¹⁾

¹⁾ გაეროს ეკონომიკური და სოციალური საბჭოს (ECOSOC) საკონსულტაციო

საბჭოს ორგანიზაციის ა(ა)იპ გარემოს დაცვის ეკოცენტრი

0169, თბილისი, ვარკეთილი - 3, მე-2 მ/რ, კორპუსი 29-ა, ბინა 17

E-mail: ecocenter1985@gmail.com

²⁾ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას

სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

0179, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზირი 60-ბ

E-mail: gwmi1929@gmail.com

სამეცნიერო კვლევები ხორციელდება შ. რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გამოყენებითი საგრანტო პროექტის №CARYS-19-305 „თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ინოვაციური კომპლექსური ღონისძიება“ ფინანსური მხარდაჭერით

ანოტაცია. სამეცნიერო ნაშრომში საქართველოს სამხედრო გზის კომბი-გუდაურის უბანზე განხორციელებულია საველე-სარეკოგნოსცირებო კვლევები თოვლის ზვავის ინოვაციური მოწყობილობის დაპროექტებისათვის მეთოდოლოგიის დამუშავებისათვის.

საგრანტო პროექტის ძირითადი შემსრულებლებისა და საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტოს ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტის თანამშრომლების ერთობლივი საველე კვლევების საფუძველზე შერჩეულ იქნა დასაპროექტებელი ნაგებობის მთის ფერდობი, რომლის ძირითადი პარამეტრები იცვლება შემდეგ საზღვრებში: GPS კოორდინატები: X = 456043,3; Y = 4705596, სიგრძე 800 მ. ფერდობის დახრილობა 24⁰, აბსოლუტური ნიშნულით H = 2570 მ.

თოვლის ზვავის ძირითადი ჰიდროდინამიკური პარამეტრებისა და კომპიუტერული პროგრამის - „კონსტრუქციების სივრცითი კარკასის შედგენის კომპლექსურ პროგრამა Лира-САИР 2019 (ლიცენზიის ნომერი #1/7165)“ საშუალებით დაპროექტებულია თოვლის ზვავის ინოვაციური კონსტრუქცია ზვავის დინამიკური და სტატისტიკური დატვირთვების გათვალისწინებით.

საკვანძო სიტყვები: თოვლის ზვავის ინოვაციური ღონისძიება, კომბი-გუდაურის მონაკვეთი, დაპროექტება.

შესავალი

თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ინოვაციური კომპლექსური ღონისძიების დაპროექტების მიზნით საქართველოს სამხედრო გზის კომბი-გუდაურის უბანზე 2020 - 2021 წლებში განხორციელდა საველე სარეკოგნოსცირებო სამეცნიერო კვლევები. კვლევებში აქტიურად ჩაერთო, როგორც სამეცნიერო საგრანტო პროექტის შემსრულებლები, ასევე საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტოს

ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტისა და შინაგან საქმეთა სამინისტროს მცხეთა მთიანეთის რეგიონის საგანგებო სიტუაციების დეპარტამენტის თანამშრომლები.

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ინოვაციური კომპლექსური ღონისძიების მოწყობისათვის ტერიტორიის შერჩევა და მისი კომპლექსური გამოკვლევა. სურათი 1–ზე ნაჩვენებია საქართველოს სამხედრო გზის კობი-გუდაურის უბანზე განხორციელებული საველე სარეკოგნოსცირებო კვლევების ამსახველი მასალა.

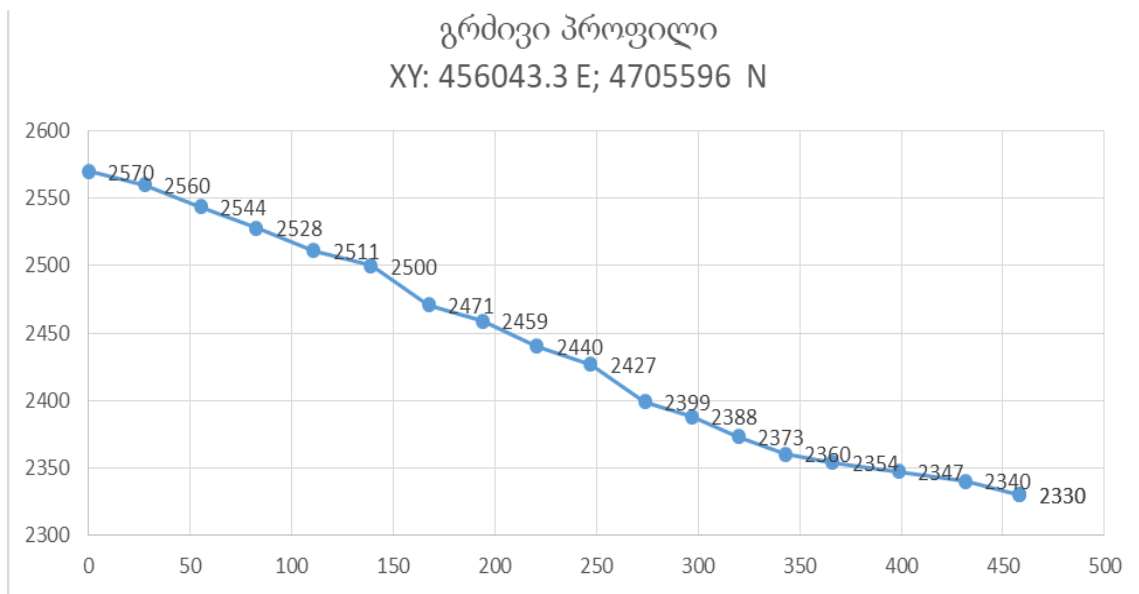


სურ. 1. კობი-გუდაურის უბანზე განხორციელებული საველე კვლევები

საველე კვლევების საფუძველზე საქართველოს სამხედრო გზის კობი-გუდაურის უბანზე თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ინოვაციური ღონისძიების დაპროექტებისათვის შერჩეულ იქნა მთის ფერდობი, რომლის საერთო ხედი ნაჩვენებია მე-2 ფოტოზე, ხოლო გრძივი პროფილი მოცემულია ნახაზზე 1.



სურ. 2. საპროექტო ფერდის საერთო ხედი. X = 456043,3; Y = 4705596, სიგრძე 800 მ. ფერდობის დახრილობა 24⁰, აბსოლუტური ნიშნულით H = 2570 (მ)



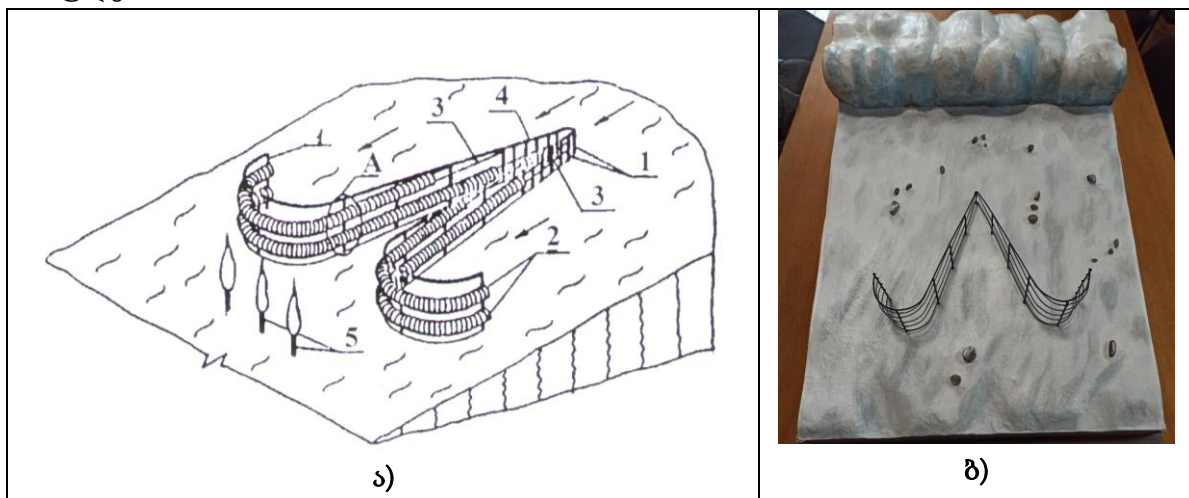
ნახ. 1. საპროექტო მთის ფერდობის გრძივი პროფილი. აბსოლუტური ნიშნული H = 2570 (მ)

თოვლის ზვავის ინოვაციური კონსტრუქციის დაპროექტების მეთოდოლოგია

თოვლის ზვავების მასშტაბურობის გამო, არსებული მოდელებისა და ბრძოლის ღონისძიებების მიუხედავად, ვერ ხორციელდება შედეგების კატასტროფულობის თავიდან აცილება. თოვლის ზვავები მრისხანე მოვლენაა სტიქიათა შორის და სარეგულაციო ნაგებობათა ინოვაციური სახის შექმნა მათ გენეზისსა და დინამიკასთან არის დაკავშირებული.

პროექტის ფარგლებში მთავარი ყურადღება გადატანილი იქნება ზვავების რეგულირებაზე ინოვაციური ნაგებობებით, მათი გავლენის შესწავლაზე ბუნებრივ პირობებში, ზვავის დინამიკაზე, საავტორო უფლების მქონე ნაგებობის გაანგარიშების მეთოდოლოგიის შემუშავებაზე.

დასაპროექტებელი ზვავსაწინააღმდეგო ნაგებობა (საქართველოს პატენტი №278) შედგება ფერდობზე ჩამაგრებული სხვადასხვა სიმაღლის მეორადი ლითონის დგარებისაგან (1), რომლებშიც სექციებად გაყრილია ავტომანქანის ამორტიზებული საბურავჩამოცმული (2) ლითონის ელასტიკური ბაგირები (3), ხოლო დგარების თავზე ხისტად დამაგრებულია ლითონის რიგელი (4), რომლის გრუნტიდან დაშორება იზრდება თოვლის ზვავის მოძრაობის მიმართულებით.



სურ. 3. თოვლის ზვავის ინოვაციური კონსტრუქცია.

ა) ნაგებობის საერთო ხედი; ბ) ნაგებობის მაკეტი

თოვლის ზვავის დაწნევა ნაგებობაზე გარსშემოდინების შემთხვევაში იანგარიშება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$P_{გშ} = C_d (\rho_{ზვ} V^2_{ზვ} / 2), \quad (\text{კგ.ძ./მ}^2) \quad (1)$$

$$P_{გშ} = 1,5 \cdot (450 \cdot 4,43^2 / 2) = 6623,4 \quad (\text{კგ.ძ./მ}^2) \quad (2)$$

სადაც $\rho_{ზვ}$ თოვლის ზვავის ნაკადის სიმკვრივეა, რომელიც ტოლია - $\rho_{ზვ} = 450$ (კგ/მ³).

C_d - ნაგებობაზე თოვლის ზვავის გარსშემოვლის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი, რომლის რიცხობრივი მაჩვენებლებიც მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

ნაგებობაზე თოვლის ზვავის გარსშემოვლის წინააღმდეგობის კოეფიციენტის მნიშვნელობები

ნაგებობის გარსშემოდინების ფორმა	წინააღმდეგობის კოეფიციენტის C_d მნიშვნელობები	
	მშრალი თოვლის შემთხვევაში	სველი თოვლის შემთხვევაში
წრე	1,5	3 - 5
მართკუთხედი	2,0	4 - 6
სოლისებრი	1,5	3 - 6

თოვლის ზვავის ნაკადის სიჩქარე იანგარიშება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$V = (2gZ)^{0.5} \quad (\text{მ/წმ}) = (2 \times 9,81 \times 1,0)^{0.5} = 19,62^{0.5} = 4,43 \quad (\text{მ/წმ}); \quad (3)$$

სადაც, $Z = h_B - (H/L) l_B \quad (\text{მ}) \quad (4)$

$$L = 800 \times \cos 24^\circ = 800 \times 0,91 = 728,0 \quad (\text{მ})$$

თოვლის მასის დაცურება შესაძლებელია მოხდეს შენელებული ტემპით და კონსტრუქციაზე ბადებთან ურთიერთქმედების შედეგად შექმნას ბუნებრივი "კედელი", რაც გამოიწვევს დატვირთვების გადანაწილებას "კედლის" ფართობის მიხედვით.

$$P = P_{\text{გზ}} \cdot b_{\text{საშ}} = 6,623 \cdot 1,9 = 11,86 \quad (\text{ტ/მ}) \quad (6)$$

თოვლის ზვავის დინამიკური ზემოქმედება ნაგებობაზე ტოლია:

$$F = K\rho\omega V^2 \quad (\text{კგმ/მ}^2) \quad (7)$$

სადაც ρ თოვლის ზვავის ნაკადის სიმკვრივეა; $\rho = 450 \quad (\text{კგმ/მ}^3)$; ω – განაწილების ფართობი (მ^2); V – ზვავის ნაკადის სიჩქარე და $V = 4,43 \quad (\text{მ/წმ})$; K – კოეფიციენტი, $K=1,5$.

ვინაიდან ნაგებობის კონსტრუქცია არის გამჭოლი, თოვლის ზვავის დინამიკური ზემოქმედებისას, თოვლის ნაკადის ნაწილი შეჩერდება ბადებთან, ხოლო ნაწილი კი შემცირებული სიჩქარით განაგრძობს მოძრაობას. აქედან გამომდინარე, თოვლის დინამიკური დატვირთვა გათვალისწინებულია სვეტების პროფილზე, სვეტების გაბარიტი – $\varnothing 245 \text{ მმ}$.

$$F = 1,5 \cdot 0,450 \cdot 0,245 \cdot 4,43^2 = 3,25 \quad (\text{ტ/მ}) \quad (8)$$

საქართველოს ტერიტორიის სეისმური დარაიონებისა და საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების შედეგად შესაბამისი დასკვნების მიხედვით დადგენილია, რომ სამშენებლო ობიექტი განლაგებულია 9-ბალიანი სეისმური საშიშროების ზონაში MSK 64 სკალის მიხედვით ($A = 0,40$);

სეისმური თვისებების მიხედვით არის გრუნტის II კატეგორია (ნახ. 2).



ნახ. 2. სეისმური საშიშროების გრაფიკი

თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობის ჩონჩხი (კარკასი) პროექტი კონსტრუქციული სქემიდან გამომდინარე, გაანგარიშებულია ჰორიზონტალურ (X,YY) სეისმურ ზემოქმედებაზე. დღეისათვის საქართველოში მოქმედი ნორმის (პნ 01.01-09) თანახმად საანგარიშო სტატიკური დატვირთვები მრავლდება შემდეგ თანწყობის კოეფიციენტებზე (პუნქტი 4,1): მუდმივი - 0,9; დროებითი - 0,8; სეისმური ზემომედების საწყისი მონაცემები, თანახმად პნ 01.01- 09; გრუნტის კატეგორია II, ცხრილი 1; გრუნტის აჩქარება $A = 0.40$ გ დანართი 1; ცხრილი 4.1, II კატეგორია, 9 ბალი. $K_0 = 1,0$; ცხრილი 3, რკინაბეტონის კარკასი. $K_1=0,25$; ცხრილი 4, პოზიცია 8. $K_2 = 1,0$; ცხრილი 5, პოზიცია 1. $K_3 = 1,4$; ცხრილი 6, პოზიცია 3. $K_4=1,0$.

ცხრილი 2

გაანგარიშება შესრულდა ძალებების შეხამებით

დატვირთვის ს#	დატვირთვის დასახელება	დატვირთვის სახე	ჯამური დატვირთვა	დატვირთვის ნიშნების ცვალებადობა	დატვირთვის ურთიერთ- გამორიცხვა	დატვირთვის წინააღმდეგობა		საიმედოობის კოეფიციენტი	დატვირთვის ხანგრძლივობის წილი
						#1	#2		
1	მუდმივი	მუდმივი (მ)		+				1,000	1,000
2	მოკლე	დროებითი (დ)		+				1,000	0,350
3	განსაკუთრ.	განსაკუთრ. (გ)		+				1,000	0,000
4	სეისმოლოგიური - X	სეისმური (ს)		+/-	1			1,000	1,000
5	სეისმოლოგიური - Y	სეისმური (ს)		+/-	1			1,000	1,000

ამრიგად, ზემოთ განხილული მეთოდოლოგიის გამოყენებით ხორციელდება თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობის დაპროექტება.

თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ინოვაციური ნაგებობის დაპროექტება

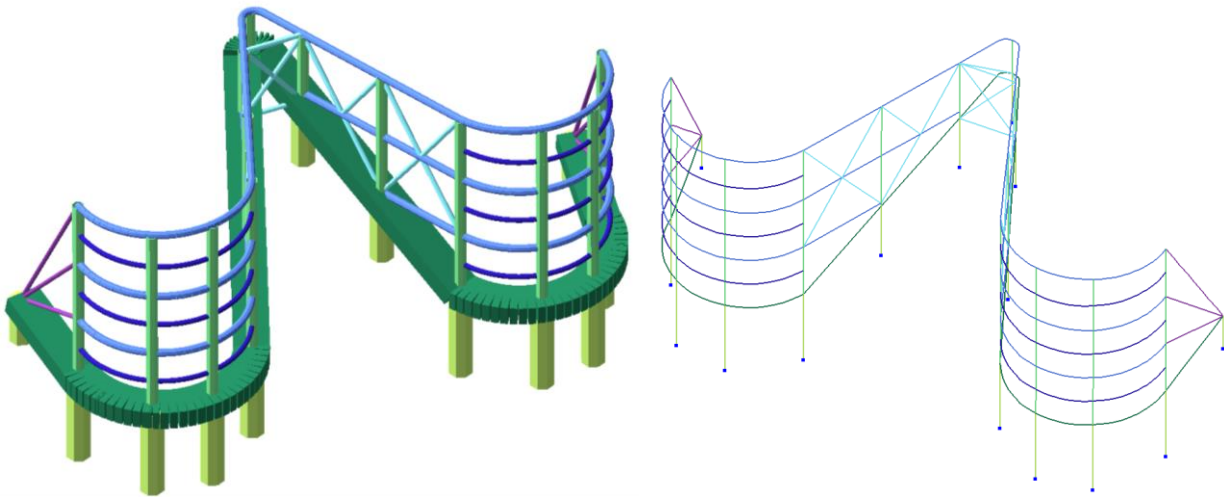
გასაანგარიშებლად წარმოდგენილია თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ინოვაციური კონსტრუქცია. ზვავის შემაკავებელ ნაგებობას აქვს ღუზის ფორმა, წვერით მიმართული ზვავის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ნაგებობა წარმოადგენს ფოლადის ელემენტების კონსტრუქციას. გი დაპროექტებულია იმგვარად, რომ დაძრული თოვლის მასის ბიფურკაციის შედეგად შეასუსტოს მისი მოქმედება და სტიქიით მიყენებული ზარალის რისკი დაიყვანოს მინიმუმამდე.

საანგარიშო სქემა შედგენილ იქნა ტექნიკური რეგლამენტების მოთხოვნათა და კვლევითი მასალის მონაცემების საფუძველზე. გაანგარიშებით განსაზღვრული უნდა იქნას თოვლის ზვავის მარეგულირებელი კონსტრუქციის მზიდი ელემენტების მზიდუნარიანობა.

მზიდ ელემენტებად მიღებულია ფოლადის ფასონური ელემენტები (ჩარჩო-კავშირებიანი სისტემა), ხოლო თოვლის შეკავება გათვალისწინებულია საყრდენი ბადეების საშუალებით, რომლებიც დამზადებულია ფოლადის ბადეებისაგან და მაგრდება მზიდ ელემენტებზე.

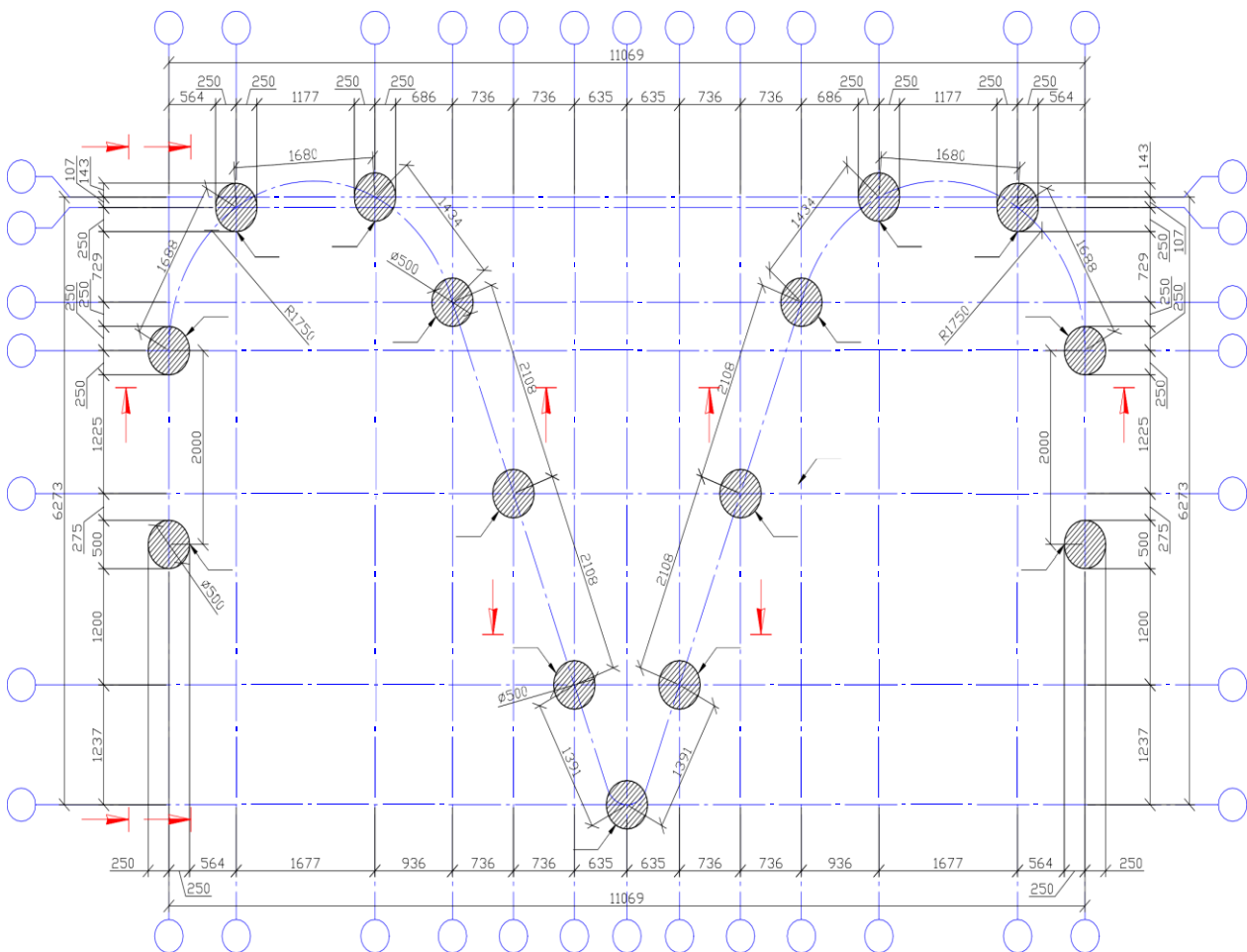
მზიდი კონსტრუქციების სივრცითი კარკასი შედგენილია კომპლექსურ პროგრამა Лира-CAIP 2019-ის საშუალებით (ლიცენზიის ნომერი #1/7165).

ნაგებობის საანგარიშო სქემა ნაჩვენებია ნახაზზე 3.

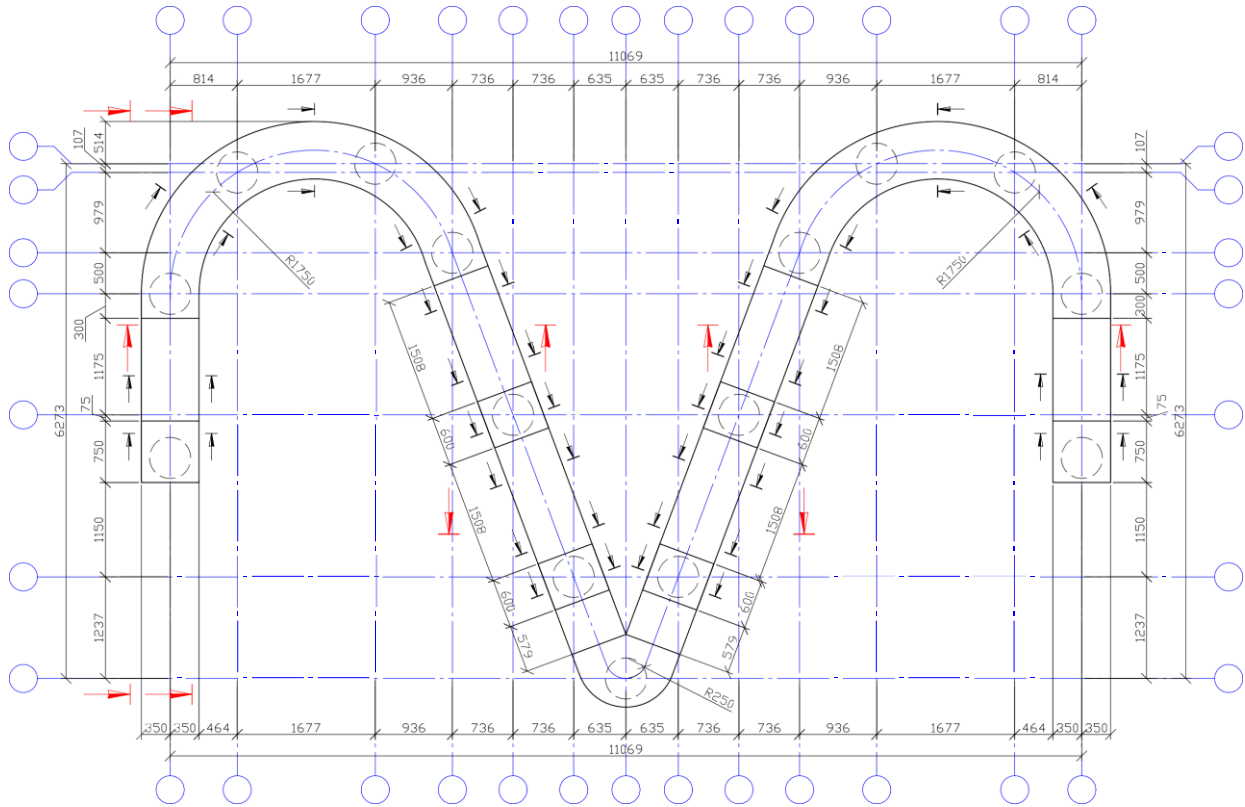


ნახ. 3. თოვლის ზევის საწინააღმდეგო ნაგებობის საანგარიშო სქემა

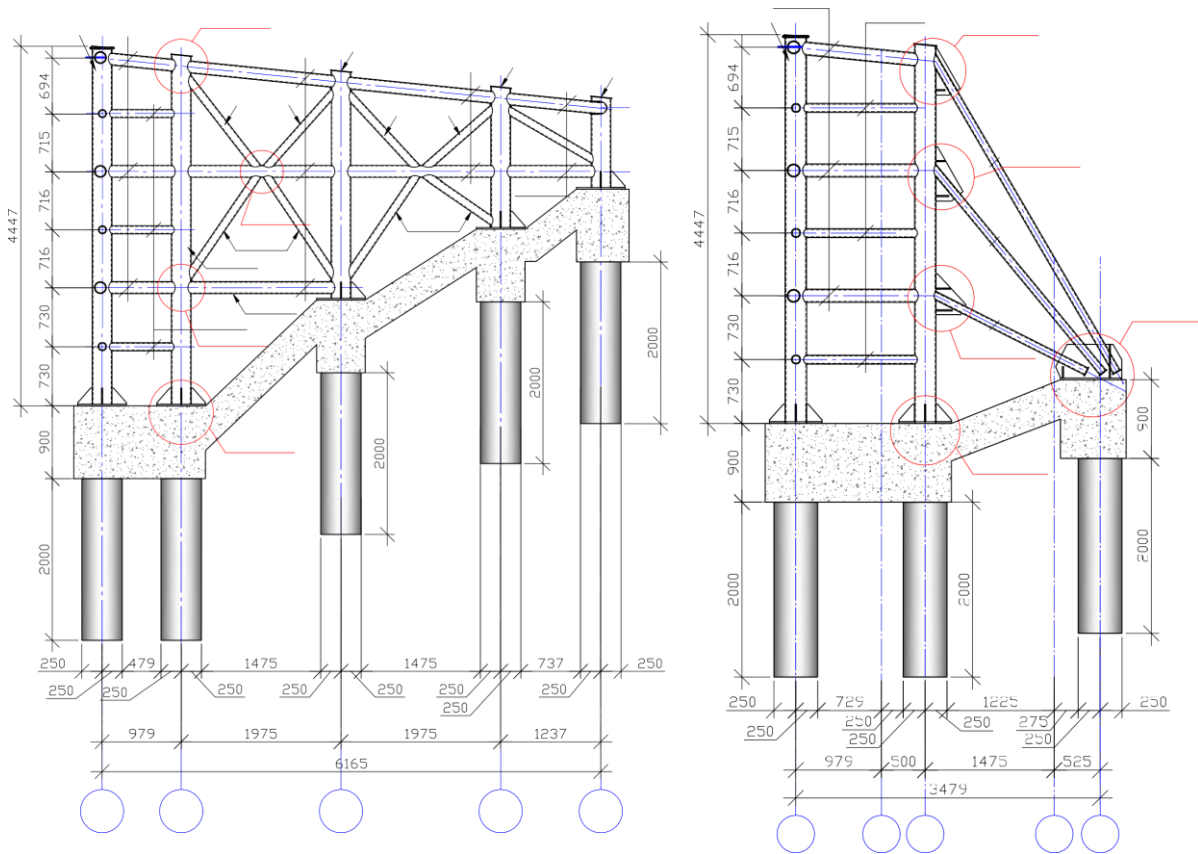
კომპიუტერში ალგორითმის საშუალებით საწისი მონაცემების შეყვანის შემდეგ თოვლის ზევის საწინააღმდეგო ინოვაციური კონსტრუქციის საპროექტო ზომები მოცემულია ნახ. 4– 7-ზე.



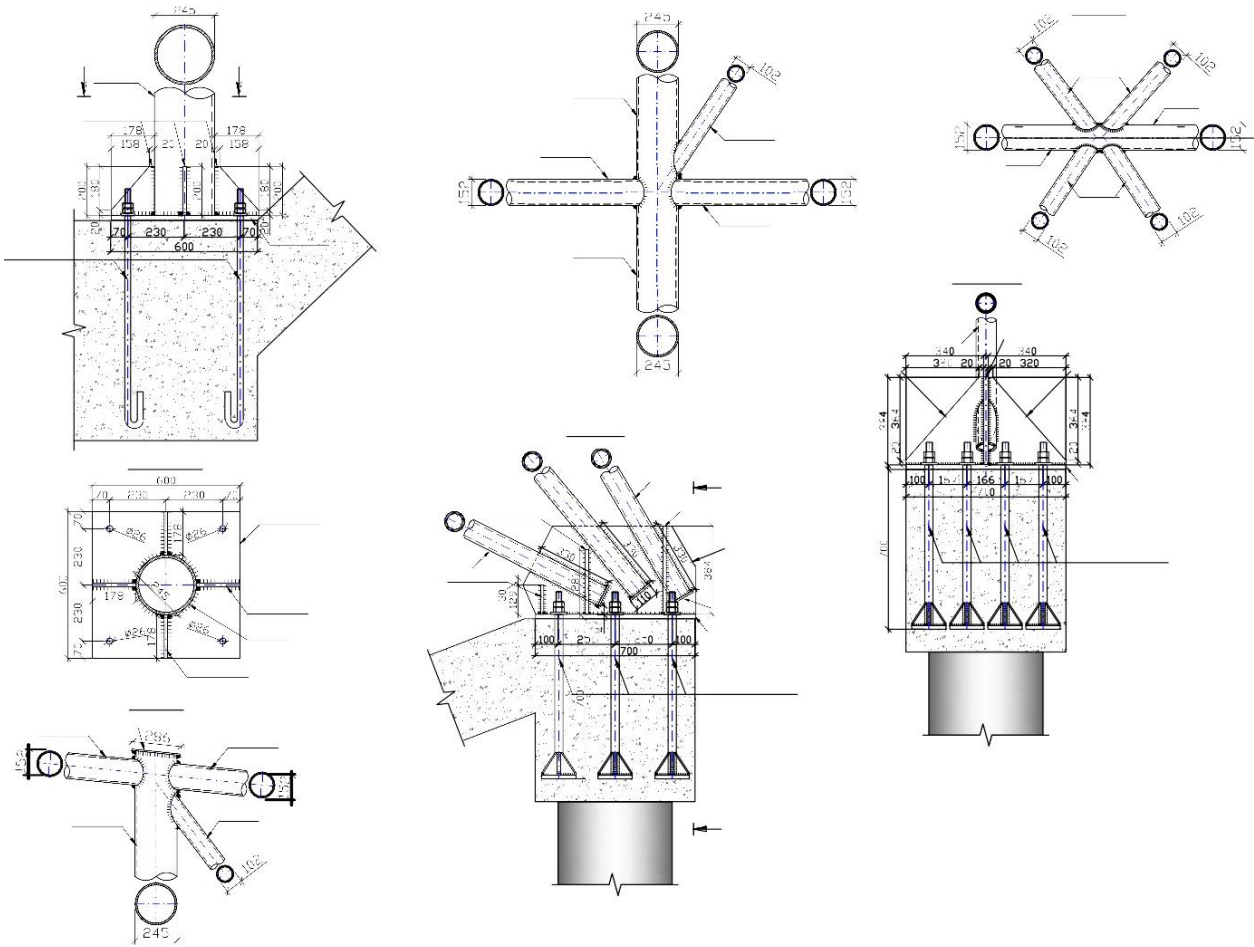
ნახ. 4. ხიმინჯების განლაგების გეგმა



ნახ. 5. როსტერვის გეგმა



ნახ. 6. თოვლის ზგავის კონსტრუქციის კრილები



ნახ. 7. თოვლის ზვავის კონსტრუქციის ჭრილები

ამრიგად, წარმოდგენილი მეთოდოლოგიისა და ლიცენზირებული პროგრამა Лира-САПР-2019-ის საშუალებით (ლიცენზიის ნომერი #1/7165) განხორციელდა თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობის დაპროექტება. შემდეგ ეტაპზე იგეგმება საქართველოს სამხედრო გზის კობი-გუდაურის შერჩეულ უბანზე ნაგებობის მოწყობა.

დასკვნა

ინოვაციური თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო კონსტრუქციის დაპროექტების მიზნით საქართველოს სამხედრო გზის კობი-გუდაურის უბანზე განხორციელებული საველე-სარეკოგნოსცირებო კვლევების, თანამედროვე ტექნიკისა და ტექნოლოგიების და კომპიუტერული ლიცენზირებული პროგრამა Лира-САПР 2019-ის (ლიცენზიის ნომერი #1/7165) გამოყენებით დამუშავებულია მეცნიერული მეთოდოლოგია და საკვლევო უბნის მთის ფერდობზე (GPS კოორდინატები: X = 456043,3; Y = 470596, სიგრძე 800 მ. ფერდობის დახრილობა 24⁰, აბსოლუტური ნიშნულით H = 2570 მ. დაპროექტებულია კონსტრუქცია თოვლის ზვავის დინამიკური და სტატისტიკური დატვირთვების გათვალისწინებით.

ლიტერატურა

1. გავარდაშვილი გ. ვ., პასიკაშვილი მ. გ., ცხოვრებაძე ა. გ. - ზეგავსაწინააღმდეგო ნაგებობა საქართველოს პატენტი # 278, ბიულ. # 2(7) თბილისი, 1996, გვ. 30.
2. Gavardashvili G.V., Kukhalashvili E.G., Iremashvili I.R. - Study of the Mathematical Model of Snow Avalanche Kobi -Gudauri Section of the Georgian Military Road on Sensitive Areas. Science and Society, Patterns and Trends of Development. Abstracts of XVI International Scientific and Practical Conference. Vienna, Austria, March 30 – April 02, 2021.,pp. 221 – 226. <https://isg-konf.com/science-and-society-patterns-and-trends-of-development/>.
3. სალუქვაძე მ. ე. - საქართველოს თოვლის ზეგავების კადასტრი. თბილისი, 2018, 154.
4. ქალდანი ლ., სალუქვაძე მ. - თოვლის ზეგავები საქართველოში (მონოგრაფია), თბილისი, 2015.
5. Инженерные изыскания для строительства в лавиноопасных районах. Общие требования. Москва 2018, 63 с.
6. <https://www.debian.org/users/org/slf.ru.html>
7. <https://www.debian.org/doc/manuals/debian-handbook/index.ru.html>

Environmental protection

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR DESIGN INNOVATIVE CONSTRUCTION OF SNOW AVALANCHE

G. Gavardashvili ^{1,2)}, E. Kukhalashvili ²⁾

I. Iremashvili ²⁾, N. Gavardashvili ¹⁾

¹⁾ UN Economic and Social Council (ECOSOC) Advisory

Council Organization N(N)LE EcoCenter for Environmental Protection

²⁾ Tsotne Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University

Tbilisi, Georgia

Scientific research are carried out by Financial Support of Sh. Rustaveli Georgian National Science Foundation Applied Grant Project # CARYS-19-305 “Innovative Complex Measure Against Snow Avalanche”

Annotation. In the scientific paper, field-reconnaissance studies have been carried out at the Kobi-Gudauri section of the Georgian military road to develop a methodology for designing innovative avalanches.

Based on the joint field surveys of the main researchers of the grant project and the staff of the Hydrometeorology Department of the National Environment Agency of the Ministry of Environment and Agriculture of Georgia, the mountain slope of the project building was selected, the main parameters of which change within the following boundaries: 3: GPS coordinates; Y = 4705596, length 800 m. Slope inclination 240, with absolute mark H = 2570 m.

Through the basic hydrodynamic parameters of the avalanche and the computer program - "Complex program for spatial framing of structures Lira-SAPR 2019 (license number # 1/7165)" innovative snow avalanche design is designed taking into account the dynamic and statistical loads of the avalanche.

Keywords: Innovative snow avalanche event, Kobi-Gudauri district, design.

Environmental protection

ENVIRONMENTAL ISSUES IN UKRAINE

Gumen O., Selina I.

National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
37, Peremohy ave., Kyiv, 03056, Ukraine

E-mail: gumens@ukr.net

Annotation. Today, one of the most important environmental problems for Ukraine is the hydrosphere. The most acute problems relate to the main water basins of Ukraine - the Dnieper and Dniester rivers. The Sea of Azov is also in an extremely dangerous ecological state. Saving the environment is possible subject to the adoption and implementation of a comprehensive national program, which contains a wide range of measures for ecological restoration and health improvement of nature, from small rivers to sea areas. Legal protection of water resources of Ukraine regulates legal relations in order to ensure the conservation, scientific substantiation, rational use of water for the needs of the population and economic sectors, restoration of water resources, protection of water from pollution and depletion, avoidance of the harmful effects of water and liquidation of its consequences, improvement of the state of water bodies, as well as protection of the rights of enterprises, institutions, organizations and citizens for water use. Today Ukrainian legislation contains a number of very important laws; it is developing, acquiring positive foreign experience, which allows us to hope for an improvement in the situation in the future.

Keywords: hydrosphere, ecosystem, water legislation, environmental protection.

INTRODUCTION

Nowadays one of biggest environmental problems in Ukraine is a hydrosphere. 93% of Ukrainians consider environmental protection to be an important issue [1]. Most of all, people are worried about frequent droughts, floods - 40.3%, an increase in the amount of waste - 37.4%, a decline in populations, extinction of species and the disappearance of ecosystems - 34.8% and one of the main issues - a lack of drinking water - 30%.



MAIN PART

Ukraine is one of the largest European countries in terms of territory, population, resource potential and is one of the most polluted on the continent. This is due to the high level of plants concentration, a large-scale industrial disaster - the accident at the Chernobyl nuclear power plant - as a result of which in 1991 the Supreme Soviet of Ukraine declared the entire territory of the country an ecological disaster zone. The territory of Ukraine, not counting individual small areas, and these are the Ukrainian Carpathians, Central and Eastern Podillia, Poltava region, are polluted and very polluted regions, and 15% of the country's territory is considered extremely polluted with an increased risk to human health and also regions of ecological catastrophe, the 30-kilometre zone of Chornobyl Power Plant, South Transnistria and Donbas region.

The keenest problems of Ukraine are related to the systemic water basins - the Dnipro and Dniester rivers. At some point, Dnipro provided high biological productivity, and normal functioning for millions of people in the rivers pool. In our time, due to gross violations of the use of water resources, the ecosystem has degraded; the connections between biological and abiotic elements have been disrupted. The main reason was the construction of a cascade of reservoirs on the Dnipro, which changed the dynamics of water flow, and also influenced large-scale reclamation, huge volumes of water intake for industry, and the discharge of polluted waters. The water system of Dniester and other rivers in Ukraine, that provides the local population with water, degraded with the same reasons.

There is the Sea of Azov in the extremely dangerous ecological state. In the Azov about 114 types of fishes and general fishing-out of fish were before counted in the best years exceeded 300 thousand tons. Now catches fell 6 times, and the caught fish is often infected and poisoned by pesticides. Things are no better in the Black Sea pool, but a normal situation is yet supported from considerably largenesses and depths.



The water fund of Ukraine includes all water objects on territory of Ukraine. It includes: surface-water (lakes), currents (rivers, brooks), ornamental waters (storage pools, ponds) and channels, underwaters and sources, internal salt waters and territorial sea.

What do you see as saving water resources and the entire ecosystem of Ukraine? The rescue of environment is possible on condition of acceptance and realization of the complex national programs that contains the wide spectrum of measures on ecological renewal and making healthy of nature, since the small rivers ending the aquatory of seas. Similarly the improvement of the state of ecosystem is assisted by:

- limitation of emissions into the atmosphere and hydrosphere with the purpose of improvement of general ecological situation;
- creation of reserves, national parks with the purpose of maintenance of natural complexes;
- limitation of fishing, hunts with the purpose of maintenance of certain kinds;
- garbage dump limitation and search of safe ways of its processing.

CONCLISION

The legal safeguard of water resources of Ukraine regulates legal relations with the purpose of providing the maintenance, scientific ground, rational use of waters for the needs of population and industries of economy, renewal of water resources, guard of waters from contamination and exhausting, avoid the harmful effects of water and liquidation of its consequences, improvement of the state of water objects, and also guard of rights for enterprises, establishments, organizations and citizens on a water consumption [2-5].

Violation of water legislation entails disciplinary, administrative, civil legal or even criminal responsibility [6]. Also a large role is played by international cooperation in the field of ecology, in the decision of problems of relation of nature and societies. This necessity is reflected in resolutions of UN General Assembly on the problems of environment. Environmental law became the normative base of nature protection collaboration of countries. It is the integrated field of international law of guard and use of international territories of World Ocean, atmosphere of Earth, space.

Today, Ukrainian legislation contains a number of very important laws, and if we consider that it is developing, acquiring positive foreign experience, one can hope for the improvement of the environment in the future.

REFERENCES

1. Dubas, R.H. *Ekonomika pryrodokorystuvannya*. Kyiv, 2007, 448.
2. Zakon Ukrayiny "Pro okhoronu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha" vid 25.06.91 № 1264-XII.
3. Zakon Ukrayiny "Pro osnovni zasady (stratehiyu) derzhavnoyi ekolohichnoyi polityky Ukrayiny na period do 2030 roku" vid 28.02.19 № 2697-VIII.
4. Ukaz Prezydenta Ukrayiny №111/2021 "Pro rishennya Rady national noyi bezpeky i oborony Ukrayiny vid 23.03.2021 "Pro vyklyky i zahrozy natsionalniy bezpetsi Ukrayiny v ekolohichniy sferi ta pershocherhovi zakhody shchodo yikh neytralizatsiyi".
5. Ukaz Prezydenta Ukrayiny №512/2019 "Pro deyaki pytannya rozvytku terytoriy, shcho zaznaly radioaktyvnoho zabrudnennya vnaslidok Chornobylskoyi katastrofy".
6. Kontseptsiya reformuvannya systemy derzhavnoho nahlyadu (kontrolyu) u sferi okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha, skhvalena rozporyadzhennyam Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 31.05.2017 №616-r.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ «М-3» МИНСК-ВИТЕБСК

Гюрджинян С.¹⁾, Тер-Торосян А.¹⁾, Савич-Шемет О.²⁾

¹⁾ Общество с ограниченной ответственностью «ATMSSolutions»,
ул. В. Сарсяна 26/3, 0010, г. Ереван, Армения

²⁾ Институт природопользования НАН Беларуси,
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь

**E-mail: suren.gyurjinyan@atms.am, artak.ter-torosyan@atms.am,
savichoks@yandex.ru**

Аннотация. На примере реконструкции автомобильной дороги «М-3» Минск-Витебск 8,6 км – 56,0 км приведены особенности оценки воздействия строительства на окружающую среду в соответствии с требованиями Европейского банка реконструкции и развития. По результатам проведения оценки воздействия, решения прогнозных задач оценено возможное влияние хозяйственной деятельности на компоненты окружающей среды. Приведена сравнительная характеристика проведения оценки воздействия в республике, согласно требованиям Европейского банка реконструкции и развития.

Ключевые слова: оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), environmental impact assessment (EIA), анализ экологического воздействия (АЭВ), загрязнение, социально-экономические аспекты воздействия.

ВВЕДЕНИЕ

Концепция национальной безопасности Беларуси рассматривает переход к устойчивому развитию при сбалансированном решении социально-экономических задач и проблем, связанных с охраной окружающей среды, как важнейшее условие обеспечения национальных интересов в области экономики.

Оценка воздействия на окружающую среду или Environmental Impact Assessment — термин Международной ассоциации по оценке воздействия на окружающую среду (International Association for Impact Assessment, IAIA). Промышленно развитые страны, столкнувшиеся с проблемой ухудшения состояния окружающей среды, были вынуждены начать разработку методики оценки и системы экспертиз. Экологическая экспертиза начала проводиться с 1965 г. в Японии, 1970 г. – в США, 1973 г. – в Канаде, 1976 г. – во Франции и Испании, 1977 г. – в Нидерландах, 1979 г. – в Китае и т.д. В СССР экспертные комиссии при Госкомприроды были созданы лишь в 1988 г. Процедура ОВОС предшествовала появлению экологической экспертизы в зарубежных странах, и, по существу, явилась ее прототипом. ОВОС впервые была проведена в Югославии в 1969, более 20 лет назад в США. В настоящее время во многих странах ОВОС закреплена законодательно [1].

В последнее время разработка ОВОС согласно требованиям международных финансовых институтов, становится все более актуальной задачей, в том числе и в рамках проектов, реализуемых в Беларуси. В этой связи в данной статье раскрыты особенности практики ЕС и ЕБРР к проведению ОВОС.

Методологические особенности процедуры ОВОС в странах Евросоюза (ЕС). В настоящее время в странах ЕС накоплен богатый опыт в области экологической оценки проектов реализации намечаемой деятельности. Согласно требованиям к проведению современной процедуры EIA в странах ЕС, разработчики обязаны решить следующие вопросы при подготовке материалов EIA:

- Какие стратегические эколого-экономические решения, принятые до подготовки материалов ЕІА, должны быть учтены?
- Что можно сказать относительно последующих стадий?
- Каким образом можно достигнуть лучшей интеграции ЕІА в процесс планирования и принятия решения?
- Каково влияние прочих воздействий (экономических, социальных и пространственных)?

Планирование проектов развития – длительный, сложный, многосторонний процесс. Процедура ЕІА предусматривает обоснование технических решений и получение ряда согласований предпроектной и проектной документации для реализации намечаемой хозяйственной деятельности, а именно:

- 1) принятие решений относительно целей проекта (до начала проведения процедуры ЕІА);
- 2) рассмотрение альтернатив при подготовке ЕІА, их сравнение, обоснование выбора (следующая стадия планирования). Уровень информации в ЕІА – региональный, так как вопросы оформления земельного участка и планов строительства разрабатываются более подробно на следующей стадии проекта, для которой проводится ЕІА, а также в ходе его реализации;
- 3) анализ технических решений, которые могут иметь серьезные последствия для окружающей среды (при подготовке ЕІА). При этом диапазон альтернатив становится более узким, более детально изучается информация о возможных воздействиях на окружающую среду. Выбор местоположения намечаемого к строительству объекта определяет главные последствия для окружающей среды, так как способ использования и свойства застраиваемой территории будут изменены, а устранение произошедших в результате реализации проекта негативных последствий для окружающей среды - затруднительно;
- 4) рассмотрение изменений среды обитания, вызванных строительством, физическим присутствием и эксплуатацией объекта, таких как шум, снижение качества воздуха, загрязнение почвы и водных объектов (выпуски сточных вод), угнетение флоры и фауны (фактор беспокойства), а также социальные проблемы (снижение рекреационных свойств среды, уменьшение числа рабочих мест и т.д.).

Правовые основы проведение ЕІА представлены в соответствующей директиве ЕС (2014/52/EU).

Требования Европейского банка реконструкции и развития к ЕІА. Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) рассматривает экологическую и социальную устойчивость в качестве одного из основополагающих аспектов для достижения результатов, предусмотренных его мандатом, признает проекты, способствующие экологической и социальной устойчивости, что относит к приоритетам своей деятельности. Иными словами, одним из условий финансирования проектов развития со стороны ЕБРР является соответствие текущей деятельности организации-получателя кредита ЕБРР, а также мероприятий/действий в рамках проекта требованиям, установленным Экологической и социальной политикой ЕБРР (в редакции 2019 г.) [2].

Согласно экологической и социальной политике ЕБРР, предъявляется 10 «пакетов» требований (ТР) к реализации проектов, финансируемых ЕБРР, относящихся к ключевым направлениям экологической и социальной устойчивости: ТР 1 - Оценка и управление экологическими и социальными воздействиями; ТР 2 - Трудовые отношения и условия труда; ТР 3 – Ресурсоэффективность, предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды; ТР 4 - Охрана здоровья и безопасность; ТР 5 - Приобретение земель, вынужденное переселение и экономическое перемещение; ТР 6 - Сохранение биологического разнообразия и устойчивое управление живыми природными ресурсами; ТР 7 - Коренные народы; ТР 8 - Культурное наследие; ТР 9 - Финансовые посредники; ТР 10 - Обнародование информации и взаимодействие с заинтересованными сторонами.

С целью анализа потенциальных экологических и социальных рисков проекта ЕБРР применяется Процедура ЕІА, называемая анализом экологического воздействия (АЭВ). АЭВ

проводится с учетом требований национального законодательства страны, в которой предполагается реализация хозяйственной деятельности, а также требований нормативно-правовой базы ЕС в сфере охраны окружающей среды [3]. Проведение экологических исследований обеспечивается заказчиком проекта намечаемой деятельности в соответствии с правилами ЕБРР по выполнению АЭВ для получения достаточного объема информации, которая позволит Совету директоров банка принять решение о возможности финансирования проекта.

АЭВ выполняется при реализации проектов строительства, масштабного расширения или конверсии ввиду их потенциальной экологической опасности, а также других типов проектов, которые могут оказать негативное воздействие на охраняемые или уязвимые территории (национальные парки, другие заповедники национального или регионального значения, включая районы, представляющие археологический интерес; районы, имеющие значение для этнических групп; районы, подверженные эрозии и/или опустыниванию; заболоченные территории и т.д.) [1].

ЕБРР присваивает проектам определенную категорию для определения требуемого характера и уровня экологических и социальных исследований.

Таблица 1

Категоризация проектов согласно требованиям ЕБРР

Категория проекта	Характеристика	Требования ЕБРР	Период предоставления информации, дни
«А»	Проекты, которые могут стать источником потенциально серьезных экологических и (или) социальных воздействий, которые на момент присвоения ему той или иной категории трудно определить или оценить	Полномасштабная экологическая и социальная оценка воздействия	120
«В»	Проекты, потенциальные неблагоприятные будущие экологические и (или) социальные воздействия которых ограничены районом местонахождения объекта и (или) без труда поддаются выявлению и нейтрализации с помощью мер смягчения воздействий.	Требования к предварительной экологической и социальной оценки могут варьироваться в зависимости от специфики проекта и устанавливаются ЕБРР на индивидуальной основе.	Определяются банком
«С»	Потенциальные неблагоприятные будущие экологические и (или) социальные воздействия, по всей вероятности, будут минимальными или отсутствуют.	Предварительная экологическая и социальная оценка.	Определяются банком

Примерами проектов категории «А» могут служить: строительство автодорог, автострад и трасс для магистральных железных дорог дальнего сообщения и аэропортов с длиной основной взлетно-посадочной полосы 2100 метров или более, строительство новых дорог с четырьмя или более полосами, либо перестройка и (или) расширение существующих дорог до четырех или более полос; крупные плотины и водохранилища, предназначенные для сбора или постоянного хранения запасов воды и т.д.

Автомобильная дорога М-3 Минск-Витебск 8,6 км-56,0 км относится к объектам категории «А», проект реконструкции которой требует проведения полномасштабной экологической и социальной оценки воздействия.

АЭВ состоит из нескольких этапов [1], представленных на рисунке 1. Окончательное решение относительно намечаемого к реализации проекта принимается во время утверждения Советом директоров ЕБРР. При этом, во время окончательного рассмотрения проект может быть отклонен в случае, если он связан со значительными экологическими рисками или, если проектной документацией не предусмотрено в достаточной мере решение экологических проблем.

1 этап	2 этап	3 этап	4 этап
<p>Этап определения характера деятельности (утверждения концепции проекта). На данном этапе заказчик проекта представляет в ЕБРР исходные данные о проекте, информацию о предварительных экологических исследованиях и величине вероятности того, что проект окажет серьезное негативное воздействие на состояние ОПС. Указанные сведения включаются в Меморандум об утверждении концепции проекта и определяют детальность необходимых дальнейших экологических исследований.</p>	<p>Этап определения необходимости АЭВ, на котором принимается решение о необходимости выполнения АЭВ и/или какого-либо другого вида экологической оценки (по результатам проведения данного этапа составляется Меморандум об определении необходимости АЭВ).</p>	<p>Этап определения объема АЭВ, в ходе проведения которого определяются и согласуются всеми заинтересованными сторонами вопросы, которые необходимо рассмотреть в ходе экологических исследований</p>	<p>Экологическая проверка проекта (основывающаяся на результатах АЭВ и/или других экологических исследований, результатах консультаций с общественностью, а также проверок объектов, которые могут проводить специалисты-экологи банка).</p>

Рис. 1. Этапы АЭВ

Оценка существующего состояния окружающей среды территории реконструкции автомобильной дороги М-3 8,6 км – 56,0 км (на примере компонента окружающей среды-качество атмосферного воздуха)

Общие сведения о территории исследований. Республиканская автомобильная дорога М-3 Минск-Витебск является частью международного транспортного маршрута и обеспечивает кратчайшую связь стран Европейского Союза, Республики Беларусь и Российской Федерации. По дороге осуществляются регулярные международные и междугородние грузовые и пассажирские перевозки. В летний период возрастает поток легковых автомобилей и автобусов международного, междугородного, пригородного сообщения.

Изучаемый участок автодороги М-3 (км 8,6-км 56,0) начинается севернее минской кольцевой автомобильной дороги, вблизи с автомобильной развязкой с автодорогой Н9031 (Солнечный-Копище) и заканчивается в 1,5 км севернее перекрестка дорог на д. Козыри и мемориального комплекса «Хатынь» (рис. 2).

Качество атмосферного воздуха. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в Минской области являются промышленные предприятия, котельные, работающие на твердом и жидком топливе, передвижные источники. Основными промышленными источниками загрязнения атмосферного воздуха в Минском районе являются: котельные Урученской КЭЧ, ОАО «1-я Минская птицефабрика» аг. Большевик; ОАО «Минская птицефабрика имени Н.К.Крупской» филиал «Околица».

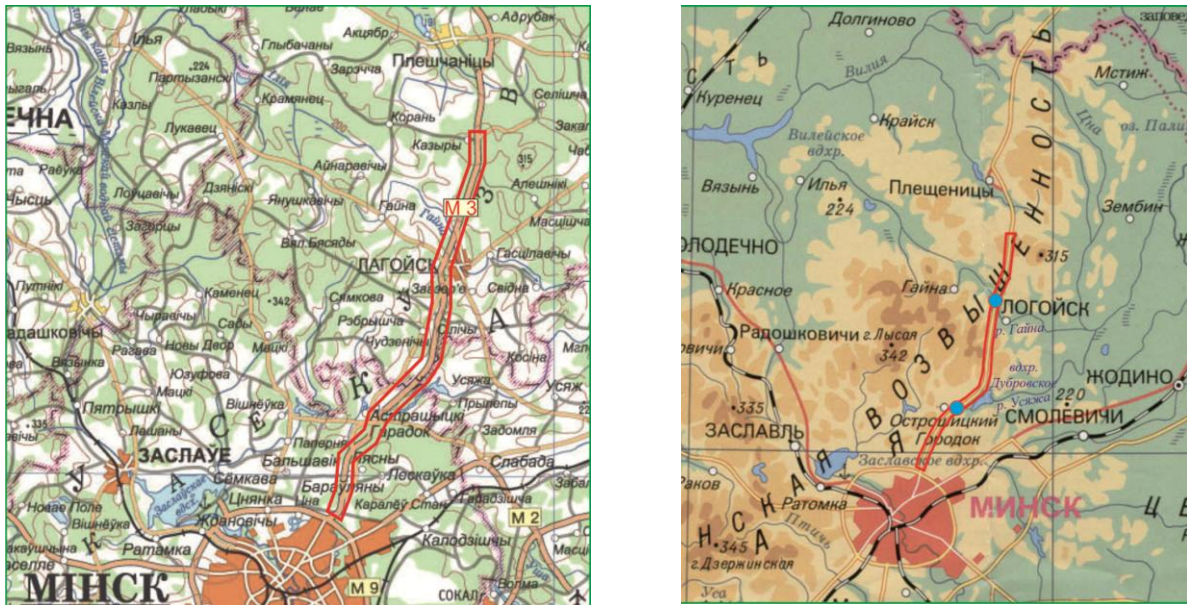


Рис. 2. Обзорная карта территории исследований

За последнее пять лет (с 2014 по 2018 годы) произошло снижение выбросов, как от стационарных, так и от мобильных источников выбросов, причем основной удельный вес в структуре выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух занимают выбросы от мобильных источников. Доля выбросов мобильных источников в суммарных выбросах по Минской области в 2018 году составила 71,5 %.

В целом, по республике снижение выбросов составило 8,1 %, при этом от стационарных источников на 2,1 %, от мобильных источников – на 11,2 %. По Минской области сокращение выбросов от мобильных источников составила 14 % (таблица 2).

Таблица 2

Тенденции в изменении объемов выбросов Минской области 2014–2018 гг., тыс. тонн

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018
стационарные источники	74,5	75,9	74,9	68,6	70,6
мобильные источники	181,8	179,7	183,9	178,6	177,0
суммарно	256,3	255,6	258,8	247,2	247,6

В составе выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в Минской области преобладали углеводороды - 46,5%, оксид углерода - 22,0%; диоксид азота - 6,9% и твердые вещества - 6,8%.

По всем основным веществам, за исключением углеводородов, наблюдается снижение выбросов от стационарных источников, причем наиболее значительное по твердым веществам (25,2 %), диоксиду азота (15,6 %) и диоксиду серы (на 17,3 % начиная с 2015 года). За период 2014–2018 гг. уровень выбросов углеводородов в атмосферный воздух увеличился на 11,9 %.

Суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха, определяемый по фоновым максимально-разовым концентрациям загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов, расположенных в зоне влияния реконструируемой автодороги, соответствует допустимой степени загрязнения атмосферы [4]¹.

¹По данным Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»

Оценка изменения состояния атмосферного воздуха. Основной отличительной чертой при проведении АЭВ в соответствии с требованиями ЕБРР является рассмотрение воздействия и последствий реализации проекта на стадии реконструкции и эксплуатации, а также более предметная и детальная оценка социально-экономических воздействий с фокусом на затронутые проектом населенные пункты, включая уязвимые группы населения. ЕБРР также уделяет особое внимание гендерным вопросам, а также вопросам отчуждения земель и имущества для нужд проекта. При этом, проводится детальная оценка экономических потерь физических и юридических лиц в результате реализации проекта.

Еще одной отличительной чертой АЭВ является более существенное внимание вопросам визуального воздействия, связанных с визуальным восприятием строящихся инфраструктур проекта и их интегрированности в существующий ландшафт, что в национальных ОВОСах представлено достаточно скудно, либо не представлено вовсе.

В статье в качестве примера авторами приведена оценка возможного изменения состояния атмосферного воздуха, рассмотрено воздействие и возможный вклад проекта в изменение климата (оценка выбросов парниковых газов).

Однако, исходя из требований экологической политики ЕБРР с учетом [5], некоторые меры по сокращению выбросов парниковых газов в ходе реконструкции и эксплуатации дороги предложены разработчиками АЭВ и кратко изложены в таблице 3 (б).

Таблица 3

Оценка поступления парниковых газов в результате реконструкции автомобильной дороги М-3 и меры по смягчению воздействия

Объект воздействия	Влияние	Меры по смягчению воздействия	Остаточное воздействие
а) Стадия реконструкции			
Минская область, территория республики	Низкое	<ul style="list-style-type: none"> • Увеличить использование в строительстве строительных материалов и продукции, произведенной с использованием вторичных материальных ресурсов, возобновляемых энергоресурсов, топлива с низким содержанием углерода, чем обеспечить устойчивой развитие; • Использовать материалы местного производства там, где это возможно и практически осуществимо, чтобы свести к минимуму расстояние транспортировки материалов от источника до объекта, чем уменьшит доставки и нагрузку на атмосферный воздух; • Использовать более эффективное оборудование, увеличить долю личного и общественного транспорта с улучшенными экологическими характеристиками электротранспорта; • Обеспечить требуемую скорость движения по автомобильной дороге, предотвращение торможений и ускорений автотранспорта, что приведет к снижению вредных выбросов в атмосферу, что достигается выполнением следующих рекомендаций: <ul style="list-style-type: none"> - уменьшение продольных уклонов, - обеспечение видимости горизонтальных и вертикальных кривых, 	От незначительного до низкого

Объект воздействия	Влияние	Меры по смягчению воздействия	Остаточное воздействие
		<ul style="list-style-type: none"> - увеличение радиусов, - улучшение технического состояния дорожного покрытия; - предусмотреть создание подземных/ надземных пешеходных переходов. 	
б) Стадия эксплуатации			
Минская область, территория республики	От низкого до умеренного	<ul style="list-style-type: none"> • Предусмотреть проектом максимизацию срока эксплуатации дорожного покрытия, иных элементов и минимизацию необходимости технического обслуживания, обновления и переоснащения (и всех связанных с этим выбросов); • Предусмотреть проектом максимальное озеленение участков автомобильной дороги; • Предусмотреть проектом максимизацию потенциала повторного использования и переработки материалов/ элементов в конце жизненного цикла; • Предусмотреть проектом использование высокоэффективного механического и электрического оборудования, такого как освещение (светодиодные фонари) и телекоммуникации. 	От незначительного до низкого

Аналогично стадии оценки современного состояния территории реализации хозяйственной деятельности, при проведении АЭВ согласно требованиям ЕБРР более существенное внимание уделяется социально-экономическим факторам воздействия, что в национальных ОВОСах обычно представлено лишь теоретически и, как правило, не имеет количественного выражения. Социально-экономический эффект при реконструкции автомобильной дороги М-3 км 8,6 - км 56,0 приведен в таблице 4.

Таблица 4
Социально-экономический эффект/выгоды от реконструкции автомобильной дороги М-3 Минск-Витебск (км 8,6 - км 56,0)

Показатели затрат, миллионы рублей, по состоянию на 01.02.2019 г.	М-3 8.6 - 20.0 км	М-3 20.0 - 41.0 км	М-3 41.0 - 56.0 км	Итого
Инвестиции в реконструкцию и ремонт дороги М-3	149,902	134,610	79,344	363,856
Увеличение расходов на содержание дороги	1,433	-1,160	1,011	1,284
Выгоды/убытки, связанные с изменением транспортных расходов	74,802	47,232	103,934	225,968
Выгода/убытки связанные с изменением времени в пути	48,034	82,134	114,551	244,719
Эффект от снижения количества дорожно-транспортных происшествий	49,905	31,002	11,357	92,264
Чистый эффект	21,406	26,915	149,486	197,807
Экономическая норма прибыли	6.2%	6.75%	12.7%	

Как видно из таблицы 4, общий объем инвестиций в размере около 364 млн рублей так или иначе окупается за счет экономии транспортных расходов (около 226 млн рублей), а также выгод от сокращения времени в пути (около 245 млн рублей) и количества дорожно-транспортных происшествий (около 92 млн рублей). Показано, что инвестиции в реконструкцию дорог преобразуются в прямые и косвенные социально-экономические выгоды, такие как - экономия на эксплуатации и техническом обслуживании транспортных средств, а также выгоды, связанные с сокращением времени в пути и числа дорожно-транспортных происшествий за счет улучшения транспортно-эксплуатационных параметров.

По результатам анализа положительных и негативных факторов социально-экономического воздействия при реализации программы можно сделать вывод, что факторы, связанные с социально-экономическим развитием страны и региональным развитием, как то - повышение инвестиционной привлекательности, улучшение бизнес-среды, создание новых рабочих мест в зоне тяготения реализации программы, а также снижение транспортных и внетранспортных расходов населения и юридических лиц - превалируют над негативными факторами, как то - освоение земель под проведение реконструкции.

ВЫВОДЫ

В отличие от белорусского законодательства требования ЕБРР указывают перечень видов деятельности, требующих проведения АЭВ. Эти виды деятельности делят на категории «А», «В», «С» в зависимости от значимости их последствий для окружающей среды. Степень детализации АЭВ, требуемого для каждой категории, определена в экологических правилах Банка.

При проведении АЭВ, согласно требованиям ЕБРР, более существенное внимание уделяется социально-экономическим факторам воздействия, что в национальных ОВОСах обычно представлено лишь теоретически и, как правило, не имеет количественного выражения. При этом, в рамках проектов ЕБРР социально-экономическая оценка, как на уровне макро-экономических показателей, так и на уровне социально-экономических показателей воздействия на затронутые проектом группы населения при возможности должна представляться количественно.

Основной отличительной чертой при проведении АЭВ в соответствии с требованиями ЕБРР является рассмотрение воздействия и последствий реализации проекта на стадии реконструкции и эксплуатации, тогда как национальное законодательство такого рода воздействия, и соответственно мероприятия по их смягчению - не рассматривает.

ЕБРР также уделяет особое внимание гендерным вопросам, а также вопросам отчуждения земель и имущества для нужд проекта, в том числе оценке экономических потерь физических и юридических лиц.

Стоит также отметить, что не все белорусские проекты разрабатываются при участии общественности по той простой причине, что процедура участия общественности в формате обязательных «живых» обсуждений с участием затронутых проектами органов местного самоуправления, профильных общественных организаций и населения - не закреплена законодательно и иногда носит формальный характер. В то же время при реализации АЭВ по требованиям ЕБРР они обязательны, более того - замечания и предложения сформулированные в результате общественных обсуждений, должны в обязательном порядке быть учтены в АЭВ.

Окончательное решение в отношении намечаемой хозяйственной деятельности является заключительным этапом процедуры проведения АЭВ в соответствии с требованиями ЕБРР. В соответствии с белорусским законодательством это решение принимается при проведении государственной экологической экспертизы, которая следует за ОВОС, занимает определенное, не всегда регламентированное время, что делает процедуру более бюрократизированной.

В то же время, анализ показал, что требования белорусского законодательства в области проведения ОВОС в целом соответствуют передовым международным практикам, в частности требованиям ЕБРР, которые в свою очередь основываются на законодательстве ЕС. Однако, для дальнейшей гармонизации национальных нормативно-правовых требований, с международной передовой практикой рекомендуется учесть выявленные несоответствия требованиям ЕБРР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головина, Ю. Ю. От истории развития процедуры ОВОС к необходимости разработки методологии оценки воздействия нефтегазодобычи на морские арктические системы // Вестник МГТУ. – 2006. – №3. – том. 9. – С. 478-485.
2. Экологическая и социальная политика ЕБРР. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ebrd.com/environmental-and-social-policy.html>. – Дата доступа: 07.10.2020 г.
3. Экологическая политика ЕС. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/environment.html?root_default=SUM_1_CODED%3D20. – Дата доступа: 07.10.2020 г.
4. Отчет об оценке воздействия на окружающую среду «Автомобильная дорога – М-3 Минск-Витебск, км 8.6 – км. 87.950», РУП «Белгипродор». Мн., 2019 г.
5. Сводный доклад об изменении климата. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf – Дата доступа: 09.10.2020.

Environmental protection

FEATURES OF IMPACT ASSESSMENT ENVIRONMENTAL RECONSTRUCTIONS AUTOMOTIVE ROAD "M-3" MINSK-VITEBSK

Gyurjinyan S.¹⁾, Ter-Torosyan A.¹⁾, Savich-Shemet O.²⁾

¹⁾Limited liability company «ATMS Solutions»
Yerevan, Armenia

²⁾ Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Belarus

Annotation. The article discusses the features and principles of the methodology for environmental impact assessment in Belarus and abroad. Main features of environmental impact assessment in accordance with the requirements of the European Bank for Reconstruction and Development are given using the example of the highway M3 8.6 km – 56.0 km. The possible impact of project solutions on the components of the environment is estimated based on the results of the impact assessment and the solution of forecast tasks. A comparative description of the impact assessment in the Republic and in accordance with the requirements of the European Bank for Reconstruction and Development is given.

Keywords: environmental impact assessment (EIA), analysis of the environmental impact, pollution, socio-economic aspects of impact.

DEVELOPMENT OF GEOECOLOGICAL MONITORING OF GROUNDWATER UNDER NEW CONSTRUCTION AT AIRPORTS

Havryliuk R., Kril T.

Institute of Geological Sciences, the National Academy of Science of Ukraine,
O. Honchar Str., 55-b, 01054, Kyiv, Ukraine

E-mail: kril@nas.gov.ua

Annotation. The purpose of presented research is to develop the geoecological monitoring of groundwater on the territory of airport, taking into account new construction. The airport makes negative impact on all components of the environment, especially on aquifers. Main pollution sources of petroleum products are service center for aircraft maintenance, fuel and lubricant warehouses, fuel line systems, parking places for aircraft. New construction with pile foundation on the territory of airport leads to changes in the groundwater mode. The system of observation hydrogeological wells was proposed to determine direction and speed of spread possible pollution. Location of wells was justified geological structure of territory, geomorphology, meteorological and hydrogeological conditions of the airport, assessment of man-made factors (new construction and etc.).

Keywords: geoecological monitoring, hydrogeological conditions, groundwater, barrage, pollution, petroleum products.

INTRODUCTION

The operation of air transport is accompanied by a strong negative impact on all components of the environment. New construction, reconstruction, technical re-equipment of airports and airfields with a main runway length of 2100 m and more – planned activities belonging to the 1-st category of planned activities and facilities which may have a significant impact on the environment. That activities are subject to its assessment accordingly to the Law of Ukraine “On Environmental Impact Assessment” № 2059-VIII of 23.05.2017 and Directive 2011/92 / EU. The main types of negative impacts and their location on the territory of airfields are given in [1]. From the standpoint of engineering and geological research, the forecast of changes in groundwater levels and their pollution by petroleum products is an important condition for determining the impact of man-made activities on the environment.

The purpose of the research is to establish the impact on the environmental component – groundwater during the planned activities (new construction) on the territory of the aerodrome and to develop a system of geo-ecological monitoring of groundwater. The object of research – the territory of the international airport “Dnipropetrovsk”, Dniprociv, Ukraine, the subject of research – changes in the regime of groundwater under the influence of man-made activities.

CHANGES IN THE GROUNDWATER REGIME

Hydrogeological conditions of the study area to a depth of 40.0 m are characterized by the presence of one Quaternary unconfined aquifer. The constant level of it for the period of the survey (February – March 2020) was recorded at depths from 7.8 m to 10.3 m (abs.height 135.09-136.55 m) in the north-

western part and at depths from 10.5 m to 20.9 m (abs.height 127.36-134.94 m) in the central and south-eastern part.

Water-containing soils are loess-like sands (edP_{II}bg) and loams (edP_{III-IV}pl-kd) below the groundwater level, and deeper to hard red-brown loams (dP₁mr) [2]. The water-bearing stratum is heterogeneous in composition and filtration properties. Filtration coefficients of water-containing soils vary from 0.17 m / day to 0.90 m / day.

The aquifer is the lower Quaternary dense reddish-brown loam (dP₁mr), which lies at depths of 31.0-34.3 m (abs.height 113.72-115.61 m). The slope of the roof of the waterproof layer basically coincides with the slope of the earth's surface.

The aquifer is fed by infiltration of precipitation, leaks from water supply communications, inflow of soil flow from the areas hypsometrically located above.

The general direction of water flow from northwest to southeast is shown in Fig. 1. The scheme of hydro-isogypses illustrates the depth and nature of groundwater levels, which form a domed shape with a top within the village Aviatorske.

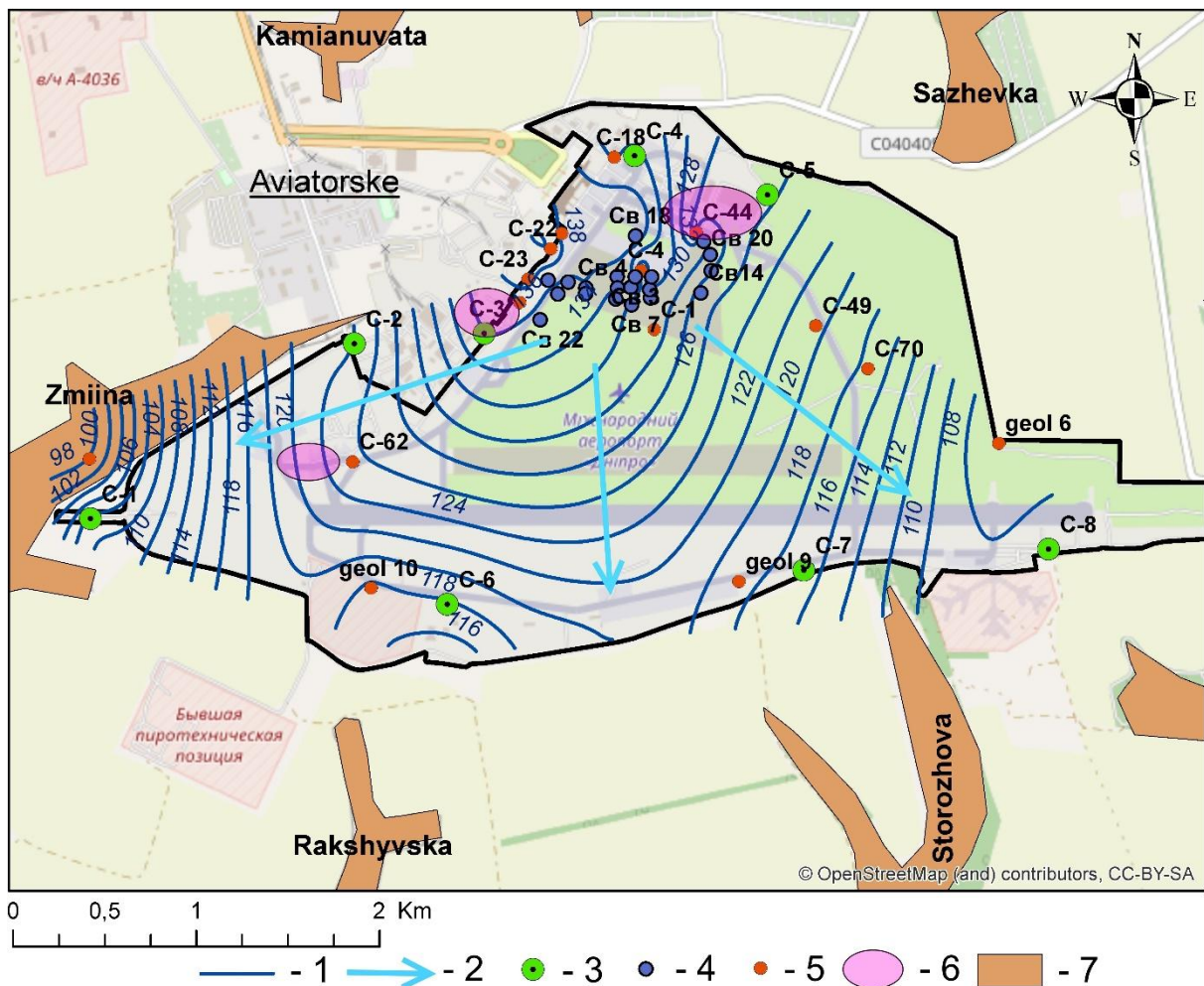


Fig. 1. Hydrogeological situation of the aerodrome territory: 1 –hydroisogypsum; 2 – direction of groundwater unloading; 3 – wells of the developed geocological monitoring network; 4 – existing wells; 6 – sources of possible contamination of soils and groundwater with petroleum products; 7 – a network of beams and ravines

This maximum position of the groundwater level in the north-western part of the territory is formed due to leaks from water networks laid along the buildings and structures of the airport, as well as adjacent residential buildings and indicates a significant man-made impact of the airport on groundwater.

Analysis of the groundwater level changes on the mode of well №134 GP “Ukrshidgeologia” located on the built-up area of the aerodrome) and the studied materials of surveys of previous years, were conclude that there was a rise of 3.6 m for the period from 1983 to 1992. From 1988 to 2010, there was a rise in the level of 7.0 m. Thus, the average rate of rise of groundwater level is 0.35-0.40 m / year, which indicates emergency leaks from communication networks. Currently, no observations are being made, but compared to the data of the depth of groundwater level, in 2020 there is a slight increase, and this is facilitated by climatic conditions (snowless winter and dry summer).

BARAGE EFFECT FROM NEW CONSTRUCTION

When the aerodrome area is built up with new structures, water consumption will be increased and, as a result, water leakages from underground water supply networks will increase, which may lead to an increase in the rate of groundwater level rise. Groundwater is unloaded towards the beams, then into the Dnieper River.

Among the various interventions in the geological environment in the implementation of planned activities, the greatest impact on changes in the hydrogeological situation will be areas where pile foundations are provided for airport buildings.

In accordance with building codes [3] when using foundations in the form of a continuous series of piles, recessed parts of buildings, retaining walls and other recessed structures in dense buildings should be calculated to determine: possible rise in groundwater levels due to the barrage effect, their spreading, impact changes in the hydrogeological regime for the stability and deformation of the surrounding buildings.

To predict the behavior of the hydrogeological system of the aerodrome, hydrogeological modeling of geofiltration processes was performed. A model with a filtration area of 740×450 m has been created for the new buildings.

The model reproduces the filtration area composed of an unconfined aquifer. The equation of stationary three-dimensional filtration of groundwater flow is described by the equation in partial derivatives:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = 0,$$

Where k_{xx} , k_{yy} , k_{zz} – filtration coefficients in the directions of the coordinate axes X, Y, Z; h – hydraulic head; W – volumetric flow per unit volume, representing sources and / or effluents of water.

For the numerical solution of differential equations in partial derivatives, the solution of similar systems of finite-difference equations is used, in which the differentials of the function h by the coordinates of space are replaced by small but finite increments by the same coordinates. To create a three-dimensional finite-difference filtration model, the software package Visual MODFLOW v.2.7.1 was used, which in many countries is approved as a standard among professional applications of three-dimensional modeling of groundwater flow [4, 5].

The distribution of hydro-isohypses and the direction of vectors of groundwater flow velocity, obtained by simulation results for the conditions before and after the planned activities (new building construction) are shown in Figure 2.

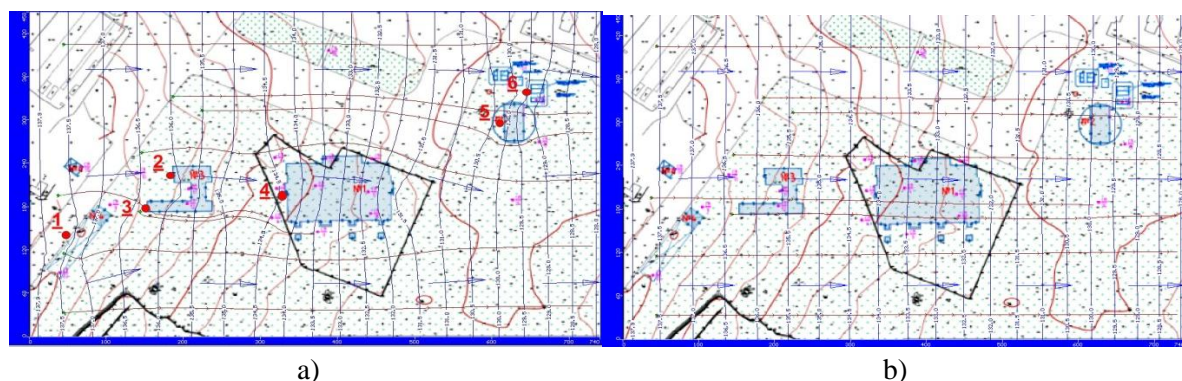


Fig. 2. Distribution of calculated values of hydroisogypsum and vectors of groundwater flow velocity of the territory of the planned activity before the arrangement of pile foundations (a) and after the arrangement of pile foundations (b)

When modeling the impact of planned activities, it is assumed that the piles cover the aquifer to its full capacity (buildings of passenger and VIP terminals, agro-industrial complex) and 5-7 m for the pumping station, fire tanks and repair base. To study the zone of influence of pile foundations on the deformation of the flow and the direction of current lines bypassing the piles, the calculation of filtration paths and trajectories for 8 particles – markers (green dots in Fig. 2, *a-b*) introduced into the aquifer. When studying the hydro-isohypses scheme in detail, the distortion of hydro-isohypses caused by the local influence of piles on the groundwater flow is noted. The general direction of the soil flow velocity vector is preserved.

6 observation points were placed in front of the structures in the direction of the filtration flow to establish the groundwater level increases as a result of the barrage effect (Fig. 2, *b*). The values of groundwater levels before and the forecast values after the arrangement of pile foundations at points are given in Table 1

Table 1
Raising groundwater levels (GWL) at observation points (Fig. 2, *b*) due to the barrage effect

Observation points	Designed building	GWL to the planned activities, m	GWL after the construction of buildings, m	Raising levels, see
1	Repair base	137,428	137,584	15,6
2	Administrative and household complex	135,901	136,163	26,2
3	Administrative and household complex	136,254	136,306	5,2
4	Passenger terminal	134,037	134,414	37,7
5	VIP-terminal	130,046	130,273	22,7
6	Pumping station, fire tanks	129,407	129,506	9,9

The expected rise of GWL by 5.2-37.7 cm in front of different types of structures with this type of foundations will not affect the operating conditions of structures. But in the geological environment on the territory of the terminal buildings at the local level will cause additional soaking and subsidence in the layers of loess-like loam (edP_{III-IIPl-kd}) and loess-like sands (vdP_{IIIbg}).

GROUNDWATER MONITORING NETWORK

In order to establish the actual volumes of pollution on the territory of Dnipropetrovsk International Airport, it is necessary to conduct an ecological and geological survey and implement monitoring at the sites of recorded and potential petrochemical pollution. The most probable sources of petroleum and chemical pollution of groundwater and soils in the planned activities are the following (see Fig. 1): service center for aircraft maintenance (ATB, hangars, etc.); fuel and lubricant warehouses (FLW), fuel line systems; parking lots; base of mechanization for special machines; production equipment and freight transport of enterprises of the communal production zone.

The most dangerous objects are fuel and lubricant warehouses on a small area of which are concentrated the main operations with petroleum products: reception, storage, delivery. Uneven fuel needs and peak loads on fuel storage facilities, seasonal change of aviation fuel type (summer, winter), wear of tank farm and technological equipment lead to systematic and emergency losses of petroleum products and formation of geological pollution centers [6].

It should be noted that all places of sources of groundwater pollution have a fairly high groundwater levels (138-122 m), which corresponds to depths of 6-11.5 m.

Fuel and lubricant warehouses are located west of the aerodrome. The total capacity of fuel storage tanks is 6.4 thousand m³.

Depending on the conditions of the groundwater aquifer, geological conditions that determine the migration of petroleum products in the geological environment, studies [6, 7] distinguish three typical hydrogeological schemes of formation of lenses of light petroleum products at aerodrome, including military, which are typical also for airports of Ukraine.

Among them, the conditions of the territory of Dnipropetrovsk International Airport correspond to the scheme typical for the territories of distribution of groundwater aquifer in aeolian-deluvial deposits outside the glaciation zone and for some areas within the glacier, where groundwater is formed into aeolian-deluvial deposits (Fig. 3).

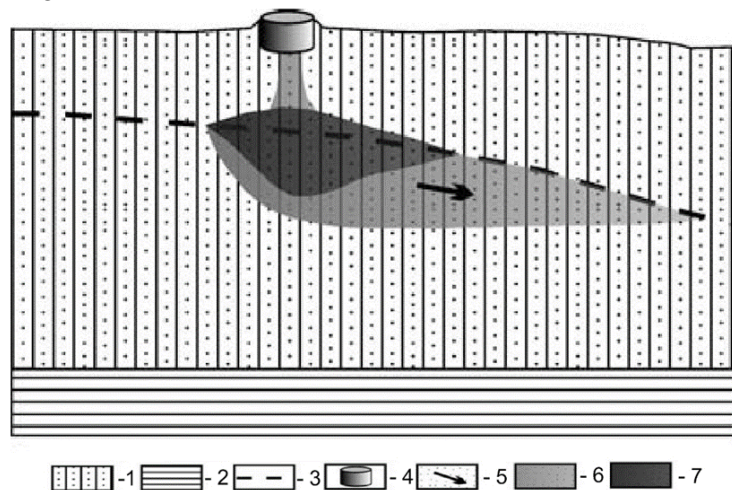


Fig. 3. Typical hydrogeological scheme of conditions for the formation of petroleum pollution on the territory of airdrome in the groundwater aquifer composed of rocks with low permeability (loams, sandy loams):

1 – loams, sandy loams; 2 – clays; 3 – groundwater level; 4 – source of pollution; 5 – the direction of movement of groundwater and the lens of petroleum products; 6 – zone of geological environment pollution; 7 – layer of mobile petroleum products

According to this scheme, deposits containing groundwater are represented mainly by loess-like loam, sandstones. Insignificant permeability of deposits causes slow speeds of movement of oil products that promotes formation of lenses of liquid petroleum products of considerable thickness (to 3-5 m, and more).

Depending on the slope of the groundwater surface and the permeability of the bearing soils, the lens of petroleum products can be located directly under the source of pollution, and move downstream of groundwater for a considerable distance (up to 1 km) and reach places of natural groundwater discharge into surface streams and reservoirs.

For geoecological monitoring we have proposed a system of observation wells (see Fig. 1). Substantiation of the location of the network of observation wells was performed on the basis of information about the geological structure, geomorphology, meteorological and hydrogeological conditions of the study area, assessment of artificial factors. In addition, the tasks facing the regime network of wells are taken into account, namely: detection of pollutants, establishing the direction and speed of spread of contaminated water, issuing a forecast of the development of the pollution process to develop measures to prevent it. Observation wells are located primarily in the area of the built-up area of residential buildings, along the main industrial structures and routes of the sewerage system, on the experimental industrial site, taking into account the natural movement of groundwater.

Observation wells, which determine the rate of spreading of polluting water, in this case are placed in the direction of spreading of the dome of the rise and the flow of groundwater discharge. Namely, given the area of the airport, observation wells (OW) are located as follows (see Fig. 1):

OW. №1 – in the middle part of the left side of the beam "Zmiina", which is located in the immediate vicinity of the western side of the airport;

OW. №2 – at the top of the left side of the beam "Zmiina", on the border with residential buildings;

OW. №3 – in the area of the petroleum base;

OW. №4 – above the airport;

OW. №5 – in the area of the hangar "C";

OW. №6 – at the top of the Rakshyvaska beam;

OW. №7 – in the upper part of the Storozhova ravine, in the area of the aircraft parking;

OW. №8 – at the top of the "Mostova" beam.

The location of observation wells is provided in the main direction of groundwater flow. The target consists of two and three observation wells to obtain the characteristics of the first from the surface of the unconfined aquifer, as the most exposed to man-made impact and to determine the presence of leaks from existing water supply networks and structures.

CONCLUSIONS ANDRECOMMENDATIONS

The considered planned activity envisages creation of technogenic influences on the geological environment and underground hydrosphere in the area of the territory of the Dnipropetrovsk International Airport, the intensity and types of which differ at the stage of construction and its implementation.

In order to identify pollutants, establish the direction and speed of spread of polluted water, issue a forecast of the pollution process to develop measures to prevent it within the planned activities, it is proposed to create the geoecological monitoring network of 8 observation hydrogeological wells. The proposed observation network will determine the hydrodynamic structure of groundwater flow, which will make it possible to calculate the current balance of groundwater, including the balance of mass transfer. The line of wells is located near the boundaries of sources of possible pollution. This makes it possible to determine the hydrochemical parameters of groundwater entering the experimental area of the airport and beyond.

The number of observation wells and their location may increase over time, if necessary, to clarify the speed and nature of the movement of contaminated water. According to the project, in the first stage a

network is created for monitoring, which includes a minimum number of observation wells. The results of observations of these wells will establish the need for further development of the network, the number of additional wells and their location.

Given the planned activities, in particular the arrangement of the platform in the central part of the aerodrome, where waiting and parking of aircraft can be a source of petroleum into the soils, it would be appropriate to place an additional observation well in the central part of the aerodrome.

An additional source of environmental pollution is surface runoff from paved parking areas of cars, aircraft, steering wheel and runway is partially collected by a closed rain system, partially filtered into the soil. Minimization of the impact of surface runoff is provided by the implementation of the project of construction of rainwater drainage of the aerodrome and rainwater treatment plants.

After construction by new passenger terminals, and in particular through the laying for their operation of water supply and sewerage networks in case of improper operation can create man-made additional soil moisture, raising the groundwater level and conditions for intensification of subsidence in loess soils. At the same time, the most dangerous are leaks from heating networks; the high temperature falling into the soil, water provokes a more intensive development of subsidence. To avoid such situations, it is necessary to monitor the condition of networks and timely repairs.

REFERENCES

1. Kril T.V., Gavriyuk R.B., Gulevets D.V. Modern principles of environmental impact assessment of airports and airfields. Proceedings of the IX International Scientific Conference “Actual problems of environmental research”, May 25-27, 2021 Sumy, 2021. P. 238-243.
2. Fedorenko V.I., Revenko O.O. Report on the implementation of engineering and geological surveys at the site: “Construction of an international passenger terminal, buildings and service facilities, a guest parking lot of the airport complex of the city of Dnipro on the street. Airport in the town of Aviatorske, Dniprovskiy district, Dnipropetrovsk region”. Arch. number 8517. Dnipro, 2020, 192 p.
3. Foundations of buildings and structures: DBN B.2.1-10: 2018 Introduction. to replace DBN B.2.1-10-2009; valid from 2019-01-01. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2018. 36 p. (State building norms of Ukraine).
4. US Department of the Interior. URL: <https://www.doi.gov/> (August 1, 2020).
5. US Geological Survey. URL: <https://www.usgs.gov/> (August 1, 2020).
6. Gavriyuk R.B. Hydrogeological conditions of formation of aviation kerosene lenses at military airfields of Ukraine (on the example of an airfield in Mykolayiv): author's ref. dis. Cand. geol. Science: 04.00.06. Kyiv: Inst. Of Geologists. Science, 2013. 22 p.
7. Gavriyuk R.B., Zagorodniy Y.V., Plyusnina O.I. Typification of conditions for formation of petrochemical pollution centers at military airfields of Ukraine. Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. Vip. 2. 2009. S. 245-251.

WATER ALLOCATION PLAN: A CASE STUDY FOR KURA UPSTREAM OF MINGACHEVIR WATER RESERVOIR DAM BASIN

Imanov F.¹⁾, Verdiyev R.²⁾, Aliyeva I.³⁾, Agayev Z.⁴⁾

^{1), 3)} Baku State University

²⁾ Ministry of Ecology and Natural Resources of Azerbaijan Republic

⁴⁾ Institute of Geography of Azerbaijan National Academy of Sciences

E-mail: farda_imanov@mail.ru

Annotation. The article is devoted to the development of a Plan for distribution of surface water resources for Kura upstream of Mingachevir Dam River Basin within Azerbaijan in line with the requirements of the EU Water Framework Directive. Main components of this Plan are consisted of existing surface water resources, the quantity of environmental flow, water use indicators for drinking water supply and irrigation. Given that the water resources of the studied region are limited, the amount of environmental runoff was taken at 20% of the long-term annual runoff in water distribution plan. The main water user in the region is agriculture. Water losses in the irrigation systems of the region are at least 21 %. The plan is designed both for the modern period and for 2035. It is shown that the water management balances of the studied river basins are characterized by a positive sign. However, if the extremely dry period of 2014–2020 is going to continue, the situation may worsen. A number of gaps were identified in the process of compiling the plan that affect the accuracy of evaluation of individual components.

Keywords: water allocation plan, water intake, irrigation, water losses, drinking water supply, environmental flow.

INTRODUCTION

Water Allocation Plans aim to protect the environment and equitably share the available water between users, to ensure the long term sustainability of the water resource. Plans are developed in regions where there are competing demands for water; there is risk from water use on significant environmental or cultural values, or a need to manage the whole system (surface water and groundwater reserves) due to their significant inter-connection.

Several Water Allocation Plans were developed for various river basins across the globe. Those plans have many common features (<https://denr.nt.gov.au/water/water-management/water-allocation-plans/about-water-allocation-planning>).

Community involvement is integral to the water planning process. At the commencement of a water allocation planning process, a community advisory committee is usually established.

A finalized Water Allocation Plan applies for up to 10 years and is reviewed at least every five years. The review process provides an opportunity to assess progress and fine tune the Plan based on new information gained through its monitoring program.

Based on international experience, are identified ten ‘golden rules’ of basin water allocation planning (Speed, Robert and et al., 2013).

Modern approaches to water allocation increasingly recognize that different levels of priority should be afforded to different users. In a basin allocation process, priority water needs should be identified and met before the remaining water is allocated among the regions within the basin. For the purposes of this project, priority purposes include both:

- water to meet priority human and political needs: such as water for basic human needs (drinking water, sanitary purposes) and for projects of strategic or national significance
- water to meet environmental flow requirements: that is, the water and flow patterns required to sustain aquatic ecosystems and river processes.

Allocating water to meet basic societal needs – that is, the water necessary for domestic survival – is naturally the first priority of most water allocation systems. A number of different values have been suggested to meet this requirement, ranging from 20 to 100 liters per capita per day (WHO, 2003). Ultimately, domestic water use in the majority of catchments is a very small percentage of the total available resource.

In addition to domestic requirements, water may be allocated as a priority to communities to support subsistence livelihoods. This can particularly apply within poorer communities, where water is used to maintain food gardens and to support livestock. This water is often not recognized as water for basic human needs, as it is used for a productive purpose. However due to the subsistence nature of its use and its importance to such marginalized groups, policy and law often recognize this as a permissible water use without any further authorization required. As such, statutory or common law rights to take water for such purposes are recognized in many jurisdictions – in such circumstances a person may be allowed to take water for watering livestock or for subsistence farming, without the need for a license or other permit (South Africa Water Act, 1998).

There is too low experience on development of Water Allocation Plans. The Comprehensive Scheme named “Protection and use of water resources in Kura River basin” was developed in former USSR, however, it was not agreed by the Azerbaijan, Georgia and Armenia Republics. The contracts were signed between Azerbaijan and Russia on the sharing of waters of Transboundary Samur River, and Azerbaijan and Iran on the sharing of waters of Transboundary Aras River. However, these contracts only specified the volume of water each country can take from those 2 rivers. Recently (2016), with the financial support of European Union, the project named “Water Resource use studies in selected Transboundary tributaries (Zayamchay and Goshgarchay) in the Central Kura Pilot basin of Azerbaijan combining IWRM and WFD objectives through establishment of environmental flows and EQOs” has been implemented. Under this project, Water Allocation Plan was developed within the framework of IWRM and EU WFD RBMP approach and the following issues have been reflected in the Plan (www.cap-net.org).

Below the information is provided regarding the determination methodology of the components of Water Allocation Plan developed for Kura Upstream of Mingachevir water reservoir dam basin (Fig. 1).

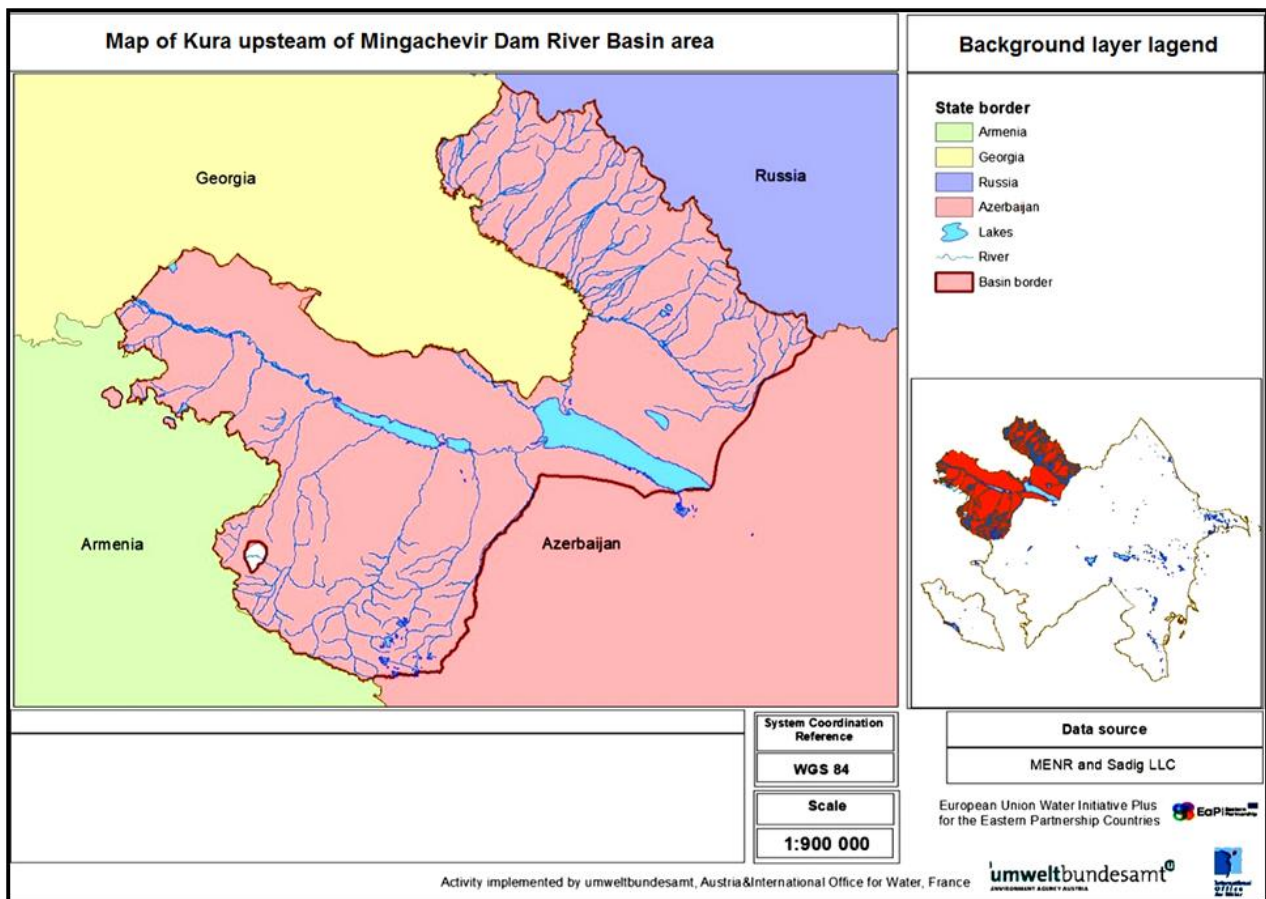


Fig. 1. Map of Kura upstream of Mingachevir Dam River Basin area

RESULTS AND DISCUSSION

Calculation of annual flow with return period of 1/20 years (Q95%). As the hydrological observation sites operating on the rivers of pilot area are located in the upper parts of the river basins, it is not possible to directly determine the total flow in the basin. For this reason, river flows have been estimated indirectly.

Total flow volumes of the rivers were last calculated in 1989 according to the data from 1975 (Rustamov and Gashgai, 1989). These figures have been clarified using observational data up to 2017. In order to implement this, the multi-year estimates of average annual water consumption observed between 1975 and 2017 were compared. The annual flow has recently increased in some hydrological points and decreased in others. However, the value of these changes is small and is within the measurement accuracy (5-10%) of water flow amount in the pilot area rivers. 15.2% decrease was registered only in Talachay-Zagatala hydrological point.

The multi-annual and Q95% of the average annual water flow amount observed up to 1975 were compared in the next stage, and their ratios were determined. Then, multi-annual values of average annual water flow amount were specified, considering flow changes. The final estimates of Q95% were calculated using these adjusted values and the calculated ratios (Table 1). The amount of Q95% for 2035 was provided in the plan, considering climate change. Thus, the flow is expected to decrease by 5% for the Ganikh Basin rivers and by 10% for the Ganja-Gazakh region.

Determination of environmental flow. The values of environmental flow were calculated through 2 various methods. The first method is mainly used in the projects implemented by “Amelioration and Water Economy” OJSC. According to this method, which was proposed in the former USSR and later refined, the annual value of environmental flow is assumed to be 75% of the minimum water discharge of 95 % exceedance of probability (Fashevsky, 1996). The second method also belongs to the group of hydrological methods and considers the multiple fluctuations of the flow over the months (Imanov, 2000; Imanov and *et al.*, 2017).

The values of environmental flow calculated for each of the two methods for rivers with hydrological observation points. According to the method used by “Amelioration and Water Economy” OJSC, the value of environmental flow is on average 20% of the average multi-year flow, and according to the method proposed by Imanov, 34%.

The value of environmental flow for both two regions was accepted to be 20% of the average multi-annual flow in this Plan (Table 1).

The value of environmental flow for 2035 has been maintained at the level of 2020 (20%).

Drinking water supply. Information characterizing current state of drinking water supply was taken from “Azersu” OJSC (www.azersu.gov.az). However, this data is provided not for river basins, but administrative districts. Therefore, this data was recalculated for river basins, considering the location of settlements (cities and numerous villages). “Azersu” OJSC assumes the amount of drinking water to be supplied to the population per day, including losses, is on average 70 l/sec, within the water supply projects it implements in the regions. At present, the population living in the Ganikh river basin is provided with 61 liters of drinking water per day. 54 liters of this water falls on surface water and the remaining 7 liters on groundwater.

The situation is different in Ganja-Gazakh region. Data on drinking water used in this region characterize only the population served. Thus, centralized water supply systems cover only district centers (cities) and several nearby villages. There is no official information about the remaining villages in the districts.

According to the information received, in 2019, only 10.31 million m³ of water was supplied to the settlements with centralized water supply in Ganja-Gazakh region: 6.21 million m³ (60%) was abstracted from surface and 4.10 million m³ (40%) from groundwater sources.

According to the information provided by State Statistics Committee of Azerbaijan, currently (as of January 1, 2020) 1 million 299 thousand people live in the Ganja-Gazakh region (www.stat.gov.az). If we consider that the norm of drinking water for 1 person is 70 l/sec per day, then the demand for drinking water of the entire population of this region will be 33.20 million m³ per year. Thus, only 31% (10.31 million m³) of water abstracted from natural water sources for drinking is currently registered in the Ganja-Gazakh region. The plan only gives the amount of water used through centralized water supply systems, and as can be seen, these figures do not reflect the current reality in individual river basins.

The amount of drinking water to be used for 2035 was calculated considering the dynamics of population growth, while the daily drinking water norm was maintained at the current level (70 l/sec). The quantity of water to be abstracted from surface water sources in river basins is assumed to be at the current percentage of these waters.

Water use for irrigation purposes and water losses. Information characterizing the current situation on the use of water for irrigation purposes was obtained from “Amelioration and Water Economy” OJSC (www.mst.gov.az). However, this information is also provided for administrative districts. Therefore, these data were recalculated for river basins, considering the location of irrigated areas (Table 1).

The amount of drinking water to be used for 2035 was maintained at the current level in the Plan.

According to the information presented in “Water economy balance for Ganikh river basin” developed pursuant to the Rules approved by the Cabinet of Ministers, water losses in irrigation systems of the basin accounts for 21%. There is no correct information regarding water losses for Ganja-Gazakh region. Therefore, water losses for both two regions have been assumed as 21% in the Plan.

Water losses for 2035 were also not changed and kept at the level of 21%. Thus, subject to opinion of a group of Azerbaijani water experts, currently, losses in many river basins are at the level of 30-40%.

The main ways for reducing the water losses occurred in irrigation systems are the application of modern irrigation methods and good agricultural practices.

Water Allocation Plan analysis. The main water user in both the Ganikh (Alazani) basin and the Ganja-Gazakh region is irrigated agriculture. However, the proportions of surface and groundwater used for irrigation are different in these two regions. Thus, more surface water (193.4 million m³ of surface water and 21.0 million m³ of groundwater) is used in the Ganikh (Alazani) basin, and groundwater (611.3 million m³ of groundwater and 371.3 million m³ of surface water and) in the Ganja-Gazakh region. The share of surface water in the drinking water supply of the population living in the Ganikh (Alazani) basin is several times higher than groundwater (8.97 million m³ of surface water and 2.74 million m³ of groundwater). In the Ganja-Gazakh region, the amount of water abstracted from surface water sources is higher for settlements with centralized water supply: 6.21 million m³ (60%) of surface water and 4.10 million m³ (40%) of groundwater.

Analysis of the developed Plan indicates that water economy balances in river basins of both 2 regions are positive. Only in the Kurakchay basin in 2035 a very weak water shortage is expected (Table 1).

The water economy balance of the Ganikh (Alazani) Basin Rivers is expected to be positive. Hence, this region of Azerbaijan is well provided with water resources. However, it should be considered that in the Ganikh basin, along with irrigated agriculture, dry farming is also widely used. The drought observed during 2014-2020 and being continued currently may increase the demand for irrigation water.

It is surprising that the water balance of river basins in the Ganja-Gazakh region is positive, because it is known that in the summer there is no water in the lower reaches of this river. Most likely, the reason why the balances are positive is due to errors in the data used in the Plan. This is primarily due to the Q95% of river flows and the amount of water abstraction for irrigation.

Table 1

Water Allocation Plan

River	Period	Surface water use, mln. m ³					
		Available resources	Human water Consumption	Irrigation water use, water transfer and uncontrolled water use	Water losses	Environmental flow	Water deficit (excess)
Ganja – Gazakh subbasin							
Agstafachay	Current	252.4	0.00	99.3	26.4	95.2	+31.5
	2035	227.2	0.00	99.3	26.4	95.2	+6.3
Hesensu	Current	34.1	0.08	7.6	2.0	13.6	+10.8
	2035	30.7	0.42	7.6	2.0	13.6	+7.1
Akchinjachay	Current	93.9	0.20	23.0	6.1	31.8	+32.8
	2035	84.5	1.25	23.0	6.1	31.8	+22.4
Zeyemchay	Current	101.6	0.28	29.0	7.7	38.4	+26.2
	2035	91.4	1.36	29.0	7.7	38.4	+14.9
Jeyirchay	Current	31.4	0.00	3.6	0.9	11.4	+15.5
	2035	28.3	0.00	3.6	0.9	11.4	+12.4
Shamkirchay	Current	183.5	0.93	20.1	5.5	60.2	+96.8
	2035	165.2	7.78	20.1	5.5	60.2	+71.6
Goshgarchay	Current	58.5	0.09	0.9	0.2	18.6	+38.7
	2035	52.6	0.66	0.9	0.2	18.6	+32.2
Ganjachay	Current	99.2	1.85	25.5	6.8	29.2	+35.8
	2035	89.3	1.93	25.5	6.8	29.2	+25.9
Kurekchay	Current	91.8	1.90	28.0	7.4	44.8	+9.70
	2035	82.6	3.78	28.0	7.4	44.8	-1.4
Goranchay	Current	63.1	0.69	16.6	4.4	18.8	+22.6
	2035	56.8	3.02	16.6	4.4	18.8	+14.0
Injachay	Current	30.3	0.18	1.8	0.5	9.8	+18.0
	2035	27.3	0.36	1.8	0.5	9.8	+14.8
Ganikh/Alazani river basin							
Mazimchay	Current	52.3	0.18	3.0	0.8	18.5	+29.8
	2035	49.7	0.20	3.0	0.8	18.5	+27.2
Balakanchay	Current	95.2	1.02	6.3	1.7	33.4	+52.8
	2035	90.4	1.08	6.3	1.7	33.4	+47.9
Katekhchay	Current	234.6	0.66	5.8	1.5	70.0	+156.6
	2035	222.9	0.69	5.8	1.5	70.0	+144.9
Talachay	Current	101.3	1.54	4.7	1.2	30.7	+63.2
	2035	96.2	1.74	4.7	1.2	30.7	+57.9
Mukhahchay	Current	214.5	1.02	11.9	3.2	60.4	+138.0
	2035	203.8	1.16	11.9	3.2	60.4	+127.1
Kurmukhcaay	Current	245.4	1.12	23.8	6.3	69.1	+145.1
	2035	233.1	1.32	23.8	6.3	69.1	+132.6
Ayrichay	Current	264.9	3.74	99.0	26.3	92.7	+43.2
	2035	251.6	4.25	99.0	26.3	92.7	+29.4

Note: An average of 49 million m³ of irrigation water is transferred annually from the Yenikend reservoir built on the Kura River to the Ganjachay basin (Samukh region).

CONCLUSIONS

Water allocation is in almost all cases based on uncertain input data and can therefore not provide guarantees. In this regard, the following may be presented for the Water Allocation Plan developed for Kura Upstream of Mingachevir water reservoir dam basin:

1. The number of monitoring sites where river flow (also for groundwater flow) is recorded, is low. There are no monitoring points over several transboundary (Agstfachay, Hasansu, Mazimchay) and local rivers (Goranchay, Mukhahchay, Katekhchay, Jayirchay);
2. The accuracy of information regarding the use of river flow (also for groundwater) is lower;
3. As the Water Resources are not Managed Integrated and Basin Approach is not introduced, information on used irrigation water and drinking water is collected for administrative districts. The calculation of this data for particular river basins bears subjective character;
4. No forecasts have been developed on the expansion of irrigated areas and the associated increase in demand for irrigation water;
5. There is no legal-normative document for the assessment of environmental flow;
6. The organization responsible for the implementation and monitoring of the Water Allocation Plan is unknown.

Implementation of the "Rules for compiling water balances for the republic, water basins and administrative territorial units" approved by the Decision of the Cabinet of Ministers of the Republic of Azerbaijan will ensure more accurate development of Water Allocation Plans.

REFERENCES

1. Faschevsky B.V. Fundamentals of Environmental Hydrology. Mn.: Ekoinvest, 1996, 240 pp. (in Russian).
2. Imanov F.A. Minimum flow rivers of the Caucasus. Baku. 2000, Publishing house "Naphtha -Press", 298pp. (in Russian).
3. Imanov F.A., Rajabov R.F., Nuriyev A.A. A method to determine environmental flows: A Case Study for mountainous Ganjachay River in Azerbaijan // 31st session EFC/FAO Working Party on the Management of Mountain Watersheds. Management. Prague, 2017, September 4-6, Pp.15-25.
4. Rustamov S.H., Gashkai R.M. Water resources of Azerbaijan SSR. Baku, Science, 1989, 181 p. (in Russian).
5. South Africa Water Act. No. 36 of 1998). <http://www.info.gov.za>
6. Speed Robert; Yuanyuan Li; Zhiwei Zhou; Quesne Tom Le; Pegram Guy. 2013. Basin Water Allocation Planning: Principles, Procedures and Approaches for Basin Allocation Planning. © Asian Development Bank, GIWP, UNESCO and WWF-UK. <http://hdl.handle.net/11540/82>. License: CC BY-NC IGO 3.0. Print ISBN 978-92-3-001158-1
7. World Health Organization (WHO). 2003. The Right to Water. Health and human rights publication series no. 3. Geneva, WHO.
8. www.azersu.az
9. www.stat.gov.az
10. www.mst.gov.az
11. www.cap-net.org
12. <https://denr.nt.gov.au/water/water-management/water-allocation-plans/about-water-allocation-planning>

წყალსაცავების დაცლისა და შევსების დროის განსაზღვრა

ი.იორდანიშვილი, ი.ირემაშვილი, კ.იორდანიშვილი, მ.მღებრიშვილი, ი.ქუფარაშვილი, გ.ნატროშვილი, დ.ფოცხვერია, ნ. კანდელაკი, ლ.ბილანიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

ი. ჭავჭავაძის გამზ. 60^ბ, 0179, ქ. თბილისი, საქართველო

E-mail: irinajord48@mail.ru

ანოტაცია. სტატიაში განხილულია წყალსაცავების სრული ან ნაწილობრივი დაცლის (შევსების) დროის განსაზღვრის მეთოდი.

განგარიშებისას გამოყენებულია რეზერვუარის სრული ან ნაწილობრივი დაცლის (შევსების) ჰიდრაულიკური მეთოდი ცვალებადი დაწნევის გათვალისწინებით.

საკვანძო სიტყვები: წყალსაცავები, დაცლა, შევსება.

შესავალი

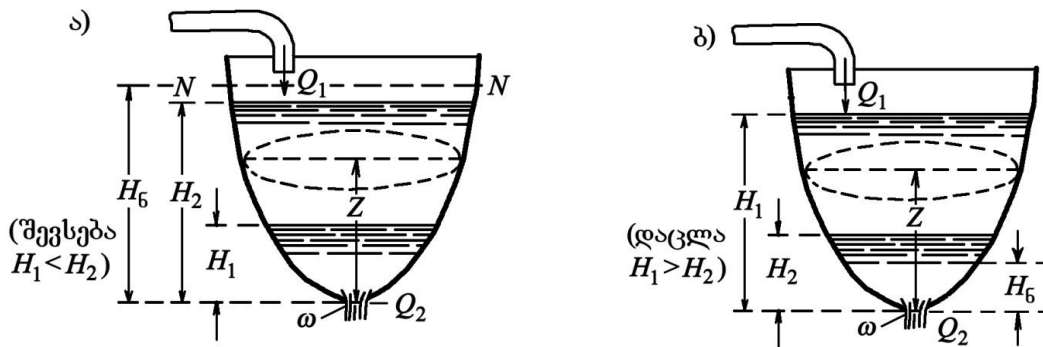
წყალსაცავებზე სხვადასხვა სამუშაოების ჩასატარებლად (ფსკერის გაწმენდა ნატანისგან, გალერეებისა და წყალგამშვები ნაგებობების სარემონტო სამუშაოები და სხვ.) საჭიროა წყალსაცავის მოცულობის სრული ან ნაწილის დაცლა (შევსება). ამისათვის საჭიროა წყალსაცავის დაცლის (შევსების) დროის წინასწარი განსაზღვრა.

ბოლო დროს წყალსაცავების დაცლის პრობლემა მეტად აქტუალურია, რადგან მის ფსკერსა და ნაპირზე სედიმენტაციური და აბრაზიული პროცესები მნიშვნელოვნად გააქტიურდა, რამაც გამოიწვია ფსკერზე ნატანის მნიშვნელოვანი მოცულობის დაგროვება (ცხრ. 1). აღნიშნულის გამო წყალსაცავების დაცლის (შევსების) დროის წინასწარი განსაზღვრა მეტად მნიშვნელოვანი ამოცანაა.

ძირითადი ნაწილი

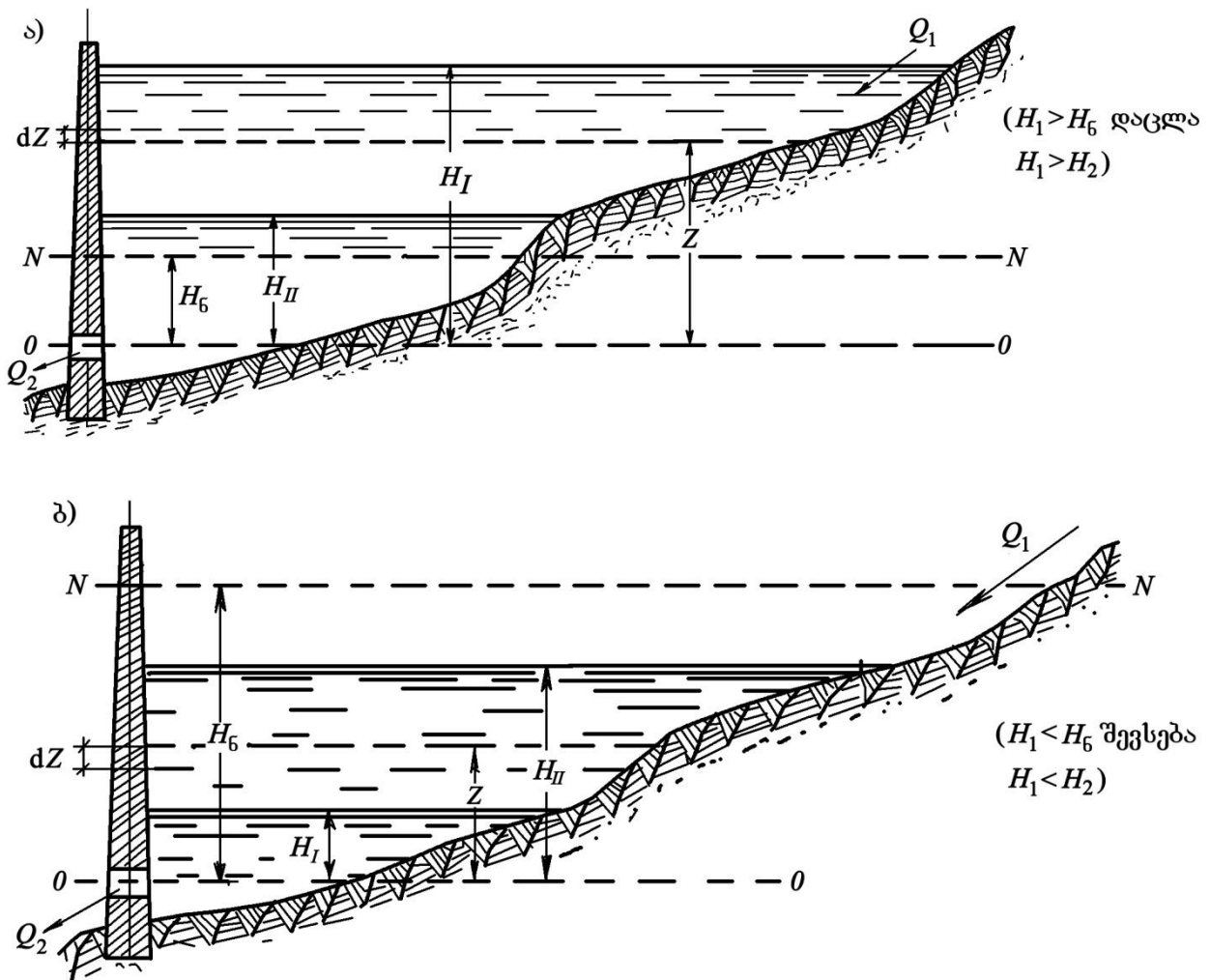
წყალსაცავების დაცლის (შევსების) დროის (T) ანგარიში ტარდება ჰიდრაულიკური მიახლოებითი მეთოდის გამოყენებით [1, 2].

წყალსაცავების დაცლის (შევსების) დროის გაანგარიშებისას გამოვიყენოთ რეზერვუარიდან სითხის გამოდინების (ჩადინების) ჰიდრაულიკური ამოცანა ცვალებადი დაწნევისას. ჰიდრაულიკური ამოცანის – ცვალებადი დაწნევის დროს გამოდინების (შევსების) ამოცანის განხილვისას მივიღოთ შემდეგი აღნიშვნები (ნახ. 1, 2).



ნახ. 1. წყალსაცავების შევსების (ა) და დაცლის (ბ) ჰიდრავლიკური სქემები:

Z - ცვალებადი დაწნევა გამშვებ ნაგებობაზე (ლიობზე), მ; F - წყალსაცავში წყლის ზედაპირის სარკის ფართობი შესაბამისი დაწნევისას, მ²; Q_1 - წყალსაცავში წყლის შემოდინების ხარჯი, მ³/წმ; Q_2 - წყალსაცავიდან წყლის გადინების ხარჯი, მ³/წმ; H_1 - გამშვებ ნაგებობაზე (ლიობზე) საწყისი დაწნევა, მ; H_2 - გამშვებ ნაგებობაზე (ლიობზე) სასრული დაწნევა, მ; H_6 - ე. წ. „ნორმალური“ დაწნევა, მ; t_1, t_2 - დროს მომენტების მნიშვნელობები შესაბამისი (H_1) და (H_2) დაწნევისას, ($t_2 - t_1$) = T - წყალსაცავის დაცლის (შევსების) დრო, წმ; W - ლიობის ფართობი, მ²; μ - 0,60-0,62 - ლიობის ხარჯის კოეფიციენტი



ნახ. 2. წყალსაცავის დაცლის (ა) და შევსების (ბ) გრძივი სქემები:

H_1 - საწყისი დონის სიდიდე, H_2 - საანგარიშო დონის სიდიდე,
 H_6 - „ნორმალური“ დონის სიდიდე

წყალსაცავიდან წყლის გამოდინების ბალანსის შეფასებისას გამოვიყენოთ ღიობიდან წყლის გამოდინების ჰიდრავლიკური ამოცანა ცვლადი დაწნევის (dz) დროს [3]:

$$Fdz = Q_1 dt - Q_2 dt, \quad (1)$$

სადაც Q_1 არის ჩამოდინებული წყლის ხარჯი, Q_2 – გამოდინებული წყლის ხარჯი, dz – წყლის ზედაპირის დონის ცვალეზადობა (dt) დროის მანძილზე.

წყალსაცავის ზედაპირზე ცვალეზადი დაწნევისას დაცლის (შევსების) ძირითად დიფერენციალურ დამოკიდებულებას აქვს სახე:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{Q_1 - \mu\omega\sqrt{2gZ}}{F}, \quad (2)$$

სადაც

$$Q_1 = f(t), \quad (3)$$

$$F = f(Z). \quad (4)$$

$$\text{წყალსაცავის შევსებისას} - H_2 > H_1, dZ > 0, \quad (5)$$

$$\text{წყალსაცავის დაცლისას} - H_2 < H_1, dZ < 0. \quad (6)$$

პრაქტიკული შემთხვევებისთვის დიფერენციალური განტოლება (1)-ის ინტეგრირება ხორციელდება გამოთვლების მიახლოებითი მეთოდით.

წყალსაცავიდან გამოდინების (შევსების) დროის გაანგარიშება ტარდება პირობის გათვალისწინებით:

$$Q_1 = \text{const}, \quad (7)$$

$$F = f(Z). \quad (8)$$

განტოლება (2) კვადრატურის სახით ჩაიწერება:

$$t_2 - t_1 = T = \int_{H_1}^{H_2} \frac{FdZ}{Q_1 - \mu\omega\sqrt{2gz}}, \quad (9)$$

სადაც ინტეგრალი (9) დამოკიდებულია მხოლოდ ცვლად (Z)-ზე. წყლის გამოდინების შემთხვევაში იანგარიშება დაწნევის ის მნიშვნელობა (H_6), რომლის დროსაც გამშვები ღიობი ატარებს მუდმივ ხარჯს – $Q_2 = \text{const}$, ხოლო (H_6)-ის მნიშვნელობა დგინდება პირობიდან:

$$Q_2 = \mu\omega\sqrt{2gH_6} = \text{const}, \quad (10)$$

საიდანაც
$$H_6 = \frac{(Q_2)^2}{2g\mu^2\omega^2}, \quad (11)$$

სადაც H_6 ე. წ. „ნორმალური“ დაწნევაა, ხოლო N – „ნორმალური“ დონე.

H_6 და H_1 მნიშვნელობების შესაბამისად გვაქვს წყალსაცავის შევსების ან დაცლის მომენტები:

$$\text{შევსებისას} \quad H_1 < H_6, \quad (12)$$

$$\text{დაცლისას} \quad H_1 > H_6, \quad (13)$$

ორივე შემთხვევისას ნორმალური დაწნევა უცვლელია $H_6 = \text{const}$.

წყალსაცავის დაცლის ან შევსების დროის (T) პრაქტიკული გაანგარიშების მეთოდოლოგია

წყალსაცავის დაცლის დროის (T) მნიშვნელობის ანგარიში ტარდება წყალსაცავში ჰორიზონტის (H₁)-დან დაწვევისას ჰორიზონტ (H₆)-მდე (ნახ. 2ა), ხოლო შევსებისას (H₁)-დან აწვევისას (H₆)-მდე, ნახ. V. 2. ბ.

განტოლება (9)-ში $t_2 - t_1 = T = \int_{H_1}^{H_2} \frac{FdZ}{Q_1 - \mu\omega\sqrt{2gZ}}$ ჩავსვათ (Q₁)-ის მნიშვნელობა

განტოლება (11)-დან $H_6 = \frac{(Q_1)^2}{2g\mu^2\omega^2}$, საიდანაც: $Q_1^2 = H_6 \cdot 2g\mu^2\omega^2$, აქედან $Q_1 = \mu \cdot \omega \sqrt{H_6 \cdot 2g}$.

მაშინ განტოლება (9) წყალსაცავის შევსებისას მიიღებს სახეს:

$$t_1 - t_2 = T_{შვს.} = \frac{1}{\mu\omega\sqrt{2g}} \int_{H_1}^{H_2} \frac{FdZ}{\sqrt{H_6} - \sqrt{Z}}, \quad (14)$$

ხოლო წყალსაცავის დაცლისას:

$$t_1 - t_2 = T_{დაც.} = \frac{1}{\mu\omega\sqrt{2g}} \int_{H_1}^{H_2} \frac{FdZ}{\sqrt{Z} - \sqrt{H_6}}, \quad (15)$$

აღვნიშნოთ

$$Z_{\max.(H_2 > H_1) შვს.} = \int_{H_1}^{H_2} \frac{FdZ}{\sqrt{H_6} - \sqrt{Z}}, \quad (16)$$

რომელიც ე.წ. წყალსაცავის შევსების „მოდულია“, ხოლო

$$Z_{\max.(H_1 > H_2) დაც.} = \int_{H_1}^{H_2} \frac{FdZ}{\sqrt{H_6} - \sqrt{Z}}, \quad (17)$$

რომელიც ე.წ. წყალსაცავის დაცლის „მოდულია“.

მაშინ განტოლება (15) შევსების „მოდულის“ (Z_{max.შვს.}) გათვალისწინებით – წყალსაცავის სრულად შევსების დრო (T) იქნება:

$$T_{შვს.} = \frac{1}{\mu\omega\sqrt{2g}} \cdot Z_{\max.შვს.} \quad (18)$$

დაცლის „მოდულის“ (Z_{max.დაც.}) გათვალისწინებით – წყალსაცავის სრულად დაცლის დრო (T_{დაც.}) იქნება:

$$T_{დაც.} = \frac{1}{\mu\omega\sqrt{2g}} \cdot Z_{\max.დაც.} \quad (19)$$

მაგალითი. სიონის წყალსაცავის დაცლის დროის (T_{დაც.}) ანგარიში (ნორმალური შეტბორვის დონიდან)

სიონის წყალსაცავის ტაფობის წყლისგან დაცლის დროის ანგარიშისათვის საჭირო საწყისი მონაცემები:

– სიონის წყალსაცავის სქემა, სარკის ფართობის, მოცულობების და დონური რეჟიმის მრუდები;

- წყალსაცავის დაცლის პროცესი ტარდება კატასტროფული წყალსაგდების გარეშე, რადგან მასზე წყლის გადმოდინება ხორციელდება ნ.შ. დონეზე მაღალ ნიშნულზე;
- წყალსაცავში მდ. იორიდან ჩადინებული წყლის საშუალო წლიური ხარჯი $Q_1=11,6$ მ³/წმ;
- ენერგეტიკული წყალგამშვები ღიობიდან გადინებული წყლის ხარჯი $Q_{\text{ენ}}=23,0$ მ³/წმ; ირიგაციული წყალგამშვები ღიობიდან გადინების წყლის ხარჯი $Q_{\text{ორ}}=24,0$ მ³/წმ; ენერგეტიკული და ირიგაციული ღიობებიდან წყლის საერთო ხარჯი $Q=47,0$ მ³/წმ;
- ენერგეტიკული წყალგამშვები ღიობის ფართობი $\omega_{\text{ენ}}=6,15$ მ²;
- ირიგაციული წყალგამშვები ღიობის ფართობი $\omega_{\text{ორ}}=28,3$ მ²;
- ენერგეტიკული და ირიგაციული ღიობების საერთო ფართობი $\omega_{\text{ჯამ.ფ.}}=6,15+28,3\approx 34,5$ მ²; $\mu=0,60$ – ხარჯის კოეფიციენტი;
- წყალგამშვებ ღიობზე დაწნევის მაქსიმალური სიდიდე $H_1=1068,3 - 1010,0 = 58,3$ მ;
- წყალგამშვებ ღიობზე საბოლოო დაწნევა $H_2=0$.

რადგან სიონის წყალსაცავის $Z=f(F)$ გრაფიკი თითქმის სწორხაზოვანია [4], რაც ახასიათებს მთის წყალსაცავებს, ამიტომ დაცლის პროცესიც სწორხაზოვანია (ანუ პირდაპირპროპორციული). ე.წ. „ნორმალური“ დაწნევის მნიშვნელობა (H_6) ფორმულა (11)-ის გამოყენებით იქნება: $H_6 = \frac{(Q_2)^2}{2g\mu^2\omega^2} = \frac{47,0^2}{2 \cdot 9,8 \cdot 0,60^2 \cdot 34,5^2} = 0,26$ მ.

მაშინ, ფორმულა (19)-ის თანახმად, წყალსაცავის სრული დაცლის პროცესის დრო ($T_{\text{დაც.}}$) იქნება:

$$T_{\text{დაც.}} = \frac{1}{\mu\omega} \cdot Z_{\text{max.დაც.}} = \frac{1}{\mu\omega_{\text{ჯამ.}}} \cdot \int_{H_1}^{H_2} \frac{FdZ}{\sqrt{H_6 - \sqrt{Z}}} = \frac{1}{0,6 \cdot 36,6} \cdot \int_0^{63,3} \frac{10,5 \cdot 10^6}{\sqrt{0,26 - \sqrt{Z}}} dZ \approx 2100000 \text{ წმ} \approx 24 \text{ დღე-ღამე}$$

ამგვარად, სიონის წყალსაცავის სრულ დაცლას ნ.შ. დონიდან ღიობების ძირის ნიშნულამდე დასჭირდება 24 დღე-ღამე. აღსანიშნავია, რომ 2018 წელს ჩატარდა სიონის წყალსაცავის სრული დაცლა, რასაც დაჭირდა 24 დღე-ღამე.

იმ შემთხვევაში, თუ საჭიროა წყალსაცავის არასრულად დაცლა (ან შევსება), მაშინ საწყის და საბოლოო დონეებს შორის მანძილი დაყოფა (n) რაოდენობის ტოლ შუალედებად, რომელთა დაცლის (შევსების) დრო (T) იანგარიშება მრავალი წევრის მათემატიკური ინტეგრალის გამოყენებით. ამ შემთხვევაში, ანგარიშისათვის საჭიროა საწყის და საბოლოო დაწნევებს შორის მანძილის დაყოფა (n) რაოდენობის ტოლ შუალედებად, მაშინ განტოლება (16) მიიღებს სახეს

$$Z_{\text{შევს.}} = -\sum_{k=1}^{k=n} \frac{1}{2} \left[\left(\frac{F}{\sqrt{H_6 - \sqrt{Z}}} \right)_{k+1} + \left(\frac{F}{\sqrt{H_6 - \sqrt{Z}}} \right)_k \right] \cdot \delta Z_{K_1 K+1}, \quad (20)$$

ხოლო განტოლება (17) იქნება:

$$Z_{\text{დაც.}} = -\sum_{k=1}^{k=n} \frac{1}{2} \left[\left(\frac{F}{\sqrt{Z - \sqrt{H_6}}} \right)_{k+1} + \left(\frac{F}{\sqrt{Z - \sqrt{H_6}}} \right)_k \right] \cdot \delta Z_{K_1 K+1}, \quad (21)$$

სადაც ფუნქციების $\left(\frac{F}{\sqrt{H_6} - \sqrt{Z}}\right)_{k+1}$ და $\left(\frac{F}{\sqrt{Z} - \sqrt{H_6}}\right)_k$ – (16) და (17) ფორმულების

ინტეგრალების მნიშვნელობებია შესაბამისი (Z_{k+1}) და (Z_k) დაწნევისას; $K=1,2,3\dots n$; $Z_1=H_1$; $Z_{n+1}=H_2$; $\delta Z_{K,K+1}$ – დაწნევის დადებითი ან უარყოფითი ნამატია წყლის ჰორიზონტის აწევის ან დაწევის დროს დაწნევის (Z_k) ნიშნულიდან (Z_{k+1}) ნიშნულამდე.

(20) და (21) ფორმულების მნიშვნელობა ყოველთვის დადებითია. ფორმულა (20)-ის გამოყენებით (Z)-ის გაანგარიშებული მნიშვნელობის შესაბამისად, ფორმულა (18)-ით განისაზღვრება შევსების დრო ($T_{\max.შევს.}$), რომლის განმავლობაში წყალსაცავის ჰორიზონტი აიწევს H_1 -დან H_2 -მდე:

$$T_{\max.შევს.} = \frac{Z_{\max.შევს.}}{\mu\omega\sqrt{2g}}, \quad (22)$$

ხოლო ფორმულა (19)-ის გამოყენებით – დაცლის დროს ($T_{\max.შევს.}$) განსაზღვრა, რომლის განმავლობაში წყალსაცავის ჰორიზონტი დაიწევს H_1 -დან H_2 -მდე:

$$T_{\max.დაც.} = \frac{Z_{\max.დაც.}}{\mu\omega\sqrt{2g}}. \quad (23)$$

ამ ამოცანას აქვს მხოლოდ თეორიული მნიშვნელობა, რადგან პრაქტიკაში გვხვდება წყალსაცავის სრულად დაცლის ან სრულად შევსების ამოცანის გადაწყვეტა.

წყალსაცავების დაცლის პროცესი საქართველოში ჯერ ექსტრემალურ და აუცილებელ დროს ხორციელდება, რომელიც ჩატარდა მხოლოდ სიონის წყალსაცავზე, რადგან არ არსებობს ელექტროენერჯის გადახდის დიფერენციალური ტარიფები. გარდა ამისა, საჭიროა კაშხლის და წყალსაცავის ფერდების სუფოზიური პროცესების დინამიკის გათვალისწინება, რომ არ მოხდეს გრუნტების გამორეცხვის, ამობურცვისა და ჩამოშლის გაუთვალისწინებელი პროცესები.

დასკვნა

ჩატარებული ანგარიშის მეთოდიკა საშუალებას იძლევა გაადვილებული წესით შევასრულოთ წყალსაცავების დაცლის (შევსების) დროის წინასწარი გამოთვლა.

ლიტერატურა

1. Павловский Н.Н. Гидравлический справочник. Л., 1937, стр. 366-371.
2. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. Энергия, М., 1972, стр. 202-203.
3. Большаков В.А., Константинов Ю. М., Попов В.Н., Нетюхайло А.Н., Шеренков И.А., Даденко В.Ю., Клешевникова Т.Н., Железняк Л.Л. Справочник по гидравлике. Выща шкона, Киев, 1984, 343 стр.
4. ნ. კანდელაკი. საქართველოს მთის წყალსაცავების სედიმენტაციურ-აბრაზიული პროცესების კვლევა. დოქტ. აკად. ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაციის ავტორეფერატი, 2020, გვ. 14-16.

DETERMINING THE DURATION OF THE FILLING AND DISCHARGING TIME OF RESERVOIRS

**Iordanishvili I., Iremashvili I., Iordanishvili K., Mgebrishvili M.,
Kuparashvili I., Natroshvili G., Potskhveriya D., Kandelaki N., Bilanishvili L.**

Tsotne Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University
Tbilisi, Georgia

Annotation. The article discusses a method for determining the duration of full or partial discharging (filling) of reservoirs.

In the calculation, a hydraulic method was used for calculating the full or partial discharging (filling) of water from a vessel with a variable pressure head.

Keywords: reservoirs, filling, discharge.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВРЕМЕНИ НАПОЛНЕНИЯ И ОПОРОЖНЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

**Иорданишвили И.К., Иремашвили И.Р., Иорданишвили К.Т., Мгебришвили М.А.,
Купарашвили И.А., Натрошвили Г.Н., Поцхверия Д.Ш.,**

Канделаки Н.В., Биланишвили Л.Р.
Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава
Грузинского Технического Университета
Тбилиси, Грузия

Аннотация. В статье рассмотрен метод определения продолжительности полного или частичного опорожнения (наполнения) водохранилищ.

При расчете применен гидравлический метод расчета полного или частичного истечения (наполнения) воды из сосуда при переменном напоре.

Ключевые слова: водохранилища, наполнение, опорожнение.

მაქსიმალური ტალღის კაშხალზე გადადინების ხანგრძლივობისა და სხვა
მახასიათებლების განსაზღვრა ტალღის კაშხლიდან აგორების გარეშე

ბ. ირემაშვილი, გ. ბერძენაშვილი, გ. წივილაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
მ. კოსტავას ქ. 77, 0175, თბილისი, საქართველო
E-mail: xvicha65@mail.ru, george.berdzenashvili@bsc.ge,
george.tsivilashvili@gmail.com

ანოტაცია. ნაშრომში დამუშავებულია წყალსაცავში ღვარცოფის შემოსვლით წარმოშობილი ტალღის სიმაღლისა და სიგრძის მიხედვით კაშხალზე გადადინების რისკის განსაზღვრის მეთოდიკა ტალღის კაშხალზე აგორების (არეკვლის) გარეშე.

საკვანძო სიტყვები: წყალსაცავი, კაშხალი, ღვარცოფი, გადადინება, ექსტრემალური ტალღა.

შესავალი

ხშირ შემთხვევაში ღვარცოფი და მეწყერი წარმოიშობა წყალუხვობის დროს, როდესაც წყალსაცავში წყლის დონე მაქსიმალურია და შეტბორვის მარაგი მცირეა ან პრაქტიკულად აღარ არსებობს. ამ დროს ექსტრემალური ტალღა შესაძლოა გადაედინოს კაშხალზე ყოველგვარი შეფერხების (არეკვლა) გარეშე.

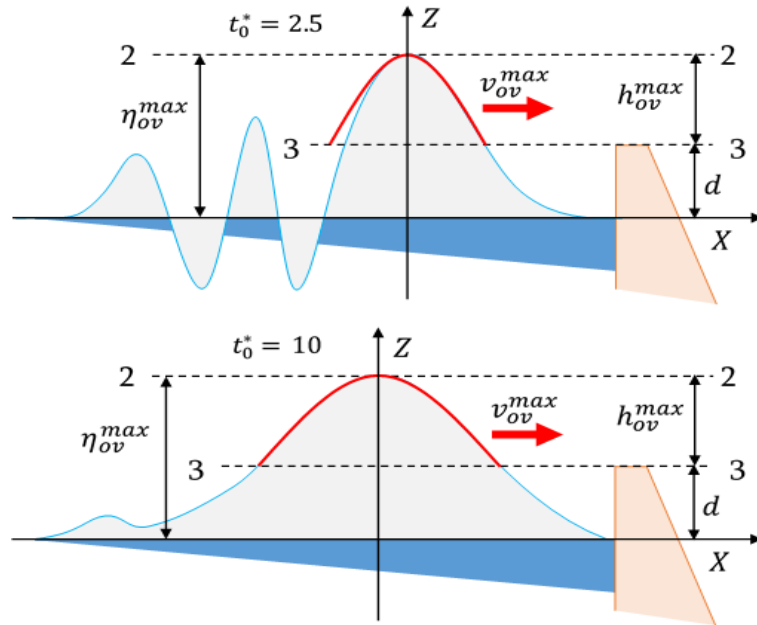
ძირითადი ნაწილი

კაშხალთან მოსული მეწყრული ტალღის ამპლიტუდა დროის მიხედვით შეიძლება აპროქსიმირდეს სინუსოიდალური ფუნქციის სახით. პირველ ნახაზზე გამოსახულია სწრაფად და ნელა მოძრავი მეწყრის ან ღვარცოფის მოძრაობის დროს წარმოშობილი ტალღური პროფილის აპროქსიმაციის მაგალითები.

თუ აღვნიშნავთ, რომ h_{ov}^{max} გადადინების მაქსიმალური სიმაღლეა და დავუშვებთ, რომ $\eta_{ov}^{max} = \eta^{max}$ ტალღის სიმაღლეა კაშხალთან ახლოს, მაშინ შესაბამისი აპროქსიმაციული ფორმულა ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$h_{ov}(t) = h_{ov}^{max} \sin \frac{\pi}{t_{ov}} t$$
$$h_{ov}^{max} = \eta_{ov}^{max} - d$$
(1)

სადაც, t_{ov} არის გადადინების ხანგრძლივობა.



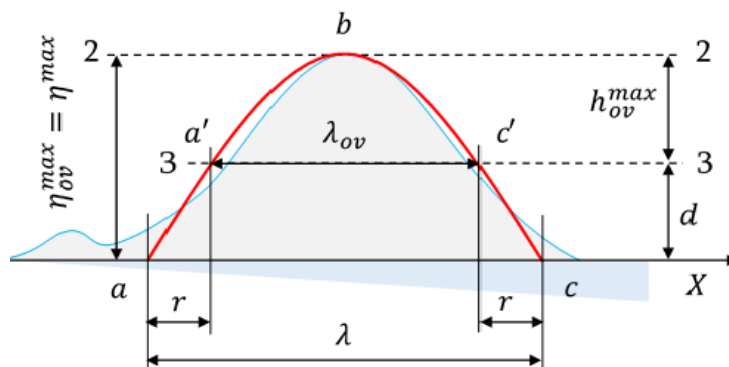
ნახ. 1. "გადადინების ფუნქციის" $h_{ov}(t)$ აპროქსიმაცია სინუსოიდით დისკრეტული დროის მიხედვით "სწრაფი" და "ნელი" მეწყრის შემთხვევაში

ვიგულისხმობთ, რომ მეწყრული ტალღის კაშხალზე გადადინების პროცესი იდენტურია წყლის ნაკადის მოძრაობის ფართო ზღურბლის წყალგადასაშვებზე. ამ შემთხვევაში მიიღება, რომ ხარჯის არაერთგვაროვნების კოეფიციენტი $\mu = m\sqrt{2} \approx 0.45$, $m \approx 0.32$ და, თუ ცნობილია, $h_{ov}(t)$ ფუნქცია, მაშინ შესაძლებელია განისაზღვროს კაშხლის ქიმზე (ანუ წყალგადასაშვების ზღურბლზე) ტალღის გადადინების სიჩქარე შემდეგი ფორმულით:

$$v_{ov}(t) = \mu\sqrt{gh_{ov}(t)} = \mu\sqrt{gh_{ov}^{max}} \sqrt{\sin \frac{\pi}{t_{ov}} t} \quad (2)$$

გადადინების t_{ov} ხანგრძლივობის განსაზღვრისათვის საჭიროა ნაპოვნი იქნეს ტალღის ფარდობითი სიგრძე $\lambda^* = \lambda/H$, რომელიც ძირითადად დამოკიდებულია მხოლოდ ღვარცოფის წყალში მოძრაობის დროსა t_0^* და წყალსაცავის L^* სიგრძეზე.

კაშხალზე ღვარცოფით გამოწვეული ექსტრემალური ტალღის გადადინების ხანგრძლივობის შეფასებისათვის (აგორების გარეშე) განვიხილოთ საანგარიშო სქემა, რომელზეც გამოსახულია ტალღის პროფილი კაშხალთან ახლოს, ნახ. 2.



ნახ. 2. კაშხალზე გადადინების ტალღის სიგრძის განსაზღვრის საანგარიშო სქემა ტალღის კაშხალზე აგორების გარეშე

დავადგინოთ ტალღის მთლიანი სიგრძის (λ) ის ნაწილი λ_{ov} , რომელიც იქმნება d სიმაღლეზე გავლებული 3-3 ჰორიზონტალის მიერ ტალღის "მოჭრით". ამ დროს ტალღის სინუსოიდალური პროფილი abc იკვეთება a',c წერტილებში, ხოლო ac მონაკვეთი წარმოადგენს საძიებელ (λ_{ov}) სიდიდეს, რომელსაც პირობითად ვუწოდოთ "გადადინების ტალღის სიგრძე". როგორც აღნიშნული ნახაზიდან ჩანს, თუ გავითვალისწინებთ სინუსოიდალურ აპროქსიმაციას, ეს სიდიდე განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$\lambda_{ov} = \lambda - 2r = \lambda \left(1 - 2 \frac{r}{\lambda}\right) \quad (3)$$

სადაც r მნიშვნელობა წინასწარ უცნობია, ამიტომ მისი გამოთვლისათვის განვიხილოთ შემდეგი განტოლება:

$$\eta_{ov}^{max} \sin\left(\frac{\pi}{\lambda} r\right) = d, \quad r = 0 \dots \frac{\lambda}{2} \quad (4)$$

ან სხვანაირად

$$\frac{d}{\eta_{ov}^{max}} = \sin\left(\pi \frac{r}{\lambda}\right) \quad (5)$$

$$\frac{r}{\lambda} = \frac{1}{\pi} \arcsin\left(\frac{d}{\eta_{ov}^{max}}\right)$$

მიღებული d/η_{ov}^{max} და r/λ დამოკიდებულების შეფასების მიზნით (5) განტოლების საფუძველზე შედგენილია ცხრილი 1, საიდანაც ჩანს, რომ რაც უფრო მცირეა d/η_{ov}^{max} , მით უფრო მცირეა r/λ და, შესაბამისად, იზრდება გადადინების ტალღის სიგრძე.

ცხრილი 1

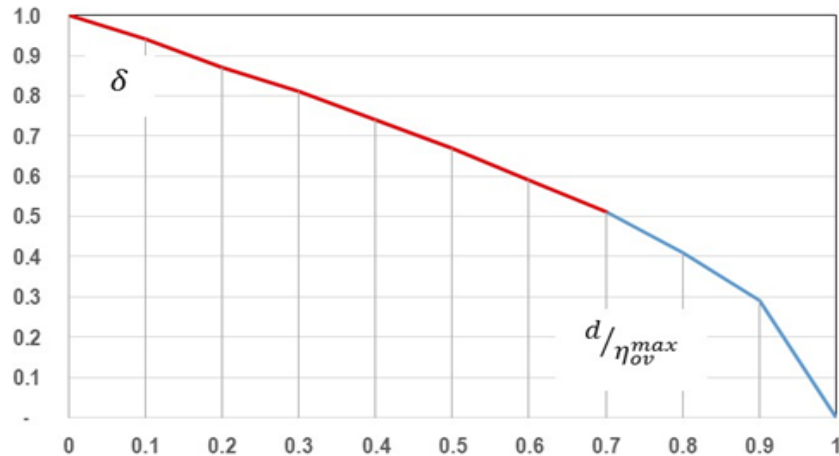
d/η_{ov}^{max} და r/λ დამოკიდებულებების ცხრილი

d/η_{ov}^{max}	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.0
r/λ	0.00	0.03	0.06	0.10	0.13	0.17	0.20	0.25	0.30	0.36	0.50

ქვემოთ მოყვანილია გრაფიკული დამოკიდებულება, რომელიც საშუალებას გვაძლევს სწრაფად შევასდეს წყლის გადადინების რისკი, თუ ცნობილია, მისი მარაგის ფარდობითი დამოკიდებულება ტალღის მაქსიმალურ სიმაღლესთან (ნახ.3)

ცხადია, მოცემული გრაფიკი საშუალებას გვაძლევს მარტივად განისაზღვროს λ_{ov} ფორმულის მიხედვით

$$\lambda_{ov} = \lambda \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin\left(\frac{d}{\eta_{ov}^{max}}\right)\right) = \lambda \left(1 - 2 \left(\frac{r}{\lambda}\right)\right) = \delta \lambda \quad (6)$$



ნახ. 3. d/η_{ov}^{max} , δ დამოკიდებულებების გრაფიკი კაშხალთან წყლის შეტბორვის მარაგის ეფექტიანობის გამოთვლისათვის

პროფ. თ. გველესიანის მიერ მიღებული იქნა r/λ დამოკიდებულების განსაზღვრის კიდევ უფრო გამარტივებული ფორმულა, რომლით შესრულებული გამოთვლებიც თითქმის ზუსტად ემთხვევა ზემოთ განხილული მეთოდით მიღებულ მნიშვნელობებს და აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{r}{\lambda} = \frac{1}{2.75} \left(\frac{\eta_{ov}^{max}}{d} \right)^{-1.1} \quad (7)$$

სადაც $\eta_{ov}^{max} = \eta^{max}$ არის კაშხალთან მოსული ტალღის მაქსიმალური სიმაღლე კაშხალზე არეკვლის გარეშე, ხოლო d - მარაგი წყლის საანგარიშო დონესა და კაშხლის თხემის ნიშნულს შორის.

თუ დავუშვებთ, რომ ღვარცხოფული ტალღა ვრცელდება როგორც გრძელი ტალღა სიჩქარით \sqrt{gH} , მაშინ გადადინების ტალღის სიგრძის λ_{ov} განსაზღვრა საშუალებას გვაძლევს გამოვთვალოთ კაშხალზე ტალღის გადადინების ხანგრძლივობა შემდეგი ფორმულით:

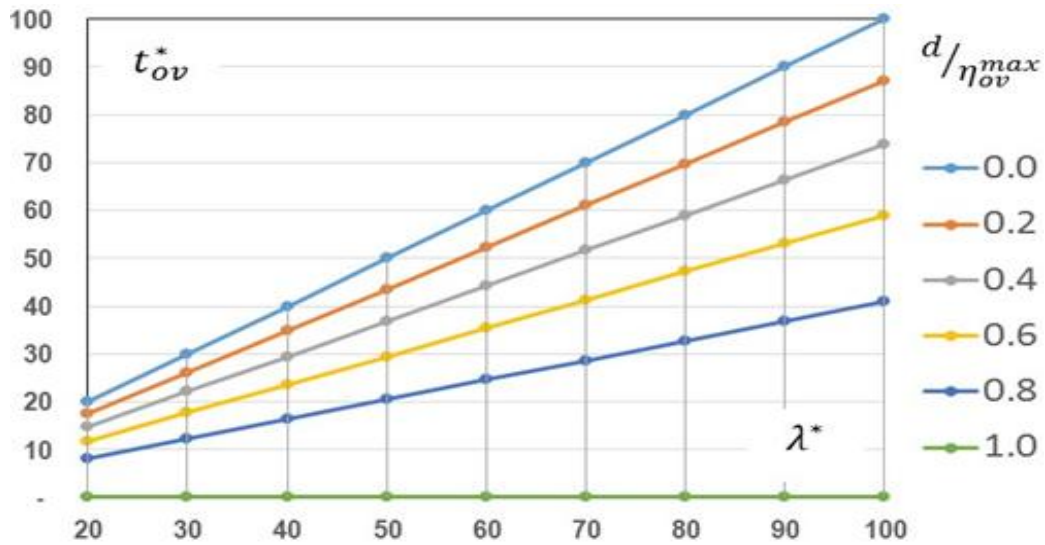
$$t_{ov} = \frac{\lambda_{ov}}{\sqrt{gH}} = \frac{\delta \lambda}{\sqrt{gH}} = \delta t_{\lambda} \quad (8)$$

სადაც

$$\delta = \left(1 - 2 \left(\frac{r}{\lambda} \right) \right)$$

ხოლო

$$\left(\frac{r}{\lambda} \right) = \frac{1}{\pi} \arcsin \left(\frac{d}{\eta_{ov}^{max}} \right)$$



ნახ. 4. t_{ov}^* , λ^* დამოკიდებულებების გრაფიკი წყლის გადაღების ხანგრძლივობის პროგნოზირებისათვის d/η_{ov}^{max} შეტვირთვის მარაგის ფარდობითი სიდიდის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის

გრაფიკული დამოკიდებულება ორგანოზომილებიანი სახით მოცემულია (ნახ. 4)-ზე. აღვნიშნოთ, რომ მიღებული ფორმულა სამართლიანია, როდესაც ტალღაწარმოქმნის პროცესი ხასიათდება გრძელი ტალღებისათვის განსაზღვრული პარამეტრებით, ანუ

$$L^* \geq 40.0; t^* \geq 4.0 \quad (9)$$

თუ ეს პირობა არ სრულდება, შესაძლებელია მივიღოთ ცდომილება, რომელიც პრაქტიკული ამოცანების გადაჭრის დროს არის დაახლოებით 10%-ის ფარგლებში, რაც რისკების შეფასებისა და პროგნოზირებისათვის დასაშვები და მისაღებია.

დასკვნა

ნაშრომში განხილული მათემატიკური მოდელირების ორგანოზომილებიანი რიცხვითი ამონახსნის მიხედვით შესაძლებელია გამოვითვალოთ და შევაფასოთ წყალსაცავში ღვარცოფის შემოდინების შედეგად წარმოშობილი ტალღის კაშხალზე გადაღების რისკი აგორების გარეშე, რაც საშუალებას მოგვცემს დროულად მოხდეს მოსალოდნელი საფრთხის პროგნოზირება და დაიგეგმოს აღმკვეთი ღონისძიებები.

ლიტერატურა

1. ხ. ირემაშვილი, გ. ბერძენაშვილი. სამთო წყალსაცავში გადაღების მახასიათებლების გამოთვლის მეთოდისა მცირეამპლიტუდიანი ტალღების თეორიის სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნით მიღებული შედეგების მიხედვით. VI საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“. 22-25 სექტემბერი, 2016 წ. გვ. 90-94.
2. ხ. ირემაშვილი, თ. გველესიანი, გ. ბერძენაშვილი, გ. ნადარაია. სამთო ღრმა წყალსაცავში წყალსაში ფარებით გადაღების ნაკადის მართვის მეთოდისა მცირე ამპლიტუდიანი ტალღების თეორიის განტოლებების ანალიზური ამონახსნის გამოყენებით. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“. 3(79), 2016 წ. გვ.14-18.

3. 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. с.159-174.
4. Гвелесиани Т.Л. Теория генерации волн в приложении к задачам гидроэкологии „Универсал“ Тбилиси, 2009.

Гидроинженерия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕЛИВА МАКСИМАЛЬНОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ ПЛОТИНУ И ДРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА БЕЗ ВОЛНОВОГО ОТРАЖЕНИЯ ОТ ПЛОТИНЫ

Иремашвили Х., Бердзенашвили Г., Цвилашвили Г.

Грузинский технический университет
Тбилиси, Грузия

Аннотация. В статье рассматривается метод определения риска отражения волны от плотины с учетом высоты и длины волны, создаваемой селевыми потоками в водохранилище.

Ключевые слова: водохранилище, плотина, селевой поток, перелив, экстремальная волна.

DETERMINATION OF DURATION MAXIMUM WAVE OVERFLOW ON THE DAM AND OTHER CHARACTERISTICS WITHOUT REFLECTION THE WAVE FROM THE DAM

Kh. Iremashvili, G. Berdzenashvili, G. Tsivilashvili

Georgian Technical University
Tbilisi, Georgia

Annotation: The paper deals with the method of determining the risk of overflowing the dam according to the height and length of the wave generated by the entry of the flood into the reservoir without ripping (reflecting) on the wave dam.

Keywords: water reservoir, dam, debris flow, runoff, extreme wave.

КОЭФФИЦИЕНТ ТОЧНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВОГРУНТОВ

Итриашвили Л.А., Топурия Е.С., Хосрошвили Е.З., Дадвани К.З.

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава
Грузинского технического университета
пр. И. Чавчавадзе 60^б, г. Тбилиси, 0179, Грузия
E-mail: itriashvili@mail.ru

Аннотация. Анализируется существующая практика установления точности лабораторного определения водно-физических свойств грунтов. Показана недостаточность коэффициента точности сравнения показателей повторных лабораторных определений. Выявлены причины таких несоответствий. Предлагается новая градация допустимых расхождений результатов параллельных лабораторных определений.

Ключевые слова: грунты, свойства, определение, коэффициент точности, методика.

ВВЕДЕНИЕ

До сегодняшнего дня принято считать, что лабораторные определения достаточно точно выполнены, если параллельные результаты расходятся на 0,5-1%. Менее точное выполнение характеризуется расхождением 1,5 - 2%. Неудовлетворительной точностью считают, когда параллельные анализы расходятся на 3,0 и больше процентов, причем последние цифры считают показанием на брак выполненной работы.

Неудовлетворительность принятия какого-либо одного значения допустимого расхождения для всех физических свойств ясна уже по одному тому, что каждое из физических свойств имеет свой цифровой интервал, отличный от других.

Так, например объемный вес имеет наиболее краткий цифровой интервал от 1,0 до 2,0, а набухание – наиболее длинный интервал от 1 до 120 и даже выше. Поэтому, не представляется возможным говорить о едином коэффициенте точности определения для обоих указанных свойств. Например, точность, равная 0,5 единиц, будет для объемного веса величиной, лишаящей это определение всякого смысла, а для набухания - эта точность чрезмерно велика и практически невыполнима [1, 2].

Кроме того, необходимо иметь в виду, что помимо значений точности для определенных физических свойств, в лабораторной практике принято самостоятельно выделять точность некоторых приемов, входящих в общий цикл определений. К числу таких приемов относится определение влажности грунта и гигроскопической воды. Вполне естественно, что точность этих промежуточных определений должна отличаться от точности конечного результата всего определения.

Поэтому, необходимо установить допустимые пределы точности для повторных лабораторных определений, обеспечивающих реальность полученных результатов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Многолетний опыт работы с грунтами позволяет утверждать, что для различных лабораторных определений необходимы различные показатели точности, для чего целесообразно выделить три группы определений и для каждой установить принципиально различный подход к допустимым расхождениям в параллельных анализах.

Первая группа должна включать: влажность, гигроскопическую воду, объемный и удельный вес.

Вторая группа должна включать: гранулометрический состав, нижнюю границу пластичности, нижнюю границу текучести, максимальную молекулярную влагоемкость, объемную усадку и набухание (все определения для грунта с нарушенным сложением).

Третья группа должна состоять из: размокания и коэффициента фильтрации.

Для определений первой группы допустимые расхождения могут быть установлены, исходя из лабораторной практики, так как определения влажности, удельного веса и даже объемного веса выполняются весьма давно однообразными методами не только грунтовыми лабораториями, но и почвенными, мелиоративными и другими организациями, накопившими значительный опыт.

Вторая группа определений нуждается в установлении допустимого расхождения на основе пропорциональных изменений сопоставленных цифровых интервалов. В этом случае полученные расхождения будут эквивалентны, несмотря на различие цифровых интервалов.

Величина допустимого расхождения для третьей группы определений должна быть установлена исключительно на основе практических данных для каждого исследуемого грунта, ввиду особой специфичности этих определений. Так, например, повторные определения размокания дают значительные расхождения не за счет каких-либо погрешностей выполнения, а исключительно за счет анизотропии строения самого грунта. Поскольку эта качественная неидентичность зависит от рода грунта, его генезиса и прочих факторов, то не представляется возможным заблаговременно назначать допустимые расхождения.

В такой же сложной ситуации находится и определение коэффициента фильтрации. Здесь наличие побочных факторов настолько велико, что не представляется пока возможным говорить о какой то определенной величине допустимого расхождения при параллельных испытаниях [2].

На основании всего изложенного возможно установить следующие величины допустимых расхождений:

- Для первой группы определений следует принять: для влажности 0,3-0,5 единицы, при условии точности арифметических расчетов до 0,01 единицы и записи результатов с округлением до 0,1 единицы; для гигроскопической воды 0,03-0,05 единицы, при точности расчетов до 0,001 единицы, с округлением в результатах до 0,01 единицы; для объемного веса 0,02-0,03 единицы, при точности расчетов до 0,001 с округлением в результатах до 0,01 единицы; для удельного веса - не свыше 0,02 единицы, при точности расчетов до 0,001 и округлением в результатах до 0,01 единицы;
- Для второй группы определений величины допустимых расхождений, должны быть получены путем сопоставления интервалов их цифровых показателей.

Однако, простое сопоставление этих интервалов не может обеспечить правильного решения, так как изменение показателя какого-либо физического свойства по отношению к изменениям другого в большинстве случаев не подчиняется линейной зависимости.

Следовательно, необходимо вначале установить взаимосвязи между цифровыми показателями физических свойств для всех разновидностей грунтов от песков до глин включительно.

Такая работа была выполнена на грунтах различного генезиса. В итоге была установлена корреляционная связь между гранулометрическим составом, максимальной молекулярной влагоемкостью, нижней границей текучести и пластичности, набуханием, объемной усадкой и другими физическими свойствами грунтов с нарушенным сложением [3,4,5,6].

Так, если принять за эталон, что точность определения, скажем, максимальной молекулярной влагоемкости равна одной единице, то определение остальных свойств может производиться со следующими эквивалентами точности, табл.1.

Табл. 1

Значения эквивалентов точности

Свойства	Допустимая точность		
	Супеси	Суглинки	Глины
Макс. мол. влагоемк.	1,0	1,0	1,0
Нижняя граница пластичности	1,0	1,0	1,0
Нижняя граница текучести	2,0	2,5	3,0
Набухание	2,0	4,0	12,0
Объемная усадка	2,5	2,5	2,5

Таким образом, расхождения в 12 единиц при набухании глин, или 4 единицы для суглинков, или 2,5 единицы для супесей, эквивалентны не только между собою, но и эквивалентны расхождению в 1 единицу для максимальной молекулярной влагоемкости [2,4,5].

Поэтому, если в лаборатории при определении набухания глины, расхождение в результатах параллельных определений составляет 8-10 единиц, то такое расхождение отнюдь не служит указанием на плохое выполнение работы.

Совсем иная оценка работы должна быть сделана, если такое расхождение было получено при определении набухания супеси или суглинка, что свидетельствует о явной неудовлетворительности выполнения данного определения.

Что касается гранулометрического состава, то в том виде, как он выражается, его невозможно использовать для связи с другими показателями. С этой целью результаты гранулометрического анализа возможно трансформировать в другой вид выражения, используя формулу А.М. Васильева для пересчета в показатели суммарной поверхности грунтовых частиц [7].

В частности, было установлено, что между суммарной поверхностью и максимальной молекулярной влагоемкостью существует линейная связь, при которой оба показателя равны [4,5].

Следовательно, если точность определения максимальной молекулярной влагоемкости принять равной 1 единице, то и R_k должно иметь отклонения не свыше единицы для двух параллельных анализов.

Таблица 2

Допустимые расхождения результатов параллельных определений

Наименование определения	Допустимое расхождение для			
	пески	супеси	суглинки	глины
Гигроскопическая вода	0,03	0,03	0,05	0,05
Удельный вес	0,02	0,02	0,02	0,02
Объемный вес	0,02	0,02	0,02-0,03	0,02-0,03
Влажность	0,3	0,3	0,3-0,5	0,5
Макс. молек. влагоемкость	0,5	1	1	1
Нижняя граница текучести	-	2	2,5	3
Размокание в ест. сложении	-	-	зависит от грунта	зависит от грунта
Объемная усадка				
а) в нарушен. сложении	-	2,5	2,5	2,5
б) в естеств. сложении	-	-	2,5	2,5-3,0
Гранулометр. состав (R_k)	-	1	1	1
Набухание				
а) в нарушен. сложении	-	2	4	12
б) в естеств. сложении	-	-	4,5	12-15
Коэф. фильтрации (K)	зависит от	грунта	-	-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно всему вышеизложенному, рекомендуемая точность лабораторных определений может быть представлена в окончательном виде в таблице 2.

В заключение необходимо отметить, что в таблице 2 нет нижней границы пластичности, которая заменяется определением максимальной молекулярной влагоемкости.

Естественно, что вышеизложенное не может претендовать на абсолютность, однако предлагаемая методика наиболее близка к реальности. что позволяет предлагать ее для использования на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Итриашвили Л.А., Иремашвили И.Р., Уйма А., Хосрошвили Е.З., Натрошвили Г.Н. Усовершенствованная методика определения набухания. Сб. Тр. института водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава № 73. 2018 г. стр.49-51.
2. Итриашвили Л.А. Управление свойствами почвогрунтов. Монография. Тб. Мецниереба. 2005 г. 322 с.
3. Итриашвили Л.А., Иремашвили И.Р., Хосрошвили Е.З. Критическая влажность почвогрунтов и метод ее определения. Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологии. Рязань. 2016. стр. 87- 92.
4. Итриашвили Л.А., Кикнадзе Х.Л., Хосрошвили Е.З. Влажность завядания и ее энергетически эквивалентный показатель. Известия аграрной науки. Т.8, № 2, Тб. 2010 г. стр.45-50.
5. Васильев А.М. Основы современной методики и техники лабораторных определений физических свойств грунтов. М., Стройиздат. 1968 г.
6. Сергеев Е.М. Общее грунтоведение. МГУ. 1976 г.

წყალთა მეურნეობა

ნიადაგგრუნტის წყალფიზიკური თვისებების დადგენის სიზუსტის კოეფიციენტი

იტრიაშვილი ლ., თოფურია ე., ხოსროშვილი ე., დადიანი ქ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

ქ. თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: გაანალიზებულია ნიადაგგრუნტის წყალფიზიკური თვისებების ლაბორატორიული განსაზღვრის სიზუსტის არსებული პრაქტიკა.

ნაჩვენებია განმეორებითი ლაბორატორიული განსაზღვრების შედეგების არსებული სიზუსტის კოეფიციენტის არასაკმარისობა და გამოვლენილია ასეთი შეუსაბამობის მიზეზები.

შემოთავაზებულია პარალელური ლაბორატორიული განსაზღვრების მონაცემების დასაშვები სხვადასხვაობების ახალი გრადაცია.

საკვანძო სიტყვები: გრუნტები, თვისებები, განსაზღვრა, სიზუსტის კოეფიციენტი, მეთოდოლოგია.

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Хецуриани Е.Д.¹⁾, Бондаренко В.Л.²⁾, Семёнова Е.А.³⁾, Штавакер М.И.⁴⁾

¹⁾ Южно-Российский Государственный политехнический университет (НПИ)
им. М.И.Платова, Г. Новочеркасск, Российская федерация;

Донской Государственный технический университет, г. Ростов на Дону

²⁾ Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

Донского Государственного аграрного университета,

Новочеркасск, Российская Федерация

³⁾ Северо-Кавказский федеральный университет (филиал в г. Пятигорск)

⁴⁾ Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

Донского государственного аграрного университета,

Новочеркасск, Российская Федерация

E-mail: goodga@mail.ru, nimi.TBiP@yandex.ru,

deakann@mail.ru, Shtawkader.marya@yandex.ru

Аннотация. Научное направление «**Экологическая безопасность**» (ЭБ) берет свое начало во второй половине 20-го столетия и интенсивно продолжает развиваться в настоящее время. Формирование этого научного направления обуславливается неотъемлемой потребностью в эволюционном устойчивом развитии общества.

В Формировании этого научного направления определенный вклад внесли и вносят как отечественные ученые (Большеротой А.Л. 2010; Козин В.В., Петровский В.А. 2005; Мазур И.И., 1999; Румянцева Е.Е., 2005; Хоружая Т.А., 2002; Шмаль А.Г., 2000 и др.), так и зарубежные ученые. ЭБ является одной из составляющих **национальной безопасности**, обуславливающая собой совокупность природных, социальных условий, видов хозяйственной и иной деятельности, обеспечивающих безопасную жизнедеятельность населения проживающего в зонах влияния объектов водохозяйственных комплексов, связанных с использованием водных ресурсов в различных отраслях хозяйственной и иной деятельности.

Ключевые слова: система, экологическая безопасность, экологическое состояние, объект защиты, объект деятельности.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие экологического направления связано с обеспечением «**Экологической безопасности**» в техносферной и иной среде хозяйственной деятельности человека в условиях экологически устойчивого социально-экономического развития требует нетривиальных методологических подходов и моделей в изучении природных и ПТС «Природная среда — Объект деятельности - Население» («П.С.-О.Д.-Н.»)[16]. В соответствии с отмеченным, считаем возможным дополнить определение бассейновой геосистемы, которое более максимально будет учитывать существующие понятия с добавлением пространственного фактора, обуславливающего действительную реальность [19, 20].

Речная бассейновая геосистема в пределах ландшафтно-геологического пространства в виде образного вертикально расположенного цилиндра, образующая которого проходит по водораздельной линии водосборной территории водного объекта, верхняя кромка (крышка) которого располагается на высоте границы приземных слоев (до 10 км) атмосферы, а нижняя кромка (дно)

расположена на глубине верхних слоев литосферы, где активно формируются подземные природные воды (до 300м). Схема бассейновой геосистемы представлена на рис 1.

По иерархическому уровенному принципу бассейновые геосистемы классифицируются следующим образом:

- бассейновые геосистемы океанов и морей (самый высокий уровень);
- бассейновые геосистемы главных рек (Волга, Дон, Кубань и др.), впадающие в океаны и моря;
- бассейновые геосистемы рек-притоков первого порядка, впадающие в главные реки;
- бассейновые геосистемы рек-притоков второго порядка, которые впадают в реки-притоки первого порядка;
- бассейновая геосистема малой реки или водотока, которая не имеет притоков и является бассейновой геосистемой первого класса, а выше бассейновые геосистемы второго, третьего и т.д. классов. Следовательно, бассейновые геосистемы океанов и морей относятся к самому высшему классу бассейновых геосистем [1, 2].

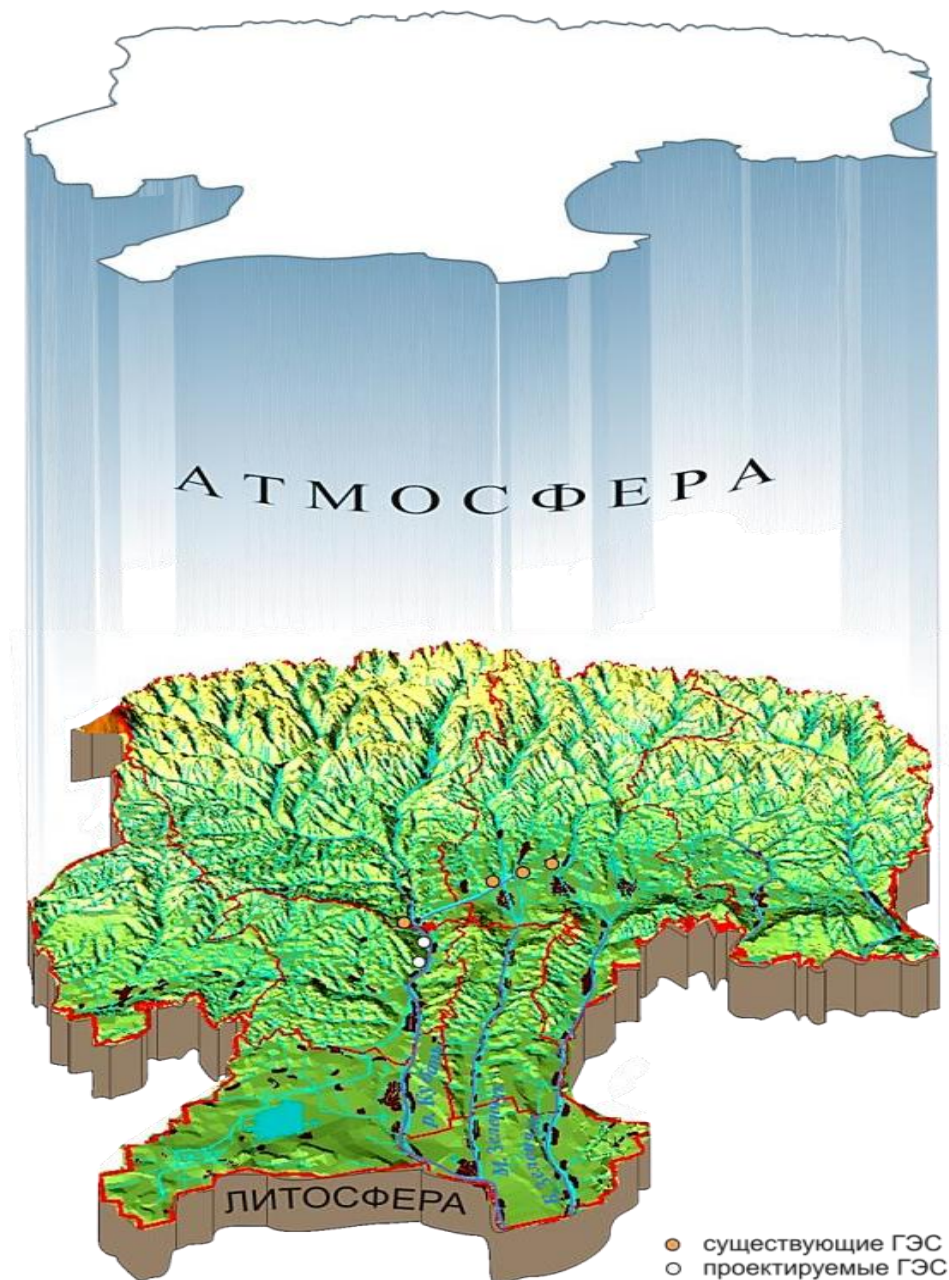


Рис. 1. Пространственная схема бассейновой геосистемы Верхней Кубани

В пределах биосферы Земли бассейновые геосистемы суши материка являются наиболее постоянными по своим граничным условиям, так как циркуляция водных масс в приземных слоях атмосферы, поверхностный и подземный сток формируются в пределах водосборных территорий речных бассейновых геосистем, относящимися к постоянному в историческом разделе времени.

Бассейновые геосистемы второго, третьего, четвертого и т.д. класса включают в себя бассейновые геосистемы более низкого иерархического уровня; Так, шестнадцать бассейновых геосистем высшего класса океанов и морей на территории России включают в себя более 2,5 млн бассейновых геосистем более низкого иерархического уровня, из которых наиболее значимыми по водосборной территории являются бассейновые геосистемы рек Енисея (2580 тыс км²), Лены (2490 тыс км²), Оби (2990 тыс км²), Амура (1855 тыс км²), Волги (1360 тыс км²), Колымы (647 тыс км²), Дона (422 тыс км²), Индигирки (360 тыс км²), Селенги (447 тыс км²), Печоры (322 тыс км²) и др.

В пространственных пределах речных бассейновых геосистем протекают практически все процессы хозяйственной деятельности, которые обуславливают создание и функционирование множества объектов деятельности различных по функциональной принадлежности и характера воздействия на окружающую природную среду [3, 4].

Совокупность объектов деятельности в пределах речных бассейновых геосистем способствует переходу (превращению) локальной природной среды (биосферы) в техносферу, где доминирующую роль в системе «Природная среда-Объект деятельности - Население» выполняют «Объекты деятельности».

Обсуждение, результаты. Основной научного направления «Экологическая безопасность» является защита человека и природной среды от негативных воздействий антропогенного, техногенно-природного или естественного происхождения, при котором возможны изменения состояния окружающей природной среды, пагубно влияющие на процессы жизнедеятельности живой и костной материи - человека, биоты [5].

Предметом исследований в научном направлении «Экологическая безопасность» является экологическая опасность и их совокупности, действующие в системах «**Объект защиты — Источник опасности - Меры защита от опасности**».

Объектом защиты от экологической опасности является практически весь материальный мир, и соответственно, человек и окружающая **природная среда**.

Источником экологической опасности могут являться техногенные объекты в виде урбанизированной, мелиорируемой и рекреационной территории, строительного и водохозяйственного комплекса, здания и сооружения, транспортной магистрали и тому подобное. Источником экологической опасности являются все изменения в окружающей природной среде, происходящие в результате воздействия поражающих факторов в виде стихийных явлений, техногенных аварий и катастроф природного и техногенного характера.

Источником экологической опасности могут также являться стихийные бедствия природного происхождения (наводнения, землетрясения, оползневые явления и другие). Глубокое понимание природы возникновения экологической опасности, характера и причин их воздействия на человека и природную среду, как объектов защиты, лежит в основе системного подхода оценке этих опасностей и обеспечения безопасности жизнедеятельности человека и окружающей среды [5, 7].

В реальных условиях для возникновения и реализации экологической опасности должны соблюдаться условия, связанные с наличием самой системы - «**Объект защиты - Источник экологической опасности – Защитные мероприятия**»: наличием источника или источников экологической опасности, способных создавать потоки **Вещества, Энергии, Информации (ВЕИ)**, которые регламентируются наличием нормативных значений для защищаемых объектов, предельно допустимыми величинами потоков вещества (ПДК, ПДВ, ПДС, ПДО), энергии и информации (ПДУ).

В соответствии с законом сохранения жизни Ю.Н. Куржаковского в непрерывном обмене

потоками вещества, энергии и информации принимает участие весь материальный мир, который и является источником воздействия на все материальное и, соответственно, на человека и окружающую природную среду. Потоки ВЭИ непрерывно действуют в реальном мире. Если эти потоки превышают значения ПДК, ПДУ, ПДВ, ПДС, ПДО в зоне действия источника экологической опасности, то объект защиты при воздействии этих потоков испытывает ущерб. Если потоки ВЭИ не превышают значений ПДК, ПДУ, ПДВ, ПДС, ПДО, то объект защиты находится в нормальных (нормативных) условиях жизнедеятельности.

В соответствие с вышеизложенным обобщенное **«понятие Экологическая опасность»** в системном понимании можно сформулировать в следующем виде:

Экологическая опасность - это негативное свойство факторов материи воздействия живой и неживой костной материи, способное причинять ущерб самой материи: человеку, обществу, природной среде.

Экологическая опасность реализуется только в условиях взаимодействия источника опасности с защищаемым объектом - человеком, обществом, природной средой.

Исходя из определения понятия **«Экологическая опасность»** можно проводить идентификацию этой опасности в окружающем нас мире, а также выполнять исследования по изучению причин возникновения и разработке необходимых мероприятий по обеспечению безопасных условий для жизнедеятельности человека и окружающей природной среды.

Экологическая опасность является центральным понятием в научном направлении, связанном с обеспечением **«Экологической безопасности»** и, соответственно, обобщенной безопасности жизнедеятельности.

Объекты защиты - человек и окружающая среда всегда должны находится в безопасном состоянии, которое может быть при полном отсутствии воздействия негативных факторов или при допустимых уровнях их воздействия в пределах нормативных ПДК, ПДУ, ПДВ, ПДС, ПДО. В ФЗ «Об охране окружающей, среды» от 10 января 2002 г. № 7 -ФЗ в статье 1 **«Экологическая безопасность»** определено как состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. Обеспечение **«Экологической безопасности»** рассматривается как:

- цель сохранения благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов;
- основы нормирования в области охраны окружающей среды;
- общие и специальные требования при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, консервации и ликвидации зданий, строений, гидротехнических сооружений, строительных комплексов, мелиорируемых и рекреационных территорий, транспортных магистралей, городских и сельских поселений с требованиями в области охраны окружающей среды, восстановления природной среды рациональным использованием и воспроизводством природных ресурсов.

Применительно для вида хозяйственной деятельности, связанной с использованием водных ресурсов в водопотреблении и водопользовании в пространственных пределах бассейновых геосистем **«Экологическая безопасность»** - это состояние объекта защиты, при котором воздействие на него потоков ВЭИ в процессах взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения (ВВВ) техногенного компонента (комплекс строительных и водохозяйственных сооружений, урбанизированных, мелиорируемых и рекреационных территорий, систем водоснабжения и водоотведения, транспортных магистралей и других) с окружающей природной средой, человеком (обществом), не превышает максимально допустимых значений ПДК, ПДУ, ПДВ, ПДС, ПДО.

«Экологическая безопасность», как определяющий базовый термин, приобретает

практическое реальное понимание в системе: «**Объект защиты - Источник экологической опасности - Защитные мероприятия**» (О.З.-И.Э.О.-З.М.), где в качестве **объекта защиты (О.З.)** может являться окружающий материальный мир, и в первую очередь человек, общество, природная среда [8, 2].

Обеспечение экологической безопасности в России осуществляется на основе государственной политики в этой области (таблица 1) [11].

Таблица 1

Принципы государственной политики в области обеспечения экологической безопасности

Приоритет безопасности для жизни и здоровья личности и общества в целом	Реализуемые на уровне межгосударственных отношений
Разрешительный порядок осуществления производственной и другой деятельности, способной создать угрозу экологической безопасности населения и территорий	Непричинение ущерба окружающей среде за пределами юрисдикции государства и неотвратимость ответственности за экологические последствия трансграничных воздействий
Обязательность государственной и санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов строительства, реконструкции экологически опасных объектов, а также производства любой продукции	Широкое участие в между-1 народной деятельности в области экологической безопасности
Организация системы государственного экологического мониторинга окружающей природной среды	
Гласность планов осуществления деятельности, связанной с угрозой возникновения экологической опасности, а также обеспечения полной достоверной и своевременной информацией об этой опасности населения, общественных	

Отсутствие объекта защиты или **источника экологической опасности (И.Э.О.)** устраняет саму систему и, соответственно, все мероприятия по защите от негативных воздействий потоков ВЭИ. Следует отметить, что термин «безопасность» включает в себя многозначное толкование - безопасность труда, экономическая безопасность, безопасность национальная и так далее. Но, если рассматривать «**Экологическую безопасность**» в зоне влияния объекта деятельности, то необходимо иметь в виду систему, включающую в себя в качестве **объектов защиты** - население, проживающее в зоне влияния объекта деятельности и окружающую природную среду - геологическую среду в основании чаши и сооружений напорного фронта; атмосферу, гидросферу и литосферу в пространственных пределах бассейновой геосистемы, через которую протекают процессы теплообмена, влагообмена и поступления солнечной энергии на водосборную территорию и приземные слои атмосферы. «**Источником экологической опасности**» в данной системе будет «**Объект деятельности**» («О.Д.») по водопотреблению и водопользованию, в состав защитных мероприятий могут входить различные виды и типы конструктивных, природоохранных и организационных мероприятий, способствующих снижению уровней ПДК, ПДУ, ПДВ, ПДС, ПДО негативного воздействия на окружающую среду и в том числе и на проживающее население («Н.») в составе ПТС («П.С.-О.Д.-Н.»).

Система «О.З.-И.Э.О.-З.М.» в общем виде может включать в себя все объекты защиты («О.З.»), все источники экологической опасности («И.Э.О.») и весь набор защитных мероприятий («З.М.»), но для изучения процессов ВВВ всех компонентов и входящих в них элементов данной системы «О.З.-И.Э.О.-З.М.» при непрерывном обмене потоками ВЭИ в пространстве и времени вызывает значительные сложности, Поэтому при исследовании целесообразнее рассматривать систему - «О.З.-И.Э.О.-З.М.» с выделением из общего числа конкретного объекта защиты, на который воздействует конкретный источник экологической опасности в сочетании с защитными мероприятиями. Модель системы «О.З.-И.Э.О.-З.М.» в общем виде может быть представлена схематично (рисунок 2) [5, 6].

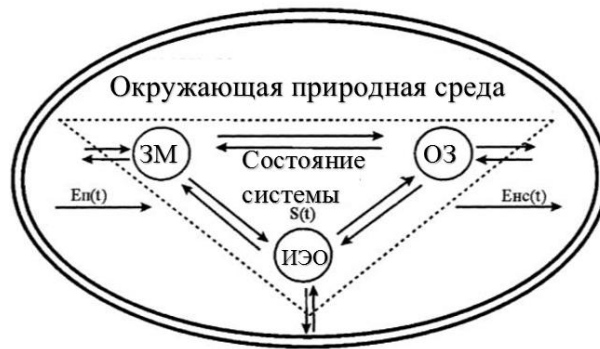


Рис. 2. Модель взаимодействия компонентов системы «О.З.-И.Э.О.-З.М.»

Модель системы включает в себя выбранный «И.Э.О.», например, водохранилищный гидроузел, «О.З.» - прилегающая территория в зоне влияния водохранилищного гидроузла; дренажные системы на прилегающих территориях в верхнем и нижнем бьефах.

В модели системы используются векторные обозначения: $E_n(t)$ - входные вещественно-энергетические воздействия на систему; $S(t)$ - состояние системы, определяемое процессами взаимодействия между собой элементов - «О.З. - И.Э.О. - З.М.» и окружающей природной среды - $E_n(t)$; выходные воздействия системы на окружающую природную среду $E_{нс}(t)$. Векторные характеристики определяются структурой системы [6].

Опираясь на приведенную модель системы (рис.2) можно сформулировать дополнительный вариант определения «**Экологической безопасности**», который дополняет выше приведенное определение. **Экологическая безопасность** - это есть свойство системы существовать и развивается при отсутствии опасных для человека, общества и окружающей природной среды взаимодействия, а также способность системы ослаблять взаимодействия человека, общества и окружающей природной среды с «Объектом деятельности» в системе «О.З. - И.Э.О. - З.М.» до безопасных уровней ПДК, ПДУ, ПДВ, ПДО.

При обосновании основополагающих категорий «**Экологической безопасности**», когда в качестве «И.Э.О.» принимаются водохозяйственные и строительные комплексы, здания и сооружения, урбанизированные, мелиорируемые и рекреационные территории, транспортные магистрали и др., рекомендуется исходить из интерпретации «И.Э.О.», как возможности причинения ущерба человеку, обществу и окружающей природной среде воздействием того или иного «О.Д.» в системе - «О.З. - И.Э.О. - З.М.». Учитывая, что понятие «**Экологической опасности**» является одним из фундаментальных и сложных, так как связано с рядом дополнительных понятий: **риск** — количественная мера экологической опасности, характеризующая как возможность возникновения ущерба, так и его вероятные размеры; **ущерб** - мера или результат такого изменения состояния системы - «О.З. - И.Э.О. - З.М.», которое характеризуется утратой здоровья населения, саморегулирующей способности окружающей природной среды в зоне действия объектов природообустройства и водопользования; **происшествие** - событие, произошедшее в результате

воздействия источника экологической опасности на человека, общество и окружающую природную среду, повлекшее за собой определенный ущерб; **авария** или **аварийная ситуация** - происшествие на объекте природы - обустройства и водопользования с соответствующим ущербом для людей и окружающей природной среды; **катастрофа** - происшествие, характеризующееся полным или частичным разрушением объекта природообустройства и водопользования, которое сопровождается гибелью людей и другими крупными ущербами для общества и окружающей природной среды; **строительный объект природообустройства и водопользования** или «**Объект деятельности**» - водохозяйственные комплексы, здания и сооружения, системы водоснабжения и водоотведения, урбанизированные, мелиорируемые территории, транспортные магистрали (дороги, тоннели, мосты, аэродромы, метрополитены); **водный объект** — сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа либо в недрах, имеющее границы, объем и черты водного режима.

«**Экологическое состояние**» в зоне действия «**Объекта деятельности**» рассматриваемой ПТС «Природная среда — Объект деятельности — Население» формирует «**Экологическую безопасность**» системы «**О.З.- И.Э.О. - З.М.**».

С учетом отмеченных выше основных определений, для обеспечения «**Экологической безопасности**» в зоне влияния «**Объекта деятельности**», необходимо обеспечивать техническую безопасность и надежность работы этого объекта, в системе «**О.З. - И.Э.О. - З.М.**», в которой «**О.Д.**», как «**И.Э.О.**», функционирует в задаваемых проектных условиях с высокой вероятностью исключения происшествий, обусловленные воздействием данного объекта на компоненты «**П.С.**» и «**Н.**» в допустимых нормативных пределах.

Системы - «**О.З. - И.Э.О. - З.М.**», как правило, функционируют в пространственных пределах речных бассейновых геосистем водных объектов.

В ПТС «**П.С.-О.Д.-Н.**», включающей в себя абиотические, биотические компоненты окружающей «**П.С.**», «**О.Д.**», как источник «**И.Э.О.**», является главным и определяет своим функционированием «**Экологическое состояние**» данной ПТС в пространственных пределах речной бассейновой геосистемы.

В создании новых и совершенствовании существующих «**Объектов, деятельности**», используемых в процессах использования водных ресурсов важным понятием является уровень «**Экологической приемлемости**», который определяется уровнем совершенства конструктивных решений. «**Экологическая приемлемость**» технологии или конструкции в обобщенном понятии определяется ресурсоёмкостью на стадии строительства той или иной строительной конструкции здания или сооружения и определяется, в конечном итоге, ресурсными затратами, в том числе возобновляемых и невозобновляемых природных энергетических ресурсов, что обуславливает большее использование местных строительных материалов. Исходя из отмеченного, можно сформулировать важное понятие [12, 14, 15]: **экологическая приемлемость технологии конструктивного решения «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» определяется показателями ресурсоемкости возобновляемых и невозобновляемых природных источников энергии и вещества.**

Исходя из понятия «**Экологическая безопасность**» и «**Экологическая приемлемость**», критерии экологической безопасности (**КЭБ**) для рассматриваемых ПТС «**Природная среда — Объект деятельности — Население**» количественно и качественно определяются показателями Экологического состояния в пространстве и времени природных сред зон влияния «**О.Д.**».

«**Экологическое состояние**» в пространстве и времени в зонах влияния «**Объекта деятельности**» определяется процессами ВВВ природных и техногенных компонентов и входящих в них элементов между собой, что обуславливает непрерывное движение потоков ВЭИ, которые количественно и качественно регламентируются ПДК, ПДУ, ПДВ, ПДС и ПДО.

На основе сформулированных понятий «**Экологическая приемлемость**», «**Экологическая безопасность**» и «**Экологическое состояние**» в пространстве и времени в зонах влияния «О.Д.» нами сформулировано понятие «**Критерии экологической безопасности**» для рассматриваемых ПТС «Природная среда — Объект деятельности — Население», связанных с использованием водных ресурсов [10, 13].

Так к примеру, **критерии экологической безопасности (КЭБ)** ПТС «Природная среда — Объект деятельности — Население», связанных с использованием водных ресурсов горных водотоков на ГЭС, **определяют собой показатели** (количественные и качественные) P_i , P_j **экологической допустимости воздействия «Объекта деятельности» на естественные процессы саморегуляции в природных средах, не вызывая при этом негативной тенденции деградации в зонах влияния.**

Характер движения потоков ВЭИ в пространстве и времени в зонах влияния «**Объекта деятельности**» определяется как внутрисистемными процессами ВВВ природных и техногенных компонентов между собой, так и процессами вещественно-энергетического обмена с внешней средой в пределах бассейновой геосистемы и систем более высокого иерархического уровня.

«**Экологическая безопасность**» в зоне влияния «О.Д.» оценивается в зависимости от экологической обстановки, которая подразделяется на пять видов (табл.2) [17].

Таблица 2

Классификация экологической обстановки по степени ее неблагополучия

Относительно удовлетворительн	Индекс концентрации вредных веществ не превышает ПДК, ПДУ, ПДВ.
Напряженная	Индекс концентрации вредных веществ в пределах 10 индексов ПДК, ПДУ, ПДВ.
Критическая	Индекс концентрации вредных веществ составляет 20-30 индексов ПДК, ПДУ, ПДВ.
Кризисная – чрезвычайная экологическая ситуация	Индекс концентрации вредных веществ превышает индекс ПДК, ПДУ, ПДВ в 50 раз и более. Устойчивые негативные изменения в окружающей природной среде, исчезновение отдельных видов растений, животных, угроза здоровью людей.
Катастрофическая (экологическое бедствие)	Необратимые изменения в окружающей природной среде. Нарушение природного равновесия, деградация флоры и фауны, потеря генофонда, существенное ухудшение здоровья людей.

Так, в соответствии с законом Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» к зонам чрезвычайной экологической ситуации следует относить участки территории земной поверхности и водных акваторий, где под воздействием «О.Д.» происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающее здоровью населения и состоянию естественной природной среды.

Согласно ст. 58 и 59 действующего Закона в России «Об охране окружающей природной среды» и неблагоприятное экологическое состояние территорий в зоне влияния объекта деятельности можно оценивать по признакам, приведенным в табл.2.

«**Экологическое состояние**» ПТС «Природная среда - Объект деятельности - Население» (растительного и животного мира) характеризуется показателями загрязнения воздушной среды, гидросферы (водных объектов), почвенного покрова и как следствие деградации экосистем. «**Экологическая безопасность**» в зоне действия ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» оценивается с обще-экологических позиций и санитарно-гигиенических нормативных требований.

На основе результатов системного анализа «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» на Северном

Кавказе «**Экологическая безопасность**» зоне влияния «О.Д.» может быть представлена в следующих концептуальных утверждениях:

1. «**Экологическая безопасность**» в зоне влияния объекта деятельности взаимосвязана с процессами жизнедеятельности населения и природной среды.
2. «**Экологическая безопасность**» в зонах жизнедеятельности непосредственно взаимосвязана с энергопотреблением, обуславливающим выработку, хранением, преобразованием тепловой, механической, химической, электрической и др. видов энергии.
3. Опасность нарушения «**Экологической безопасности**» начинает проявляться в результате неуправляемого выхода энергии или вещества, накопленной в природоохранных и водохозяйственных объектах, во внешнюю среду относительно объекта, к примеру, в случае разрушения плотины водохранилищного гидроузла.
4. Неуправляемый выход энергии или вещества, особенно токсичного, из природоохранного или водохозяйственного объекта во внешнюю среду приводит к радикальному отрицательному изменению процессов жизнедеятельности населения, природной среды в зоне действия данного объекта, что сопровождается ущербом для населения, растительному и животному миру, а также природной среде и материальным ценностям.
5. Нарушение «**Экологической безопасности**» в зонах действия природоохранного или водохозяйственного объектов и в пространственных пределах бассейновой геосистемы, является следствием появления причинной цепи предпосылок, обусловленных на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации, в результате которых происходит высвобождение энергии и вещества из объекта деятельности.
6. Инициаторами и звеньями причинной цепи нарушения «**Экологической безопасности**» в системе «0.3. - И.Э.О. - З.М.» является «О.Д.», не отвечающий современным экологическим требованиям.
7. Аварийные ситуации на объекте деятельности могут быть вызваны конструктивным несовершенством, ошибками на стадии проектирования, несоблюдением нормативных и проектных решений на стадии строительства, нарушением правил и инструкции по эксплуатации объекта, которые приводят к неуправляемому процессу высвобождения накопленной в объекте энергии или вещества.

Для оценки уровня «**Экологической безопасности**» в зонах влияния «О.Д.» выполняют системный комплексный мониторинг (СКЭМ), по результатам которого делают оценку «**Экологического состояния**» в пространстве и времени речной бассейновой геосистемы как важного экологического фактора по обеспечению «**Экологической безопасности**» [15, 16, 18].

ВЫВОДЫ

На основе результатов многолетних исследований процессов ВВВ «О.Д.», как техногенного компонента с природным «П.С.» и социальным «Н.» компонентами в составе ПТС «П.С. – О.Д. – Н.» впервые сформулированы семь концептуальных утверждений в оценке «**Экологической безопасности**» в хозяйственной и иной деятельности по использованию водных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Ю.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Ч. 2 / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин. – М.: МНЭПУ, 2001. – 335 с.
2. Бондаренко В.Л. Природообустройство: территории бассейновых геосистем: учеб. пособие / под общ. ред. И.С. Румянцева. – Ростов н/Д: Издательский центр «Март», 2010.– 527 с.
3. Бондаренко В.Л., Приваленко В.В., Кувалкин А.В. и др. Решение экологических проблем при проектировании гидротехнических сооружений (на примере бассейновой геосистемы Верхней Кубани). Монография Изд. ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, 2009 г. 306 с.
4. Бондаренко В.Л., Скибин Г.М., Азаров В.Н., Семенова Е.А., Приваленко В.В. Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: оценка экологического состояния бассейновых геосистем. Монография Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2016. – 419 с.
5. Бондаренко В.Л., Клименко О.В., Семенова Е.А., Николаенко Д.А. Экологическая безопасность в строительстве. Инженерно-экологические изыскания в комплексе изысканий под строительство водохозяйственных объектов: Монография/В.Л. Бондаренко.; Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ– Новочеркасск, 2016. – 309 с.
6. Бондаренко В.Л., Семенова Е.А., Алиферов А.В., Клименко О.В. Природно-технические системы в использовании водных ресурсов: территории бассейновых геосистем: Монография. Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2016. 204 с.
7. Бондаренко В.Л., Дьяченко В.Б. Оценка экологического состояния бассейновой геосистемы в процессах использования водных ресурсов // Проблемы региональной экологии, №2, 2005 – С. 86–92.
8. Будыко М.И., Авакян А.Б. Глобальная экология. – М.: Мысль, 1977.
9. Будыко М.И., Дроздов О.А. О влагообороте на ограниченной территории суши // Вопросы гидрометеорологической эффективности полезащитного лесоразведения. – Л.: Гидрометеоиздат, 1950.– 248 с.
10. Вендров С.Л. К вопросу об исследованиях взаимодействия крупных гидроузлов и водохозяйственных систем с окружающей средой.– М.: Тр. гидропроекта, 1979. – 56 с.
11. ГОСТ Р ИСО 14004-98. Системы управления окружающей средой. Общие руководящие указания.
12. Ковальчук М. В. От синтеза в науке – к конвергенции в образовании / По материалам статьи из журнала «Образовательная политика» № 11-12 (49-50). 2010. – с. 1-12.
13. Лосев К. С. Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития России в XXI веке.– М.: «Космосинформ». – 2001. – 400 с.
14. Моисеев Н. Н. Человек и ноосфера. – М.: Молодая гвардия, 1992.– 439 с.
15. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. – М.: Мир, 1990. – 425 с.
16. Речные бассейны: под ред. А. М. Черняева; РосНИИВХ.– Екатеринбург: Изд. «Агроэкология», 1999. – 356 с.
17. Румянцев И.С., Кромер Р. Использование методов инженерной биологии в практике гидротехнического и природоохранного строительства: под ред. И. С. Румянцева. – М.: Изд-во МГУЦ, 2003. – 259 с.
18. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
19. Шмаль А.Г. Методология создания национальной системы экологической безопасности // Экологический вестник России. – 2005. – № 7. – С.57–59.
20. Шмаль А.Г. Методологические основы создания системы экологической безопасности территории.– Бронницы: – МП «ИКЦ» БНТВ, 2000. – 216 с.

**METHODOLOGICAL BASIS OF THE ASSESSMENT
ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE OBJECT OF ACTIVITY
IN THE USE OF WATER RESOURCES**

Khetsuriani E.¹⁾, Bondarenko V.²⁾, Semenova E.³⁾, Shtavdaker M.⁴⁾

¹⁾M.I. Platov South-Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute),
Novocherkassk, Russian Federation;

Don state technical University, Rostov-on – Don

²⁾ Novocherkassk Engineering And Land Reclamation Institute
Of Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

³⁾ North-Caucasus Federal University (Branch in Pyatigorsk)

⁴⁾ Novocherkassk Engineering And Land Reclamation Institute
Of Don State Grarian University, Novocherkassk, Russian Federation

Annotation. The scientific direction "Environmental Safety" (EB) originates in the second half of the 20th century and continues to develop intensively at the present time. The formation of this scientific direction is conditioned by the inherent need for the evolutionary sustainable development of society.

Both domestic scientists (Bolsherotoy A.L. 2010, Ko-zin V.V., Petrovsky V.A. 2005, Mazur I.I. 1999, Rumyantseva E.E. 2005, Khoruzhaya T.A. 2002, Shmal A.G. 2000, etc.) and foreign scientists have made a certain contribution to the formation of this scientific direction. EB is one of the components of national security, which determines the totality of natural, social conditions, types of economic and other activities that ensure the safe life of the population living in the zones of influence of water management facilities associated with the use of water resources in various sectors of economic and other activities.

Keywords: system, environmental safety, environmental condition, object of protection, object of activity.

ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА И УРБАНИЗАЦИИ

Кигურაძე Г., Лекишвили М.

«Студия 21»

ул. З.Абуладзе 21, Тбилиси, Грузия

Email: kighuradzegiorgi@gmail.com

m.lecishvili@yahoo.com

Аннотация. Рассмотрены основные проблемы кризиса современного проектирования городов: устойчивость во времени и пренебрежение к визуально-эстетическому значению. Показано, что существующее состояние является итогом внедрения современных философских доктрин и для выхода из кризиса необходима новая концептуальная доктрина – монохромное проектирование. Предлагается соответствующая методология, которая требует нового подхода к обучению и воспитанию архитекторов.

Ключевые слова: урбанизация, ландшафты, цель, монохромное проектирование, эстетика, рационализм, программа обучения.

ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестен факт, что город постоянно развивается и растет, он функционирует как живой организм. Архитектурный облик каждой эпохи отражается в урбанизме городов. В течение 100 лет мировое градостроительство и урбанизм находятся в тяжелом кризисе. Зададимся вопросом: какую ценность будут иметь сегодняшние города через 50–100 лет? Обдумывая ответ, возникают два типа проблем: устойчивость наших городов с течением времени и снижение визуально-эстетической значимости городов.

Проблема первая: архитектура по своей сути подразумевает постоянство, устойчивость и наследие. Мы знаем, насколько изучение старых поселений и городов играет роль в изучении / познании определенных эпох. Существенное значение имеют эти картины, которые не только остались от сегодняшнего урбанизма, но и утеряны на наших глазах. Причина этого процесса в том, что материалы и технологии, используемые в современном строительстве, могут прослужить 50-200 лет. К тому же, новая постройка не подразумевает длительную эксплуатацию, а рассматривается как временное сооружение.

Проблема вторая: при этом игнорируется важность эстетического облика города, что оказывает наибольшее негативное влияние на правильное развитие человека. Современное городское планирование адаптировано к материальным концепциям, обусловленным эпохальными событиями. Все в мире начинается с философии, и нынешняя ситуация является результатом введения и применения философских доктрин соответственно.

Первое фундаментальное изменение началось с краеугольного камня модернистской философии – человеческом чувстве, когда дизайнеры считали себя непогрешимыми богами и пытались добиться безошибочности истины собственного видения. Это проявилось в безоговорочном отказе от прошлого и строительстве нового города. Затем, последовало утверждение, что декор лишний, а то, что функционально, красиво.

Затем в 1960-х годах началась реакция, движение постмодернистов и субъективистов, которая привела к появлению теории субъективизации всего и, следовательно, к выводу о невозможности объективной оценки. Абсолютное отсутствие объективных критериев самый тяжелый и самый разрушительный фактор в нашей реальности, потому что формальная логика этой философии сталкивается со стеной манипуляции лжи и невежества.

В то же время, у нас есть наследие эпох, когда императивная истина принималась как высший стандарт, а все другие идеи попросту игнорировались. Мы считаем своей главной задачей переосмыслить эти знания, выявить плюсы, выявить причину нынешнего кризиса и найти новые подходы к городу, разработать философскую доктрину, которая позволяет нам найти как свободную волю, так и место мысли людей, а также определенную схему строго написанных критериев оценки.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ «Монохромный город / планировка»

Городское планирование и урбанизм требуют единого видения и строгого регулирования. Рассмотрим два принципа формирования городов и деревень, которые встречались на протяжении всей истории. Первый, когда городская структура формируется путем стихийного саморазвития, в результате мы получаем красивую городскую структуру, а второй – с не менее прекрасным результатом – единое централизованное плановое управление с определенной архитектурной концепцией.

Поэтому наша задача – проанализировать эти два принципиально разных подхода и определить ключевые элементы, которые создают красивую городскую среду.

Анализируя приведенные выше примеры, мы создали концептуальную доктрину «Монохромный город / планирование», которая включает следующие ключевые принципы:

1. Жить должно быть комфортно и удобно.
2. Красота – это функция, а не роскошь.
3. Городское планирование требует строгих правил и единого видения.
4. Район, село, квартал следует планировать в едином видении.

Составными элементами единого видения являются:

- Ограниченный выбор цвета и материала.
- Однородность масштаба.
- Пропорции и стиль.
- Пейзаж и климат.

Концепция монохромной планировки универсальна для любого архитектурного стиля и течения. Это означает создание гармоничного разнообразия, а не копирование одних и тех же домов, бессистемное смешение разных масштабов и стилей или «одно и то же разнообразие».

Концепция нуждается в дальнейших исследованиях, развитии и уточнении, чтобы воплотить ее в жизнь. Достижение этих целей должно осуществляться на основе академических исследований. Поскольку один-два человека не могут решить столь сложную задачу, необходимо привлекать студентов, магистров и докторантов к исследовательской и научной деятельности. Кроме того, роль студенческого контингента в реализации представленной нами концепции важна и безальтернативна, потому, что поколение, вырастающее с таким типом мышления и методами обучения, сможет внедрить и реализовать принципы «монохромности» планирования в реальности.

Мы разработали учебную программу, с помощью которой студенты будут изучать данную концепцию и изучать урбанизм и городское планирование как сложную междисциплинарную науку.

Учебная программа определила три ключевых области, которыми будет заниматься студент. Эти три части дополняют разные типы проектов. Каждая из них является независимой темой, но ее содержание связано с остальными, а это единая программа предоставления продукта.

Основная ось – это конкретное местоположение проекта и предмет, взятый в заданных данных, что требует планирования соответствующих исследований с участием смежных специальностей, изучения необходимой юридической документации, определения и обработки информации, которую

нужно искать, создания необходимой документации и обработки предпроектных работ и материалов. После указанного подготовительного этапа приступить к проектированию и укомплектовать необходимую рабочую группу.

Такой проект может быть написан для нескольких и разных периодов на протяжении всего курса.

Основная цель – спроектировать современный город или поселок другого типа на основе принципов «монокроного планирования», объединить все эти элементы, исследования и многое другое.

Одна часть профессии городского планирования – это пространственное планирование. На сегодняшний день в курортной зоне Черного моря остался только один неисследованный участок от Очамчире до Псоу, что позволяет правильно спланировать текущее развитие его будущего развития с учетом всех местных факторов, вместо неконтролируемого развития. (Официальный статус региона - «Оккупированная территория Абхазии»). В рамках академических исследований исследовательская часть территории Абхазии предоставляет несколько возможностей:

- Дать подрастающему поколению какие-то знания о регионе, учитывая, что у нашей молодежи практически нет контактов, включая информацию о регионе.
- Содействовать определенному способу диалога с помощью научных / исследовательских средств.
- Возможность начать новые отношения на основе обмена студентами и общения между новыми поколениями.
- Обмен информацией.
- Дистанционное изучение, казалось бы, труднодоступных мест на основе полученной документации.
- Развивать специальные приемы и навыки, чтобы находить нужные вам материалы.

Таким образом, в будущем, когда территориальная справедливость будет восстановлена, полученные материалы и информация позволят нам провести их каталогизацию, и мы получим совершенно новый, современный тип научной информационно-аналитической базы, которая сама по себе является сокровищницей для любого человека и академического пространства. Студентам также будет предоставлена возможность разработать полномасштабный план территориального планирования.

В дополнение к тому, что нужно преподавать, важно учитывать множество факторов: с какого часа вы начинаете процесс обучения, насколько четко у вас есть критерии оценки, как вы следуете современным научным работам и методикам, насколько интенсивно вы загружаете студентов и многие другие факторы.

Темп жизни в двадцать первом веке значительно увеличился по сравнению с предыдущими веками под влиянием развития моторизованного транспорта (XX век) и развития информационных систем (XXI век). Теперь заказчик знает, что скорость рисования через компьютер значительно увеличилась, он сразу же запрашивает проект, что мы не можем игнорировать. Но мы не должны забывать, что действительно качественная и важная идея требует ясного и досконального понимания. Нам необходимо представить несколько подходов к дизайну, которые позволят студенту развить как быстрые навыки проектирования, так и красоту и преимущества нечеткого процесса понимания.

Несмотря на чрезвычайную важность и интересность темы, мы понимаем, что такая большая нагрузка является непреодолимым бременем для ученика. Также важно учитывать непредсказуемость своих проектов с течением времени, учитывая их связь с реальностью. Поэтому мы разработали другой подход к обучению в рамках этих глобальных проектов. Студенту не нужно будет заполнять и отправлять их в указанное время. Но проект будет открыт на неопределенный срок, и его производство будет переходить от курса к курсу, проект будет углубляться в процессе поиска нового материала и не будет строго привязан к календарю обучения. Периодически будет проводиться семинар для обобщения собранного материала, мнений студентов и деталей обработанного проекта.

ВЫВОДЫ

1. Монохромное планирование – это концепция, которая подразумевает приравнение важности визуально-эстетической части к практической и рациональной части в городском планировании.
2. Реализация концепции монохромного планирования требует глубоких и крупномасштабных исследований, которые требуют академического пространства и ресурсов.
3. Для повсеместного внедрения в практику монохромной планировки необходимо подготовить новое поколение архитекторов, обладающих соответствующими знаниями, и продолжить этот процесс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вукан Р. Вучик. Транспорт в городах удобных для жизни. Москва, 2011.
2. Kevin Lynch. The Image of the City. The MIT Press. 1960.
3. Jane Jacobs. The Death and Life of Great American Cities. Copyright © 1961. Penguin Random House LLC. 2015.
4. Г. Кигურაძე, М. Лекишвили. Курс лекций «Современное состояние градостроительства и урбанизации», Тбилиси, ГТУ, 2020, на груз. яз.

არქიტექტურა

ქალაქგეგმარებისა და ურბანიზაციის პრობლემები

გ. კილურაძე, მ. ლეკიშვილი

„სტუდია 21“

თბილისი, საქართველო

ანოტაცია. განხილულია თანამედროვე ქალაქების დაგეგმარების კრიზისის ძირითადი პრობლემები: ქალაქების მდგრადობა დროში და მათი ვიზუალურ-ესთეტიკური მნიშვნელობის დაკნინება. ნაჩვენებია რომ არსებული მდგომარეობა წარმოადგენს თანამედროვე ფილოსოფიური დოქტრინების დანერგვის შედეგს და კრიზისიდან გამოსვლისათვის საჭიროა ახალი კონცეპტუალური დოქტრინა - მონოქრომული დაგეგმარება. შემოთავაზებულია შესაბამისი მეთოდოლოგია, რაც თხოულობს სწავლებისა და არქიტექტორთა აღზრდის ახალ მიდგომებს.

საკვანძო სიტყვები: ურბანიზაცია, ლანდშაფტი, მიზანი, მონოქრომული დაპროექტება, ესთეტიკა, რაციონალიზმი, სწავლების პროგრამა.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СЕЛЕВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ БОЛЬШОГО КAVKAZA

Кондратьева Н.В., Аджиев А.Х., Разумов В.В., Узденова А.Б.

Высокогорный геофизический институт (Росгидромет)

пр.Ленина, 2, 360030, Нальчик, Россия

E-mail: kondratyeva_nat@mail.ru

Аннотация. В работе, на основе собранных и обобщенных материалов по селевой тематике, показаны некоторые особенности развития селевой деятельности на северном склоне Большого Кавказа.

Показано, что наиболее благоприятные природно-климатические условия для формирования селей складываются на Центральном Кавказе, где сосредоточены основные ледниковые массивы и регистрируются достаточно высокие осадки, а также присутствует сложнорасчлененный рельеф, большие абсолютные и относительные высоты склонов. На Восточном Кавказе уменьшение площади оледенения и общей увлажненности компенсируется широким распространением легко выветриваемых глинистых сланцев и других осадочных пород, а также господством степных и полупустынных ландшафтов, обеспечивающих быстрый сток поверхностных вод. Поэтому селевая деятельность здесь также достаточно высока. На Западном Кавказе, которому свойственны небольшие абсолютные высоты склонов, а также высокая степень залесенности территории, селевая деятельность наименьшая.

Впервые выявлена взаимосвязь удельной пораженности территории селями (отношение суммарной площади селевых бассейнов к площади территории рассматриваемого субъекта РФ - доля территории, где могут сходиться сели) с суммой удельно-долевых вкладов природно-климатических условий в субъектах РФ в пределах Северного Кавказа.

Ключевые слова: селевой бассейн, климат, оледенение, селевая деятельность, удельная пораженность территории селями.

ВВЕДЕНИЕ

Распространение селей на северном склоне Большого Кавказа обусловлено орографическими, тектоно-геоморфологическими, геолого-литологическими, почвенно-растительными, антропогенными и, особенно, гидрометеорологическими условиями. Влияние последних определяется следующими факторами: значения и режим температуры воздуха, количество, интенсивность и режим атмосферных осадков, размеры и интенсивность таяния современного оледенения и снежного покрова, увлажненность территории, наличие малых рек с большими уклонами русел и их паводочный режим.

В представленной работе нами, на основе собранных и обобщенных материалов по селевой тематике [1], а так же анализа справочных и литературных данных о климате, оледенению, геологии, залесенности [2-10 и др.], выявлены некоторые особенности развития селевой деятельности на северном склоне Большого Кавказа.

В селеведении четких определений понятий как “пораженность территории селями” и “селевая деятельность” нет, хотя они достаточно часто употребляются в научных публикациях по селям. Поэтому, нами для анализа изменения селевой деятельности по территории Северного Кавказа используются следующие определения: *пораженность территории селями* – суммарная площадь селевых бассейнов; *селевая деятельность* – реализация селевого процесса на конкретной территории

с определенными постоянными (геологическое строение, рельеф) и переменными (залесенность, климат: осадки, температура, оледенение) природно-климатическими условиями.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В статье мы рассматриваем северную часть склона Большого Кавказского хребта. Ныне на территории Северного Кавказа расположены 7 республик: Адыгея, Карачаево-Черкесия (Западный Кавказ), Кабардино-Балкария, Северная Осетия-Алания (Центральный Кавказ), Ингушетия, Чечня и Дагестан (Восточный Кавказ), а также 2 края: Краснодарский и Ставропольский (рисунок 1). В данной работе селевая деятельность Краснодарского края и Ставрополья не рассматривается.

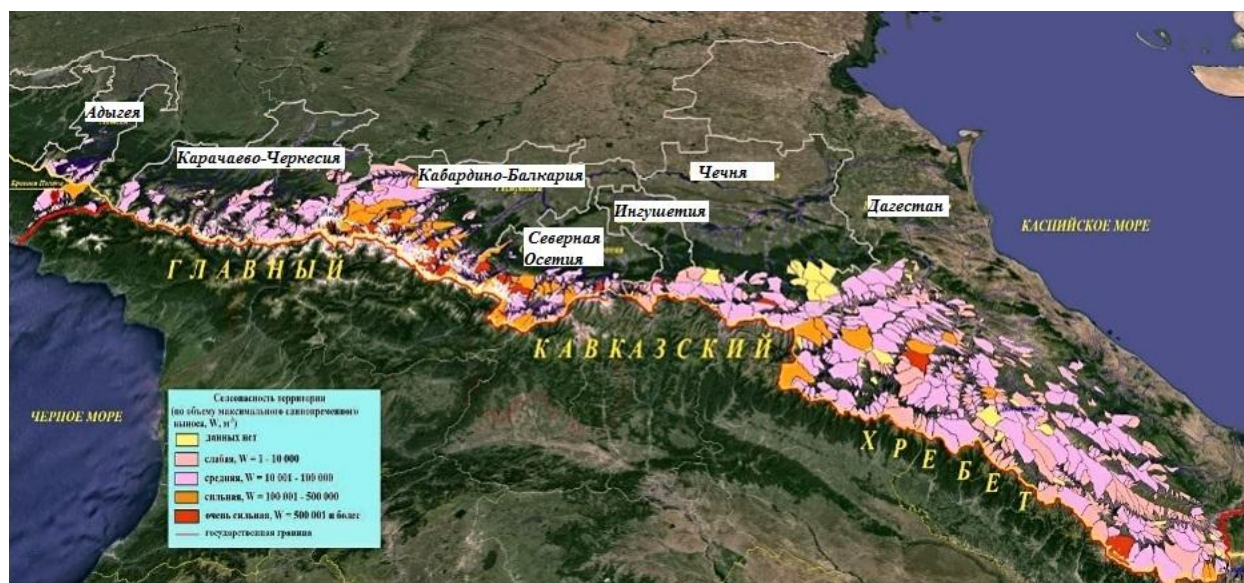


Рис. 1. Обзорная карта распространения селевых бассейнов на северном склоне Большого Кавказа

Всего на территории северного склона Большого Кавказа (или Северный Кавказ (СК)) нами выявлен 1236 селевых бассейнов, общей площадью 25133 км². В том числе, на территории Восточного Кавказа (ВК) - 557 селевых бассейнов, общей площадью 15758 км², Центрального Кавказа (ЦК) – 370, с общей площадью 7338 км², Западного Кавказа (ЗК) – 309, с общей площадью 2037 км² [1]. Полученные результаты свидетельствуют об увеличении суммарного количества и суммарной площади селевых бассейнов в основных географических частях региона с запада на восток - линейно. Но, если рассматривать в процентном отношении, линейности нет. Наибольшая доля суммарной площади селевых бассейнов отмечается на территории Центрального Кавказа (35% от общей площади территории ЦК), на втором месте - Восточный Кавказ (ВК) (22%), и наименьшая доля суммарной площади селевых бассейнов - на территории Западного Кавказа (ЗК) (9%), что объясняется изменением комплекса природно-климатических условий селеформирования в разных географических частях Северного Кавказа.

Селевая деятельность во многом зависит от интенсивности разрушения горных пород и накопления селевого материала. А это, в свою очередь, определяется сочетанием разнообразных природных условий: составом слагающих его кристаллических либо осадочных пород, высотой и крутизной склонов, степенью развития растительного покрова, температурным режимом и режимом осадков и т.д.

Рассмотрим пространственные изменения (с запада на восток) природно-климатических условий, влияющих на селевую деятельность в горных районах (абсолютная высота от 600 м. н.у.м. до 4 500 м н.у.м.) Северного Кавказа. Нами выделены постоянные природно-климатические условия -

геологическое строение, рельеф и переменные - залесенность, климат: атмосферные осадки, температура воздуха, оледенение.

Наибольшее количество селевого материала поставляют легко размываемые песчано-глинистые отложения и сланцы, т.е. осадочные породы.

В западной и центральной части Северного Кавказа горы сложены преимущественно устойчивыми к размыву кристаллическими и вулканическими породами (граниты, гнейсы, кристаллические сланцы протерозой – палеозойского периода, реже – палеозойскими и мезозойскими осадочно-вулканогенные породы, алевролиты, аргиллиты и песчаники нижнесреднеюрского периода, сланцы пермско-триасового возраста). В восточной части Северного Кавказа распространены осадочные породы (преимущественно юрские глинистые сланцы, крепкие доломитизированные и слабые щелочные известняки, а также песчаники), легко поддающиеся разрушению [2]. По данным [2] скальные породы на Западном Кавказе (включая Краснодарский край, хотя в данной статье он не рассматривается) составляют 38% по отношению к рыхлым (слабосвязным) и связным породам, на Центральном Кавказе – 30%, на Восточном только 1%. Это свидетельствует о том, что геологический состав горных пород на Восточном Кавказе является повышающим фактором селевой деятельности, по сравнению с Западным и Центральным Кавказом.

Анализ роли рельефа в селевой деятельности нами проведен по показателям: среднее превышение территории (расчлененность рельефа) в горных районах и средний уклон селевых русел. Данные получены с использованием картографического материала: а) превышение высот H (м) определялось по картам территорий Северного Кавказа $M 1: 100000, 1:25000$ по основным горизонталям – разница между наивысшей точкой рельефа и наименьшей. Средняя расчлененность сначала определялась по бассейнам основных рек, затем по субъектам, затем по полученным результатам было найдено среднее для каждой части Северного Кавказа; б) средний уклон селевых русел α (‰ - промилле) определялся по картам территорий Северного Кавказа $M 1: 100\ 000, 1:25\ 000$ по основным горизонталям. Уклон рассчитывался по формуле:

$$\alpha(\text{‰}) = \frac{H - h}{L} 1000, \quad (1)$$

где H – абсолютная высота истока реки, h – абсолютная высота устья реки, L – длина селевого русла.

Определялся средний уклон селевого русла, затем полученные результаты усреднялись по бассейнам основных рек, затем по субъектам, затем по полученным результатам было найдено среднее для каждой географической части Северного Кавказа.

Рельеф на Северном Кавказе изменяется параболически. Максимум среднего расчленения приходится на Центральный Кавказ (2690 м), где и средние уклоны селевых русел наибольшие (253 ‰), здесь же расположены и наибольшие по высоте горные вершины Кавказа (г.Эльбрус – 5642 м, г.Казбек – 5034 м). На Восточном Кавказе среднее расчленение горной территории составило 2224 м, а средний уклон селевых русел составил 165‰. Слабо расчлененный рельеф, в сравнении с Центральным и Восточным, соответствует Западному Кавказу, среднее превышение – 1325 м, средний уклон селевых русел - 137‰. Рельеф является более повышающим фактором в селевой деятельности на Центральном и Восточном Кавказе, чем на Западном.

Залесенность территории - участки природных территорий, покрытые лесной растительностью естественного происхождения. Данные о площадях залесенности в горных районах нами также определены по картографическому материалу $M 1: 100000, 1:25000$ территорий Северного Кавказа. Прослеживается четкая пространственная закономерность - линейное понижение доли площади залесенности горных территорий Северного Кавказа с запада на восток. Наибольшая залесенность в горных районах присутствует на Западном Кавказе (31% от всей площади территории этой части Кавказа), густые леса предохраняют их от развития эрозии и обеспечивают постоянный речной сток, уменьшая скорость стекания воды; на Центральном Кавказе доля площади залесенности

горной территории составляет 18% от всей площади Центрального Кавказа; на Восточном Кавказе лес в горах занимает всего 8% от площади всей территории Восточного Кавказа. Залесенность является понижающим фактором для селевой деятельности во всех частях Северного Кавказа, лес предохраняет склоны от развития эрозии, задерживает оползневые процессы, удерживает влагу.

Анализ роли климата на селевую деятельность по территории Северного Кавказа нами проведен по среднегодовой сумме осадков, среднегодовой температуре воздуха в горных районах, а также суммарной площади оледенения. Для этого были использованы многолетние метеоданные по территории исследования [4-6 и др.]. Конечно, для селевой деятельности правильнее было бы анализировать пространственное изменение осадков и температуры за селевой период года (май-сентябрь), но на сегодняшний день нет длительного ряда наблюдений за метеопараметрами в селевой период по ныне действующим метеостанциям региона, приуроченных к зонам развития селей (кроме м/с Терскол (Кабардино-Балкария)). Но, анализируя среднегодовые осадки и среднегодовую температуру воздуха по территории, нам удалось выявить определенные особенности. В частности, среднегодовые суммы осадков на Северном Кавказе уменьшаются с запада на восток (ЗК - 1600мм, ЦК-1275мм, ВК - 1017мм), наблюдается пространственная линейная закономерность. Частые дожди на западе менее позволяют скапливаться на склонах основному селеобразующему материалу – глинистым и пылеватым частицам, постоянно смывая его в русло рек. Поэтому на Западном Кавказе осадки являются понижающим фактором для селевой деятельности. В восточной части дожди выпадают реже и бывают более или менее продолжительные засушливые периоды, создаются благоприятные условия для накопления на склонах селеобразующего материала.

Максимум среднегодовой температуры горной территории наблюдается на Восточном Кавказе (5.6 °С), а минимум на Центральном Кавказе (2.7 °С), на Западном Кавказе – 3.5 °С. Температурный режим на Восточном Кавказе является повышающим фактором для селевой деятельности.

Суммарная площадь оледенения в частях Северного Кавказа изменяется параболически. Наибольшее по площади оледенение приходится на Центральный Кавказ (886 км²), а наименьшее - на Восточный Кавказ (96 км²), на Западном Кавказе – 214 м² [6]. Наибольшая площадь оледенения на Центральном Кавказе свидетельствует об активных процессах в перигляциальной зоне, что является повышающим фактором в селевой деятельности.

Если обозначить через F сумму природно-климатических условий, способствующих или препятствующих формированию селей на территориях основных географических районах региона (рассмотренных выше), то условно F можно представить в виде выражения:

$$F = S_0 - S_3 + H + \alpha + h + t, \quad (2)$$

где S₀, S₃, H, α, h, t – природно-климатические условия: S₀ - площадь оледенения (км²); S₃ - залесенность горной территории (%) (доля от общей площади географической части); H – среднее превышение высот (расчлененность) (м); α – средний уклон селевых русел (‰); h – среднегодовая сумма осадков в горной зоне (мм); t – среднегодовая температура воздуха в горной зоне (°С) (табл. 1).

Таблица 1

Обобщенные параметры природно-климатических условий, влияющих на формирование селей в географических частях Северного Кавказа

Географический район	Площадь оледенения, S ₀ (км ²)	Залесенность горной территории, S ₃ (% от площади географического района)	Среднее превышение высот, H (м)	Средний уклон селевых русел, α (‰)	Среднегодовая сумма осадков в горной зоне, h (мм)	Среднегодовая температура воздуха в горной зоне, t (°С)
ВК	96	8	2224	165	1017	5.7

ЦК	886	18	2690	253	1275	2.7
ЗК	214	31	1325	137	1600	3.5
Среднее	399	19	2080	185	1297	4

Если поделить все параметры в выражении (2) на средние их значения для всей территории Северного Кавказа, получим удельный вклад каждого параметра в селевую деятельность в относительных единицах. Таким образом избавляемся от размерности слагаемых в выражении (2). Тогда сумму удельно-долевых вкладов природно-климатических условий, влияющих на формирование селей ($F_{уд}$), можно записать в виде безразмерных слагаемых:

$$F_{уд} = S_0 / S_{0cp} - (S_3 / S_{3cp}) + H / Hcp + \alpha / \alpha cp + h / hcp + t / tcp, \quad (3)$$

где $F_{уд}$ - сумма удельно-долевых вкладов природно-климатических условий, влияющих на формирование селей; S_0 / S_{0cp} - удельно-долевой вклад площади оледенения; $-(S_3 / S_{3cp})$ - удельно-долевой вклад площади залесенности (со знаком (-), т.к. это понижающий фактор в селевой деятельности); H / Hcp - удельно-долевой вклад среднего превышения высот; $\alpha / \alpha cp$ - удельно-долевой вклад среднего уклона русла; h / hcp - удельно-долевой вклад среднегодовой суммы осадков; t / tcp - удельно-долевой вклад среднегодовой температуры воздуха (табл. 2).

Таблица 2

Обобщенные удельно-долевые параметры природно-климатических условий, влияющих на селевую деятельность по субъектам Северного Кавказа

Географический район	Удельно-долевые вклады природно-климатических условий						Сумма удельно-долевых вкладов природно-климатических условий, $F_{уд}$
	S_0/S_{0cp}	$-(S_3/S_{3cp})$	H/Hcp	$\alpha/\alpha cp$	h/hcp	t/tcp	
ВК	0.24	-0.47	1.07	0.89	0.78	1.43	3.9
ЦК	2.22	-0.94	1.29	1.37	0.98	0.68	5.6
ЗК	0.54	-1.63	0.64	0.74	1.23	0.88	2.4

Из таблицы 2 видно, что сумма удельно-долевых вкладов природно-климатических условий наибольшая на Центральном Кавказе (5.6), затем идет Восточный Кавказ (3.9), а на Западном Кавказе - наименее благоприятные условия для селевой деятельности (2.4).

Проведенный сравнительный анализ природно-климатических условий, влияющих на селевую деятельность, в разных физико-географических районах Северного Кавказа позволяет сделать следующие выводы:

1. Минимум селевой деятельности наблюдается на Западном Кавказе. Это обусловлено сочетанием таких постоянных природных условий как преобладание устойчивых к размыву горных пород, слаборасчлененный рельеф и небольшие абсолютные высоты склонов, а также высокая степень залесенности, несмотря на большое количество выпадающих осадков (переменные условия). Суммарный вклад вышеперечисленных условий понижает степень селевой деятельности на Западном Кавказе до слабой в сравнении с Центральным и Восточным Кавказом. Оледенение (переменное условие) на Западном Кавказе, хотя и занимает достаточно большую суммарную площадь, является здесь соподчиненным фактором в селевой деятельности, т.к. относится к рассеянному и полумассивному типу.

2. На Центральном Кавказе, за счет сочетания постоянных (сложнорасчлененный рельеф, большие абсолютные и относительные высоты склонов, преобладание устойчивых к размыву горных пород) и переменных (средняя степень залесенности, значительные осадки, наличие современного оледенения массивного типа) условий, отмечается высшая степень селевой деятельности.

3. Высокую активность селевая деятельность достигает и в восточной части Кавказа, где распространены осадочные породы, легко поддающиеся разрушению, а климат сухой и континентальный, вследствие чего растительности на склонах очень мало. Оледенение (переменное условие) на Восточном Кавказе по масштабам значительно уступает Западному и Центральному Кавказу и относится к рассеянному и полумассивному типу, вследствие чего является соподчиненным фактором в селевой деятельности.

Выявленная зависимость селевой деятельности в разных физико-географических районах Северного Кавказа от природно-климатических условий среды находит свое подтверждение и при сравнении *удельной пораженности* селами (отношение суммарной площади селевых бассейнов к площади территории рассматриваемого субъекта РФ, т.е. часть территории, где могут сходить сели) территорий отдельных республик Северного Кавказа (табл. 3).

Таблица 3

Обобщенные параметры степени пораженности селами по субъектам РФ в пределах Северного Кавказа

Субъект РФ	Площадь территории субъекта, S (км ²)	Пораженность территории селами, S _{сб} (км ²)	Удельная пораженность территории селами, S _{уд} (км ² /км ²)
Дагестан	50300	12488	0.248
Чечня	15000	2600	0.173
Ингушетия	4000	670	0.168
Северная Осетия	8000	2365	0.296
Кабардино-Балкария	12500	4973	0.398
Карачаево-Черкесия	14100	1675	0.119
Адыгея	7600	362	0.048

Анализ таблицы 3 показывает, что степень пораженности территории селами оказалась наибольшей в Кабардино-Балкарии и составила около 40% от площади всей республики, чуть меньше - в Северной Осетии - Алания (около 30%) и в Дагестане (около 25%). Значительные площади, где возможна селевая деятельность, находятся в Чеченской республике (17.3%), Ингушетии (16.8%) и в Карачаево-Черкессии (около 12%), наименее затронута селевой деятельностью территория Республики Адыгея (около 5%).

В таблице 4 приведены обобщенные параметры природно-климатических условий, способствующих образованию селей в субъектах РФ в пределах Северного Кавказа. При этом, использованы следующие обозначения: F – сумма природно-климатических условий, способствующих формированию селей; S_о - площадь оледенения (км²); S_з - залесенность горной территории (% от площади республики); Н – среднее превышение высот (расчлененность) (м); α – средний уклон селевых русел (‰); h – среднегодовая сумма осадков в горной зоне (мм); t – среднегодовая температура воздуха в горной зоне (°C).

Таблица 4

Обобщенные параметры природно-климатических условий, влияющих на формирование селей по субъектам РФ в пределах Северного Кавказа

Субъект РФ	Площадь оледенения, S_0 (км ²)	Залесенность горной территории, S_3 (% от площади республики)	Среднее превышение высот, H (м)	Средний уклон селевых русел, α (‰)	Среднегодовая сумма осадков в горной зоне, h (мм)	Среднегодовая температура воздуха в горной зоне, t (°C)
Дагестан	48	4	2413	186	850	7
Чечня	40	17	2233	171	1000	5
Ингушетия	8	21	2025	138	1200	5
Северная Осетия	286	27	2640	250	1200	3
Кабардино-Балкария	600	10	2740	256	1350	2.5
Карачаево-Черкесия	206	32	1350	156	1800	3.3
Адыгея	8	37	1300	118	1400	3.8
Среднее:	171	21	2100	182	1257	4

Применив уравнение 3 для территорий республик Северного Кавказа, мы получаем сумму удельно-долевых вкладов природно-климатических условий для каждой республики. Расчетные значения приведены в таблице 5.

Прослеживается достаточно наглядная зависимость удельной пораженности территории селями ($S_{уд}$) от суммы удельно-долевых вкладов природно-климатических условий ($F_{уд}$) в республиках Северного Кавказа (коэффициент корреляции равен 0.9). При этом, наибольшая удельная пораженность ($0.398 \text{ км}^2/\text{км}^2$) имеет место на территории Кабардино-Балкарии, где сумма удельно-долевых вкладов природно-климатических условий, способствующих формированию селей 7.44. Меньше всего удельная пораженность селями отмечается в Адыгее ($0.048 \text{ км}^2/\text{км}^2$), соответственно и сумма удельно-долевых вкладов природно-климатических условий, влияющих на селевую деятельность в республике также наименьшая (1.62) (рисунок 2).

Таблица 5

Обобщенные удельно-долевые параметры природно-климатических условий, влияющих на селевую деятельность по субъектам РФ в пределах Северного Кавказа

Субъект РФ	Удельно-долевые вклады природно-климатических условий						Сумма удельно-долевых вкладов природно-климат. условий, $F_{уд}$
	S_0/S_{0cp}	$-(S_3/S_{3cp})$	H/H_{cp}	α/α_{cp}	h/h_{cp}	t/t_{cp}	
Дагестан	0.28	0.19	1.15	1.02	0.68	1.75	4.69
Чечня	0.23	0.81	1.06	0.94	0.8	1.25	3.47
Ингушетия	0.05	1	0.96	0.76	0.95	1.25	2.97
Северная Осетия	1.67	1.29	1.26	1.37	0.95	0.75	4.71
Кабардино-Балкария	3.51	0.48	1.3	1.41	1.07	0.63	7.44
Карачаево-Черкесия	1.2	1.52	0.64	0.86	1.43	0.83	3.44
Адыгея	0.05	1.76	0.62	0.65	1.11	0.95	1.62

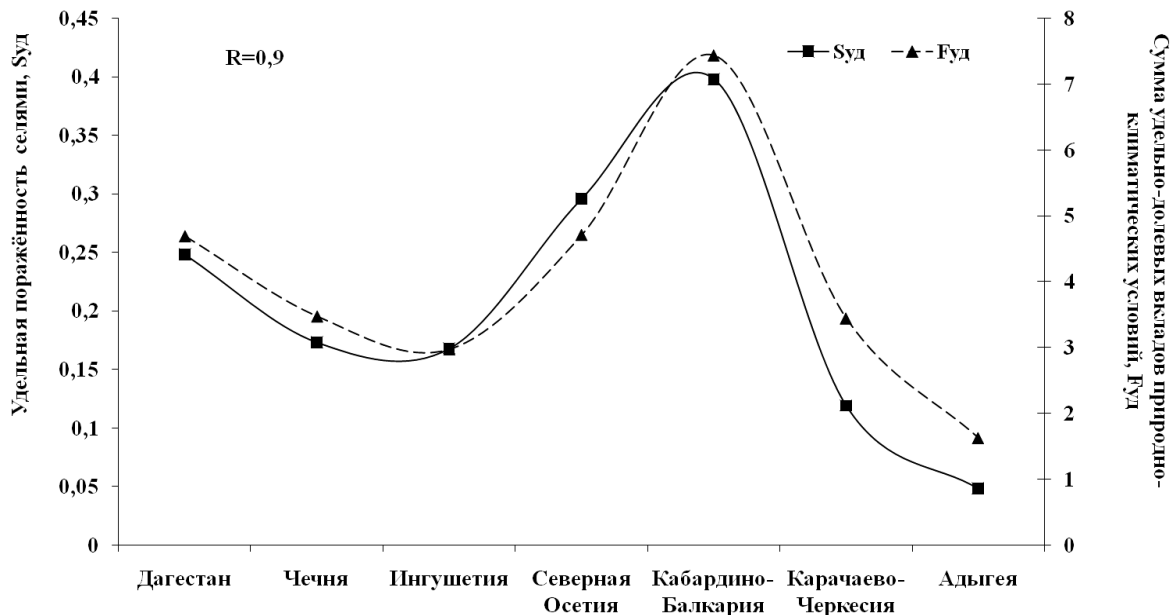


Рис. 2. Изменения по субъектам Северного Кавказа удельной пораженности территории селями в зависимости от суммы удельно-долевых вкладов природно-климатических условий, способствующих формированию селей

ВЫВОДЫ

Таким образом, каждая республика Северного Кавказа имеет присущие только ей природно-климатические условия, способствующие или препятствующие процессам селеобразования. Селевая деятельность на их территории обусловлена суммарным сочетанием природно-климатических условий, перечисленных выше. Приведенный анализ распределения селевой деятельности по территории Северного Кавказа подтверждает высказанное В.А. Герасимовым в 1974 году [9] предположение, что интенсивность селевой деятельности, главным образом, зависит от сочетания природно-климатических условий района, что также отмечено и в монографии «Опасные природные процессы Северного Кавказа» [10]. Наши исследования позволили не только подтвердить это предположение, но и доказать количественно тесную связь селевой деятельности с природно-климатическими условиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьева Н.В., Аджиев А.Х., Беккиев М.Ю., Гяургиева М.М., Перов В.Ф., Разумов В.В., Сейнова И.Б., Хучунаева Л.В. Кадастр селевой опасности юга европейской части России. М.: Феория. Нальчик: Печатный двор, 2015. 148 с.
2. ГИС-Атлас «Недра России» Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://atlaspacket.vsegei.ru/#a7f1eeb5fe2273d10>
3. Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиев Б.С. и др. Физическая география Дагестана. М.: Школа, 1996. 384 с.
4. Варшанина Т.П., Мартыненко А.И., Липец Ю.Г., Гуня А.Н., Лухманова Д.Н., Козменко Г.Г. Атлас Республики Адыгея. Под ред. Р.Д. Хунагов. Майкоп: ГУРИПП Адыгея, 2001. 80 с.

5. Варшанина Т.П. Климатические ресурсы ландшафтов Республики Адыгея. Майкоп: Адыгейский гос. Университет, 2005. 238 с.
6. Справочник по климату СССР. Л.: Гидрометеиздат. 1966-1968. Вып. 13. Ч. II-V.
7. Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации. Под. ред. К.Ш. Хайруллина. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат. Из-е 2, 1997. 587 с.
8. Снег и лед на Земле. Электронный атлас. Под общей ред. В.М. Котлякова. Институт географии Российской Академии Наук. Москва, 2015.
9. Герасимов В.А. О селях на северном склоне Центрального и Восточного Кавказа // № 27. Труды ВГИ, 1974. С. 63-71.
10. Разумов В.В., Аджиев А.Х., Разумова Н.В., Кондратьева Н.В., Глушко А.Я., Шагин С.И., Притворов А.П., Колычев А.Г., Шаповалов М.А. Опасные природные процессы Северного Кавказа. Под ред. проф. В.В. Разумова. М.: Феория, 2013. 320 с.

Science of earth

REGULARITIES IN THE DEVELOPMENT OF MUDFLOW ACTIVITY ON THE NORTHERN SLOPE OF THE GREATER CAUCASUS

Kondratieva N., Adzhiev A., Razumov V., Uzdenova A.

High-Mountain Geophysical Institute
Nalchik, Russia

Annotation. In work, on the basis of collected and generalized materials on mudflow topics, some features of the development of mudflow activity on the northern slope of the Greater Caucasus are shown.

It is proved that the most favorable natural and climatic conditions for the formation of mudflows are formed in the Central Caucasus, where the main glacial massifs are concentrated and high precipitation is recorded, as well as there is a complex relief, large absolute and relative heights of the slopes. In the Eastern Caucasus, the decrease in the area of glaciations and total hydration is compensated by the wide spread of readily eroded clay shapes and other sedimentary rocks, as well as the dominance of steppe and semi desert landscapes, which ensure a rapid drain of surface waters. Therefore, mudflow activity here is also quite high. In the Western Caucasus, which is characterized by small absolute slope heights, as well as a high degree of forestry, the mudflow activity is the least.

For the first time, the correlation of the specific damage to the territory with mudflows was revealed (the ratio of the total area of the mudflow basins to the area of the territory of the subject of the RF in question - the share of the territory where the mudflows can go) with the amount of specific shares of natural and climatic conditions in the subjects of the Russian Federation within the North Caucasus.

Keywords: mudflow basin, glaciations, conditions, mudflow activity, specific coverage of the area with mudflows.

POSSIBLE BENEFITS OF ENERGY EFFICIENCY MEASURES ON THE EXAMPLE OF RESIDENTIAL BUILDINGS

Lis A., Lis P.

Czestochowa University of Technology
ul. Dąbrowskiego 69, 42-200 Częstochowa, Poland

E-mail: anna.lis@pcz.pl, piotr.lis@pcz.pl

Annotation. Increasing the energy efficiency is one of the pillars of sustainable development in construction. Among the pro-energy efficiency measures most significant are projects related to proper shaping of the energy performance of erected buildings, as well as improving the characteristics of existing buildings. In Poland, households are the largest heat recipients; therefore, based on the example of residential buildings, an analysis was made of the benefits of thermal modernization projects increasing the energy efficiency of buildings. The basic benefits relate to economic issues associated with the reduction of fuel, water and electricity consumption, and thus incurred fees. The benefits also refer to reducing the amount of air pollution, improving indoor microclimate conditions and user safety, as well as eliminating energy poverty and stimulating public awareness of measures for energy efficiency.

Keywords: energy efficiency, residential buildings, environmental protection, thermal and living comfort, energy poverty, social exclusion, stimulating public awareness.

INTRODUCTION

Retaining the current level of production and living standards, with simultaneous care for the environment and good health of societies, is possible through the rational management of energy resources. The increase in energy consumption in recent years has led to a significant depletion of natural resources and environmental pollution. In Europe the implementation and operation of buildings consumes 40% of total energy consumption and in the US about 65%, about 70% energy consumed in the building is allocated to heating and hot water preparation [1, 2]. Energy consumption in results in Europe in 36% of greenhouse gas emissions to the atmosphere and in US about 30% [3, 4]. In view of the constant increase in energy demand, it is believed that saving and using it efficiently is an alternative and significant source of energy. The introduction of innovative technologies and solutions and the gradual adaptation of the existing building resources to the standards of energy-efficient construction combines energy and economic benefits with care for the comfort of users and limiting the negative impact of buildings on the environment.

Admittedly the share of energy consumption for heating in the overall energy consumption balance is steadily decreasing, in recent years, which is associated with the introduction of increasingly stringent requirements in terms of thermal insulation and energy saving, installation of more efficient heating devices and intensification of activities in the field of thermal modernization of buildings because in the framework of the development EU countries, constantly aims to increase energy efficiency, reduce greenhouse gas emissions and implement low carbon policy as well as increase the share of renewable energy in overall energy consumption [5-9]. Renewable energy can supply two-thirds of the total global energy demand, and contribute to the significant greenhouse gas emissions reduction [10-11]. It is estimated that the annual energy savings achieved through thermal modernization of buildings may in 2030 reach 26% of consumption from 2013 [12]. This will not only economic but also the environmental, utility and social benefits [12-15]. Implementation of the energy efficiency program brings already measurable benefits. Figure1 presents cumulated energy savings since 2000, which illustrate how much higher energy consumption would be in a

given year if improvements in energy efficiency were not introduced [16].

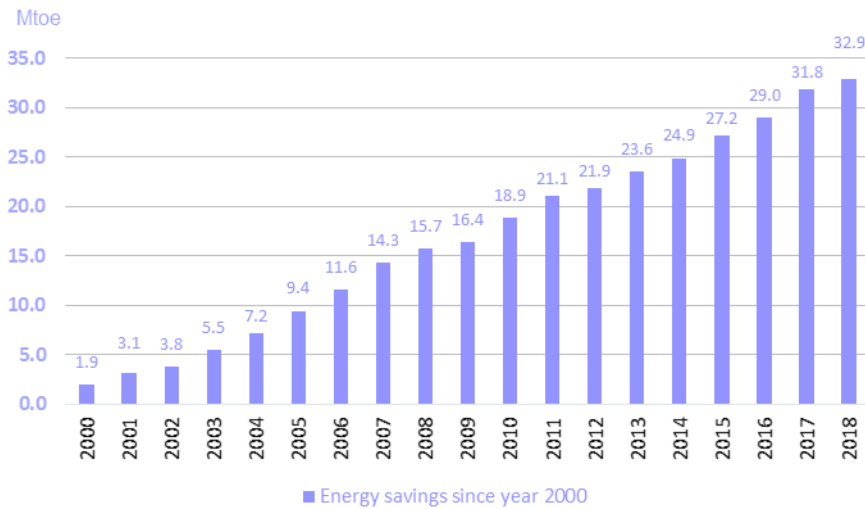


Fig. 1. Cumulated energy savings [16]

According to expert estimates from Buildings Performance Institute Europe, the total net social benefits of implementing a deep thermal modernization program by 2045 could reach about 170 billion euros [12]. Energy efficiency, low-carbon economy and renewable energy, would result in emissions reductions of 48-58% by 2030 and of 95% by 2050. It has been estimated also that the potential for reducing carbon dioxide emissions in operation of buildings up to 2030 is 3,7 Gt.

It is estimated that households are the largest heat consumers; their share in the heat consumption market is about 50% [17]. Bearing in mind the implementation of energy efficiency and the principles of sustainable development in building construction, the effects of reducing energy consumption in the group of residential buildings were analyzed.

1. Residential buildings

Residential buildings had a significant share in the total national consumption of energy in Poland. In 2018, this share was at the level of 18.2%. Poland belonged to the group of EU countries in which the share of households was relatively high, 19% and more of the total national consumption occurred in 10 countries, with the average of 17%. In average terms, households used approximately 21.3 GJ of energy per 1 inhabitant, which places Poland slightly below the average European level of 23.6 GJ/1 Ma. Less energy per 1 inhabitant is mainly consumed by households in the southern European countries. Due to multidirectional activities comprising, among others, thermal modernisation, stricter construction standards and an improved efficiency of heating appliances, the share of energy used for space and water heating in the consumption structure decreased however, it still remains significantly high. In 2018, nearly 65% of energy was used to heat rooms. Energy consumption in residential buildings by directions of use in the years 2002-2018 is presented in Table 1.

Table 1

Energy consumption by directions of use in the years 2002-2018 [17]

Directions of use	2002		2009	2012	2015	2018	
	PJ	%	%	%	%	PJ	%
Space heating	544	71.3	70.2	68.8	65.5	543	65.1
Water heating	115	15.0	14.4	14.8	16.2	139	16.6
Cooking	55	7.1	8.2	8.3	8.5	71	8.5
Lighting	50	6.6	7.2	8.1	9.8	82	9.8

In the structure of energy consumption in residential buildings in Poland, the most important are solid fuels, mainly hard coal (36.5%) and wood (28.8), which is an exception in the European Union (Fig. 2.). They were the most frequently used for space heating and also for water heating. A very important energy carrier is heat from the network (40.4%), mainly in large cities, where it was the dominant heating medium (58.3%). Moreover, 31.5% of households, i.e. 78.2% of district heating consumers used heated water from the network.

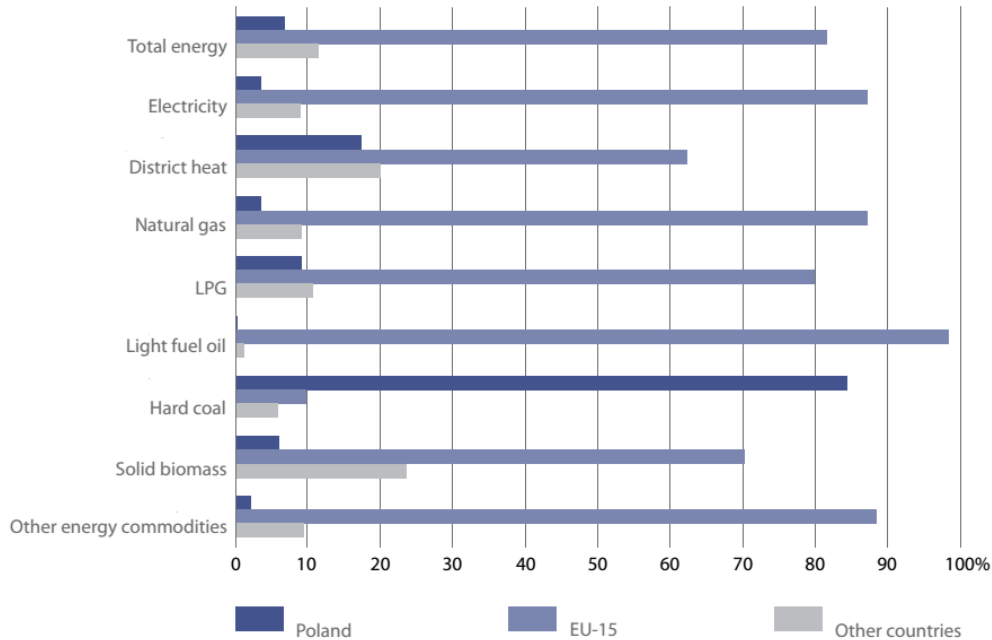


Fig. 2. Share of Poland, EU-15 and the other EU countries in the EU-28 energy consumption in 2018 [16]

Natural gas was used in 55.7% of households, but more than half of consumers (51.9%) used it only for cooking, and only 14.0% for space heating. Fuel wood was used by 29.9% of households. It was the only renewable energy commodity used by households on a massive scale. Apart from fuel wood, households also used other types of biomass, though they were far less common than wood. Solar collectors were used by one out of 52 households, and heat pumps by as few as one out of 200. Electricity was mainly used for lighting as well as electrical appliances and electronic devices. The use of electricity for heating purposes was insignificant (5.1%), due to high prices.

A significant part of the residential buildings in use in Poland was built before 1990. Therefore, the thermal insulation of their building envelope and window and door joinery significantly differs from the current requirements of thermal insulation, which causes significant heat losses. The requirements for the heat transfer coefficient value in the following years in Poland are presented in Table 2. (own study based on legal acts and standards).

Table 2

The requirements for the heat transfer coefficient value in the following years in Poland

Years	Heat transfer coefficient, W/(m ² K)					
	Walls	Ceilings above basements	Ceiling under the attic	Flat roof or roof	Windows	Doors
1955-1975	1,163	1,163	1,04	0,87	-	-
1976-1982	1,163	1,163	0,93	0,70	-	-
1983-1991	0,75	1,16	0,40	0,45	2,6; 2,0	3,0
1992-1997	0,55	0,60	0,30	0,30	2,6; 2,0	3,0
1998-2008	0,30	0,60	0,30	0,30	2,6; 2,0	2,6

2009-2013	0,30	0,45	0,25	0,25	1,8; 1,7	2,6
2014-2016	0,25	0,25	0,20	0,20	1,3	1,7
2017-2020	0,23	0,25	0,18	0,18	1,1	1,5
from 2021	0,20	0,25	0,15	0,15	0,9	1,3

High energy consumption of residential buildings and fuel economy based mainly on coal, often of poor quality results in a significant emission of air pollutants into the atmosphere especially particulate matter PM 2.5, benzo(a)pyrene and nitrogen oxides. Air pollution shortens the lives of the average EU citizen by more than 8 months, and the Polish residents additionally by 1-2 months and causes the premature death of about 46,000 people in Poland every year. This is 10 times more than in the case of road accidents [18-21].

Given the significant heat consumption in residential buildings and their negative impact on the environment, particularly due to low carbon emissions and the phenomenon of smog, including this group of buildings in the program of deep thermal modernization will bring measurable benefits resulting from the reduction of energy consumption. This will not only economic but also the environmental, utility and social benefits [12-15].

2. The potential benefits of deep thermal modernization

The potential benefits of deep thermal modernization were analyzed for a group of multi-family residential buildings built in the 1950s, 60s and 70s of the 20th century. The economic benefits resulting from the energy effects associated with the reduction of fuel, water and electricity consumption are, above all, the reduction of charges incurred for the use of buildings, but also the increase in economic development in sectors related to thermal modernization, including the number of new jobs or the reduction of expenses for improvement public health and the state and protection of the environment. As a result of the thermal modernization, the final energy demand for heating, ventilation and hot water preparation could be lowered for this group of buildings by 40-75%. The average usable floor space of a flat in Poland is 78.2 m². The average annual energy consumption in a household is 84 GJ and its cost is about 1000 euros [17]. Reduction of energy demand in the analyzed group of buildings will cause an average of about 30-60% decrease in fees. After thermal modernization the consumption of water and also electricity was decreased.

Environmental benefits are associated with the reduction of emissions into the atmosphere of harmful substances from the combustion of fuels, primarily solid, used to generate energy. High pollution of the natural environment by combustion products leads to negative changes in the Earth's climate and the deterioration of the quality of life and human health, and an increase in mortality. Harmful substances for environment and humans, that especially increase the risk of cardiovascular and respiratory diseases or death are above all particulate matters PM10 and PM2.5, polycyclic aromatic hydrocarbons, e.g. benzo(a)pyrene, dioxins, sulphur dioxide, nitrogen oxides, carbon monoxide, carbon dioxide, as well as heavy metals [22, 23]. Poor air quality is particularly troublesome during the heating season. The dominant causes of the exceedances are emissions related to individual heating, the so-called low emission, i.e. emission from fuel combustion in stoves and domestic boilers. Pollutants introduced into the air as a result of low emissions accumulate around the place of their production and are, under unfavourable weather conditions, the cause of the formation of smog.

The policy of the European Union in the field of reducing the emission of harmful substances into the atmosphere has brought tangible effects, but concentrations of air pollutants are still too high. It is estimated that around 95% of European city inhabitants are exposed to pollutants at concentrations higher than levels considered harmful for health [20]. According to the 2019 WHO report about 90% of Turkish, 83% of Bulgarian and 72% of Polish cities exceed the air quality standards [24]. Among the 50 cities most polluted with PM2.5 in the EU, 36 were in Poland (41 µg/m³), 7 in Bulgaria (the highest value is 42 µg/m³), 5 in Italy (31 µg/m³) and 2 in the Czech Republic (33 µg/m³). Compared to other European Union countries, air quality in Poland is considered rather dangerous.

At the time of Poland's accession to the European Union, the air quality significantly differed from European standards and in recent years it has not improved to a satisfactory degree [18, 20 and 22]. The highest number of exceedances of the critical values is recorded for benzo(a)pyrene (Fig. 3) and particulate matters (Fig. 4).

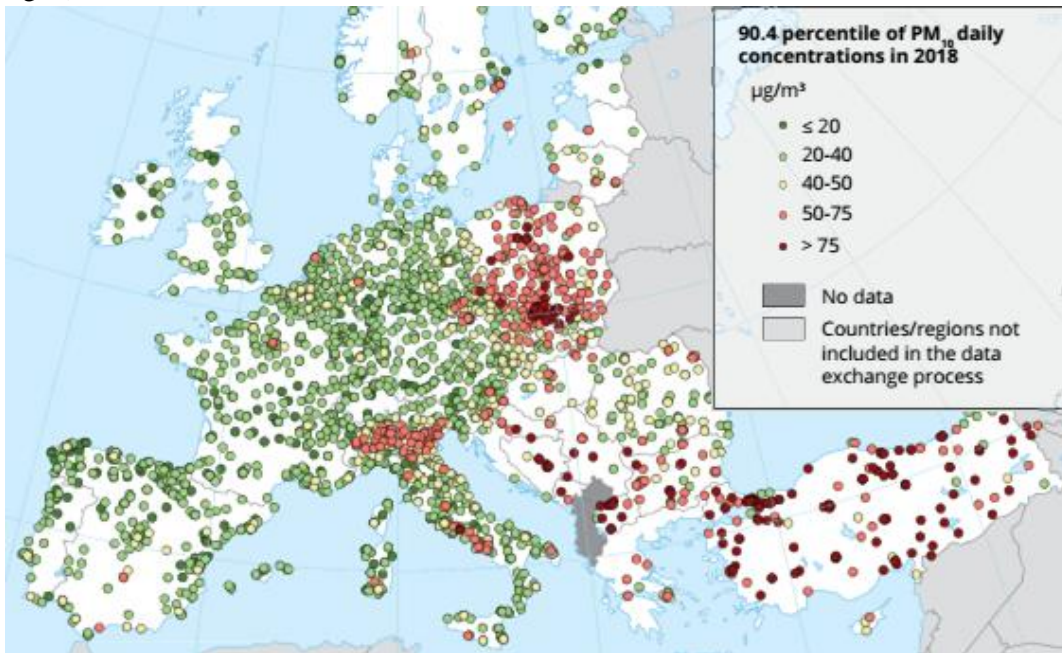


Fig. 3. Observed daily concentrations of PM10 in 2018 [20]

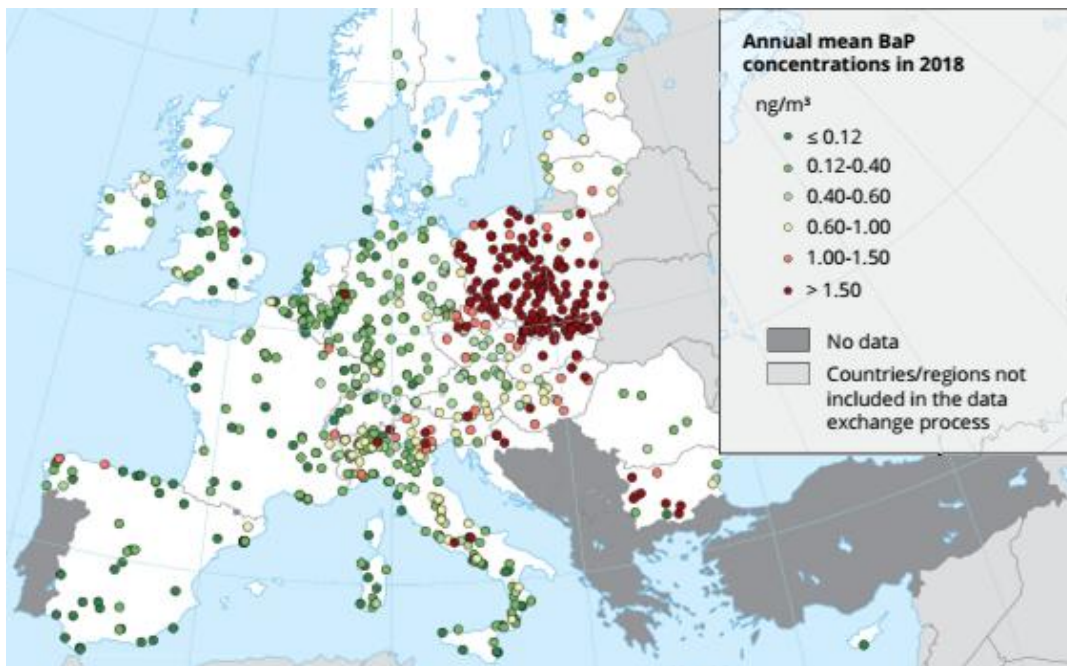


Fig. 4. Observed annual concentrations of BaP in 2018 [20]

Thermal modernization combined with the replacement of low-efficiency heat sources with non-renewable fuels, as well as an increase in the share of renewable energy sources in its production, may significantly reduce the emission of greenhouse gases and other harmful substances, in particular so dangerous particulate matters PM 2.5 and PM 10 and benzo(a)pyrene. Air pollution related to the common burning of garbage in individual furnaces and solid fuels with a low calorific value will decrease too. Reduction of energy demand, and thus the amount of fuel necessary to it produce (hard coal was accepted for

district heating) translated into the reduction of burdensome emissions into the atmosphere. The percentage reduction in emissions of individual substances into the atmosphere when leaving coal as an energy source after thermal modernization is shown in Figure 5. The use of gas would make result in almost 98-100% reduction of certain pollution to the atmosphere.

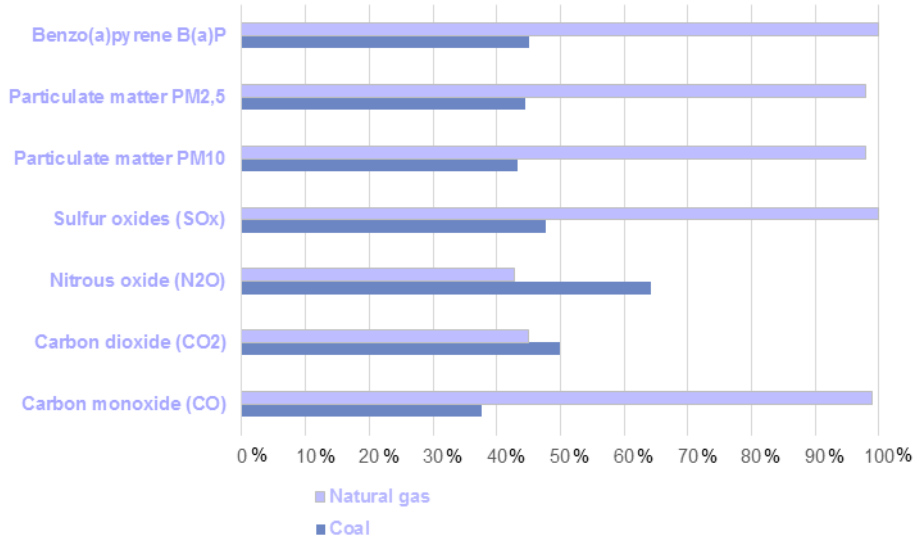


Fig. 5. Percentage reduction in emissions of individual substances [own research]

The utility benefits are associated with the improvement of the quality of the indoor environment, thermal comfort and living comfort. An improper condition of the indoor environment can lead to the phenomenon of sick building syndrome. Prolonged stay in such an environment causes and intensifies the symptoms associated with the malfunctioning of the body and leads to its weakness or disease. The results of research conducted among residents regarding the conditions of interior microclimate and thermal comfort of people also indicate a significant improvement in the room's environmental conditions and the feelings associated with being in them. An increase in indoor air temperature and a decrease in air humidity were observed. High humidity is unfavourable due to energy saving. Occasionally moulding on the internal surface of the envelope has disappeared. The conditions of thermal comfort of the inhabitants were also radically improved. Before carrying out thermal modernization works, as much as 70% of residents indicated the inadequate condition of the indoor environment (Fig. 6).

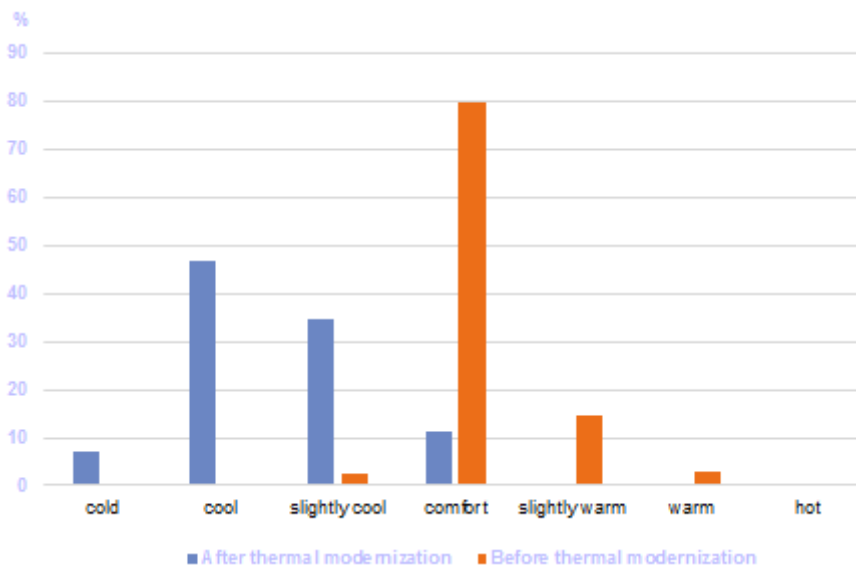


Fig. 6. The conditions of thermal comfort of the inhabitants [own research]

During the research, the sick building syndrome symptoms were noted in people staying in the rooms, which they identified with longterm staying in a given environment. The study was based on questionnaires. The occurrence of symptoms in the studied population of people before and after thermal modernization is presented in Table 3.

Table 3

Sick building syndrome symptoms among the residents [own research]

Sick building syndrome symptoms	Percent symptom occurrence	
	Before thermal modernization	After thermal modernization
Malaise	37.9	17.4
Difficulty in concentration	26.7	42.1
Fatigue and sleepiness	23.6	41.2
Flu-like symptoms	29.2	9.9
Headache	35.6	30.4
Itching and dry skin	14.1	11.2
Eye irritation	21.6	7.4
Throat irritation, cough	46.7	17.5
Nose irritation, rhinitis	39.5	25.6

Some of the sick building syndrome symptoms such as above all flulike symptoms or nose irritation and rhinitis partly receded after thermal modernization. Increased fatigue, sleepiness and difficulty in concentration may be related with overheating of the rooms, excessive tightness of windows or the growth of level of carbon dioxide in the rooms.

An important aspect of thermal modernization, especially in buildings with a low technical standard, is the increase in the value of housing resources and the building itself, as well as their attractiveness related to the possible sale as well as the aesthetics of the building and its surroundings. As a result of the thermal modernization works, there was an improvement in safety related to the elimination of individual heating sources and the risk of poisoning from inefficient smoke and ventilation ducts. In individually heated buildings, the creation of a central heating system and hot water preparation has contributed to the improvement of the standard of flats and the quality of their use, which is especially important for the elderly. The elimination of individual heating sources has contributed to increasing the cleanliness of the rooms and reducing the costs of renovating them. In general, residents rated the quality of housing use before thermal modernization as unsatisfactory (51.3%) and poor (12.3%). After the thermal modernization works, the majority of residents assessed the quality of housing use as very good. As a result of the renovation of the facade, thermal modernization activities brought an aesthetic effect, which was further strengthened as a result of ordering the environment and its greening, made thanks to the involvement of the residents themselves. The works carried out the standard of the apartments and the whole facility, contributing to the increase in the value of the apartments as well as the attractiveness for their sale.

Social benefits are primarily associated with the reduction of energy poverty, stimulating public awareness of energy-saving activities and social exclusion. Leading activities related to deep thermal modernization of the building structure, especially within degraded areas, can be a positive element conducive to urban regeneration.

Conducting a deep thermal modernization of the building allowed to reduce the costs associated with its operation, which undoubtedly improves the financial situation of the poorer residents. An increase in fuel prices could lead these inhabitants to energy poverty, which occurs when the costs of ensuring an adequate

indoor temperature in winter and summer exceed 10-20% of the household budget.

Preparation, implementation and use of the results of a thermal modernization project may also result in a number of beneficial elements in the area of functioning of the local community. The social awareness and activity of the inhabitants are stimulated; they are more willing to take care of the common property, which is the renovated building. The implementation of energy-efficient solutions favours the energy-saving and ecological attitude of residents and is a model for the owners of neighbouring residential buildings. Exemplarily implemented thermal modernization projects can become an impulse to stimulate this type of activities among building owners and administrators, especially in smaller, often more integrated local communities.

SUMMARY

Activities related to improving energy efficiency perfectly fit into the idea of sustainable development, which assumes satisfying the basic needs of society as well as preserving, protecting and restoring the proper condition of the Earth's natural environment. Conducting deep thermal modernization not only allows for rationalization of energy consumption or reduction of building operation costs, but at the same time minimizes the harmful impact of the building on the environment, resulting from the use of natural resources and the emission of harmful substances generated in the process of fuel combustion to the atmosphere, improves the condition of the interior environment, increases its comfort use and brings numerous benefits in the social sphere.

The possible benefits of measures improving energy efficiency on the example of residential buildings are presented. The problem of non-compliance with applicable requirements in the field of thermal protection of buildings is extremely important as it currently concerns a significant part of existing housing resources. In addition to the economic benefits resulting from the obtained energy effect, thermal modernization activities have contributed to the improvement of the outside air quality, interior microenvironment and thermal comfort of people, as well as to the increase in the standard of use of buildings and the quality of life of their residents. Improving the comfort and safety of use is important especially for people in elderly age, who are often the majority of residents of buildings with particularly unfavourable energy parameters. Creating one boiler room in a building prevents the combustion of all kinds of plastics or rubber waste, so commonly practiced by individual furnace users, which is a source of highly toxic, polycyclic aromatic hydrocarbons, dibenzofurans or dioxins. This contributes to the increase of ecological awareness of the local community in the scope of reducing environmental pollution by products of combustion during heating of buildings. Thermal modernization was particularly beneficial for people with lower incomes. Conducting thermal modernization allows radically reducing operating costs and thus improving the financial situation of poor social groups, eliminates the phenomenon of energy poverty, and also increases the value of owned property. An underestimated effect of thermal modernization was also the possibility of a beneficial effect on the consolidation and stimulation of the activity of local communities. Thermal modernization can also be an impulse to undertake revitalization activities.

REFERENCES

1. European Commission, Energy, <https://ec.europa.eu/energy/en>.
2. United States Department of Energy, <https://www.energy.gov/>.
3. European Commission, Environment, <https://ec.europa.eu/environment/en>.
4. United States Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov/>.
5. Market Report Series: Energy Efficiency 2018. Analysis and Outlooks to 2040, International Energy Agency, 2018.
6. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic

- and Social Committee and the Committee of the Regions. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, European Environment Agency, Brussels, 2011.
7. Bukowski M. (eds.) 2050. pl journey to a low-carbon future. Temperowka, Warsaw, 2013.
 8. Renewables 2020. Analysis and Forecasts to 2025, International Energy Agency, 2020
 9. Renewable Energy Statistics 2020, the International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020.
 10. Global energy transformation: A roadmap to 2050, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi 2019.
 11. Gielen D., Boshell F., Saygin D., Bazilian M. D., Wagner N., Gorini R. The role of renewable energy in the global energy transformation, Energy Strategy Reviews, 24, 2019, 38-50.
 12. Guła A. et al. Buildings modernization strategy: Roadmap 2050, Institute of Environmental Economics, Cracow, 2014.
 13. Apatenko T., Bezlyubchenko O., Zavalniy O. Energy modernization of residential houses as a challenge of modern, Scientific Journal ScienceRise, 12 (12), 2018, 6-18.
 14. Krawczyk D. A., Buildings 2020+. Constructions, materials and installations, Printing House of Bialystok University of Technology, Bialystok Cordoba Vilnius, 2019.
 15. Cholewa T., Balaras C.A., Nižetić S., Siuta-Olcha A. On calculated and actual energy savings from thermal building renovations – Long term field evaluation of multifamily buildings. Energy and Buildings, 223, 2020.
 16. Energy efficiency in Poland in years 2008–2018, Statistics Poland, Warsaw, 2020.
 17. Energy consumption in households in 2018 Statistics Poland, Warsaw, 2019.
 18. The state of the environment in Poland. Report 2018, The Chief Inspectorate for Environmental Protection, Warsaw, 2018.
 19. The Environmental Implementation Review 2019. Country Report – Poland, European Union, 2019.
 20. Air quality in Europe - 2020 report, EEA Report 9, 2020.
 21. Maas R., Grennfelt P. Towards Cleaner Air, Scientific Assessment Report, Narayana Press, Oslo, 2016.
 22. Environment, Statistics Poland, Warsaw, 2020.
 23. Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A., Bezirtzoglou E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review, Front. Public Health, 20, 2020.
 24. WHO Global Urban Ambient Air Quality Database, WHO, 2019.
 25. Gielen D., Boshell F., Saygin D., Bazilian M. D., Wagner N., Gorini R. The role of renewable energy in the global energy transformation, Energy Strategy Reviews, 24, 2019, 38-50.
 26. Guła A. et al. Buildings modernization strategy: Roadmap 2050, Institute of Environmental Economics, Cracow, 2014.
 27. Apatenko T., Bezlyubchenko O., Zavalniy O. Energy modernization of residential houses as a challenge of modern, Scientific Journal ScienceRise, 12 (12), 2018, 6-18.
 28. Krawczyk D. A., Buildings 2020+. Constructions, materials and installations, Printing House of Bialystok University of Technology, Bialystok Cordoba Vilnius, 2019.
 29. Cholewa T., Balaras C.A., Nižetić S., Siuta-Olcha A. On calculated and actual energy savings from thermal building renovations – Long term field evaluation of multifamily buildings. Energy and Buildings, 223, 2020.
 30. Energy efficiency in Poland in years 2008–2018, Statistics Poland, Warsaw, 2020.
 31. Energy consumption in households in 2018 Statistics Poland, Warsaw, 2019.
 32. The state of the environment in Poland. Report 2018, The Chief Inspectorate for Environmental Protection, Warsaw 2018.
 33. The Environmental Implementation Review 2019. Country Report – Poland, European Union, 2019.
 34. Air quality in Europe - 2020 report, EEA Report 9, 2020.
 35. Maas R., Grennfelt P. Towards Cleaner Air, Scientific Assessment Report, Narayana Press, Oslo, 2016.
 36. Environment, Statistics Poland, Warsaw, 2020.
 37. Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A., Bezirtzoglou E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review, Front. Public Health, 20, 2020.
 38. WHO Global Urban Ambient Air Quality Database, WHO, 2019.

GLOBAL CLIMATE CHANGE AND ITS REGIONAL IMPACTS IN AZERBAIJAN

Mahmudov R., Suleymanov M.

Institute of Geography named after H. Aliyev of ANAS

H. Javid ave. 115, Baku, Azerbaijan

E-mail: rza_hidromet@mail.ru

Annotation. The article provides a research analysis of climate change in Azerbaijan based on scientific-historical and real hydrometeorological data. All the analyses made based on real data and uses stationary observations on meteorological network of Azerbaijan. The meteorological network covers all mountain areas, with various attitudes. Climate change impacts on a river flow were assessing makes statistical analyses. The real results obtained based on long-term observations and scientific facts have theoretical and practical significance and can be used in developing mitigation and adaptation measures.

Keywords: temperature, precipitation, climate change, river flow trend, hydrometeorological observations orography, oceans and seas.

INTRODUCTION

From this point of view, it is not accidental that the problems related to climate change have a special place on the agenda at any high-level international event. Along with numerous examples of this, with the participation of world governments and heads of state, international organizations, scientists, and experts, in recent years only in Paris (in 2015, the 21st International Conference on Climate Change in Paris with 196 countries participating) the Paris Protocol is adopted to commit to the use of alternative energy sources to keep it at a low level) and the international events held in Madrid in 2020. All this shows that if there are two natural problems in the world today that need to be addressed in the face of civilization, one is climate change and the other is the problem of freshwater supply. In general, the problem of modern climate change must be solved in a system of facts, causes, possible scenarios, and forecasts.

MAIN PART

Global climate change - chronicle, causes, consequences

It is known that changes in the Earth's climate system are of both natural and anthropogenic origin. Even in the absence of human civilization on Earth, periodic changes took place in the Earth's climate 2426-2460 million years ago. As a result, periods of glaciations and warming in the history of the Earth have always replaced each other. 17,000 years ago, due to changes in the Earth's axis and rotation around the Sun, as well as the influence of physical processes on the Sun, the ice age stopped, ocean temperatures rose to 120 m, ocean currents changed and the famous Gulfstream current was restored. At the end of the glacial period 10,000 years ago, a period of flooding occurred on land, changing the map of the world's land and water areas, creating several seas (Baltic), bays (Hudson), lakes (North America), the formation of flora and fauna in what is now the Sahara has been [6,7].

However, there is ample scientific evidence that volcanic eruptions, the polarization of the Earth's poles, the Earth's imaginary axis, and periodic changes in motion around the Sun cause periodic changes in the Earth's climate system as natural factors. At present, modern climate change is synthesized by anthropogenic factors in addition to natural ones. As a result of such effects, heat exchange and heat-energy balance in the atmosphere-ocean system change. This, in turn, leads to strong hurricanes over the Atlantic

Ocean, which has a greater impact on North and Central America, and events such as EL-Ninyo and LA-Ninya, which are characterized by positive and negative temperature anomalies in the Pacific Ocean.

As a result, there are changes in the direction of hot and cold currents in the oceans and seas (for example, the recent changes in the flow of the Gulfstream current, which plays a special role in shaping the European climate [2]). Rising temperatures on the ocean surface were greater than thousands of years ago and led to an increase in hurricanes during the same period. So today, rising temperatures on the ocean and sea surfaces will lead to an increase in such hurricanes. This, in turn, can lead to abnormal atmospheric processes in any region of the world, including strong hurricanes, floods, desertification, forest fires, extreme temperatures, and so on causes such phenomena as.

Global warming is leading to a sharp decline in the snow and ice cover of the continental and land areas, which is considered the white cover of the world, which in turn leads to overheating of the land surface and a decrease in soil moisture and temperature. Thus, the reduction of the white cover reduces the reflection of incident direct solar radiation, converting it from the returning beam to the absorbed beam. Rising temperatures and declining humidity in the earth's crust affect the overall productivity of forest cover and plants by increasing their need for water. Research by scientists' shows, that rising temperatures in the world's oceans and seas reduces the amount of oxygen there, which affects the living world of the oceans and seas. NASA scientists have compiled maps showing the depletion of oxygen in the world's oceans and seas.

According to the World Meteorological Organization (WMO), the 20th century is the hottest in history, the first and second decades of the 21st century are the hottest in history, and the last 4 years (2015-2019) have been the hottest. 20 of the last 22 years in the world were the hottest years, and the hottest period in the last 1500 years was 2016-2018. In the history of Antarctica, a record maximum temperature (+18.3 °C) was observed on February 6, 2020. Extreme temperatures around the world, historical highs and lows are updated almost every year. All this once again reflects the reality of climate change on our planet.

Climate changes in Azerbaijan

Climate changes cause negative effects in various sectors of the economy of Azerbaijan [2] due to natural hazards caused by climatic patterns [2]. In Azerbaijan the maximum, minimum, average daily, monthly, seasonal, etc. recorded during the periods of historical instrumental meteorological observation new records are observed in temperature indicators. In 2018, which is considered one of the hottest years in the world, the historical maximum temperature of + 43⁰C in the country was renewed and amounted to + 46.2⁰C [10].

The average daily maximum temperature in Baku in 1991-2019 was +0.8 °C higher than in 1961-1990, and the number of days when the maximum air temperature was above 35⁰C was 81 days (1961-1990) and 260 days (1991-2019) in Baku. The number of days when temperatures below zero degrees were observed in Khinalig in 1992 was 140 days, while in 2010, one of the hottest years, it was only 38 days. Similar anomalies are observed in other temperature indicators.

To conduct a comprehensive analysis of climate change in Azerbaijan, data from 95 hydrological stations of 57 meteorological stations located in different regions and at different heights of the country (30 of which are automatic meteorological stations) were used, and comparative, statistical methods were used in the study. It should be noted that the temperature and precipitation data, which are the main meteorological parameters and better characterize climate change, are based on a comparative statistical analysis of the period after 1991, with the cyclical base recommended by the World Meteorological Organization (1961-1990). To determine the trend of change of temperature and precipitation indicators in Azerbaijan, their analysis was carried out in the range of different heights and different territorial units. All of these are given in Tables 1, 2, and 3, respectively.

Table 1

Compared to the multi-year norm (1961-1990) of temperatures at different altitudes in the territory of Azerbaijan in 2007-2019 change °C

Periods	Elevation intervals, m					On the territory of the republic
	≤ 0	1 - 200	201-500	501-1000	>1000	
Perennial norm	14.6	14.3	13.3	11.9	7.8	12.3
Medium multiplicity 2007-2019	15.4	15.4	14.5	12.7	9.1	13.3
Growth relative to the perennial norm	+0.8	+1.1	+1.2	+0.8	+1.3	+1.0

As can be seen from Table 1, the temperature increase in the country compared to the multi-year norm in the period 2007-2019 is +1.0 °C. The highest increase in elevation intervals falls to altitudes over > 1000 m (+ 1.3°C). However, the highest annual temperature increase for the period 2007-2019 was in 2010 (+ 1.3°C), 2012 (+ 1.3°C), 2014 (+ 1.3°C), 2015 (+ 1.5°C), It fell to 2018 (+ 1.8°C) and 2019 (+ 1.5°C). In general, 2018 has gone down in history as the hottest year in the world during the entire observation period, and this has manifested itself in Azerbaijan as well. In other words, the highest annual temperature increase in the country (+ 1.8°C) and the historical maximum temperature (+ 46.2°C) was observed in 2018. In 2007-2019, only in 2011, there was no increase in temperature in the country compared to the perennial norm (0°C).

Table 2

Temperature changes in different regions of Azerbaijan in 2007-2019 compared to 1961-1990 °C

Periods	Regionlar						On the Republic
	Absheron-Gobustan	Lankaran-Astara	Greater Caucasus	Lesser Caucasus	Kura-Araz	Nakhchivan AR	
Norma 1961 -1990	14.5	12.9	10.7	9.2	14.3	12.4	12.3
Average perennial 2007- 2019	15.3	13.8	11.4	10.4	15.5	13.5	13.3
Growth relative to the perennial norm	+0.8	+0.9	+0.7	+1.2	+1.2	+1.1	+1.0

As can be seen from Table 2, the highest temperature rise in the regions is in the Kura-Araz and the Lesser Caucasus (+ 1.20C), and the lowest in the Greater Caucasus + 0.7°C. In 2018, a sharp temperature rise was observed in all regions. Thus, + 1.4°C in Absheron-Gobustan, + 1.7°C in Lankaran-Astara, + 1.1°C in the Greater Caucasus, + 1.6°C in the Lesser Caucasus, 16.2°C in the Kura-Araz, + 2.8°C in Nakhchivan AR, and + 1.8°C in the republic has been. This increase in the regions reflects its regularity for the multi-year period (2007-2019), respectively. In the Nakhchivan region, which is characterized by its hot continental climate, a record temperature increase of + 2.8°C was observed compared to the perennial norm. Figure 1 shows the trend of the average annual temperature in the country for 2007-2019 and its difference from the multi-year norm (1961-1990).

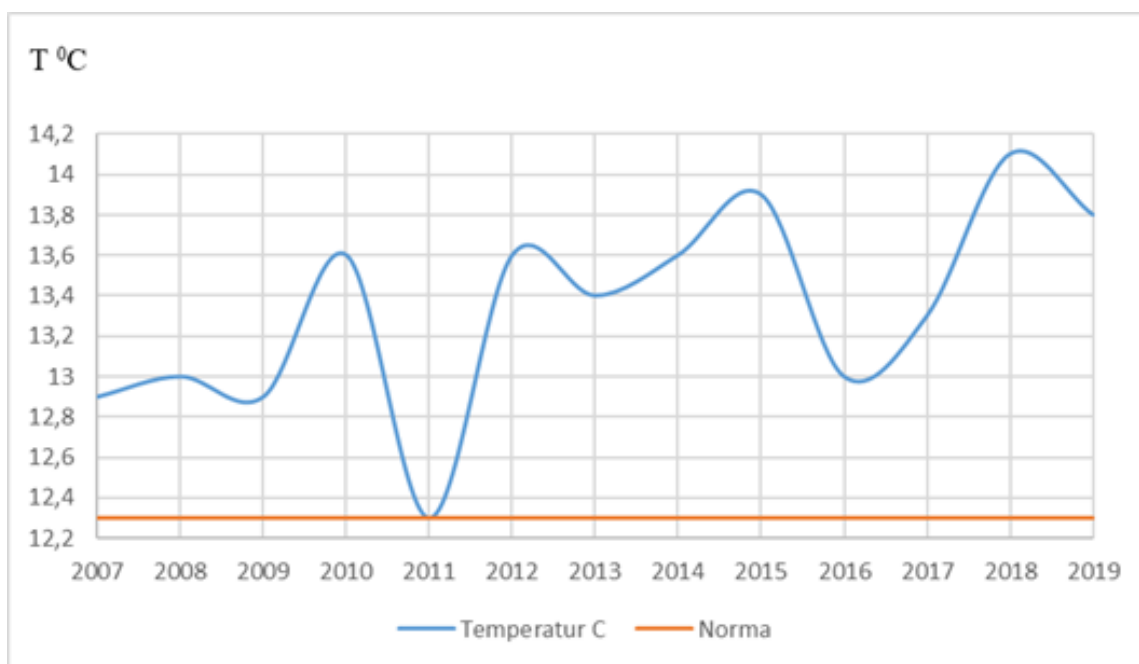


Fig. 1. Multiple courses of average annual temperatures and norm (1961-1990) in Azerbaijan

Table 3

Distribution of precipitation in the territory of the Republic of Azerbaijan on the interval of different heights about the multi-year norm, in mm

Years	Elevations, m					On the territory of the republic
	≤ 0	1 - 200	201-500	501-1000	>1000	
Norma 1961- 1990	334	327	478	534	639	476
Average perennial 2007-2019	364	332	404	631	630	466
Change relative to the perennial norm	+30	+5	- 74	+97	-9	-10

As can be seen from Table 3, there is no significant difference in the increase or decrease of precipitation in the country compared to the multi-year norm. In 2007-2019, precipitation decreased by only 10 mm compared to the long-term norm.

In the height intervals, the highest precipitation increase is observed in the range of 501-1000 m (97 mm), and the decrease is observed in the range of 201-500 m. The highest increase in precipitation (110 mm) in the country compared to the long-term norm was observed in 2016, and the largest decrease was observed in 2017 (101 mm). It is noteworthy that in all altitude intervals for 2007-2019, precipitation increased or decreased compared to the norm in some years, while in the 201-500 m altitude range, only a decrease was observed in all years.

During the entire observation period, the maximum decrease in precipitation compared to the norm in 2013 (186 mm) and 2017 (260 mm) falls on this height range (201-500). Maximum precipitation increases were recorded in 2011 in areas below <0 m (178 mm) and in the same year in the height range of 501-1000 m (288 mm). In 2011, as noted, no increase in temperature was recorded in the country. It is this regularity that has shown itself in the largest increase in precipitation in 2011. In other words, the low temperatures in 2011 and the corresponding heavy rainfall are regular. Figure 2 shows the multi-year precipitation trend and multi-year norm (1961-1990) in the territory of Azerbaijan for 2007-2019.

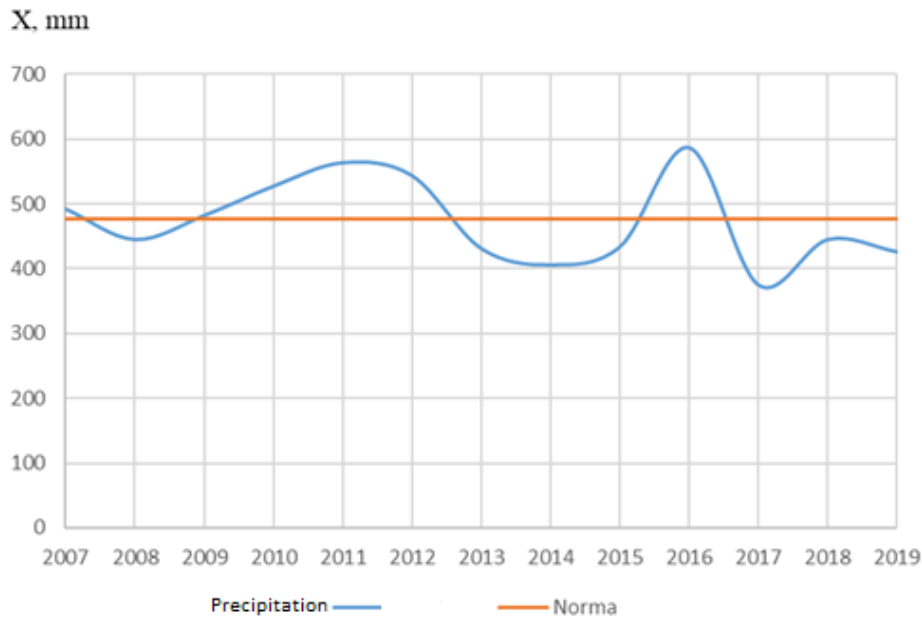


Fig. 2. Multiple courses of average annual precipitation and norm (1961-1990) in Azerbaijan

Table 4

Shows the maximum temperatures observed in recent months (2017, 2018, 2019) due to the impact of regional climate change in the territory of Azerbaijan in 2017, 2018 and 2019.

a) 2017

Temperature indicators	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T _{max} , °C	20	22	26	30	36	40	42	43	41	31	23	20
Average monthly temperature change relative to the perennial norm	±	-	+	+	+	+	+	+	+	±	±	+

b) 2018

Temperature indicators	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T _{max} , °C	16	20	28	29	37	42	46	42	37	35	24	19
Average monthly temperature change relative to the perennial norm	+	+	+	±	+	+	+	+	+	+	±	+

c) 2019

Temperature indicators	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI I
T _{max} , °C	20	18	25	31	37	42	42	42	37	32	24	21
Average monthly temperature change relative to the perennial norm	+	+	+	±	+	+	+	-	+	+	±	+

In 2017, only in February there was a decrease in average monthly temperatures, in January, October and November there was an increase in some regions and a decrease in others.

As the hottest year in 2018, there was an increase in temperature in all months, only in April and December, along with an increase, a decrease was observed in some regions.

In 2019, a decrease in average monthly temperatures was observed only in August, and an increase and decrease in April and December.

Regional climate change has also affected the country's river and water resources, regime, and annual flow. Thus, a decrease in the maximum water consumption (Q_{max}) was observed in the annual flow of rivers (Clay) in most countries.

There is an increase mainly in the minimum currents (Q_{min}) of the winter solstice. This is mainly due to the increase in mid-season temperatures in the winter months, which increase the melting of snow and water resources during the winter months, as well as increase the flow of the dry season [4.8]. An example of this is the trend charts showing all three processes at the Kur-Giragkesemen border checkpoint, the largest river in the area (Figure 3).

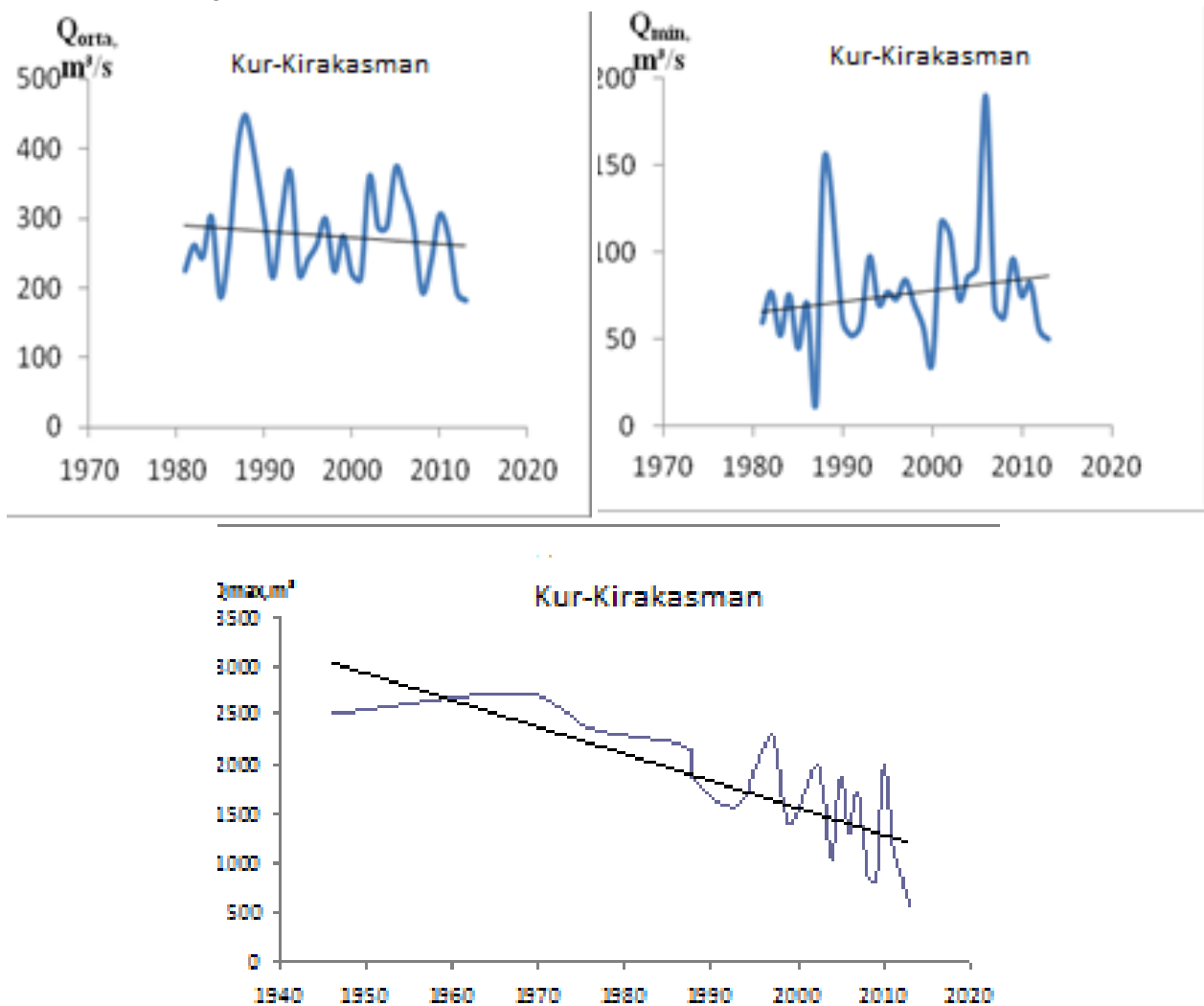


Fig. 3. Dynamics of change of average, minimum, maximum water consumption of rivers

Global climate change is having a greater impact on the cryosphere, primarily on the world's snow cover, leading to serious disruptions in their morphological structure and a decrease in glacial masses. This process, which takes place in the glaciers of the world, is also observed in the main glaciers of Azerbaijan. This is clear from both satellite photography and the results of expedition research. In 1986-2016, the Shahdag glacier area of Azerbaijan decreased by 0.17 km^2 , and the Bazarduzu and Tufandag glacier areas decreased by 0.04 km^2 .

RESULTS AND DISCUSSIONS

1. The average multi-year temperature increase in the territory of Azerbaijan for the period 2007-2019 is + 1⁰C relative to the multi-year norm;
2. The maximum temperature increase occurs at altitudes above > 1000 m (+ 1.3⁰C) and the lowest at 0 m (+ 0.8⁰C);
3. The highest temperature increase in the country was observed in 2018 (+ 1.8⁰C). During the entire observation period, the historical maximum temperature (+ 46.2⁰C) was recorded in 2018. In the same year, the temperature rise at an altitude of > 1000 m was + 2.3⁰C;
4. Seasonal changes in temperatures increase in most seasons except spring;
5. The highest temperature increase by regions is observed in Nakhchivan and Kura-Araz;
6. Although no significant change in the distribution of precipitation was observed (there was only a 10 mm decrease compared to the multi-year norm), both increase and decrease were observed in all altitude intervals for the period 2007-2019. The maximum average increase is 97 mm in the height range of 501-1000 m, and the maximum decrease is 74 mm at the height of 201-500 m. However, in the 201-500 m elevation range, only a decrease in precipitation is observed during 2007-2019;
7. In 1961-1990, the number of days exceeded 35⁰C in Baku was only 92 days, while in 1991-2019 the number of such hot days was more than 3 times 280 days;
8. There is a decrease in the maximum and annual flow of rivers during the turbulent and flood periods. Rivers with an average basin height of more than > 1000 m have an opposite increase in the winter flow period, which is due to the increase in the average winter temperatures and the corresponding role of snowmelt water;
9. Due to the regional effects of global climate change, the area of Shahdag glacier, one of the high mountain glaciers of Azerbaijan, decreased by 0.17 km², and Bazarduzu and Tufandag glaciers decreased by 0.04 km².

LITERATURE

1. Bagirov H.S., Mahmudov R.N. Climate in Antarctica, Global Impacts. Ziya Nurlan Publishing House, Baku, 2009, 227p
2. Mahmudov R.N. Modern climate change and dangerous hydrometeorological events. AHY, National Aviation Academy, Baku, 2018, 231 p.
3. Mammadov R.M. Hydrometeorology of the Caspian Sea. Baku, 2013, 175 p.
4. Imanov FA , Alakbarov A.B. Modern changes and integrated management of water resources in Azerbaijan. Baku, 2017, 351 p.
5. Georgievsky V. Materials of the VII All-Russian Hydrological Congress of Roshydromet. St. Petersburg, 2014, 101 p.
6. Climate change, physical - scientific basis Fourth report on the assessment of the Interdepartmental group of experts on climate change. WMO, UNEP Geneva, 2007, 163 p.
7. Клиге P. Global hydrosphere regime changes. Materials of the VII All-Russian Hydrological Congress of Roshydromet. St. Petersburg, 2014, 101 p.
8. Mahmudov RN Regional climatic changes and river flow in Azerbaijan. Meteorology and Hydrology № 9. Moscow, pp.63-69
9. Abbasov R.X. Assessment of ecological flow for the mountain rivers of the Kura basin. International Conference of the American Institute of Hydrology. April 22-25, 2007. Reno, Nevada, USA
10. Mahmudov R.N. Regional climate changes and hydrometeorological hazards in Azerbaijan. International Council for Scientific Development. International Academy of Science without borders, Volume 4, 2017-3119, Innsbruck, 2019, s 435-442.

CURRENT PROBLEMS OF WATER USE AND WATER PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN THE REPUBLIC OF ARMENIA

Markosyan A.^{1),2)}, Avanesyan E.¹⁾, Matevosyan E.²⁾, Martirosyan T.¹⁾

¹⁾ Shushi University of Technology

²⁾ Yerevan State University

Annotation. For both the world and the national economy, the problem of rational and efficient use of natural resources is a cornerstone problem, the solution of which is associated with ensuring sustainable economic growth and increasing the country's Gross National Product (GNP). Among the main issues of socio-economic development and environmental protection is the study of fresh water resources and indicators of its effective use.

The authors, examining the problems related to the use of water resources in Armenia over the past 20 years, in particular, the quantitative indicators of water withdrawal, use by various sectors of the economy and based on the types of economic activity, quantitative indicators of water losses, as well as indicators of the productivity of water use, come to the conclusion that the studied industry needs radical reforms aimed at achieving the goals of rational and efficient use of water resources.

Keywords: water resources, water intake, water use, fresh water, water productivity.

INTRODUCTION

The development of the global economy, as well as the economies of individual countries, today and particularly in the near future, is largely conditioned by the availability of water resources. Not rare are cases when water scarcity obstructs the further socio-economic development of both a separate group of regional countries and individual economies. The growing demand for fresh water sends new serious challenges both worldwide and in most countries. Water as a vital important resource is the most unique natural resource on the Earth due to its irreplaceable ability. Though the Republic of Armenia has sufficient water resources, however the use of water resources in the country shows that it lags behind most of the countries in the world, especially in terms of water productivity. The practice of water use in the Republic of Armenia needs significant reforms, introduction and implementation of technologically efficient measures in the near future.

In the modern world, the well-being of human society depends on and is formed by three types of closely interrelated and mutually conditioned capitals: economic, socio-political, and environmental [1]. It is noteworthy that in parallel with socio-economic development and economic progress, the environmental components are becoming more and more important. This circumstance is mainly conditioned by human economic activity and anthropogenic impact on the environment, which have led to many environmental problems.

Contemporary notions about national wealth are framed by the following four components: generated capital, natural capital (resources), human capital, and assets abroad [2]. Today the problem of rational and efficient use of natural resources is becoming more and more important, including for such an important resource as water resources. The increase in demand for this resource is mainly due to its uniqueness (irreplaceable ability). The further economic development of the Republic of Armenia is largely conditioned by the public demand for the efficient use of fresh water resources and handing down the vital quality water to future generations.

Results of the study.

Brief description of water resources of the Republic of Armenia

Water resources of Armenia are formed mainly due to atmospheric precipitation in the territory of the country, part of the Araks and Akhuryan border rivers. Although most researchers have a common view on the sources of water resources formation, many different quantities are presented when estimating the volume of water resources [3]. According to the data presented in Table 1, the volume of water resources to be restored in 2019 compared to the 1990 index (6810 million cubic meters) decreased by 35.5%, which is conditioned by the reduction of atmospheric precipitation and climate change, in particular, the increase of air temperature. Absorption from surface water sources in 1990 was only 66.4% of the water intake of that year, and in 2019 it was 54.8%, and from groundwater sources - 33.6% and 45.2%, respectively. In 1990, water intake was 57.9% of renewable water resources, and in 2019 - 65.3%. This circumstance is conditioned by the decrease of both the volume of renewable water resources and the volume of water intake during the mentioned period, but the decrease of renewable water resources took place at a faster rate than the water intake.

Table 1

Renewable freshwater resources, water intake (surface and groundwater) and their structure in the Republic of Armenia in 1990-2019

	1990	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
1. Renewable water resources, million cubic meters, year	6810.0	2873.0	8457.0	8681.0	6441.0	6882.0	4663.0	6571.4	4389.0
2. Water intake (only 3 + 4), million cubic meters	3942.0	1871.2	2770.6	2126.4	3271.7	3181.9	2865.4	2714.4	2865.4
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3. Water intake from surface water sources, million cubic meters	2616.6	1338.2	1967.6	1250.6	1967.3	2045.6	1710.9	1522.8	1571.1
Only water intake by %	66.4	71.5	71.0	58.8	60.1	64.3	59.7	56.1	54.8
4. Water intake from underground water sources, million cubic meters	1325.4	533.0	803.0	875.8	1304.4	1136.3	1154.5	1191.6	1294.3
Only water intake by%	33.6	28.5	29.0	41.2	39.9	35.7	40.3	43.9	45.2
5. Ratio of water intake to renewable water resources, in% (2/1)	57.9	65.1	32.8	24.5	50.8	46.2	61.4	41.3	65.3

The source was compiled by the authors according to the data of the "Water Resources" section of the databases of the RA Statistical Committee.

Link: <http://armstatbank.am/pxweb/en/ArmStatBank/?rxid=002cc9e9-1bc8-4ae6-aaa3-40c0e377450a>

The main index assessing freshwater resources use efficiency is water productivity, which is the ratio between a unit of output and a unit of input of water (in volumetric terms). This index can be measured as a ratio of GDP generated in the country and the water resources used to obtain it. Table 2 shows the course of GDP, freshwater intake and water productivity (GDP / water intake volume) indices in Armenia in 2000-2019. As tabulated data show the water productivity index in Armenia increased during the mentioned period increased 4.7 times - from \$ 1.02 in 2000 to \$ \$4.77 in 2019. However, the comparison of the water productivity index of the Republic of Armenia with the water productivity indices of other countries reveals the inefficiency of that index in the Republic of Armenia.

Table 2

Motion of GDP, freshwater intake and water productivity (GDP / water intake) indicators in the Republic of Armenia in 2000-2019

Year	GDP		Water intake		Water productivity, GDP / water intake	The average annual number of de jure population, thous. people
	US dollar, million	Per capita, US dollar	Cubic meter, million	Per capita, cubic meter		
1	2	3	4	5	6 (col. 2/col. 4)	7
2000	1,912.0	593	1,871.2	580.9	1.02	3,221.1
2005	4,900.0	1,523	2,770.6	861.1	1.77	3,217.5
2010	9,260.0	2,844	2,126.4	653.1	4.35	3,256.1
2011	10,142.0	3,363	2,438.3	808.6	4.16	3,015.6
2012	10,619.4	3,512	2,941.1	972.6	3.61	3,024.1
2013	11,121.3	3,680	2,955.1	977.9	3.76	3,022.0
2014	11,609.5	3,852	2,860.2	949.0	4.06	3,013.8
2015	10,553.3	3,512	3,271.7	1,088.9	3.23	3,004.6
2016	10,546.1	3,524	3,181.9	1,063.4	3.31	2,992.3
2017	11,527.4	3,869	2,865.4	961.7	4.02	2,979.4
2018	12,457.9	4,196	2,714.4	914.2	4.59	2,969.0
2019	13,672.7	4,615	2,865.4	967.2	4.77	2,962.5

Source: compiled and calculated by the authors National Accounts of Armenia, 2013, RA Statistical Committee, 2013, page 23, National Accounts of Armenia, 2020, RA Statistical Committee, 2020, page 9, chronological series published by the RA Statistical Committee.

Link: <https://armstat.am/am/?nid=12&id=14004>.

The water productivity index calculated by the World Bank, in fact, describes the size of the country's generated GDP from the use of one cubic meter of water. This index can be considered as one of the key indices of the use of freshwater resources, or, in other words, it can be defined as a measure of the efficiency of water resources use. According to the latest publications of the World Bank the water productivity index fluctuates sharply both by individual continents and by individual countries. The difference is especially large in the international combinations of indices of individual countries. Thus, this index, calculated for 2015, has the lowest value (in 2010 US constant dollar per cubic meter of water) in countries such as Afghanistan, Madagascar, Pakistan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Uzbekistan (the ratio of GDP/m³ of water is 1), in Laos PDR, Myanmar, Nepal, Turkmenistan, and Vietnam this index is 2, in Eritrea, Guyana, Mali, Philippines, and Sudan this index is 3, and in Armenia, Azerbaijan, Egypt, and India - it is 4. Note that, grouped according to income level, this index is equal to 4 for a group of low-income countries, as well as less than middle-income countries, for a group of higher than middle-income countries it is 15, and for a group of high-income countries is 57. For comparison, the following countries have the highest water productivity indices: Luxembourg (1431), Monaco (1430), Maldives (828), Equatorial Guinea (715), Qatar (700), Singapore (654), Denmark (492), Ireland (456), Switzerland (379), United Kingdom (337), Antigua and Barbuda (308), Malta (307) Republic of the Congo (280), Israel (249), and Sweden (243) [4]. In the neighboring countries of the Republic of Armenia, water productivity indices were 9 in Georgia, 6 in the Islamic Republic of Iran and 20 in Turkey [4].

THE MAIN AREAS OF FRESHWATER USE IN ARMENIA

Tables 3 and 4 show the freshwater intake and water use in Armenia for 2012-2015 and 2016-2019 according to the classification of types of economic activity.

Water intake in 2019 compared to that in 2012 decreased by 2. 57% (2865.4 million cubic meters and 2941.2 million cubic meters, respectively) and the volume of water use has decreased by 2-9% compared to 2012 (from 2187. 2 million cubic meters in 2012 to 2123.7 million cubic meters in 2019).

In 2012, the largest share of freshwater use (82% of the total) was in agriculture, forestry and fishing, in the second place with 7% are mining and open pit mining industries, and water supply, sewerage, waste management and recycling sector came the third with 6.7%. In 2019, the largest share of water use also fell to agriculture, forestry and fishery spheres– 85.9%, followed by water supply, sewerage, waste management and recycling sector – 8.9%, and mining and open pit mining industries took third place with 3.9%.

Table 3

Freshwater abstraction and water use in the Republic of Armenia in 2012-2015 according to the classification of economic activity types

	2012		2013		2014		2015	
	Water intake	Water use	Water intake	Water use	Water intake	Water use	Water intake	Water use
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Total RA	2941.2	2187.2	2955.1	2089.1	2860.5	2112.8	3271.7	2533.1
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Agriculture, forestry and fishery	790.9	1793.2	1362.8	1845.9	921.3	1748.1	1097.7	2269.9
Irrigation	26.9	82.0	46.1	88.4	32.2	82.7	33.6	89.6
Forestry	178.7	1181.1	561.1	1044.5	224.9	1051.7	357.6	1519.1
	6.1	54.0	19.0	50.0	7.9	49.8	10.9	60.0
Fishery	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.0	0.7
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fishery/Fish-breeding	611.8	611.7	801.1	800.9	695.9	695.9	740.1	750.1
	20.8	28.0	27.1	38.3	24.3	32.9	22.6	29.6
Mining industry and operation of strip-mines	152.3	152.2	58.4	58.3	101.9	133.8	44.0	88.1
	5.2	7.0	2.0	2.8	3.6	6.3	1.3	3.5
Manufacturing industry	45.9	4.5	41.7	4.1	38.0	4.2	41.1	4.2
	1.6	0.2	1.4	0.2	1.3	0.2	1.3	0.2
Power, gas, steam and conditioned air supply	33.5	32.1	23.1	22.2	27.9	27.8	24.2	24.2
	1.1	1.5	0.8	1.1	1.0	1.3	0.7	1.0
Water supply, sewerage, waste management and processing	1902.3	147.6	1456.8	113.1	1744.2	147.8	2060.7	119.1
	64.7	6.7	49.3	5.4	61.0	7.0	63.0	4.7
Water supply (water catchment, treatment, distribution)	1902.2	147.4	1444.9	111.2	1743.8	147.5	2050.7	97.2
	64.7	6.7	48.9	5.3	61.0	7.0	62.7	3.8
Construction	0.5	0.5	0.2	0.2	4.7	4.7	0.1	0.1
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0
Other types of economic activity	15.8	57.1	12.2	45.3	22.5	46.4	3.2	27.5
	0.5	2.6	0.4	2.2	0.8	2.2	0.1	1.1
GDP, US mil., dollars (by purchasing power equivalent in 2017)	-	29989.3	-	30979.0	-	32094.2	-	33121.2
Water use at arate of \$1000 of GDP (by purchasing power equivalent in 2017) cubic meter/\$1000	-	72.9	-	67.4	-	65.8	-	76.5

In the numerator - million cubic meters, in the denominator – in % of the total.

Source: compiled and calculated by the RA Statistical Committee databases' "Water Resources" department data.

Link: <http://armstatbank.am/pxweb/hy/ArmStatBank/?rxid=002cc9e9-1bc8-4ae6-aaa3-40c0e377450a>

Table 4

**Freshwater intake and water use in the Republic of Armenia in 2016-2019
 according to the classification of economic activity types**

Economic activity types	2016		2017		2018		2019	
	Water intake	Water use	Water intake	Water use	Water intake	Water use	Water intake	Water use
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Total RA	3181.9	2470.0	2865.4	2040.0	2714.4	1926.5	2865.4	2123.7
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Agriculture, forestry and fishery	896.6	2191.6	961.4	1751.6	660.4	1553.8	977.0	1823.8
	28.2	88.7	33.6	85.9	24.33	80.65	34.10	85.88
Irrigation	227.3	1522.3	446.3	1236.6	167.8	1464.6	167.8	1069.5
	7.1	61.6	15.6	60.6	6.18	76.02	5.86	50.36
Forestry	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fishery / Fish-breeding	669.3	669.3	515.1	515.0	492.6	489.2	754.3	754.3
	21.0	27.1	18.0	25.2	18.15	25.39	26.32	35.51
Mining industry and operation of strip-mines	81.6	81.5	83.9	83.9	84.0	84.0	81.9	81.9
	2.6	3.3	2.9	4.1	3.01	4.36	2.86	3.86
Manufacturing industry	5.9	6.0	7.7	7.7	17.1	17.1	8.4	8.4
	0.2	0.2	0.3	0.4	0.62	0.89	0.29	0.39
Power, gas, steam and conditioned air supply	21.6	21.4	27.2	27.2	28.9	28.9	18.6	18.6
	0.7	0.9	0.9	1.3	1.06	1.50	0.65	0.88
Water supply, sewerage, waste management and processing	2166.0	123.2	1747.7	132.1	1919.1	337.8	1776.5	188.5
	68.1	5.0	61.0	6.5	70.70	17.53	62.00	8.88
Water supply (water catchment, treatment, distribution)	2165.7	122.7	1744.4	128.8	1805.7	124.4	1772.5	180.1
	68.1	5.0	60.9	6.3	66.52	6.46	61.86	8.48
Construction	0.1	0.1	3.6	3.6	0.2	0.2	0.1	0.1
	0.0	0.0	0.1	0.2	0.01	0.01	0.003	0.005
Other types of economic activity	10.1	46.5	33.9	33.9	4.7	4.7	2.5	2.4
	0.3	1.9	1.2	1.7	0.17	0.24	0.09	0.11
GDP, US mil., dollars (by purchasing power equivalent in 2017)	-	33187.5	-	35676,5	-	37531.7	-	40384.1
Water use at arate of \$1000 of GDP (by purchasing power equivalent in 2017) cubic meter/\$1000	-	74.4	-	57.2	-	51.3	-	52.6

In the numerator - million cubic meters, in the denominator – in % of the total.

Source: compiled and calculated by the RA Statistical Committee databases "Water Resources" department data.

Link: <http://armstatbank.am/pxweb/hy/ArmStatBank/?rxid=002cc9e9-1bc8-4ae6-aaa3-40c0e377450a>

Losses of water resources

The low efficiency of fresh water use in the Republic of Armenia is evidenced by the data presented in Table 5. According to the tabulated data freshwater losses during the period from 2011 to 2019 amounted to a significant amount. In 2012 losses amounted to 754.0 million cubic meters (which accounted for 25.6% of water intake in 2012), and in 2019 the total losses amounted to 741.7 million cubic meters, or only 25.9% of that year water intake. That is, during the mentioned period the water losses index increased by 0. 3 percentage points.

The data in the table show that the data on water losses are conditional, as they do not reflect the real situation. The real reason behind the water resources losses is in that that the economic structures in the water use system do not promote the reduction of losses, but on the contrary, contribute to the inefficient use of water resources.

Table 5

Water losses by economic activity types: 2011-2019, million m³

Economic activity types	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Total RA	700.1	754.0	866.0	747.4	738.6	711.9	825.4	787.9	741.7
Agriculture, forestry, fishery	0.1	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	33.1	32.9
Irrigation	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	33.1	32.9
Forestry	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fishery/Fish-breeding	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mining industry and operation of strip-mines	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Manufacturing industry	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Power, gas, steam and conditioned air supply	2.5	1.4	0.9	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Water supply, sewerage, waste management and processing	697.5	752.4	864.8	747.1	738.6	711.7	825.4	754.8	708.8
Water supply (water catchment, treatment, distribution)	697.5	752.4	854.8	747.1	738.5	711.7	825.4	754.8	708.8
Construction	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Other types of economic activity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Source – compiled by the RA Statistical Committee databases' "Water Resources" department data.

Link:<http://armstatbank.am/pxweb/hy/ArmStatBank/?rxid=002cc9e9-1bc8-4ae6-aaa3-40c0e377450a>

CONCLUSION

From the study of the problem it follows that:

- water supply and water provision for the RA economy and population mainly meet the requirements of fresh water quality;
- although during 2000-2019 water productivity has increased 4.7 times, however it remains low, especially, compared to other countries in the region;
- the main sphere of water use is agriculture, where about 80% of freshwater resources are used, which is a special demand for increasing water use efficiency and improving management in this sphere;
- the extent of freshwater losses (which account for more than 1/4), which has not changed over the last 20 years, causing significant damage to both the economy and the environment;

- climate change and reduction of atmospheric precipitation has significantly reduced the freshwater resources in the country, which requires to develop a special approach and principles to improve the sphere by changing the economic policy pursued in the sector, and introducing economic levers and means of efficient and rational water use;
- it has become clear that the entire legislation, regulating water relations - the Water Code, as well as other laws, programs, legal acts regulating the sphere (including those concerning the responsibilities of management authorities and authorities of applications), needs to be radically reformed;
- all the above-mentioned steps and their successful implementation will make it possible to increase the efficiency of water resources' use in the Republic of Armenia, which will contribute to the development of the economy, as well as to meet the needs of the economy and the population for fresh water.

REFERENCES

1. Cameron Dewhurst and Firat Katirci (editors). Environmental Capital: Government's Role in Protecting Ecosystem Services and Biodiversity, Nova Science Publishers, Inc., New York, 2013, 188 pages.
2. The Changing Wealth of Nations 2018. Building a Sustainable Future. World Bank Group. 235 pages. As of 01.07.2021 the electronic resource is accessible <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29001/9781464810466.pdf> հղմամբ:
3. Markosyan A.Kh., Matevosyan E.N., Nersisyan K.A., Tokmajyan L.V. (2018) Water Resources of the Republic of Armenia and the Exporting Opportunities of Potable Water // Bulletin of High Technology, Shushi, 2018, N3(7), pp. 13-28.
4. World Development Indicators: Freshwater: as of 07.07.2021 the electronic resource is accessible <http://wdi.worldbank.org/table/3.5>

Водное хозяйство

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВОДЫ В РЕСПУБЛИКЕ АРМЕНИЯ

Маркосян А.Х.^{1,2}, Аванесян Э.В.¹, Матевосян Э.Н.², Мартиросян Т.С.¹

¹ Шушинский технологический университет

² Ереванский государственный университет

Аннотация. Как для мировой, так и для национальной экономики проблема рационального и эффективного использования природных ресурсов является краеугольной проблемой, решение которой сопряжено с обеспечением устойчивого экономического роста, увеличения ВВП страны. Среди основных вопросов социально-экономического развития и охраны окружающей среды является изучение ресурсов пресной воды и показателей ее эффективного использования.

Авторы, исследуя проблемы, касающиеся использования водных ресурсов в Армении за последние 20 лет, в частности, количественные показатели водозабора, использования различными секторами экономики и исходя из видов экономической деятельности, количественные показатели потерь воды, а также показатели продуктивности использования водных ресурсов, приходят к выводу, что исследуемая отрасль нуждается в проведении радикальных реформ, нацеленных на достижение целей рационального и эффективного использования водных ресурсов.

Ключевые слова: водные ресурсы, водозабор, водопользование, пресная вода, продуктивность воды.

THE EFFECT OF CHEMOLITOTROPHIC MICROBIOTES ON THE EFFICIENCY OF ANTICORROSION TILLING OF METAL PIPELINES BY ORTHOPOLYPHOSPHATE REAGENT "SEAQUEST LIQUID"

Matselyuk Y., Charhy D., Kovalenko O., Levitska V.

Institute of Water Problem and Land Reclamation
of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

Vasylykivska st. 37, 03022, Kyiv, Ukraine

E-mail: veral@ukr.net

Annotation. It is established that one of the ways to reduce the corrosive aggressiveness of drinking water is the use of orthopolyphosphate reagent "Sea Quest Liquid". It was determined that the quality of water which orthopolyphosphate reagent "Sea Quest Liquid" was added for 5 months, according to the most sanitary and chemical parameters, except for iron, meets the requirements of Ukrainian national hygienic standards for drinking water. In some water samples, the iron content in the water exceeded the level of the hygienic standard (0.2 mg / dm^3) and exceeded the maximum allowable level (1.0 mg / dm^3). Under the action of the reagent "Sea Quest Liquid" in water treated with sodium hypochlorite, there was a decrease in the Langelier index: from -2,23 to -2,08 and from -1,79 to -1,70, indicating a decrease in its corrosive activity. In water not treated with sodium hypochlorite, under the influence of the composite "Sea Quest Liquid" there was some increase in the Langelier index: from -1,80 to -1,95 and from 1,85 to -2,78; from -2,01 to -2,13, which indicates an increase in its corrosive aggressiveness. In the presence of sulfate-reducing thiobacteria (sulfur bacteria) in water, the reagent "Sea Quest Liquid" increases the corrosion rate of steel by 2,9-7,2 times; subject to additional disinfection of water with sodium hypochlorite, it reduces this data by 1,4-2,7 times.

Keywords: metal pipeline, corrosion, protection, iron, orthopolyphosphates, thiobacteria.

INTRODUCTION

The stability of water determines its properties to interact with substances dissolved in it with the internal diameter of metal pipelines, destroying it (corrosion) or forming on its surface deposits consisting of carbonates with the inclusion of iron compounds. The exploitation of metal pipelines was demonstrated that to a greater or lesser extent both of these processes are always present. According to data of Ukrainian maintenance services, more than 80% metal pipelines for drinking water supply system have worked for more than 30 years and are exposed to corrosion. Fistulas are formed in some places of the metal pipelines and the wall thickness has reduction from 10-12 mm to 1,0-1,5 mm. This reduces the security of water supply to consumers, leads to considerable water losses and increases the risk of secondary water pollution. When using groundwater, secondary drinking water pollution due to electrochemical and microbiological corrosion almost always occurs.

MAIN PART

Analysis of previous researches. Priority Ukrainian anti-corrosion measures according to SOU ZHKH 41.00-35077234.010: 2008 “Systems of centralized drinking water supply and communal heat supply. Corrosion protection. General requirements and control methods” are the use of corrosion inhibitors and electrochemical magnesium (anode) protection. Corrosion inhibitors are able to prevent the formation of corrosion deposits on the inner surface of the pipelines and remove already formed deposits.

The mechanism of action of inhibitors in liquid media in most cases is to inhibit the cathode and anode processes of electrochemical corrosion, the formation of protective and passivating coating. Some polyphosphate-based inhibitors have the ability to prevent the formation of salt deposits on the inner surface of pipelines, as well as to remove previously formed deposits, while the mode of removal can be adjusted by variation the concentration of the inhibitor. According to the manufacturer, such inhibitors include orthopolyphosphate inhibitor-reagent "SeaQuest". Reagent "SeaQuest" is sodium salt of polyphosphate acid (powder mixture), a mixture of inorganic polyphosphates. Its chemical formula is $\text{Na}_{35}\text{H}_5\text{P}_{26}\text{O}_{85}$. Its manufacture is "Aqua Smart Inc", (www.aquasmartinc.com) at the plant, located in USA. Granules of a mixture of inorganic phosphates, of which about 25% are orthophosphates and 75% are polyphosphates, are produced under the "SeaQuest" trademark.

"SeaQuest" is safety for drinking water supply and NSF certification (National Sanitation Foundation - Agency for certification of reagents for water supply in the USA). "SeaQuest" is safe for drinking water supply and has NSF certification (The National Sanitation Foundation is the Agency for certification of reagents for water supply in the USA). SeaQuest is approved for use in the networks of drinking and hot water supply and heat supply in the territory of the EAEU Customs Union (Certificate of State Registration № BY.70.06.01.013.E.006706.12.14.). In Ukraine, for anti-corrosion and stabilization treatment of water in the drinking water supply systems, it is proposed to use the reagent "SeaQuest Liquid", manufactured by the LLC "Nanochemical Technologies" (Ukraine, Kyiv). The reagent "SeaQuest Liquid" is an aqueous solution of orthopolyphosphate reagent "SeaQuest" with the addition of sodium hypochlorite in a preservative amount.

In Slovenia, in order to prevent accumulated scale, for sifting drinking water in drinking water supply systems use polyphosphates, which are in these water, is contained within the limit of 0,2 mg PO_4 / l up to 24,6 mg PO_4 / l [1].

In Ukraine, a study was conducted at the filtering station of water treatment facilities of the Western group water supply system "Oblvodokanal" Zaporizhia Regional Council. They showed that there is a probable relationship between the corrosion aggressiveness and stability of drinking water and the intensity of chemical-organic compounds formation during the stages of water preparation and during its transportation in pipelines. That is, the more efficient the coagulation and the more impurities were removed from the water undergoing water treatment, the higher the corrosion aggressiveness of the treated water [2].

Reagent "SeaQuest" was used to stabilization treatment of water which was transported in the main water supply system of Akymivka-Berdyansk of the Western group water supply system of Zaporizhia region. As a result of the use of "SeaQuest", the corrosion aggressiveness of water decreased from 0,25-0,37 mm / year to 0,018-0,031 mm / year (Ukrainian requirement is 0,05 mm / year).

The results of research [3] showed that during the transportation of water with high corrosion aggressiveness, its quality deteriorates significantly, especially in organoleptic characteristics (color, turbidity, odor, taste), iron and zinc content, permanganate oxidation, trihalomethanes (THM), etc. In addition, it was shown [4, 5] that the corrosive aggressiveness and stability of water affect the biological activity and the degree of toxicity of THM when they enter the body of experimental animals and humans with drinking water.

Studies conducted at Chasiv-Yarska, Starokrymskaya filtering station № 2 and Western group water supply system Yakymivka-Berdyansk, showed that the use of adequate doses of the reagent "SeaQuest" for stabilization treatment, allowed bringing the corrosion aggressiveness of treated water in accordance with the Ukrainian requirements.

In thy Chernihiv State Technological University studied the anti-corrosion activity of "SeaQuest" on steel samples that were kept for 24 hours in inhibited solutions, and then transferred for 10 days in clean piped water. It was found that the use of "SeaQuest" for anti-corrosion treatment of drinking water supply is

not effective enough (38,8-42,1%) and leads to an increase of iron content in drinking water due to the formation of soluble complex compounds with rust.

To assess the corrosion activity of water, we in the Institute of Water Problems and Land Reclamation of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (IWP&LR NAAS) calculated the Langelier, Ryznar and rH₂ indices based on chemical analysis of water quality indicators from the 29 studied wells and the results are shown in Table 1. As can be seen from Table 1, the Langelier index counted to the formulas for the water from all water intake points are in the range from - 0,89 to - 1,77, which indicates a continuous and significant corrosion activity in this water.

As can be seen from table 1, the Langelier indices obtained using the calculation formulas at all points of water sampling are in the range from - 0,89 to - 1,77, which indicates a continuous and significant corrosion activity of water at these points.

Table 1

Results of Langelier, Ryznar and rH₂ indexes

Numbers	Numbers of the wells	Langelier Index (I _{Lng}) by nomograph	Ryznar Stability Index (RI)	Langelier Index (I _{Lng}) estimated	rH ₂ by Trufanov	rH ₂ by Klark
1	2	3	4	5	6	7
1	223	-0,38	8,19	-1,61	18,27	18,10
2	229	-0,025	7,97	-1,07	19,25	19,08
3	230	-0,04	7,8	-1,27	18,95	18,78
4	231	-0,01	8,01	-0,86	19,46	19,29
5	232	-0,96	9,58	-1,23	19,02	18,84
6	212	0,02	7,67	-1,18	19,04	18,87
7	179	-0,03	7,78	-1,25	19,10	18,92
8	178	-0,34	8,16	-1,04	19,47	19,30
9	182	0	8	-1,02	19,48	19,31
10	205	0	7,95	-1,03	19,38	19,21
11	224	-0,03	7,84	-1,11	18,86	18,70
12	242	-0,19	8,13	-1,30	18,83	18,67
13	251	0,075	7,92	-0,97	19,29	19,14
14	255	0,195	7,71	-0,84	19,42	19,27
15	269	0,05	7,77	-1,17	19,07	18,91
16	271	0,31	7,6	-0,82	19,59	19,44
17	237	0,225	7,71	-0,80	19,47	19,32
18	262	0,02	7,86	-0,99	19,06	18,90
19	261	0,22	7,91	-0,94	19,63	19,49
20	197	0,145	7,9	-0,85	19,53	19,38
21	200	-0,166	7,872	-1,24	18,56	18,39
22	221	-0,015	7,63	-1,22	18,68	18,51
23	190	-0,04	7,75	-1,18	18,71	18,55
24	214	-0,07	7,8	-1,24	18,58	18,42
25	293	-0,02	8,08	-0,91	18,98	18,84

It should be emphasized that the water obtained by mixing water from water wells and river water is more corrosive than the water of the wells themselves, as evidenced by the Langelier indices obtained from analyzes of water samples. This is due to the increase in oxygen content in this mixture of water.

Indicators of rH_2 in all samples calculated as by the formula F.U. Clark, and the formula of A.I. Trufanov, indicate that the studied aquatic environment is very favorable for the activity of iron bacteria in general, and the pH - Eh zone of water samples indicates that there is vital functions activity of different strains: *Leptothrix*, *Gallionella*, *Thiobacillus thiooxidans* or their combined activity.

All the studied indicators indicate that the most probable in water supply networks is a complex genesis of corrosion processes, which combines physic-chemical and biological processes. One of the rational methods of improving the technical condition of existing metal pipelines to extend their service life is to stabilize the water by treating them with corrosion inhibitors.

Purpose of our study is to investigate the possibility of using inhibitory protection in drinking water supply systems using orthopolyphosphate reagent "SeaQuest Liquid".

The object of study is systems of drinking water supply.

Materials and methods of research. In our studies we are using experimental and analytical research methods. The studies used orthopolyphosphate reagent "SeaQuest Liquid" (TU U 20.5-40502222-001:2016).

Diagnosis of water stability, based on its chemical composition, was performed according to standard methods for determining Langelier and Ryznar Stability Indexes, Paccorius index to determine the tendency of water to scale, Larson-Skold index, which allows to characterize the corrosion ability of water relative to low carbon steel, Oddo -Thompson index for rapid estimate of the tendency of water to dissolve or form calcium carbonate.

Evaluation of the corrosion rate of the metal of the pipeline was performed on the basis of short-term corrosion tests of metal samples identical to the metal of the pipelines, using corrosion probes by gravimetric method on the weight loss of the samples.

The research results. According to the results of research it was found that for all modes of use of the reagent "SeaQuest Liquid" in water at all sampling points there were no deviations from the standards of basic physicochemical parameters of inorganic and organic nature: the average pH of water was $7,67 \pm 0,01$ of unit pH, total hardness was $4,3 \pm 0,03$ and total alkalinity - $4,4 \pm 0,05$ mol / dm³, calcium content was $58,6 \pm 0,7$ mg / dm³, magnesium was $16,1 \pm 0,2$ mg / dm³, hydrocarbons were $261,4 \pm 4,8$ mg / dm³, manganese was $<0,01$ mg / dm³, sulfates were $21,9 \pm 1,2$ mg / dm³, chlorides were $44,3 \pm 1,4$ mg / dm³, sodium and potassium were $44,0 \pm 2,0$ mg / dm³, residual chlorine was $0,35 \pm 0,02$ mg / dm³, total dissolved solids were $459,9 \pm 15,1$ mg / dm³.

During the observation period, the quality of water treated with orthopolyphosphate preparation "SeaQuest Liquid" generally meets the requirements of the Ukrainian hygienic standards for drinking water, except for periodic stage fluctuations range of excess iron content. In some water samples, the iron content in the water exceeded the hygienic standard (0,2 mg / dm³) by 6, 4, 3, 5 and 10 times, respectively, and exceeded the maximum allowable level (1.0 mg / dm³). The dynamics of changes in the total iron concentration indicates that at the initial stage of action of the drug "SeaQuest Liquid" there is a dissolution of the iron hydroxide film formed during operation on the inner surface of the pipeline, and then take place the process of passivation of steel.

The results of the weight studies for the effect of the reagent "SeaQuest Liquid" in piped water on the corrosion rate of steel samples are given in table 2.

Analysis of the results of the studies represented in table 4 shows that the corrosion rate of the steel samples in water treated with the reagent "SeaQuest Liquid", significantly exceeds the corrosion rate of the steel samples in water without contain this reagent.

Table 1

The effect of the reagent "SeaQuest Liquid" on the corrosion rate

Place of sampling	Weight loss of samples Δm , g in water:		Weight loss of samples Δm , % in water:		Corrosion rate Km, mm / year in water:	
	Without "SeaQuest Liquid"	With "SeaQuest Liquid"	Without "SeaQuest Liquid"	With "SeaQuest Liquid"	Without "SeaQuest Liquid"	With "SeaQuest Liquid"
Well № 182	0,7545	2,3744	10,9	34,1	0,4086	1,1744
Well № 232	0,4839	2,5553	6,8	36,1	0,2621	1,3839
Well № 242	0,2822	2,0163	4,0	29,9	0,1528	1,0920
Pumping station (PS) - 1, motor room, point № 1	-	0,2823	-	4,45	-	0,1529
PS-1, motor room, point № 2	-	0,3404	-	5,10	-	0,1844
PS - 1, well K 12	1,4099	-	20,4	-	0,7636	-
PS-1, well K 29	-	0,9620	-	14,0	-	0,5210
PS-2, motor room, point № 1	-	0,8213	-	11,4	-	0,4448
PS - 2, motor room, point № 2	-	1,1659	-	16,9	-	0,6315
PS- 2, well with Dnipro's river water	1,3103	-	18,5	-	0,7097	-

It should be noted that after soaking in water that does not contain the reagent "SeaQuest Liquid", the surface of the samples became light brown, and after soaking in water containing the reagent - black (Fig. 1).



Fig. 1 Appearance of samples after exposure to groundwater wells

It is known that the light brown color is characteristic of iron hydroxide (rust), black - for iron sulfide (pyrite). The nature of the deposits on the surface of the samples is also different: light brown deposits are more dense, lamellar, black - loose, which are easily removed from the surface. The obtained results suggest the following mechanism of the corrosion process. SeaQuest Liquid catalyzes microbiological corrosion caused by sulfate-reducing thiobacteria. The scheme of corrosion of iron, which occurs in the presence of bacterial cells endowed with membrane-bound hydrogenesis (for example, sulfate-reducing), is shown in Fig. 2.

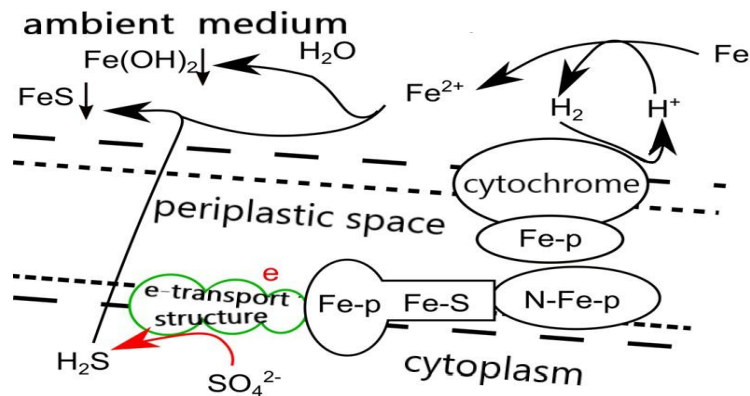


Fig. 2. Membrane hydro genesis and corrosion of iron

In the absence of the drug, corrosion foci are not associated with the presence of microorganisms, but arise as a result of the process of chemical corrosion with the formation of iron hydroxide. The change in the environment as a result of the introduction of the drug "SeaQuest Liquid" into the water contributed to the development of microorganisms. In turn, in the process of life, microorganisms have accumulated reagents that stimulate the biological corrosion process. It is known that the presence of cells of sulfate-reducing thiobacteria is a source of biogenic hydrogen sulfide. The process follows the general scheme:



Hydrogen sulfide reacts with metal to form iron sulfide. The metal surface is subject to pitting and ulcerative corrosion. Ulcers are covered on top with loose corrosion products, which mainly consist of iron sulfide and iron hydroxide. In the presence of oxygen, corrosive bumps are covered with a crust consisting of iron hydroxide. Under the layer of corrosion products, bacteria penetrate into the metal, destroying it. The deposition of iron sulfide on the surface of the pipelines (black) promotes the formation of galvanic pairs (anode and cathode), which causes electrochemical corrosion. Iron sulfide serves as a cathode, the clean surface of the metal - the anode. Hydrogen sulfide, interacting with iron ions, forms insoluble iron sulfide and, at the same time, migrating to zones with oxidized regime, is oxidized to elemental sulfur. Layers of different colors, as a consequence of the symbiosis of chemical and biological corrosion, can be observed on samples that were kept in the pressure pipeline PS-2 (Fig. 3).



Fig. 3. Appearance of samples after exposure in the pressure pipeline PS-2

The corrosion rate of the samples in the pressure pipelines on PS 1 and 2 after administration of the reagent is lower than the corrosion rate of the samples installed in the area of wells. This is due to the fact that the water in the pressure pipes of the pumping stations comes after the reservoir of clean water and it has been treated with sodium hypochlorite, which has a detrimental effect on microorganisms. This is especially true for the NS - 1 pipeline, where the water has been treated three times with sodium hypochlorite at a dose of 20 mg / l and microbiological corrosion is almost absent (Fig. 4).



Fig. 4. Appearance of the samples after exposure in the pressure pipeline PS - 1

The effect of “SeaQuest Liquid” on the development of pathogenic microorganisms was especially clearly revealed in samples that were kept in a medium containing a mixture of groundwater and river water (Fig. 5).



Fig. 5. General view of the samples after aging in the mix of groundwater and river waters

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

In all modes of use of the reagent "SeaQuest Liquid", no deviations from the standards of basic physicochemical parameters were registered in the water at all sampling points. In some samples of water treated with SeaQuest Liquid, the iron content exceeded the hygienic standard and exceeded the maximum allowable level (1,0 mg / dm³). In the presence of sulfate-reducing thiobacteria in water, the reagent "SeaQuest Liquid" increases the corrosion rate of steel by 2.9-7.2 times; subject to additional disinfection of water, it reduces this figure by 1,4-2,7 times.

SeaQuest Liquid can be used to reduce the corrosiveness of the aquatic environment and slow down the rate of corrosion of steel, subject to additional mandatory disinfection of the source water.

REFERENCES

1. Jereb G, Poljšak B., Eržen I. (Contribution of Drinking Water Softeners to Daily Phosphate Intake in Slovenia // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2017. Vol. 14 (10). P. 1186.
2. Zahorodniuk K.Iu., Bardov V.H., Omelchuk S.T. Hygienic substantiation of necessity and ways of modernization of communal systems of centralized water supply of Ukraine. *Dovkillia ta zdorovya*. 2016 № 1 (77). S. 48-54 [in Ukrainian].
3. Zahorodniuk Yu.V., Omelchuk S.T., Kravchuk A.P. Corrosiveness of water as one of the main indicators of drinking water quality and its regulatory regulation in Ukraine. *Vodopostachannia ta vodovidvedennia*. 2009. № 4. S. 26-33 [in Russian].
4. Zahorodniuk K.Iu., Omelchuk S.T., Nikipielova O.M., Zahorodniuk Yu.V. Toxicological and hygienic assessment of drinking water of the Western filtering station of LLC "Luganskvoda" before and after stabilization treatment with "Sea-Quest". *Suchasni problemy toksykologiyi*. 2011. № 5. S. 178-179 [in Ukrainian].
5. Zahorodniuk K.Iu., Omelchuk S.T., Zahorodniuk Yu.V. Influence of the stability and corrosiveness of water on the biological activity of organochlorine compounds entering the body with drinking water. *Voda i ekolohiya: problemy i resheniya*. Sankt-Peterburh. 2012. № 2-3. S. 35-36 [In Russian].

ACCURACY OF METHODS FOR INTERPRETATION OF PRECONSOLIDATION PRESSURE

Matveev V.¹, Shanina V.²

¹) Geotechnical Graduate Lab LLC, Moscow, Russia,

²) Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

E-mail: Vladimir-matveev@mail.ru

Annotation. Over the past 85 years, many methods have been proposed to interpret pre-consolidation pressure of compressible soils as defined using the standard oedometer test. The concept of the “pre-consolidation pressure” has been extraordinarily useful in geotechnical engineering for analyzing and predicting settlement behavior. However, defining this characteristic stress is often problematic and relies heavily on graphical techniques that are subject to some uncertainty. This paper contains a comparison of the accuracy of the methods of Casagrande, Becker, Pacheco Silva, and Wang & Frost.

Keywords: pre-consolidation pressure; dissipated strain energy.

INTRODUCTION

Currently, the issue of determining the parameters of soil over-consolidation is very relevant. Over the past 85 years, many methods have been proposed to interpret pre-consolidation pressure. However, the processing methods proposed by different researchers can give significantly different results from each other. Existing inaccuracies, shortcomings, and discrepancies in determining these soil parameters affect the accuracy of the determination of stress-strain state [3, 5].

EMPIRICAL METHODS FOR PREDICTING PRECONSOLIDATION PRESSURE

Casagrande’s method (includes ASTM “D2435: Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading” and GOST R 58326-2018 “Soils. Laboratory method for determining the over-consolidation characteristics”) [2, 12].

This method uses an empirical construction from the $e - \log \sigma$ curve, where e is the void ratio and σ is the effective stress. On a logarithmic scale, idealized compression curve in width range of effective stresses is linear for normal consolidated (NC) clays, or bilinear for over-consolidated (OC) clays: the first section corresponds to branch of recompression, second – branch of normal consolidation [7] (Fig. 1a).

Casagrande’s method has complexity due to graphical constructions and the presence of a subjective factor. The tests must be carried out to such values of effective stresses that a reliable output to the normal consolidation line (NCL) is provided for the correct construction of the tangent to the final section.

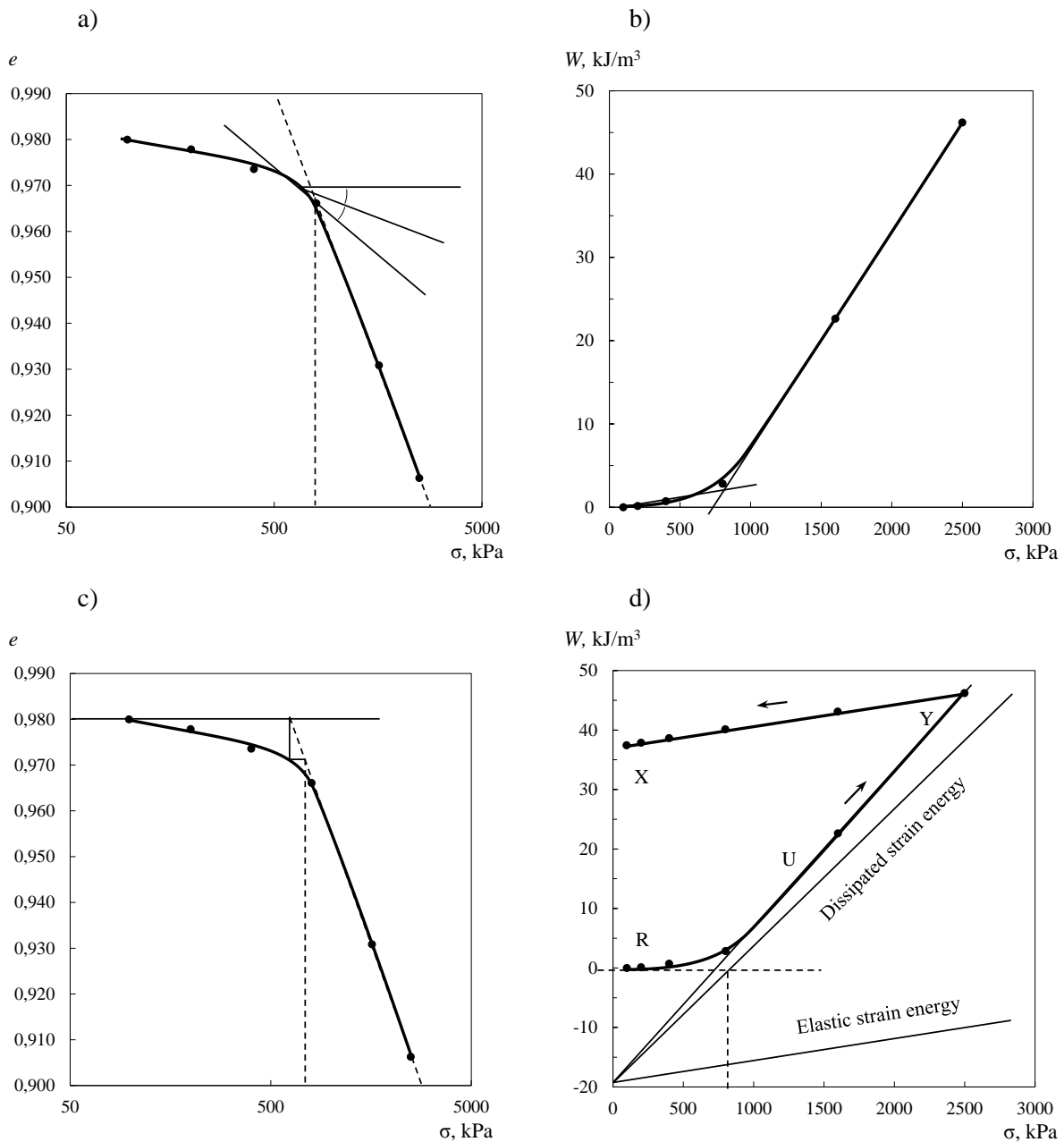


Fig. 1. Graphical constructions for determination preconsolidation pressure:
 a) Casagrande; б) Becker; в) PachecoSilva; г) Wang — Frost

Another subjective factor is holding the tangent to the maximum curvature point for the same reasons. The bisector is the average value of the extreme cases — the minimum and maximum angle of inclination of the horizontal line and tangent at the point with the smallest radius of curvature. Moreover thus, it is an estimate averaging the two extreme values. In addition, the construction of the bisector in the space of different dimensions is absurd, which leads to distortions due to the choice of scales along the stress axes and the void ratio [6]. It should be noted that Appendix G of GOST R 58326-2018 offers a modification of this method that simplifies the selection of maximum curvature point. Tangents are drawn to the initial and final sections of the compression curve. From the point of intersection of the tangents, draw the bisector to the intersection with the curve. The resulting intersection is the maximum curvature point [2].

Becker’s method (includes GOST R 58326-2018)[2].

An arithmetic plot of cumulative work per unit volume W and applied effective stress σ will define a generally bilinear plot, and the intersection of these lines will define the pre-consolidation pressure σ_p [10] (Fig. 1b).

Accordingly, the disadvantages of the method can also be attributed to the presence of a subjective factor in graphical constructions, particularly the difficulty in choosing linear sections to which straight lines are drawn. In addition, to calculate the specific energy at each stage, integration is used by the trapezoidal rule, which for the approximating analytical dependence can be replaced by the direct integration method.

Pacheco Silva’s method was considered by the developers of GOST R 58326-2018 [2], but it was not included in the final version of the standard. This method is widely used in Brazil [5].

Similarly to Casagrande’s (1936) method [7], Pacheco Silva’s method uses an empirical construction from the $e - \log \sigma$ curve. Graphic constructions consist of drawing a horizontal line at e_0 . A vertical line is drawn at the intersection of this horizontal line and the tangent to the NCL until it intersects with the compression curve. Then, a second horizontal line is drawn from this intersection point until it intersects with the tangent to the NCL. The stress at this intersection defines σ_p (Fig. 1c). This method is straightforward to use, and it does not require subjective interpretation [6, 8].

Wang & Frost’s method (dissipated strain energy method DSEM) refers to a group of energy methods. Compared to other energy methods, such as Becker’s, this method uses dissipated strain energy [9].

This method uses the unloading and reloading loop in construction and can account for sample disturbance effects to a certain degree.

The total strain is the sum of plastic and elastic strain. For separating the plastic strain from the total strain, it is sufficient to subtract the elastic strain from the total strain.

Fig. 1d is represented by the compression curve (RUYX), recompression line (RU), NCL (UY), unloading line (YX). Line UY corresponds to total strain energy and the line parallel to YX is elastic strain energy. The difference of the obtained lines is the dissipated strain energy line, the intersection of which with the abscissa axis will give the pre-consolidation pressure.

According to the authors of this method, it is less operator-dependent than most methods.

TESTED CLAY SAND EXPERIMENTAL PROCEDURE

For the tests, samples were prepared from the soils selected at the engineering and geological surveys in Salaryevo (Moscow, Russia). Moraine and fluvioglacial quaternary clays were selected for this study. Their characteristics are presented in Table 1.

Table 1

Basic characteristics of the clay samples used in this study

Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	w_p (%)	w_L (%)	I_p (%)
19—70	21—59	8—23	11—19	20—44	9—25

Clay slurries were made from the soil samples. The soil was ground and then saturated to a liquid state with an exceeding $1\frac{1}{2}$ —2 times the liquid limit, and then the moisture content of the resulting paste was determined. Clay slurries are expected to have no stress history as they are nearly fluid, and thus they do not reflect any inherent relict stress or soil fabric effects [10].

For determining the pre-consolidation pressure used oedometric testing following GOST 12248.4-2020 “Soils. Determination of deformation parameters by compression testing” [1] on GEOTEK R&D Enterprise LLC (Penza, Russia) equipment at maximum load stages up to 10kN. The tests were carried out in two types of oedometer is 72×20 mm and 86×25 mm. The data obtained were processed by the methods of Casagrande, Becker, Pacheco Silva, and Wang & Frost (Fig. 1).

The first stage test scheme was designed in such a way as to model the growth of stress in the ground during its sedimentation, its achievement of a given maximum historical stress during the advance of the glacier, followed by decompression during the retreat of the glacier, as well as during the extraction of the sample to the surface during sampling.

At the second stage, the laboratory compression test of the soil in the odometer was modeled. For this purpose, the ground paste was loaded with steps starting from 6 kPa. The axial stress was increased stepwise at a load increment ratio (LIR) of 1. The maximum stress on the first load branch was 800 or 600 kPa. The choice of such values is due to the limitations of the test setup. The first loading branch corresponds to the normal consolidation line. Then the sample was completely unloaded. After that, the sample was loaded according to the scheme of the first branch, but up to a maximum voltage of 1500 or 2500 kPa. The stabilization criterion for each step was 0.01 mm in 12 hours.

The inflexion on the second branch should correspond to the transition of the sample from the recompression to the normal compression. With such a sequence of actions, it is possible to show the entire history of loads and recreate in detail the natural stresses under which the soil existed.

EXPERIMENTAL RESULTS AND INTERPRETATIONS

Imposed pre-consolidation pressure (600 or 800 kPa) and predicted by the methods of Casagrande, Becker, Pacheco Silva, and Wang & Frost are presented in Table 2, and their comparison is shown in Fig. 2.

Table2

Imposed and Predicted Preconsolidation Pressure

Specimen	Imposed σ_{pi} , kPa	Predicted σ_{pp} , kPa			
		Casagrande	Pacheco Silva	Becker	Wang– Frost
GJ6840	800	850	720	900	860
GJ6838	600	710	600	700	650
GJ6890	600	640	600	680	700
GJ6874	600	640	640	650	670
GJ6895	800	800	650	850	830
GJ68B3	800	650	650	830	800
GJ6898	600	630	540	620	620
GJ68A0	600	600	470	610	600
GJ6864	800	790	700	800	850
GJ6835	800	810	770	800	830
GJ6888	600	590	460	600	590
GJ6885	800	700	610	770	810

For evaluating the accuracy of the methods, absolute and relative error and root-mean-square error were used, calculated using the following formulas:

$$Absolute\ Error = \frac{1}{n} \sum \sigma_{pp} - \sigma_{pi} \quad (1)$$

$$Absolute\ RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (\sigma_{pp} - \sigma_{pi})^2} \quad (2)$$

$$Relative\ Error = \frac{1}{n} \sum \frac{\sigma_{pp} - \sigma_{pi}}{\sigma_{pp}} \quad (3)$$

$$Relative\ RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{\sigma_{pp} - \sigma_{pi}}{\sigma_{pp}} \right)^2} \quad (4)$$

After analyzing the values presented in Table 3, it can be concluded that the accuracy estimate for all methods for increment load (LIR = 1) is approximately equal, RMSE was from 33 to 73 kPa, which is consistent with the results of previous studies [11].

Pacheco Silva’s method systematically underestimates the values; the absolute error was minus 83 kPa. Thus the method gives a more conservative estimate of the pre-consolidation pressure.

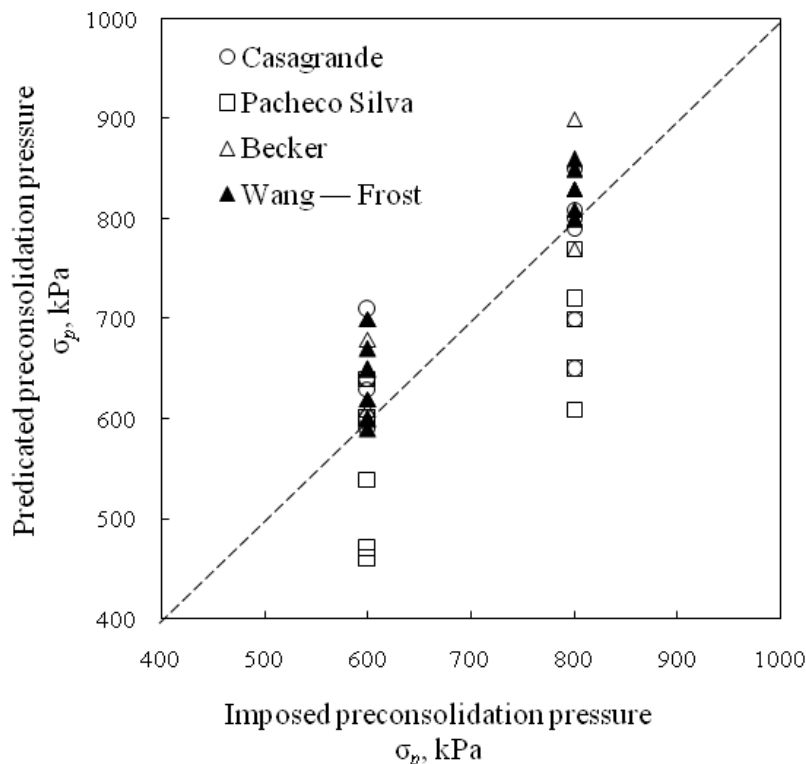


Fig. 2. Comparisons of imposed preconsolidation pressure σ_p with predictions

When processing Casagrande’s method, the absolute error is minimal, which indicates that there is no bias, but you should pay attention to the spread of values; absolute RMSE was 68 kPa.

Strain energy methods (Becker’s and Wang & Frost’s methods) give similar results, which is expected because both methods have the same principle of operation. An absolute error was 34 kPa for both methods. However, when testing natural samples, the recompression section is usually not pronounced, and the use of unloading will be useful for its recovery.

Table 3

Accuracy of methods for determination of preconsolidation pressure (σ_p) for the increment load test(LIR = 1)

Method	Absolute Error $\Delta\sigma_p$, kPa	Absolute RMSE, kPa	Relative Error $\delta\sigma_p$, %	Relative RMSE, %
Casagrande	1	68	0.8	9.5
Pacheco Silva	-83	73	-11.3	10.3
Becker	34	42	5.2	6.3
Wang—Frost	34	33	5.1	5.3

CONCLUSION

Some weaknesses of laboratory methods for determining the pre-consolidation pressure σ_p are revealed, such as difficulties with the choice of tangents in graphical constructions and the subjective factor in such a choice.

For improving the accuracy of the constructions, it is recommended to use increment load test with LIR < 1, or CRS test, which is consistent with the results of previous researchers [4, 11].

Test interpretation requires high qualification of the researcher. To process the data, you must use at least two independent constructions performed in parallel for each method.

For increasing confidence in determining the over-consolidation characteristics, it is necessary to use several methods of processing the compression curve in parallel. This approach will ensure mutual control of the results and eliminate gross errors in interpreting the tests.

REFERENCES

1. GOST 12248.4-2020 Soils. Determination of deformation parameters by compression testing.
2. GOST R 58326-2018 Soils. Laboratory method for determining the over-consolidation characteristics.
3. Kramarenko V.V. About the pre-consolidation pressure of clay soils in Tomsk region / V.V. Kramarenko, A.M. Nikitenkov, V.Yu. Molokov// Modern problems of science and education. Surgery. 2014. № 5. P. 669.
4. Melnikov R.V., Popkov A.A. Using becker Method to determine pre-consolidation pressure at crs oedometer test // Geotechnics. 2016. № 6. P. 54–59.
5. Trufanov A.N. Methods for determination of soil over-consolidation parameters and their practical use in the conditions of St. Petersburg / A.N. Trufanov, O.A. Shulyat’ev, A.V. Rostovtsev, G.U. Gabsalyamov // Engineering Survey. 2014. № 11. P. 32–39.
6. Boone S.J. A critical reappraisal of “pre-consolidation pressure” interpretations using the oedometer test // Canadian Geotechnical Journal. 2010. Vol. 47.No. 3. P. 281–296. <https://doi.org/10.1139/T09-093>.
7. Casagrande A. The determination of the pre-consolidation load and its practical significance // Proceedings of the 1st International Conference on soil mechanics and foundation engineering. Cambridge, UK: Harvard Printing Office, 1936. Vol. 3. P. 60–64.

8. Pacheco Silva F. A new graphical construction for determination of the pre-consolidation stress of a soil sample // Proceedings of the 4th Brazilian Conference on soil mechanics and foundation engineering. Rio de Janeiro, Brazil, 1970. Vol. 2. No. 1. P. 225–232.
9. Wang L., Frost J.D. Dissipated strain energy method for determining pre-consolidation pressure // Canadian Geotechnical Journal. 2004. Vol. 41. No. 4. P. 760–768. <https://doi.org/10.1139/t04-013>.
10. Becker D.E. Work as a criterion for determining in situ and yield stresses in clays / D.E. Becker, J.H.A. Crooks, K. Been, M.G. Jefferies // Canadian Geotechnical Journal. 1987. Vol. 24. No. 4. P. 549–564.
11. Umar M., Sadrekarimi A. Accuracy of determining pre-consolidation pressure from laboratory tests // Canadian Geotechnical Journal. 2016. Vol. 54. No. 3. P. 441–450. <https://doi.org/10.1139/cgj-2016-0203>.
12. Standard D2435: Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading. Annual Book of ASTM Standards, ASTM International, West Conshohocken, PA.

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА В КАЧЕСТВЕ МЕЛИОРАНТА НА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЛЯХ

Мажайский Ю.¹⁾, Павлов А.²⁾

¹⁾ Федеральное Государственное Бюджетное Научное Учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, Мещёрский филиал
пос. Солотча, ул. Мещерская, д. 1а, г. Рязань, Россия

²⁾ Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева
ул. Костычева, 1, Московский район, Рязань, Россия

E-mail: director@mntc.pro; kupo@mail.ru

Аннотация. В данной статье приведен анализ проведенного лизиметрического опыта по выявлению влияния гуминового препарата при совместном применении с биогумусом при уровне грунтовых вод (далее УГВ) 1,5 м на свойства дерново-подзолистой и серой лесной почв, связанные с накоплением нитратного азота, подвижных форм кальция, фосфора, а также урожайностью и качественным составом сена. Целью исследований являлось определение влияния гуминового препарата в сочетании с биогумусом на плодородие залежных земель, а также на урожайность и качественный состав сена. В результате проведенных исследований рекомендовано применение гуминового препарата в дозе 150 л/га (с концентрацией 0,015 %) в почву вместе с биогумусом 10 т/га перед посевом в полном объеме в почву.

Ключевые слова: гуминовый препарат, биогумус, плодородие, залежные земли, грунтовые воды.

ВВЕДЕНИЕ

В свете современных проблем деградации почв сельскохозяйственного назначения, вследствие их длительного неиспользования и наращивания производства кормов для развития животноводства особую актуальность приобретают исследования в области освоения залежных земель с учетом локальных особенностей природной среды.

Использование гуминовых препаратов оказывает существенное влияние на качество сельскохозяйственной продукции и свойства почвы. Особое внимания заслуживают адаптогенные свойства — гуминовые препараты повышают способность растений противостоять болезням, засухе, переувлажнению, переносят повышенные дозы солей азота в почве. Токсичные вещества в почве при взаимодействии с гуминовыми препаратами в большей части теряют биодоступность и не попадают вместе с питательными веществами в растения. Систематическое применение гуминовых препаратов оказывает влияние на водно-физические свойства почвы (Перминова И.В., 2008).

Несмотря на то, что проблема освоения залежных земель хорошо изучена, некоторые вопросы требуют уточнения, в частности влияние локальных условий – грунтовых вод, использование в качестве дополнения к классическим агротехническим мероприятиям, альтернативных способов улучшения плодородия деградированных почв путем применения удобрительных средств на органической основе, что соответствует современной тенденции биологизации земледелия. В качестве практической меры, исходя из литературных данных, авторы рекомендуют такие приемы, как сидерацию или выращивание других культур, способствующих накоплению и формирование питательных веществ в почве. Для эффективного вовлечения почв в сельскохозяйственный оборот в полной мере не раскрыто влияние гуминовых препаратов и биогумуса на восстановление плодородия (Кузьминых А.Н., 2011; Новоселов С.И., 2018; Снитко А.Н., 2014, 2018).

Однако, анализ результатов исследований по литературным данным свидетельствует о необходимости индивидуального подхода к использованию гуминовых препаратов и тщательному изучению действия гуминовых препаратов на процессы комплексообразования с различными по происхождению элементами в том числе с тяжелыми металлами. Определенного решения по использованию гуминовых препаратов нет, это относится к условиям Рязанской области, где проведено относительно небольшое количество исследований с гуматами различного производства (Чердакова А.С., 2016).

В связи с вышеизложенным, целью наших исследований являлось определение влияния гуминового препарата в сочетании с биогумусом на плодородие залежных земель, а также на урожайность и качественный состав сена.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Трехлетние исследования проведены на лизиметрической площадке УНИЦ «Агротехнопарк», расположенной в Рязанской области. Изучено применение гуминового препарата и биогумуса на фоне УГВ 1,5м. Контрольным принят вариант без применения удобрений.

Климатическая характеристика принята по данным материалов ГНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова. Среднегодовое количество осадков с мая по сентябрь составляет 266 мм, среднемесячная температура воздуха 15,5 °С. В период проведения опыта 2017-2019 гг., благоприятным для роста и развития растений считается первый год исследований (2017 г.), в остальной период наблюдался дефицит осадков и повышенная температура воздуха, все это создавало неблагоприятные условия для формирования почвообразующих процессов и произрастания растений.

На опытном участке использовались серые лесные и дерново-подзолистые почвы. По гранулометрическому составу – среднесуглинистые и супесчаные соответственно. Плотность сложения высокая - 1,31 и 1,2 г/см³. Пахотный горизонт имеет среднекислую и слабокислую реакцию почвенного раствора - 5,2 и 5,6 ед. Содержание органического вещества - 4,2 и 2,5 %. Содержание подвижных форм фосфора в дерново-подзолистой почве низкое - 37,6 мг/кг, в серой лесной почве среднее - 68,4 мг/кг, калия среднее – 85,8 и 116 мг/кг.

Общая площадь лизиметра 1,2 м², с загрузкой почвы от 0,9 до 1,8 м. У лизиметров имеется двойное дно, которое соединено с сосудом по регулировке уровня грунтовой воды. Повторность вариантов опыта четырехкратная.

В качестве кормовых культур были использованы смеси вико-овса (с соотношением 1/1) и клевера красного, тимофеевки луговой, ежи сборной (с соотношением 2/1/1).

В качестве удобрений использован гуминовый препарат марки ЭКОРОСТ, с концентрацией гумусовых и фульвокислот 50,1 г/л в виде 0,015 % рабочего раствора и биогумус в дозе внесения 10 т/га с содержанием общего азота 1-1,5 %, органического вещества 40-45 %. Внесение осуществлялось в почву перед посевом.

Планирование эксперимента и составлении схемы опыта проведено на основании результатов трех предшествующих опытов по данной тематике. При определении доз органо-минеральных удобрений был учтен опыт научной литературы и рекомендации производителя. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1

Варианты опыта

№ п/п	Почва	Вариант
1	2	3
1	Дерново-подзолистая	Контроль
2		ФОН – УГВ 1,5
3		ФОН + Гуминовый препарат 130 л/га
4		ФОН + Гуминовый препарат 130 л/га + Биогумус 10,0
5		ФОН + Гуминовый препарат 150 л/га + Биогумус 10,0
6	Серая лесная	Контроль
7		ФОН – УГВ 1,5
8		ФОН + Гуминовый препарат 130 л/га
9		ФОН + Гуминовый препарат 130 л/га + Биогумус 10,0
10		ФОН + Гуминовый препарат 150 л/га + Биогумус 10,0

Опытно-исследовательская работа выполнена в соответствии с апробированными методическими указаниями по проведению полевых лизиметрических опытов. Математическая обработка данных выполнена в программном комплексе «STATISTICA».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из основных элементов питания растений является азот, находящийся на 99 % в органической - недоступной для растений форме. Процесс минерализации органического азота происходит за счет биологических процессов. Данный процесс может происходить и в обратном направлении, в случае денитрификации при анаэробных условиях. Возможны потери азота при вымывании осадками, дренажными водами особенно на легких почвах, а также потери свободного газообразного азота.

По полученным данным лизиметрического опыта видно, что повышение УГВ до 1,5 м (общий фон) практически не оказало влияние на содержание нитратного азота в почве в сравнении с контрольными вариантами (Таблица 2). Внесение гумата в дозе 130 г/га обеспечило увеличение в дерново-подзолистой почве 10%, в серой лесной почве на 14 %. При дополнительном внесении биогумуса в дозе 10 т/га наблюдалось увеличение данного показателя в дерново-подзолистой почве на 68%, в серой лесной на 44 %. Общий вклад биогумуса в накоплении нитратного азота в дерново-подзолистой почве составил 81 % (отн), в серой лесной – 63 % (отн). Увеличение дозы гуминового препарата до 150 л/га с биогумусом 10 т/га привело к увеличению нитратного азота в дерново-подзолистой почве на 80%, в серой лесной почве на 66 %. Общий вклад увеличения дозы гуминового препарата на 20 л/га в накоплении азота в дерново-подзолистой почве составил 19 % (отн), в серой лесной – 32 % (отн).

Таблица 2

Содержание нитратного азота в слое почвы 0-20 см под посевами однолетних и многолетних кормовых культур, в зависимости от органо-минерального питания и УГВ, в среднем за 2017-2019 годы, мг/кг

Вар.	I декада мая	I декада июня	I декада июля	I декада августа	среднее
1	2	3	4	5	6
Дерново-подзолистая почва					
1	10,4	13,2	14,7	14,1	13,1
2	10,7	14,2	14,9	14,3	13,5
3	12,1	15,1	15,9	14,7	14,5

Вар.	I декада мая	I декада июня	I декада июля	I декада августа	среднее
1	2	3	4	5	6
4	22,2	18,7	26,8	20,7	22,1
5	23,3	21,2	27,7	22,1	23,6
Серая лесная почва					
6	13,2	16,4	17,4	16,9	16,0
7	14,1	17,7	18,9	17,1	17,0
8	16,5	18,4	19,9	18,4	18,3
9	19,7	20,2	28,5	23,6	23,0
10	22,3	24,4	31,5	28,2	26,6

Полученные данные свидетельствуют о непосредственном влиянии применяемой системы удобрений на динамику минерализации нитратного азота. Влияние гуминового препарата усиливается при совместном применении с биогумусом. Увеличение темпов накопления азота, по-видимому, связано с улучшением почвенных условий, что является важным фактором развития микроорганизмов в горизонте 0-20 см. Гуминовые вещества по разным источникам активно снижают валовое содержание металлов в корнеобитаемом слое почвы, способствуя их миграции в нижележащие горизонты. Процессы нитрификации усиливались при благоприятных погодных условиях. Повышение УГВ так же оказывало положительное влияние на процессы минерализации азота.

Важными элементами минерального питания растений является фосфор и калий. Доступными для растений являются только подвижные формы. В ходе исследований изучалась динамика накопления данных форм в почвенном профиле 0-20 см, результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Динамика содержания подвижного калия и фосфора в слое почвы 0-20 см под посевами однолетних и многолетних кормовых культур, в зависимости от органо-минерального питания и УГВ, в среднем за 2017-2019 годы, мг/кг

Вариант	K ₂ O		P ₂ O ₅	
	До опыта	Среднее	До опыта	Среднее
Дерново-подзолистая почва				
1	68,4	60,5	37,6	32,1
2	68,4	62,1	37,6	32,3
3	68,4	84,2	37,6	54,0
4	68,4	110,6	37,6	73,6
5	68,4	116,4	37,6	75,7
Серая лесная почва				
6	116,0	103,1	85,8	81,8
7	116,0	105,4	85,8	83,2
8	116,0	129,2	85,8	106,0
9	116,0	158,1	85,8	115,6
10	116,0	159,6	85,8	121,4

На контрольных вариантах (1,6) в дерново-подзолистой почве среднее содержание фосфора характеризовалось как низкое - 32,1 мг/кг, в серой лесной почве средней обеспеченности фосфором - 81,8 мг/кг (Рисунок 1, 2).

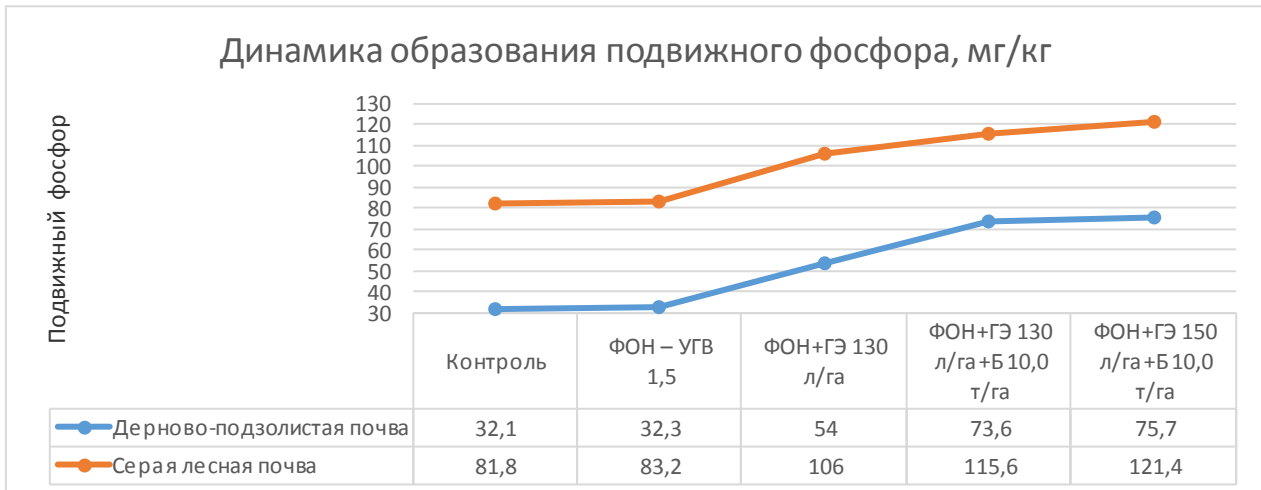


Рис. 1. Динамика образования подвижного фосфора с средним за три года в зависимости от удобрений, лизиметрический опыт №1, мг/кг

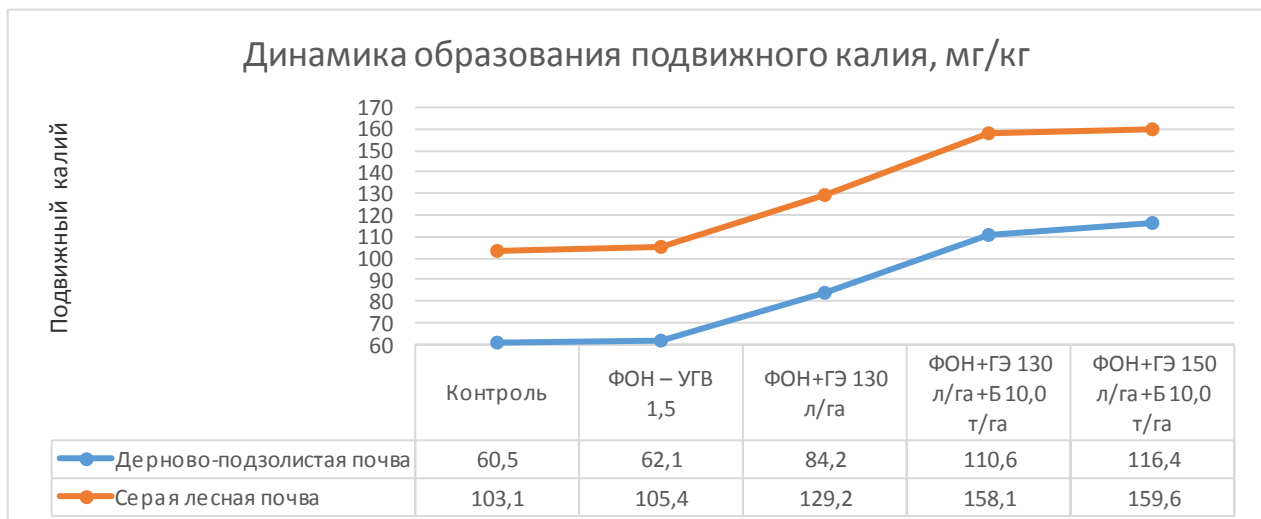


Рис. 2. Динамика образования подвижного калия с средним за три года в зависимости от удобрений, лизиметрический опыт №1, мг/кг

Результаты показывают, что на фоновых вариантах с повышенным УГВ до 1,5 м без применения удобрений, существенных изменений содержания фосфора и калия по сравнению с контролем не наблюдалось. Применение гумата 130 л/га в чистом виде на дерново-подзолистых почвах способствовало увеличению содержания подвижного фосфора в среднем на 21,9 мг/кг. Дополнительное внесение биогумуса 10 т/га дало прибавку в среднем 41,5 мг/кг. Общий вклад биогумуса составил 47 % (отн). Увеличение дозы гуминового препарата до 150 л/га с биогумусом 10 т/га привело к увеличению на 43,6 мг/кг. Общий вклад увеличения дозы гуминового препарата на 20 л/га в накоплении подвижной формы фосфора составил 5% (отн).

Применение гуминового препарата 130 л/га в чистом виде на серых лесных почвах способствовало увеличению содержания подвижного фосфора в среднем на 24,2 мг/кг. Дополнительное внесение биогумуса 10 т/га дало прибавку в среднем 33,8 мг/кг. Общий вклад биогумуса составил 28 % (отн). Увеличение дозы гуминового препарата до 150 л/га с биогумусом 10 т/га привело к увеличению на 39,6 мг/кг. Общий вклад увеличения дозы гуминового препарата на 20 л/га в накоплении подвижной формы фосфора составил 14 % (отн).

В ходе изучения динамики содержания подвижного калия в почве установлена определенная зависимость. Применение гумата 130 л/га в чистом виде на дерново-подзолистых почвах способствовало увеличению содержания подвижного калия в среднем на 23,7 мг/кг. Дополнительное внесение биогумуса 10 т/га дало прибавку в среднем 50,1 мг/кг. Общий вклад биогумуса составил 52% (отн). Увеличение дозы гуминового препарата до 150 л/га с биогумусом 10 т/га привело к увеличению на 55,9 мг/кг. Общий вклад увеличения дозы гуминового препарата на 20 л/га в накоплении подвижной формы фосфора составил 10% (отн).

Применение гуминового препарата 130 л/га в чистом виде на серых лесных почвах способствовало увеличению содержания подвижного калия в среднем на 26,1 мг/кг. Дополнительное внесение биогумуса 10 т/га дало прибавку в среднем 55,0 мг/кг. Общий вклад биогумуса составил 52 % (отн). Увеличение дозы гуминового препарата до 150 л/га с биогумусом 10 т/га привело к увеличению на 56,5 мг/кг. Общий вклад увеличения дозы гуминового препарата на 20 л/га в накоплении подвижной формы фосфора составил 3 % (отн).

В состав самих органо-минеральных удобрений входит фосфор и калий. Внесение данных дозировок оказало влияние на накопление этих веществ в почве. Повышение УГВ способствует формированию благоприятных условий для образования питательных веществ.

Результаты проведенного опыта подтвердили достоверность положительного влияния применяемой системы удобрений с гуминовым препаратом на урожайность культур (варианты 4-5; 9-10), данные отражены в таблице 4. Урожайность на дерново-подзолистой почве, в сравнении с контрольным вариантом у вико-овсяной смеси на зеленый корм изменилась в большую сторону на 890 – 1342 г/м² (в контроле - 2575 г/м²), на сено - 229 – 287 г/м² (в контроле - 692 г/м²). Урожайность зеленой массы многолетних трав на зеленый корм изменилась в большую сторону на 218 – 259 г/м² (в контроле - 482 г/м²), на сено - 52 – 67 г/м² (в контроле - 124 г/м²).

Таблица 4

Урожайность зеленой массы и сена, в среднем за 2017-2019 годы, г/м²

№ п/п	Почва	Вариант	2017-2019			
			Вико-овсяная смесь		Многолетние травы	
			Зеленый корм	Сено	Зеленый корм	Сено
1	Дерново-подзолистая	1	2575	692	482	124
2		2	2726	721	491	124
3		3	3010	792	594	148
4		4	3473*	921*	700*	176*
5		5	3917*	979*	741*	191*
6	Серая лесная	6	3076	758	558	138
7		7	3190	788	585	145
8		8	3462	854	685	169
9		9	3995*	983*	794*	196*
10		10	4499*	1106*	859*	212*

*- недостоверное значение, коэффициент значимости $p > 0,05$.

Урожайность на серой лесной почве, в сравнении с контрольным вариантом у вико-овсяной смеси на зеленый корм изменилась в большую сторону на 919 – 1423 г/м² (в контроле - 3076 г/м²), на сено - 225 – 348 г/м² (в контроле - 758 г/м²). Урожайность зеленой массы многолетних трав на зеленый корм изменилась в большую сторону на 236 – 301 г/м² (в контроле - 558 г/м²), на сено - 58 – 74 г/м² (в контроле - 138 г/м²) (абс).

Важным критерием, характеризующим питательность корма для животноводства, обеспечивающего полноценный рацион питания, является содержание сырой клетчатки, сырого жира, сырого протеина, сырой золы, фосфора, кальция. Свойства жира очень важны в рационе питания животных, он входит в состав протоплазмы клеток, участвует в обмене веществ, росте и развитии животных. При благоприятных климатических условиях, содержание сырого жира с возрастом травостоя увеличивается обычно к третьему году (Великдань Н.Т., 2015).

По результатам исследования отмечено изменение содержания указанных питательных элементов, представленных в таблице 5.

Таблица 5

Химический состав сена кормовых трав в зависимости от УГВ и органико-минеральных удобрений, массовая доля в пересчете на сухое вещество (далее с.в.), в среднем за 2017-2019 гг., %

Почва	Вариант	Содержание с.в.	2017-2019											
			Сырая клетчатка		Сырой жир		Сырой протеин		Сырая зола		Фосфор		Кальций	
			С.в.	Отк.,%	С.в.	Отк.,%	С.в.	Отк.,%	С.в.	Отк.,%	С.в.	Отк.,%	С.в.	Отк.,%
Дерново-подзолистая	1	80,1	25,11	-	3,1	-	11,83	-	5,96	-	0,31	-	0,58	-
	2	80,1	25,01	-0,4	3,18	+2,6	12,41	+4,9	6,06	+1,7	0,31	0	0,59	+1,7
	3	80,1	24,53	-2,3	3,24	+4,5	13,18	+11,4	6,45	+8,2	0,32	+3,2	0,61	+5,2
	4	79,9	23,95	-4,6	3,36	+8,4	13,64	+15,3	6,77	+13,6	0,33	+6,4	0,62	+6,9
	5	81,1	23,71	-5,6	3,46	+11,6	14,21	+20,1	7,1	+19,1	0,34	+9,7	0,65	+12,1
Серая лесная	6	80,7	27,17	-	3,16	-	12	-	6,14	-	0,33	-	0,6	-
	7	80,3	26,97	-0,7	3,28	+3,8	12,58	+4,8	6,24	+1,6	0,33	0	0,6	0
	8	80,1	26,23	-3,5	3,34	+5,7	13,26	+10,5	6,49	+5,7	0,34	+3,0	0,62	+3,3
	9	80,4	26,21	-3,5	3,44	+8,9	13,92	+16,0	7,01	+14,2	0,36	+9,1	0,65	+8,3
	10	80,1	25,74	-5,3	3,52	+11,4	14,7	+22,5	7,97	+29,8	0,37	+12,1	0,66	+10,0

Наилучшее воздействие на качество кормовых трав выявлено на вариантах 5 и 10 на дерново-подзолистой и серой лесной почве, с прибавкой сырого жира 11,4-11,6%, сырого протеина 20,1-22,5%, сырой золы 19,1-29,8%, фосфора 9,7-12,1%, кальция 10,0-12,1%, при этом содержание сырой клетчатки снизилось по опыту на 5,3-5,6%, что не противоречит наблюдениям Великдань Н.Т. Стоит отметить, что данная зависимость наблюдается не только при благоприятных климатических условиях, в нашем случае в 2018, 2019 засушливых года, так же присутствовала динамика снижения клетчатки при увеличении урожайности растений. Установлено, что установление УГВ на высоте 1,5 м не оказало большого влияния на биохимический состав многолетних трав. При этом выявлено небольшое снижение клетчатки на 0,4-0,7 %, увеличение сырого жира на 2,6-3,8%, сырого протеина на 4,8-4,9%, сырой золы на 1,6-1,7%, содержание фосфора не изменилось. При этом отмечено небольшое увеличение кальция на 1,7 % на дерново-подзолистой почве. Данные зависимости можно объяснить, что УГВ 1,5 повышает питание почвенного слоя водой за счет капиллярных сил, а внесение ГЭ при данном уровне обводнения влияет на водно-физические свойства почвы путем повышения капиллярной и полевой влагоемкости. Можно предположить, что низкие дозы гуминовых удобрений способствуют повышению водопрочности агрегатов, что отражается на биологических характеристиках почвы. Дополнительно внесение биогумуса в дозе 10 т/га совместно с внесением гуминового препарата при всех дозах, положительно сказывалось на качестве смеси многолетних трав. При этом кормовая продукция по исследуемым биохимическим показателям улучшалась на 5-30%.

При применении органо-минеральных удобрений и установлении высокого УГВ, тем самым изменяя условия увлажнения, повышалась агроэнергетическая эффективность применяемых приемов. Результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6

Экономическая и энергетическая эффективность при применении органо-минеральных удобрений

Вариант	Коэф. Энергетич. эффективности	Энерг. себест., ГДж/т	Условно чистый доход, тыс. руб. с 1-го га	Уровень рентабельности, %
Дерново-подзолистая почва				
1	1,9	4,6	0,64	3,54
2	1,9	4,5	1,01	5,58
3	2,2	4,1	2,01	10,27
4	2,1	4,3	1,36	5,66
5	2,3	4,0	2,86	11,77
Серая лесная почва				
6	2,0	4,2	2,51	13,94
7	2,1	4,1	3,19	17,50
8	2,3	3,7	4,10	20,81
9	2,2	3,9	3,28	13,53
10	2,4	3,6	5,47	21,87

Основными экономическими показателями, определяющими эффективность, были производственные затраты, включающие в себя все затраты по технологической карте, на научный эксперимент, на уборку дополнительной продукции, полученной в ходе эксперимента; себестоимость продукции; условно чистый доход; уровень рентабельности.

Применение ГЭ и биогумуса способствовало повышению основных экономических показателей. В опыте на серой лесной и дерново-подзолистой почве применение ГЭ в дозе 150 л/га и биогумуса 10 т/га условно чистый доход увеличился на 2,22 и 2,96 тыс. рублей, а уровень рентабельности составил 11,8 и 21,9 % при контроле 3,5% и 14%. Применение гуминового препарата с дозой в 130 л/га в чистом виде способствует повышению рентабельности, составляет 10,3 и 20,81 %. При дополнительном внесении биогумуса в дозе 10 т/га, уровень рентабельности снижается до 5,6 и 13,5 %.

Расчет энергетической питательности сена, выраженной в показателях обменной энергии и кормовых единицах, рассчитывали с учетом содержания массовой доли сырой клетчатки в сухом веществе по методическим указаниям, по оценке качества и питательности кормов. При определении затрат совокупной энергии учитывали следующие статьи: трактора, машины, сельскохозяйственная техника, горюче-смазочные материалы, семена, удобрения, препараты, живой труд.

Наибольший чистый энергетический доход показал вариант с применением ГЭ 150 л/га с биогумусом 10 т/га, составил 19,2 – 22,3 ГДж/га, при коэффициенте энергетической эффективности 2,3 – 2,4, энергии себестоимости 4,0 – 3,6 ГДж/т, соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в оптимизации плодородия залежных земель при выращивании кормовых трав имеет наибольший практический интерес сочетание гуминового препарата и биогумуса.

По результатам проведенных опытов на залежных дерново-подзолистой и серой лесной почве, установлено положительно действие органо-минеральных удобрений на урожайность и качество сена кормовых трав. Наибольшая урожайность была на варианте с использованием гуминового препарата в дозе рабочего раствора 150 л/га (0,015%) в комплексе с биогумусом в дозе 10 т/га. При этом наблюдалось стабильное накопление нитратного азота и подвижных форм фосфора и калия в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Великдань Т.Н. Продуктивность одновидовых и смешанных посевов многолетних трав в условиях орошения [Текст] / Т.Н. Великдань // Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий АПК: сб. науч. тр. по материалам 5 й науч. практ. конф.- СтГАУ. – Ставрополь, 2015. – С. 99
2. Кузьминых А.Н. Сидераты – важный резерв сохранения плодородия почвы / А.Н. Кузьминых // Земледелие. – 2011. - № 4. – С. 41.
3. Мажайский Ю.А. Оптимизация параметров почвенных режимов лугов Окской поймы / Ю.А. Мажайский, Ю.А. Томин, С.В. Тазина, Ф. Икроми, А.А. Павлов // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса – 2017. - № 3 (32). – С. 3-8.
4. Новоселов С.И. Влияние сидерального удобрения в последствии на урожайность и качество зерна ячменя / С.И. Новоселов, А.Н. Кузьминых // Вестник Марийского государственного университета, 2018. – Том 4, № 2. – С. 42-48.
5. Перминова И.В. Гуминовые вещества - вызов химикам XXI века / И.В. Перминова // Химия и жизнь. – 2008. - №1. – М.: - С. 50-55.
6. Снитко А.Н. // Проблемы реставрации залежных земель в лесной зоне России / Н.А. Семёнов, А.В. Шуравилин, А.Я.И. Оливье, А.Н. Снитко // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Агрономия и животноводство». – 2014. – № 3. – С. 35–41.
7. Снитко А.Н. Научное обоснование освоения разновозрастных залежей под луговые угодья в Нечерноземной зоне России / Н.А. Семёнов, Н.А. Муромцев, А.Н. Снитко // Кормопроизводство. – № 3. – 2016. – С. 3-6.
8. Чердакова А.С. Экологическая оценка влияния различных гуминовых препаратов на состояние техногенно-измененных серых лесных почв: дис. канд. биол. наук: 03.02.08 / А.С. Чердакова. – Рязань, 2016. – С. 71-80.

Irrigation

ASSESSMENT OF THE APPLICATION OF HUMIC PREPARATION AS A MELIORANT ON FALLOW LANDS

Mazhaysky Y.¹⁾, Pavlov A.²⁾

¹⁾ООО "Mescherskiy scientific-technical center"

²⁾Ryazan State Agrotechnological University

Named after P.A. Kostychev

Ryazan, Russia

Annotation. This article provides an analysis of the lysimetric experiment to identify the effect of a humic preparation when applied together with biohumus at a groundwater level (hereinafter referred to as GWL) of 1.5 m on properties of sod-podzolic and gray forest soils associated with the accumulation of nitrate nitrogen, mobile calcium and phosphorus, as well as yield and quality of hay. The aim of the research was to determine the effect of a humic preparation in combination with biohumus on the fertility of fallow land, as well as on the yield and qualitative composition of hay. As a result of the conducted studies, it was recommended to use a humic preparation at a dose of 150 l / ha (with a concentration of 0.015%) into the soil together with 10 t / ha biohumus before sowing in full.

Keywords: humic preparation, biohumus, fertility, fallow land, groundwater.

ИЗУЧЕНИЕ ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА КАК ПРИКЛАДНОЙ АСПЕКТ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наседкин Е.И.,¹ Ольштынская А.П.,¹ Иванова А.Н.,¹
Митрофанова А.А.,² Пустовойт И.И.¹

¹ Институт геологических наук Национальной академии наук Украины
ул. Олеся Гончара, 55-б, г. Киев, 01601, Украина,

² ДНУ “МорГеоЕкоЦентр Национальной академии наук України”;
ул. Олеся Гончара, 55-б, г. Киев, 01601, Украина.

E-mail: ol-lesia@ukr.net

Аннотация. Анализ водной взвеси - один из надежных инструментов изучения экологического состояния водоемов; поскольку взвешенные в воде твердые частицы накапливают и хранят информацию как о природных процессах поступления и распределения осадочного материала в акватории, так и о процессах антропогенного воздействия на водную среду - эвтрофикация, загрязнения. В статье представлены результаты многолетних непрерывных наблюдений распределения и седиментации осадочного вещества в акваториях р. Днепр (район г. Запорожье, Украина) и Черного моря (пос. Кацивели, Крым). Обсуждается методика отбора материала с использованием седиментационных ловушек, методы, результаты и перспективные направления изучения отобранного материала.

Ключевые слова: взвешенное вещество, донные осадки, мониторинг, экологические исследования.

ВВЕДЕНИЕ

В геологической истории Земли взвешенное вещество речных и морских вод является основным пороодообразующим материалом донных осадков аккумуляционных бассейнов, а седиментогенез - есть начальный этап формирования осадочных формаций. В этом процессе осадочный материал переходит из подвижного состояния в неподвижное. При перемещении вещества из внешних источников происходит его агрегация или растворение, механическая, химическая и биологическая трансформация [1].

Современные исследования распределения осадочного вещества и его перемещения, кроме анализа геологического содержания, ставят и другие актуальные задачи. Свойства осадочного вещества влияют на формирование гидрологической и гидробиологической сфер - взвешенные частицы уменьшают прозрачность воды, проникновение в нее света, температуру, интенсивность сорбции растворенных в воде веществ. С экологической позиции морская и речная взвесь приобрела устойчивый смысл основного переносчика ряда загрязняющих веществ [2].

Изучение вещественного состава водной взвеси позволяет определить пути ее поступления, особенности поверхностного стока и абразионных береговых процессов, гидробиологические характеристики водоемов, оценить влияния механизмов реседиментации на состояние гидросферы. Проведение режимных наблюдений качественного и количественного состава водной взвеси позволяет оценить интенсивность вертикального и горизонтального перемещения водных потоков, изменчивость течений, расположение термо- и пикноклина, сезонность и синоптическую трансформацию водной массы на разных участках водоемов, особенности стратификации водных слоев.

Взвешенные частицы содержат информацию о процессах антропогенного воздействия на водную среду, об эвтрофикации, загрязнении, факторах разрушения и трансформации геоэкологических систем. С учетом растущего техногенного прессинга и расширения спектра загрязняющих веществ анализ водной взвеси является одним из надежных инструментов изучения экологического состояния современных водоемов [3].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

В последнее десятилетие в отделе современного морского седиментогенеза Института геологических наук НАН Украины (ИГН НАНУ) в рамках выполнения ряда научных проектов были методически обоснованы, созданы и внедрены системы мониторинга потоков осадочного вещества в речных и морских бассейнах на базе использования комплекса полевого оборудования для отбора взвеси из водной среды и верхнего слоя донных отложений.

Результаты многолетних непрерывных наблюдений показали принципиальную возможность прогнозирования природных процессов распределения концентраций тяжелых металлов в составе взвеси в зависимости от количественных и качественных характеристик осадочного материала, поступающего в акваторию. Полученные на этом этапе данные легли в основу проекта по созданию системы мониторинга влияния хозяйственной деятельности на природные комплексы и дальнейших исследований прикладного характера экологического направления [4].

Разработанная методика и оптимизированная система мониторинга распределения осадочного вещества в акватории р. Днепр в пределах экспериментального полигона Государственного учреждения «Национальный гидрофизический центр НАН Украины» (г. Запорожье) позволили не только охарактеризовать качественные и количественные составляющие речной взвеси, но и определять, а в дальнейшем и прогнозировать концентрацию загрязнителей и контролировать их распределение в зависимости от ряда прогнозируемых показателей [5].

Ниже приведены некоторые методические аспекты проведенных натурных наблюдений, отдельные результаты исследований по различным направлениям, намечены перспективы развития наблюдательно-исследовательского комплекса.

МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При изучении пространственно-временного распределения осадочного вещества поверхностных водотоков высокая информативность седиментационных ловушек делает их одним из главных практических инструментариев при исследовании процессов морского и речного седиментогенеза, изучении водных флористических комплексов, режимных наблюдениях зависимости их сезонной изменчивости от параметров водной среды. Определение скорости оседания взвешенных веществ в цилиндрах прибора дает возможность непосредственного изучения качественных и количественных характеристик вертикальных потоков и оценки темпов накопления современных осадков [6].

Практика периодических режимных наблюдений в реках показала необходимость применения легких, компактных и надежных вариантов седиментационных ловушек, которые одновременно удовлетворяли бы требованиям комплексных исследований осадочного вещества. В ИГН НАНУ достаточно эффективно используется вариант простых седиментационных ловушек, низкая себестоимость и универсальность которых подтверждена многолетним практическим опытом. Цилиндр-накопитель пробоотборника ловушки изготавливается из пластиковых труб диаметром 100 мм, материалом для дна седиментационного стакана, где непосредственно происходит накопление взвеси, может служить герметично закрепленная верхняя часть прозрачной двухлитровой пластиковой бутылки. Такая, несколько упрощенная конструкция, позволяет в процессе пробоотбора

избежать сифонирования слоя воды, находящегося над накопленным веществом и его частичной утраты, а также извлекать всю пробу из отверстия в нижней части ловушки, что значительно облегчает процедуру отбора. Прозрачный пластик позволяет непосредственно наблюдать особенности распределения накопленного осадка, а небольшой вес такого пробоотборника - проводить его установку и снятие с маломерных судов.

Отбор осевшего вещества проводится по методике, апробированной на практике натуральных наблюдений в пределах прибрежных участков бассейнов морей и рек. Интервал отбора проб из ловушек составляет, как правило, от двух недель до месяца, в зависимости от поставленных научных задач, скорости седиментационных процессов и необходимых для лабораторных анализов объемов вещества. В дальнейшем пробы отстаиваются, взвешенное вещество отделяется от воды и высушивается для проведения необходимых исследований.

Практика исследований показала несколько перспективных направлений изучения качественных и количественных характеристик взвеси как прикладного, так и фундаментального характера. Это, в частности:

1. Исследование закономерностей переноса (транспортировки) загрязнителей и депонирование их в донных отложениях акваторий;
2. Оценка временных и пространственных закономерностей распределения фитопланктона на основе мониторинга взвешенного вещества;
3. Исследование условий формирования осадкообразующего вещества в речных (морских) водах, сезонного распределения его объемов и вещественного состава;
4. Наблюдение за процессами перераспределения между водной средой и взвешенным веществом ряда соединений и микроэлементов - индикаторов качества водной среды (в случае привлечения данных государственных органов контроля качества воды в пределах объекта исследований).

В рамках реализации проекта "Создание системы наблюдений за состоянием и изменчивостью природных условий в зоне взаимодействия «суша - море»" на территории геоэкологического полигона, созданного на базе Центра коллективного пользования Экспериментального отделения МГИ НАН Украины в поселке Кацевели (ЮБК) в течение 2009-2014 гг. был проведен комплекс морских и полевых наблюдений. Исследования условий современного морского осадконакопления проводились на Океанографической платформе, расположенной в 600 метрах от берега, с помощью двух «гирлянд» седиментационных ловушек на глубинах 15 и 26 метров (рис 1).

Исследования позволили воссоздать картину трансформации потоков осадочного вещества в процессе его передвижения в гидросфере, биологических и химических изменений, происходящих в ходе седиментационных процессов, а также зафиксировать причины изменений обстановки в течение года (определение интенсивности поступления в морскую среду водотоков с суши, влияния апвеллинга, особенности переотложения верхнего слоя осадков в периоды гидродинамических возмущений и возможного размыва участков дна) (Рис 2).

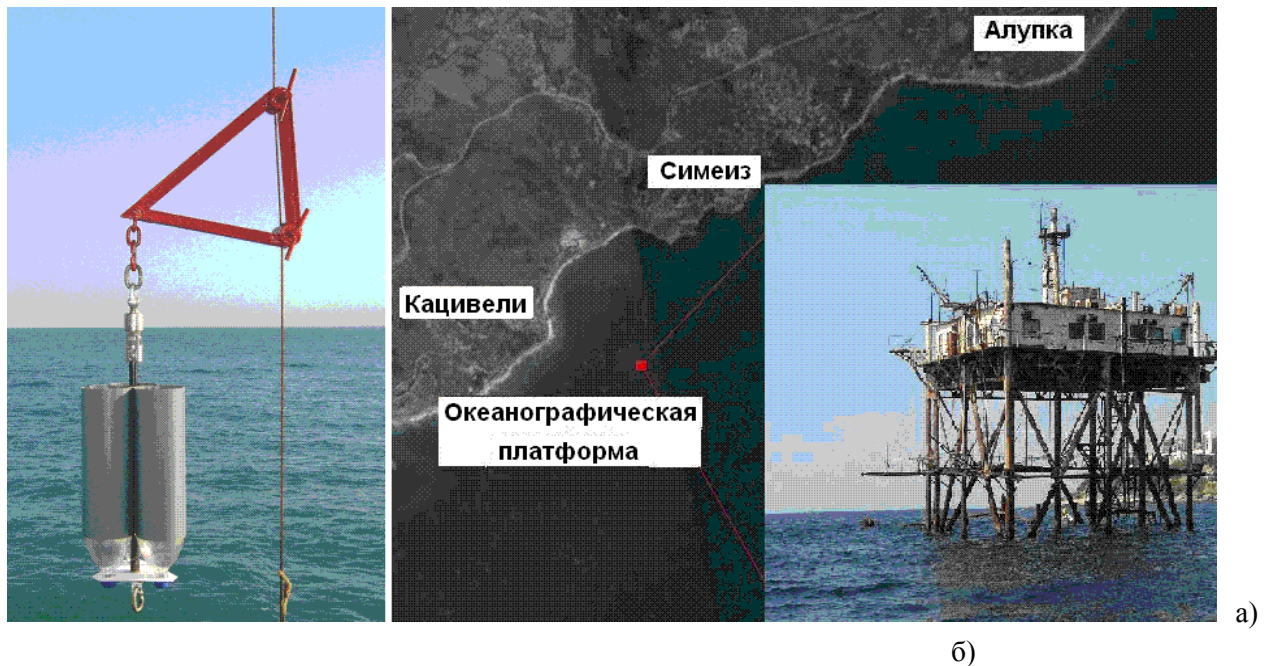


Рис. 1. а) Общий вид ловушек для отбора взвешенного вещества, б) Центр коллективного пользования Экспериментального отделения МГИ НАН Украины в поселке Кацивели (ЮБК), 2010 год



Рис. 2. Графики, демонстрирующие связь между интенсивностью накопления осадочного вещества в придонных ловушках (верхний график, граммы) и величиной волнения моря в точке исследований (нижний график, высота волн). Океанографическая платформа, 2011 год

Было определено, что распределение осевшего вещества в ловушках обоих уровней тесно связано с волновыми процессами, интервалы наиболее интенсивного накопления вещества координируются с максимальной волновой активностью.

В ходе исследований было определено многолетнее значение ежемесячного распределения осадочного вещества, содержание его главных компонентов, распределение органического углерода и ряд других параметров. Выявлена зависимость поступления седиментационного материала в акваторию и его распределение по линии береговая полоса - акватория в зависимости от

гранулометрической размерности. Аналитические исследования позволили получить выводы о характере обстановки осадконакопления и связи между динамическими условиями переноса осадкообразующего вещества и поведением осадочного материала в различных условиях.

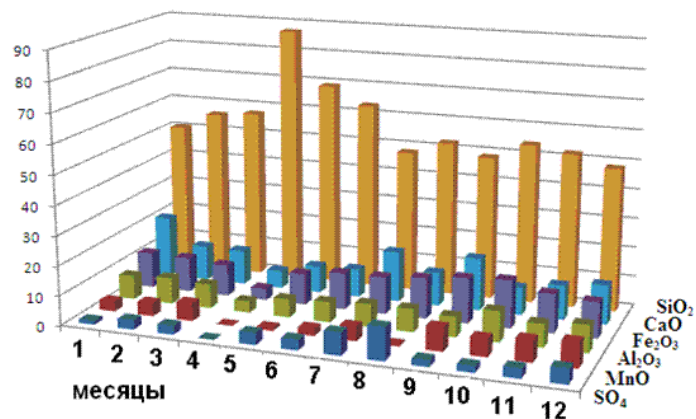
Было установлено, что обусловленные волновой активностью процессы взмучивания верхнего слоя донных отложений приводят к активному выносу течениями уже осевшей пелитовой составляющей в направлении увеличения глубин и, соответственно, изменений гранулометрического, минерального и микроэлементного состава осадков. Последнее, по предварительным данным, является основным фактором «сезонности» содержания ряда микроэлементов в их поверхностном слое.

При выполнении проекта «Создание системы наблюдений за влиянием хозяйственной деятельности на природные комплексы и контроля негативных изменений в их составе», который имел целью определение роли природных механизмов транзита седиментационных потоков в переносе ряда поллютантов в р. Днепр (район г. Запорожье), седиментационные ловушки были одним из основных инструментов полевых исследований.

Методика определения особенностей поступления продуктов антропогенной деятельности в окружающую среду в пределах промышленно-урбанизированных центров, роли различных типов источников в насыщении водных потоков, природных закономерностей распределения, трансформации и транспортировки в них загрязнителей предполагала непрерывный ежемесячный отбор образцов водной взвеси, накопленной в установленных ловушках. Полевые наблюдения, проведенные на территории отдела панорамных акустических систем Государственного учреждения «Научный гидрофизический центр НАН Украины» в г. Запорожье и комплекс дальнейших лабораторных исследований позволили классифицировать натурное вещество по морфологическим признакам, химическому и микроэлементному составу и генетической принадлежности. Особое внимание было уделено характеристикам и закономерностям распределения антропогенной составляющей, оценен ее вклад в общее количество компонентов речной взвеси (рис. 3, 4).



ა)



ბ)

Рис. 3. а) Процесс отбора взвеси из цилиндров ловушек (г.Запорожье, 2017 г.), б) Среднемесячное распределение основных компонентов вещества речной взвеси (%) в пределах мониторингового участка (2015-2019 годы)

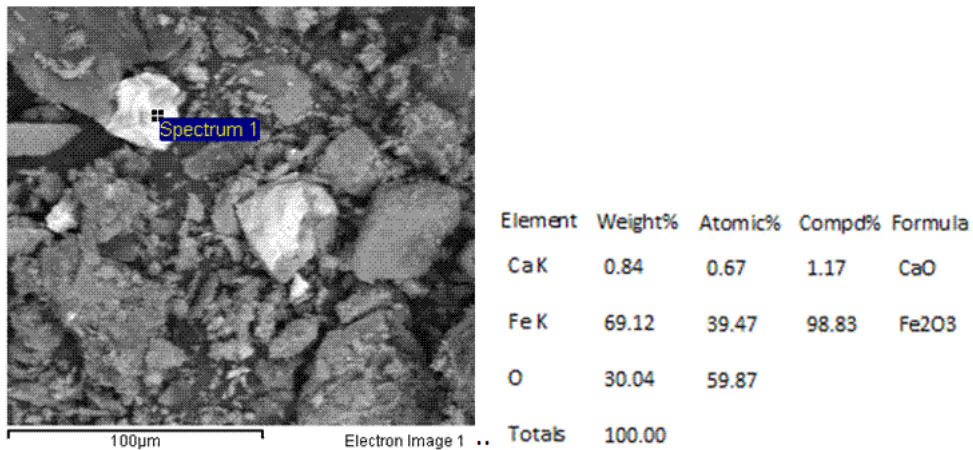


Рис. 4. Фрагменты оксида железа диспергадийного происхождения в составе речной взвеси

Многолетние исследования позволили определить корреляционные связи во временном распределении ряда тяжелых металлов в веществе водной взвеси, в частности была определена устойчивая положительная ассоциация железа, меди и свинца, коэффициенты корреляции которой достигают показателя 0,9, а также отрицательные (свинец-никель - 0,75) величины (рис. 5).

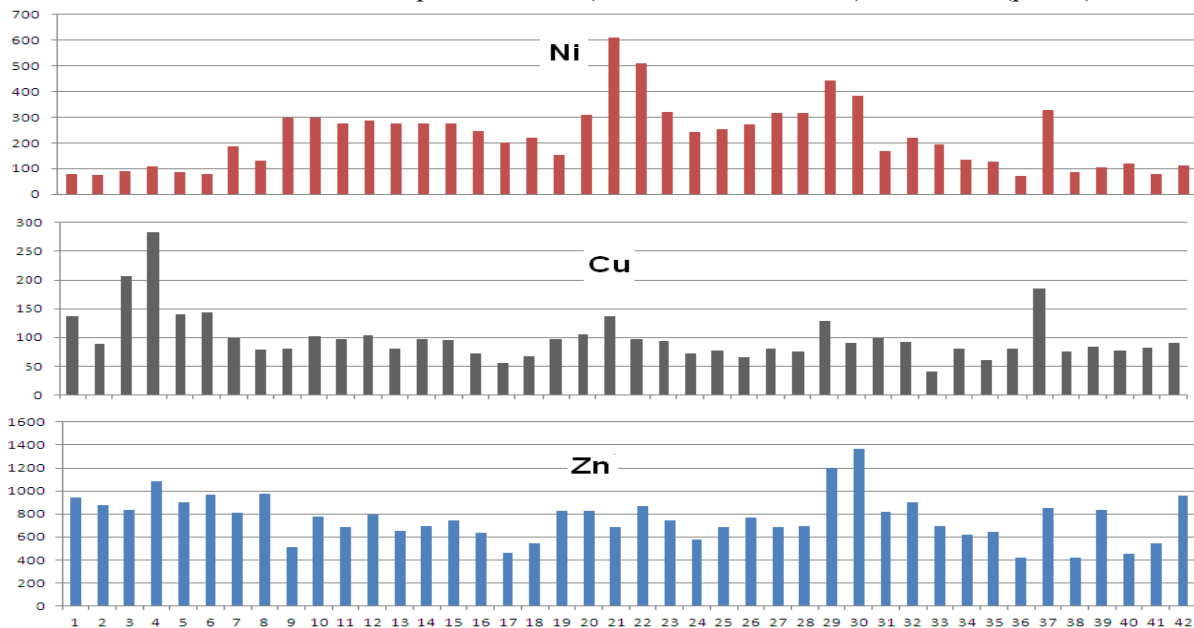


Рис. 5. Диаграммы временного распределения (усредненные данные по месяцам за период наблюдений) содержания ряда тяжелых металлов (г/л) в образцах речной взвеси

Для определения одного из важнейших показателей распределения антропогенной составляющей - форм существования тяжелых металлов в веществе транзитных сред района исследований были проанализированы образцы водной взвеси р. Днепр и пыли из фильтров завода Запорожсталь.

Отдельного внимания заслуживает использование седиментационных ловушек для анализа ассоциаций микроводорослей, как составляющей системы мониторинга за состоянием природных условий в зоне взаимодействия суши и моря. Как известно, бентосные и планктонные диатомовые чутко реагируют на изменение гидрологических условий среды, что делает их индикаторами условий существования и осадконакопления.

Факторами, определяющими видовой состав диатомовых комплексов, в первую очередь являются физико-химические и гидрологические, важнейшие из которых - соленость, глубина и прозрачность воды, количество растворенных биогенных элементов (прежде всего кремнезема и фосфора), тип и минеральный состав субстрата, а также температурный режим, глубина и активность циркуляции вод.

Определение процессов поступления с суши и распределения в акватории осадочного вещества на участке исследований «Океанографическая платформа» значительно осложнялось влиянием процессов реседиментации донных отложений, что связано с волновой активностью, интенсивным апвеллингом и рядом других факторов. Потенциальными индикаторами процессов переотложения верхнего слоя донных осадков под воздействием активной гидродинамики и поступления терригенного вещества с суши под воздействием абразии и ветрового переноса, стали показатели ассоциаций микроводорослей в районе исследований.

В частности:

- исследована степень влияния процессов реседиментации осадков на интенсивность накопления осадочного вещества. Прямым показателем интенсивности процессов реседиментации стало соотношение содержания бентосных форм микроводорослей в ловушках верхнего и нижнего уровней;

- обозначены особенности процессов переноса взвешенного вещества с больших глубин, что связано с апвеллингом. Индикатором в данном случае служили более глубоководные или солоноватоводные формы микроводорослей, чем те, что обитают в районе отбора проб;

- определена интенсивность поступления распресненных вод (водотоки во время дождей, речные воды в определенные сезоны) с помощью анализа наличия пресноводных видов планктонных сообществ в районе океанографической платформы.

Таким образом, седиментационные ловушки являются эффективным инструментом полевых (морских) исследований и режимных наблюдений, с помощью которых можно решать широкий спектр задач, связанных с процессами образования, трансформации, переноса и осаждения (аккумуляции) вещества седиментационных потоков, а также исследования качественных характеристик минеральной и биотической составляющих водной взвеси. Спектр соответствующих технологических решений для полевых наблюдений должен формироваться в соответствии с прикладным или теоретическим характером поставленных задач, их направленности, продолжительности и объемов, масштабности и необходимости привлечения ряда компонентов полевых исследований (количество ловушек, широтное расположение и фиксация их на различных глубинах в заданном интервале).

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисицын А. П. Осадкообразование в океанах. Москва: Наука, 1974. – 440 с.
2. Емельянов В.А. и др. Геоэкология черноморского шельфа Украины. – Киев: Академперіодика, 2004. – 296 с.
3. Митропольський О.Ю. и др. Екогеохімія Чорного моря. – Академперіодика, Київ, 2006. – 279 с.
4. Наседкін Є.І., Іванова Г.М., Кузнецов О.С. Моніторинг седиментаційних процесів в межах Чорноморського океанографічного полігону: деякі результати та перспективи подальших досліджень. Екологіческая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. вып. 21. 2010. С. 53-60.
5. Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Федосєєнков С.Г., Іванова Г.М., Довбиш С.М. Відновлення та адаптація проекту моніторингу седиментаційних процесів на полігоні «Запоріжжя» / Геологія і полезні ископаєміе мирового океана, Вып. 3 Киев, ОМГОР НАН України. 2016. с. 89-94.
6. Наседкін Є.І., Митропольський О.Ю., Іванова Г.М., 2013. Моніторинг седиментаційних процесів у зоні взаємодії суходолу та моря. Севастополь: ЕКОСІ-Гідрофізика. 2015. 295 с.
7. Olshtynskaya A.P., Nasedkin Ye.I., Ivanova A.N.. Preliminary Results of Investigations of Diatoms (Bacillariophyta) from River Suspension of the Dnipro River (Ukraine). International Journal on Algae. V. 21. Issue 2. Begell House. 2019. pp. 177-190.

SOME FEATURES OF THE JOINT MOVEMENT OF WATER AND VAPOR MASS IN THE SOIL

Odilavadze T.¹⁾, Loiskandl W.²⁾, Bziava K.³⁾,
Iremashvili I.⁴⁾, Denisova I.⁵⁾, Himmelbauer M.⁶⁾

^{1), 3), 4)}Tsotne Mirtkhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University

I. Chavchavadze ave. 60b, 0179, Tbilisi, Georgia

^{2), 6)}The University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna (BOKU)

Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Vienna, Austria

^{1), 3), 4), 5)}Georgian Technical University

M. Kostava str. 68, 0175, Tbilisi, Georgia

**E-mail: odilavadze2004@yahoo.com, willibald.loiskandl@boku.ac.at, k.bziava@gtu.ge,
i.iremashvili@gtu.ge, i.denisova@gtu.ge, margarita.himmelbauer@boku.ac.at**

Annotation. The article discusses the main features of the joint movement of water and vapour in the soil. The seepage coefficient, which is correlated with the water-physical properties of the soil, is still not used to determine the organic classification characteristics of the soil. However, by theoretically determining the seepage coefficient, taking into account a wide range of processes and corresponding indicators in soils, it can be determined taking into consideration the classification criteria. It is necessary to take into account the fact that during the continuum of the thermal phase, the displacements take place in both phases simultaneously, the direction of motion of which in some cases may be opposite to each other.

Keywords: Soil moisture, seepage velocity, specific gravity, bond water, thickness of film, productive water, capillary water, seepage coefficient.

INTRODUCTION

The movement of moisture in the soil is mainly produced in the vertical direction; however, often the horizontal factor of velocity plays an essential role, namely the determination of lateral drainage - water absorption in irrigation ditches or water inflow into the plant root system. The velocity of moisture movement in the soil is taken as the volume of moisture per unit time of release in the cross-sectional area of the soil sample. Such velocity differs from the true velocity at the intersection and is fictitious, i.e. simplified, and convenient for calculation.

The seepage coefficient according to Darcy's linear law depends on the shape and size of the water channels. The seepage coefficient is an important characteristic of the complex of water-physical properties of the soil. In physical terms it is the seepage velocity when the pressure gradient, i.e. the slope of the seepage path is equal to one.

The seepage coefficient is an important parameter that is correlated with other hydro-physical properties of the soil. To date, this characteristic has not been used to determine the organic classification parameters of soils. Often we use conditional granulometric composition indicators to assess the degree of soil dispersion, such as: effective diameter, coefficient of heterogeneity, total size of fractions less than 0.001 mm, etc. This is at a time when, using the theoretical definition of the seepage coefficient, which focuses on a wide range of processes and corresponding indicators in soils, it is possible to determine it by classification criteria.

It is especially important to consider issues such as osmotic potential, capillary potential, adsorption water, specific surface area, etc., which we will discuss below.

MAIN PART

Forms of soil waters and their classification features characterize static and thermodynamic equilibrium. In order to describe the water regime and its management, it is necessary to study the dynamics of the soil moisture in constant motion. The movement of soil moisture depends on two main factors: the gradient of the forces acting to dissipate the moisture from the equilibrium and the permeability of the soil or its impedance to impede the movement of moisture. Numerous experiments have proven that the movement of moisture in the soil can, for the most part, be described by Darcy's law, which implies a linear relationship between the velocity of the moisture movement and the operating gradient. The determinants of the moisture motion, or seepage velocity vector, in rectangular coordinates can be expressed as follows:

$$v_x = -k \frac{\partial H}{\partial X}; \quad v_y = -k \frac{\partial H}{\partial Y}; \quad v_z = -k \frac{\partial H}{\partial Z}, \quad (1)$$

where k is the seepage coefficient, cm/s';

H – head, or piezometric head, m;

X, Y, Z - the corresponding axes of the coordinate system.

The soil moisture potential determines its energy state. Different authors define it differently. The most acceptable explanation for us is given by Slatyer, R.O. [1]. In particular, the moisture potential H is defined as energy per unit volume (J/m^3).

The main determinants of soil moisture potential - osmotic H_0 , capillary $H_{capp.}$ and gravitational $H_{gr.}$ i.e. full soil water potential:

$$H = H_0 + H_{capp.} + H_{gr.} \quad (2)$$

The osmotic potential is generated by the presence of a soil solution concentration gradient and is directly proportional to the solution concentration. In saline soils it achieves great values and needs to be taken into account when predicting soil moisture movement. The osmotic potential gradient in non-saline soils is small and is not taken into account during the soil moisture reference calculation.

Capillary potential arises during incomplete water filling under the convex meniscus as a result of capillary pressure in the soil porous system. Capillary potential is a major factor linking water to the solid phase of the soil and making it accessible to the plant. The degree of capillary water entrapment with the solid part of the soil decreases as the moisture content decreases and the sorption water density also increases.

For black earth soils in the range of soil moisture variability 1.64-13.87%, the density of the contracted (adsorbed) water varies accordingly in the range of $1.74-1.13 \times 10^4$ N/m³. For alluvial soils, the range of variability is 1.94-5.31% and $1.37-1.13 \times 10^4$ N/m³, respectively. Analysis of these data showed that the indirect characteristics, particularly, according to the seepage coefficient, the specific surface area of the soil should be determined as a function of its granulometric composition. Either by the effective, or by another design parameter characteristic of the latter, this, in turn, is associated with the coefficient of soil heterogeneity.

Determination of the thickness of the adsorption water film is associated with great technical difficulties. Often even the use of a method such as X-ray structural analysis fails to obtain results that are subject to proper statistical processing. To determine the film thickness in accordance with the specific surface for an ideal soil model, we proceeded from the postulate - molecularly bound water does not obey the law of hydrostatic pressure transfer, has the ability to withstand impacts, and its film thickness can be defined as:

$$t = r(1 - \sqrt{1 - \varphi}), \quad (3)$$

where t is the film thickness, m,

r - capillary radius in an ideal soil model, m,

φ - coefficient of water filling of soil's pores with bound water.

It should be noted that such a record contains some inaccuracies, although it meets the boundary conditions.

The gravitational potential is determined by its various hypsometric positions relative to the plane of relation and represents its energy characteristic in the gravitational layer.

In the practice of Land Reclamation calculations, the potential of soil water is expressed as the height of the water column. There are many methods for determining the full- and self-potential of soil [3, 4, 5]. Capillary rise values are often used in the calculation because it is equated with the full potential of soil moisture, given that the role of other components in the movement of moisture is negligible. The soil moisture potential of a large absolute numerical value is expressed in centimeters with the height of the water column, and its logarithm is denoted by pF .

The wetting-drying process cycle is characterized by the onset of hysteresis, which includes the range of moisture variability from the air-dry state to the corresponding total water filling of the pores.

In soil physics, the relationship between potential and moisture, which is considered to be the main hydro-physical characteristic of soil, is usually used.

To relate pressure to soil moisture, the concept of the so-called "simplified" pressure (P) is introduced, which is expressed as the ratio of the Laplace pressure to the product of surface tension and specific gravity. It is uniquely related to humidity, which is determined by the following equation:

$$W_0 = W - W_a, \quad (4)$$

where W is the total amount of moisture at given moisture;

W_a - the part of moisture that is related to the vicinity of soil particle surfaces at pressures up to 1000 atmospheres and also the moisture that exists inside the crystalline mass of Montmorillonite-type clay-minerals.

The assessment of moisture saturation in the capillary zone is based on the hypothesis that the degree of water filling on the surface of the soil's water table is equal to one. This hypothesis corresponds to the physical essence of capillary pressure, because when the pores are completely filled with water (on the surface of groundwater), the capillary pressure is equal to 0, and with decreasing moisture, it increases and reaches a maximum constant value due to moisture hanging outside the capillary slope, which can be equated to the maximum molecular moisture capacity.

In water-filled soils, water mainly moves due to the gradient of the gravitational component of the potential. To date, the theoretical basis for the movement of water in impermeable soils is Darcy's law, which generally expresses that the volume of water flowing in a unit cross-sectional area of the soil per unit time is proportional to the hydraulic head gradient. According to such definition, the seepage flow rate can be defined as:

$$v = -K \frac{d\Phi}{dZ}, \quad (5)$$

where $v = \frac{W}{\omega \times t}$ is the flow velocity, m/s;

W – volume, m³;

ω - cross-sectional area, m²,

t – time, s,

K - hydraulic gradient rate, m/s,

Φ - gravitational potential, m.

Because K depends not only on soil but also on water properties, therefore, the permeability coefficient K' can be used as a self-characteristic of the soil, which is determined by the following equation:

$$K' = \mu \times K, \quad (6)$$

where K' is the permeability coefficient,
 μ - dynamic coefficient of viscosity, Pa·s.

Different soils differ sharply in permeability; the K value fluctuates according to several orders of magnitude (see Table 1).

Table 1

Order for changing water permeability

Soil Category	K , m/s	Notes
Especially low water permeability	$<10^{-6}$	Waterproof soils
Fairly low water permeability	$10^{-6}-10^{-5}$	Excessively low water permeability for artificial drainage
Low water permeability	$10^{-5}-10^{-4}$	Especially for low water-air circulating processes
Moderate water permeability	$10^{-4}-10^{-3}$	Sufficient water permeability
High water permeability	$10^{-3}-10^{-2}$	Good water permeability and water retention ability
Very high water permeability	$>10^{-2}$	Low water holding capacity

The water permeability is mainly influenced by the cross-sectional dimensions of the pores and the nature of their distribution in the soil body. Estimating water permeability according to the geometry of the pores is practically impossible, so it is necessary to use the Darcy equation in agreement with the experimental data. The use of such a method for the determination of water absorption proved to be quite effective, especially for soils of coarse mechanical composition. However, direct measurements in the field or observation of unstructured structural soil monoliths in the laboratory are still the main method.

Linear Darcy's law is relatively well suited for coarse-grained bulk solids, since it has a rather low probability of detecting surface molecular effects due to its small specific surface area.

For a variety of soils, the hydraulic conductivity K , i.e. the seepage coefficient, changes over time as the penetration characteristics change according to the pore size. Therefore, first of all, we must consider the influence of the degree of colloidal saturation on conductivity. Saturation is largely determined by the nature of cations on the surface of adsorption exchange (sodium ions cause a particularly noticeable effect). In addition, the presence of energy fields of attraction and repulsion on the surface of mineral particles determines the degree of saturation, which also strongly depends on the concentration of the electrolyte solution in the soil. In the articles [2, 3, 4] it should be noted that as long as the concentration is high, the permeability of the soil also remains high. But when the concentration falls, then the individual particles do not aggregate but undergo dispersion and therefore the hydraulic conductivity can be reduced by 2-3 orders of magnitude.

The air trapped in the soil pores also affects the hydraulic conductivity, primarily because they reduce the diameter of the water permeable holes [4, 5]. The role of temperature variability is expressed in the change in the viscosity of water. It has been proven that temperature can also influence the pressure and volume of compressed air.

With the penetration of air into the pores of the soil, the role of the full potential gravitational component rapidly decreases, and from the main factor determining the nature of the movement of water in the pores, it becomes the determining factor of the gradient of the matrix potential. The effect of the pressure gradient in the air can be neglected, since the space is completely filled with air, and the concentration of solid particles cannot affect the mode of movement, while it moves in suspension with the liquid.

In case of incomplete water saturation, Darcy's law can be considered fair only with certain corrections and clarifications. It was established that Darcy's law is satisfactorily fulfilled if K is not a constant, but a function of humidity W [3, 4, 5]. The validity of this assumption is based on the perfectly acceptable theory that the resistance to water movement at the water-air interface in the soil is negligible [6].

It should be noted that K decreases significantly with decreasing moisture, as decreasing W reduces the living cross-sectional area in which the fluid flows. In addition, during adsorption, large pores with a large radius are first changed, and therefore, the water permeability coefficient is sharply reduced, since it is proportional value of the square of radius. The use of such a method allows us to more visually understand the hydromechanical picture of water movement in impermeable porous bodies. In unsaturated (waterless) soils, water movement occurs in both liquid and gaseous phases. Vapor movement does not matter much, when soil moisture is high, but its role increases with increasing water-free space as well as soil moisture corresponding to a pressure equal to 15 bars, which is the main mechanism for water movement in the porous system for many soil types. When the continuity of the liquid phase is disrupted, then the transformation in the form of gas is one of the forms. The flow rate in this case can be compared to a two-row small water-saturated system.

The amount of water moving in the soil in the form of vapor, according to different authors, differs significantly from each other. These differences can sometimes be very significant. This is especially true for the movement of vapour in the dry layers near the soil surface, when under the influence of heat the water layer in the soil layer condenses more than 70 mm per year [6, 7]. The movement of water vapor up and down is especially large according to the temperature gradients in winter and early summer. It is clear that large amounts of water move through the soil in the form of vapor. It is necessary to keep in mind that with the continuity of the liquid phase, movements occur simultaneously in both phases, the direction of movement of which in some cases may be opposite.

The described phenomenon was quite clearly reflected in a number of experiments conducted in horizontal columns of soil and characterized by the same moisture and salt content along the entire length. The soil moisture in the ten used columns varied from practically absolute dryness to complete saturation during the experiment. During the experiment, the same temperature gradient was created in all columns, causing water and salts to move. Five days later, displacement values and distribution of water and salts were recorded. In addition, the water movement was more intense in the low and medium moisture zones, while the salt movement was in the medium and high moisture interval. The movement of water and salts under the driest and highest moisture conditions was negligible.

As a result of the analysis of this experiment, the following conclusion should be made that the final total effect of the movement and distribution of water and salt depends on the magnitude of the molecular osmotic and chemical potential of the liquid.

CONCLUSION

Different soils are fundamentally different from each other during the joint movement of water and vapor. In such a case, great importance is attached to the dimensions of the cross-section of the pores in the soil and the nature of their distribution in the soil body. It is practically impossible to estimate the water permeability of the soil according to the geometry of the pores. It is therefore necessary to use the Darcy equation in conjunction with the experimental data. Darcy's linear law is relatively well suited for coarse-grained granular soil bodies, as they have a rather low probability of detecting surface-molecular effects due to their small specific surface area. When determining the amount of "productive" water, it is important to attach importance to determining the thickness of the adsorption water film, which is associated with great difficulties. Therefore, for an ideal soil model, we used the postulate that bound water does not obey the law of hydrostatic pressure transfer and has the ability to resist shear. We determined that the thickness of the film of bound water depends on the radius of the model capillary and the degree of filling the pores with bound water.

REFERENCES

1. Slatyer, R.O. Plant-water relationships. Academic Press, London and New York, 1967, 366 p. ASIN: B0006BP0NK.
2. Daniel Hillel. Applications of Soil Physics. Elsevier Science, 1980, 386 p. ISBN 10: 0323152139.
3. Lambert B. McCarty, Lewis Ray Hubbard Jr., Virgil Quisenberry. Applied Soil Physical Properties, Drainage, and Irrigation Strategies. Springer International Publishing, 2016, 334p. ISBN 13: 9783319242262.
4. Tsuyoshi Miyazaki. Water Flow in Soils. Second edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006, 435p. ISBN 10: 0824753259.
5. Kirkham, M.B. Principles of Soil and Plant Water Relations. Elsevier Academic Press, 2005, 520p. ISBN: 0-12-409751-0.
6. Philip J.R. The concept of diffusion applied to soil water. Proc. Natn. Acad. Sci. India, 24, 1955, 93-104.
7. Childs E.C., Collis-George N. The permeability of porous materials. Proc. R. Sec. A, 201, 1950, 392-405.

წყალთა მეურნეობა

ნიადაგში წყლისა და ორთქლის მასის ერთობლივი გადაადგილების

ზოგიერთი თავისებურებანი

თ. ოდილავაძე¹⁾, ლ. ვილიბალდი²⁾, კ. ბზიავა³⁾,

ი. ირემაშვილი⁴⁾, ი. დენისოვა⁵⁾, მ. ჰიმმელბაუერი⁶⁾

^{1), 3), 4)} საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

თბილისი, საქართველო

^{2), 6)} ბუნებრივი რესურსების და სიცოცხლის გამოყენებითი მეცნიერებების უნივერსიტეტი

ვენა (ბოკუ), ავსტრია

^{1,3,4,5)} საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, საქართველო

ანოტაცია. სტატიაში განხილულია ნიადაგში წყლისა და ორთქლის ერთობლივი გადაადგილების ძირითადი თავისებურებანი. ფილტრაციის კოეფიციენტი, რომელიც კორელაციურ კავშირში იმყოფება ნიადაგის წყლოვან-ფიზიკურ თვისებებთან, დღემდე არ არის გამოყენებული ნიადაგის ორგანული კლასიფიკაციური ნიშნების განსაზღვრისათვის. თუმცა, ფილტრაციის კოეფიციენტის თეორიული განსაზღვრის გზით, რომელშიც ფოკუსირებულია ნიადაგებში მიმდინარე პროცესების და სათანადო ინდექსების ფართო სპექტრი, შესაძლებელია ის განსაზღვრულ იქნას კლასიფიკაციური ნიშან-თვისებებით. საჭიროა მხედველობაში მივიღოთ ის გარემოება, რომ თბური ფაზის უწყვეტობისას გადაადგილებები წარმოებს ორივე ფაზაში ერთდროულად, რომელთა მოძრაობის მიმართულება ზოგ შემთხვევაში შეიძლება იყოს ურთიერთსაპირისპირო.

საკვანძო სიტყვები: ნიადაგის ტენი, ფილტრაციული სიჩქარე, ხვედრითი ზედაპირი, ბმული წყალი, ავსკის სისქე, პროდუქტიული წყალი, კაპილარული წყალი, ფილტრაციის კოეფიციენტი.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВМЕСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ВОДНО-ПАРОВОЙ МАССЫ В ПОЧВЕ

Одилавадзе Т.¹⁾, Лойскандл В.²⁾, Бзиава К.³⁾,
Иремашвили И.⁴⁾, Денисова И.⁵⁾, Химмелбауэр М.⁶⁾

^{1), 3), 4)} Институт водного хозяйства им. Ц.Мирцхулава
Грузинского технического университета

Тбилиси, Грузия

^{2), 6)} Университет природных ресурсов и прикладных наук о жизни
Вена (ВOKU), Австрия

^{1), 3), 4), 5)} Грузинский технический университет
Тбилиси, Грузия

Аннотация. В статье рассматриваются основные особенности совместного движения воды и пара в почве. Коэффициент фильтрации, который находится в корреляционной связи с водно-физическими свойствами почвы, до сих пор не используется для определения органических классификационных признаков почвы. Однако, его можно определить по классификационным признакам путем теоретического определения коэффициента фильтрации, учитывающего широкий спектр процессов и соответствующих показателей в почвах. Необходимо учитывать тот факт, что во время непрерывности тепловой фазы, смещения происходят одновременно в обеих фазах, направление движения которых в некоторых случаях может быть противоположным.

Ключевые слова: влажность почвы, скорость фильтрации, удельная поверхность, связанная вода, толщина пленки, продуктивная вода, капиллярная вода, коэффициент фильтрации.

КЛИМАТООБУСЛОВЛЕННЫЕ ТРЕНДЫ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕК ОРШАНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

Савич-Шемет О., Гапанович Е., Анцух Ю.

Государственное научное учреждение

«Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси»

ул. Ф.Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь

E-mail: savichoks@yandex.ru, kat@tut.by, jyulga@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены многолетние изменения расходов рек Оршанского артезианского бассейна, показано, что основными факторами, влияющими на условия формирования стока являются прежде всего климатические, геоморфологические и гидролого-гидрогеологические условия региона. На территории Оршанского артезианского бассейна выявлено статистически значимое снижение стока за весеннее половодье и уменьшение его доли в годовом стоке (мощность отрицательного тренда составила от 5,4 до 22,0%). Выявлено значительное увеличение доли зимнего стока в годовом распределении для рек Оршанского артезианского бассейна. В результате построения двухфакторных регрессионных моделей связи зимних расходов и расходов воды весеннего половодья установлено, что увеличение доли зимнего стока рек связано с повышением температуры воздуха холодных месяцев, с увеличением частоты оттепелей и прохождением зимних паводков. Полученные результаты свидетельствуют о том, что подземный сток в зимнюю межень увеличился, что обусловлено мягкими зимами, наличием частых оттепелей и достаточным увлажнением территории.

Ключевые слова: речной бассейн, речной сток, расход воды весеннего половодья, мощность тренда, динамическая норма ряда.

ВВЕДЕНИЕ

Оршанский артезианский бассейн входит в состав Московского мегабассейна подземных вод и приурочен к центральной и северо-восточной части Беларуси. Мощность осадочных пород достигает 1500-1700 м. В бассейне по степени дренирования реками и условиям взаимосвязи поверхностных и подземных вод, выделяются две гидродинамические зоны – активного и замедленного водообмена. Первая зона объединяет пресные воды четвертичных, меловых и девонских отложений, мощностью 300-350 м, уменьшаясь до 200 м в сторону Жлобинской седловины. Вторая зона, расположенная ниже по разрезу, не имеет активной связи с поверхностью [1].

Гидрографическая сеть Оршанского артезианского бассейна представлена реками Днепр с притоками Березина, Сож и Западная Двина (рисунок 1). В качестве объекта исследований многолетних изменений речного стока, исходя из анализа физико-географических, геолого-гидрогеологических и водохозяйственных аспектов территории, выбран бассейн стока р. Днепр с притоком р. Сож.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследований являлись поверхностные воды рек Оршанского артезианского бассейна. Исследования включали: структурно-пространственный анализ материалов, характеризующих природные условия (климатические, геоморфологические, гидрологические, геолого-гидрогеологические и др.) Оршанского артезианского бассейна; анализ картографического материала; анализ трендов эквидистантных временных рядов наблюдений за расходом рек, построение регрессионных одно- и двухфакторных моделей связи расходов рек с основными предикторами – атмосферными осадками и температурой атмосферного воздуха.

Гидрографическая сеть Оршанского артезианского бассейна представлена рекой Днепр с притоками Березина и Сож, рекой Западная Двина и малыми реками.

Река Днепр берет начало на Валдайской возвышенности. Длина реки 2201 км, в т. ч. на территории Беларуси 700 км. Густота эрозионной сети 0,39 км/км². На всем белорусском отрезке река является судоходной. Ширина долины от 0,5-1,5 до 5-10 км, при слиянии с Сожем — до 35-50 км. Максимальная глубина вреза (70-80 м) установлена в районе Орши [2].

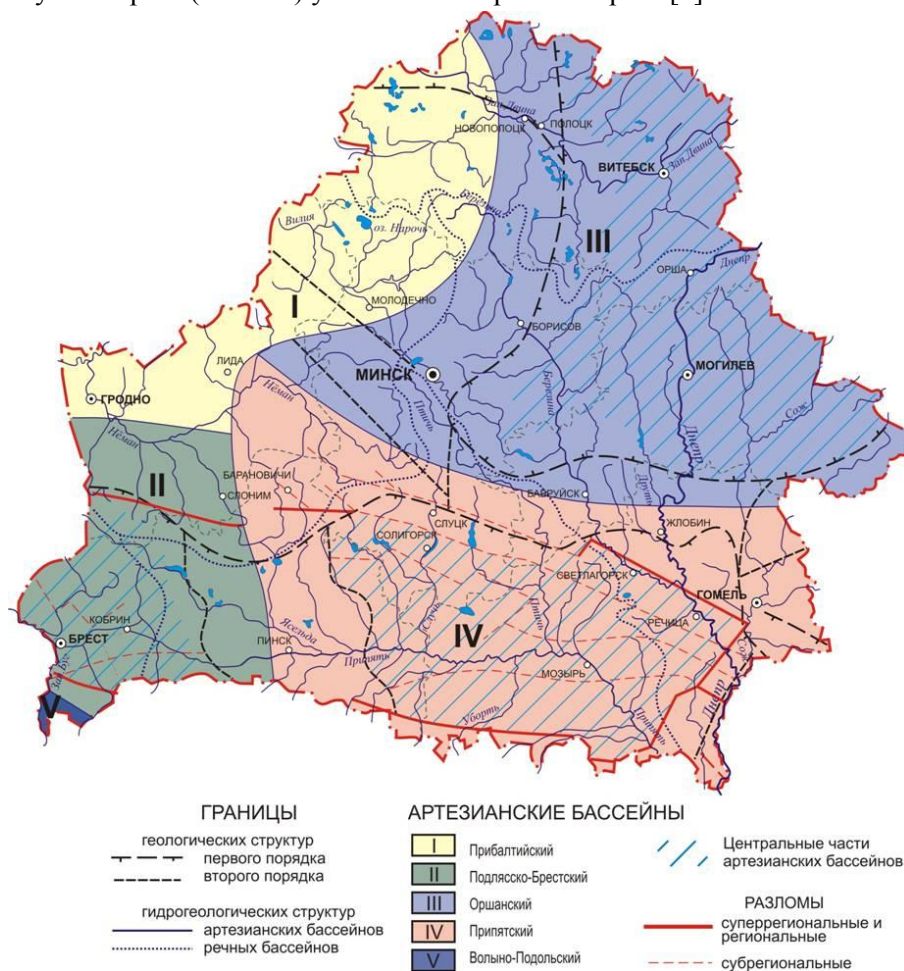


Рис. 1. Гидрогеологическое районирование территории Беларуси

В долине Днепра выделяются пойма и две надпойменные террасы. На отдельных участках обособляется еще более высокий уровень, который рассматривается как перигляциальная терраса [1]. Пойма развита практически повсеместно. Ее высота снижается вниз по течению от 5-6 до 2-3 м, различаются два пойменных уровня. Пойма в большинстве случаев аккумулятивная, нередко

заболоченная. В 9 км выше Орши выходы девонских пород образуют в русле реки Кобелякские пороги.

Река Березина — единственный из крупных водотоков (длина 613 км), который от истоков до устья протекает по территории Беларуси. Истоки реки располагаются в заболоченном понижении юго-западнее Докшиц. Густота эрозионной сети 0,35 км/км². Ширина долины от 200-300 м в верховье до 5-10 км и более в среднем и нижнем течении, врез от 10-15 до 20-25 м. Выделяются пойма и две надпойменные террасы.

Река Сож берет начало в пределах Смоленско-Московской возвышенности вблизи г. Смоленска. На территории Беларуси располагается долина среднего и нижнего Сожа. Длина реки 648 км (в Беларуси 493 км). Густота эрозионной сети 0,38 км/км². Ширина долины изменяется от 1,5-3 до 15-18 км. Ниже Гомеля совместная долина с Днепром достигает 35—50 км. Врез варьирует от 30-40 до 50-55 м. Выделяются пойма и две надпойменные террасы. Пойма чаще всего аккумулятивная.

Для определения многолетних изменений количественных характеристик речного стока рек территории анализу были подвергнуты наблюдения за расходом рек по данным гидрологических постов: р. Днепр – Речица, Могилев, Орша, Жлобин; р. Сож – Гомель, Славгород, Кричев; р. Проня – Летьги. Период наблюдений на гидрологических постах приведен в таблице 1, продолжительность периода наблюдений составляет 75-126 лет.

Таблица 1

Ведение гидрологических наблюдений на территории исследований

Бассейн	Пост	Период	Годы, колич.	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста, м
р. Днепр	Речица	1895-2015	117	1168	58200	114,47
	Могилев	1931-2015	81	1496	20800	138,40
	Орша	1882-2015	126	1588	18000	148,96
	Жлобин	1936-2015	75	1285	30300	122,65
р. Сож	Гомель	1900-2015	111	105	38900	113,91
	Славгород	1897-2015	113	296	17700	128,19
	Кричев	1976-2016	39	412	10200	138,95
р. Проня	Летьги	1932-2015	65	26	4570	132,12

Основными исходными материалами по величине атмосферных осадков и температуре атмосферного воздуха, которые являются одними из главных динамических факторов формирования речного стока, в работе послужили данные Республиканского гидрометеорологического центра Минприроды Республики Беларусь (таблица 2).

Таблица 2

Хронология ведения метеорологических наблюдений на территории исследований

Артезианский бассейн	Ежемесячные данные		Срочные данные	Суточные данные
	Осадки	Средняя месячная температура		
Оршанский	с 1891-1905 г. с перерывом 1933(41)-1945 гг. по 2014	с 1905 г. с перерывом 1933(41)-1945 гг. по 2014	1961 -2014	1955-2014

Выявлению климатообусловленных трендов расходов рек территории исследований предшествовало определение мощности динамической нормы в рядах наблюдений. Методические

подходы, базировавшиеся на определении мощности динамической нормы в рядах наблюдений за расходами рек, описаны ниже. Для определения наличия тренда временного ряда используется метод проверки разностей средних уровней. Разделив исходный ряд из N членов на два с примерно одинаковым числом членов ряда n_1 и n_2 ($N = n_1 + n_2$), для каждой из частей вычисляются средние значения и дисперсия.

Проверка гипотезы об однородности дисперсий частей ряда проводится с помощью критерия Фишера:

$$F = \begin{cases} \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, & \text{если } \sigma_1^2 > \sigma_2^2 \\ \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2}, & \text{если } \sigma_2^2 > \sigma_1^2 \end{cases} \quad (1)$$

Если полученное значение F меньше табличного $F_{\text{табл}}$, то гипотеза об однородности дисперсий принимается и вычисляется t-критерий Стьюдента. Если F больше или равно табличному значению $F_{\text{табл}}$, то гипотеза об однородности дисперсий отклоняется. Определение части дисперсии временного

ряда, выбираемой динамической нормой ряда, определяется как $\frac{\sigma_{\text{тр.}}^2}{\sigma^2} * 100\%$.

В качестве статистической модели анализируемого временного ряда в случае принятия гипотезы о линейном тренде следует рассматривать выражение:

$$u(t) = a + b \cdot t, \quad (2)$$

где a и b - коэффициенты.

Алгебраически можно показать, что при переходе от значений ряда к их разностям исключается влияние колебаний ряда. Если тренд представлен выражением (2), то при обозначении последовательных моментов времени через (t_1, t_2, \dots, t_n) получено [96]:

$$\begin{aligned} t=1 & \quad u(1) = a + b + d_{u1} \\ t=2 & \quad u(2) = a + 2 \cdot b + d_{u2} \\ & \dots \dots \dots \\ t=n & \quad u(n) = a + n \cdot b + d_{un} \end{aligned} \quad (3)$$

Первые разности представляют собой:

$$\begin{aligned} \Delta_1' &= u(2) - u(1) = b + (d_{u2} + d_{u1}); \\ \Delta_2' &= u(3) - u(2) = b + (d_{u3} + d_{u2}); \\ & \dots \dots \dots \\ \Delta_n' &= u(n) - u(n-1) = b + (d_{un} + d_{u(n-1)}). \end{aligned} \quad (4)$$

Так, из (4) видно, что во всех разностях присутствует одна и та же константа b, т.е. колебания рассчитанных разностей Δ зависят только от d_u , и влияние общей тенденции (тренда) исключается.

Оценка представительности климатообусловленных трендов в рядах наблюдений за расходами рек Оршанского артезианского бассейна базировалась на построении регрессионных моделей связи последнего с основными предикторами. Задача регрессионного анализа – описание связей между исследуемыми величинами в виде уравнений или моделей связи $y=f(x)$. Для построения регрессионных моделей в работе применен метод наименьших квадратов, т.е. $y=f(x)$ строится так, чтобы сумма квадратов отклонений между модельными и фактическими величинами была минимальной.

Построение регрессионной модели представляет собой итерационный процесс, направленный на поиск эффективных независимых переменных, чтобы объяснить зависимые переменные, которые мы пытаемся смоделировать и определить, какие величины являются эффективными предикторами.

Задача построения качественного уравнения регрессии, соответствующего выборочным (эмпирическим) данным и целям исследования, является достаточно сложным и многоступенчатым процессом. Его можно разбить на три этапа: 1) выбор формулы уравнения регрессии; 2) определение параметров выбранного уравнения; 3) анализ качества уравнения и проверка адекватности уравнения эмпирическим данным, проверка статистической значимости коэффициентов, проверка остатков на автокорреляцию.

В общем случае при построении парной линейной регрессионной модели $y=a_0+a_1x$ доказано, что Q_e будет минимальна если a_0 и a_1 будут найдены путем решения следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i \end{cases}, \quad (5)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n - значения некоторой величины;
 y_1, y_2, \dots, y_n - соответствующие им значения y ;

$Q_e = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$, Q_e - сумма квадратов ошибки или остаточная сумма квадратов.

В работе выполнена проверка адекватности и точности моделей, статистической значимости коэффициентов моделей и проверка остатков на наличие автокорреляции с помощью критерия Дарбина-Уотсона.

Проверка модели на автокоррелированность остатков проводилась при предположении, что при наличии автокорреляции остатков верно соотношение:

$$e_t = \rho \cdot e_{t-1} + v_t, \quad (6)$$

где e_t – остатки, ρ – коэффициент автокорреляции остатков; v_t – независимые случайные величины. Если $\rho=0$, то отсутствует автокорреляция остатков и оценка параметров методом наименьших квадратов является наилучшей линейной несмещенной оценкой. Если $\rho \neq 0$, то оценка параметров методом наименьших квадратов является смещенной и выводы по модели не корректны. Таким образом, при тестировании на автокорреляцию остатков выдвигается нулевая гипотеза $H_0: \rho = 0$ против альтернативной гипотезы $H_1: \rho \neq 0$.

Статистика Дарбина – Уотсона определяется соотношением:

$$D - W = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}, \quad (7)$$

Критерий Дарбина – Уотсона и коэффициент автокорреляции остатков связаны между собой соотношением (рисунок 3):

$$D - W \cong 2 \cdot (1 - \rho)$$



Рис. 3. Соотношение критерия Дарбина – Уотсона и коэффициента автокорреляции

Статистически значимых трендов в рядах наблюдений за среднегодовым расходом рр. Днепр, Сож, Проня не выявлено. В многолетнем разрезе произошло изменение внутригодового распределения стока, уменьшились наибольшие расходы воды и объем стока весеннего половодья. На современном этапе проявилось перераспределение стока внутри года, особенно для зимних и весенних месяцев. На территории исследований заметно увеличились средние месячные расходы воды в январе-феврале и представлены линейные тренды в рядах наблюдений за расходом рек Оршанского артезианского бассейна в январе (рисунок 2, таблица 3).

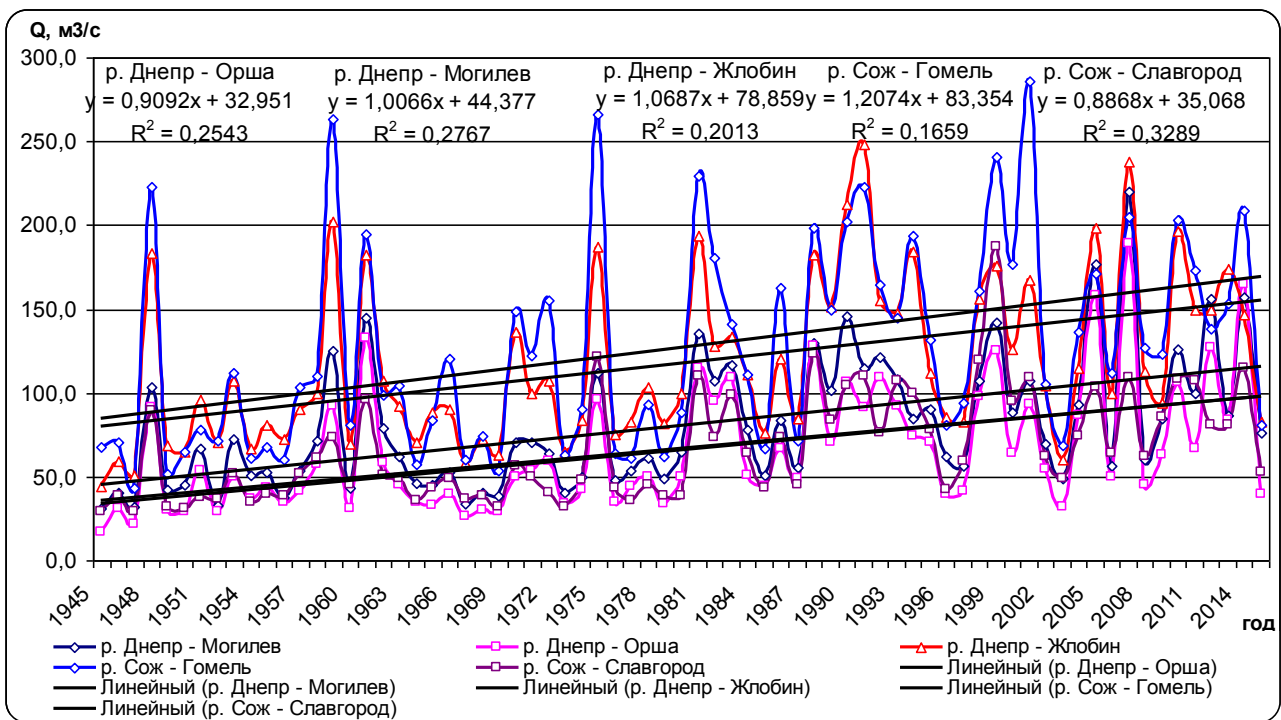


Рис. 2. Средние месячные расходы воды января месяца рр. Днепр, Сож

Таблица 3

Доля дисперсии, выбираемая динамической нормой временных рядов наблюдений за расходом рек Оршанского артезианского бассейна, %

Пост	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
р. Днепр – Речица	16,7	17,3	3,0	20,1	15,6	1,2	0,5	0,7	0,4	1,1	0,4	9,2	5,2
Динамическая норма ряда	рост	рост	-	убы- вание	убы- вание	-	-	-	-	-	-	рост	-
р. Днепр – Могилев	32,0	28,1	4,0	19,1	3,4	6,1	0,9	0,5	1,9	2,7	4,7	9,7	0,3
Динамическая норма ряда	рост	рост	-	убы- вание	-	-	-	-	-	-	-	рост	-
р. Днепр – Орша	32,6	21,4	7,2	9,3	4,6	4,0	0,5	1,1	3,6	0,9	0,9	7,6	0,1
Динамическая норма ряда	рост	рост	-	убы- вание	-	-	-	-	-	-	-	-	-
р. Днепр – Жлобин	23,5	22,7	5,6	22,0	6,7	15,8	2,8	1,0	4,5	4,7	6,4	12,7	0,4
Динамическая норма ряда	рост	рост	-	убы- вание	-	рост	-	-	-	-	-	рост	-
р. Сож – Гомель	15,1	22,6	2,7	14,7	1,2	1,2	1,3	0,1	0,1	1,3	0,5	3,5	1,1
Динамическая норма ряда	рост	рост	-	убы- вание	-	-	-	-	-	-	-	-	-
р. Сож – Славгород	35,6	23,3	1,8	13,0	0,5	1,4	0,1	0,0	0,2	2,2	1,0	8,0	0,4
Динамическая норма ряда	рост	рост	-	убы- вание	-	-	-	-	-	-	-	-	-
р. Проня – Летяги	29,6	15,2	0,2	5,4	0,7	0,0	1,9	0,0	0,0	0,9	0,3	11,9	0,2
Динамическая норма ряда	рост	рост	-	убы- вание	-	-	-	-	-	-	-	рост	-

Как видно из таблицы 3 на всей территории бассейна отмечено снижение стока за весеннее половодье и уменьшение его доли в годовом стоке. Сток весенних месяцев (апрель, в р. Днепр и май) на современном этапе значительно снизился, мощность отрицательного тренда составила: р. Днепр – Речица (апрель – 20,1, май – 15,6%), Могилев (апрель – 19,1%), Орша (апрель – 9,3%), Жлобин (апрель – 22,0%); р. Сож – Гомель (апрель – 14,7%), Славгород (апрель – 13,0%), р. Проня – Летяги (апрель – 5,4%), в среднем составляя 15,0%. Расход осенних месяцев рек территории исследований статистически значимых изменений не выявил.

Максимальными мощностями положительных трендов (от 15,1% р. Сож–Гомель до 35% р. Сож–Славгород) характеризуется зимний сток, как видно из таблицы 3, т.е. можно говорить о значительном увеличении доли зимнего стока в годовом распределении для рек Оршанского артезианского бассейна.

При построении двухфакторных линейных регрессионных моделей связи расхода рек в январе в качестве предикторов выступали величина атмосферных осадков за зимний период и температура атмосферного воздуха, осредненная за период декабрь-январь. При построении двухфакторных линейных регрессионных моделей связи расхода рек весеннего половодья в качестве предикторов

выступали величина атмосферных осадков за период март-апрель и температура атмосферного воздуха, осредненная за тот же период.

Для принятия решения о наличии автокорреляции в остатках построенных двухфакторных моделей связи с количеством наблюдений 70, статистика Дарбина – Уотсона на уровне значимости 0,05 равна: $d_L=1,55$, $d_U = 1,67$. Результаты построения приведены в таблице 4.

Таблица 4

Оценка качества двухфакторных регрессионных моделей

Показатели	Р. Днепр – пост Могилев		Р. Днепр – пост Орша		Р. Днепр – пост Жлобин	
	январь месяц	весеннее половодье	январь месяц	весеннее половодье	январь месяц	весеннее половодье
Оценка точности модели (R^2)	0,44	0,14	0,42	0,15	0,42	0,19
Проверка адекватности модели	0,00031	0,019	$2,1 \cdot 10^{-7}$	0,0049	0,0052	0,023
Проверка статистической значимости коэффициентов модели (Р-знач.)	$P_1=0,001$ $P_2=0,004$	$P_1=0,007$ $P_2=0,774$	$P_1=3,45 \cdot 10^{-6}$ $P_2=0,011$	$P_1=0,008$ $P_2=0,032$	$P_1=0,0008$ $P_2=0,006$	$P_1=0,007$ $P_2=0,391$
Критерий Дарбина - Уотсона	2,18	2,36	1,92	2,02	2,12	2,38
Решение	автокорреляция отсутствует	область неопределенности	автокорреляция отсутствует	автокорреляция отсутствует	автокорреляция отсутствует	область неопределенности
	Р. Сож – пост Гомель		Р. Сож – пост Славгород			
	январь месяц	весеннее половодье	январь месяц	весеннее половодье		
Оценка точности модели (R^2)	0,41	0,23	0,45	0,21		
Проверка адекватности модели	$7,8 \cdot 10^{-8}$	0,00019	$3,9 \cdot 10^{-7}$	0,0075		
Проверка статистической значимости коэффициентов модели (Р-знач.)	$P_1=6,6 \cdot 10^{-11}$ $P_2=0,0064$	$P_1=0,008$ $P_2=0,054$	$P_1=7,6 \cdot 10^{-6}$ $P_2=0,001$	$P_1=0,003$ $P_2=0,457$		
Критерий Дарбина - Уотсона	2,01	2,41	1,96	2,34		
Решение	автокорреляция отсутствует	область неопределенности	автокорреляция отсутствует	область неопределенности		

Как видно из таблицы 4:

- более высоким значением показателя точности модели, принимающим значения от 0,42 до 0,45 характеризуются двухфакторные модели связи расхода января месяца с осадками и температурой, тогда как этот показатель для весеннего половодья изменяется от 0,14 до 0,23. Таким образом можно утверждать, что для зимних расходов рек от 42 до 44% изменений величины Y обусловлены изменениями статистически значимых коэффициентов моделей;

- расчетный уровень значимости всех моделей меньше заданного 0,05, регрессионные модели являются значимыми;

- автокорреляция в остатках не выявлена для всех двухфакторных моделей зимних расходов рек, регрессионные модели для весеннего половодья не показали 100%-ное отсутствие автокорреляции в остатках;

- проверка статистической значимости коэффициентов моделей показала, что статистически значимым во всех регрессионных моделях является коэффициент A_1 – коэффициент при независимой переменной «температура атмосферного воздуха соответствующего периода», коэффициент A_2 - коэффициент при независимой переменной «величина атмосферных осадков соответствующего периода» является статистически значимым в регрессионных моделях для расходов весеннего половодья.

ВЫВОДЫ

На территории Оршанского артезианского бассейна выявлено статистически значимое снижение стока за весеннее половодье и уменьшение его доли в годовом стоке. Сток весенних месяцев (апрель, в р. Днепр и май) на современном этапе значительно снизился, мощность отрицательного тренда составила: р. Днепр – Речица (апрель – 20,1, май – 15,6%), Могилев (апрель – 19,1%), Орша (апрель – 9,3%), Жлобин (апрель – 22,0%); р. Сож – Гомель (апрель – 14,7%), Славгород (апрель – 13,0%), р. Проня – Летьги (апрель – 5,4%), в среднем составляя 15,0%. Расход осенних месяцев рек территории исследований статистически значимых изменений не выявил.

Выявлено значительное увеличение доли зимнего стока в годовом распределении для рек Оршанского артезианского бассейна. В результате построения двухфакторных регрессионных моделей связи зимних расходов и расходов воды весеннего половодья установлено, что увеличение доли зимнего стока рек связано с повышением температуры воздуха холодных месяцев, с увеличением частоты оттепелей, прохождением зимних паводков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махнач А.С., Гарецкий Р.Г., Матвеев А.В. Геология Беларуси – Мн.: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озёр. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. Том. 5, часть I. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. - 1107 с.
3. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон; пер. И.Б. Журбенко. – М.: Мир, 1971. – 757 с.

CLIMATE-RELATED TRENDS IN THE ORSHA ARTESIAN BASIN RIVERS’ QUANTITATIVE CHARACTERISTICS

Savich-Shemet O., Gapanovich E., Antsukh Y.

State Scientific Institution «Institute for Nature Management
of the National Academy of Sciences of Belarus»
Minsk, Belarus

Annotation. The long-term changes in the flow rates of the Orsha artesian basin rivers’ are represented in the article, it is shown that the main factors affecting the conditions of flow formation are primarily climatic, geomorphological, and hydrological-hydrogeological conditions of the region. Statistically significant decrease in runoff during the spring flood and a decrease in its share in the annual runoff were revealed on the territory of the Orsha artesian basin (the power of the negative trend was from 5.4 to 22.0%). A significant increase in the share of winter runoff in the annual distribution for the rivers of the Orsha artesian basin was revealed. It was found that an increase in the share of winter river flow is associated with an increase in the air temperature of the cold months, with an increase in the frequency of thaws, and the passage of winter floods as a result of constructing two-factor regression models of the relationship between winter flow and spring flood water flow. The obtained results indicate that the underground runoff in the winter low water increased, which is due to mild winters, the presence of frequent thaws and sufficient humidification of the territory.

Keywords: river basin, river runoff, spring flood water flow, trend power, dynamic rate of the series.

ИЗМЕНЕНИЯ УРОВЕННОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ НЕМАН)

Савич-Шемет О.¹⁾, Гертман Л.²⁾

¹⁾ Государственное научное учреждение

«Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси»

ул. Ф.Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь

²⁾ Республиканское унитарное предприятие

«Центральный научно-исследовательский институт

комплексного использования водных ресурсов»

ул. Славинского, 1, корп. 26 220086, г. Минск, Беларусь

E-mail: savichoks@yandex.ru, lubov.hertman@yandex.by

Аннотация. Выявлены особенности формирования уровня режима подземных вод бассейна реки Неман на современном этапе, который характеризуется глобальными климатическими изменениями. Результаты анализа рядов наблюдений за уровнем режимом вод спорадического распространения и неглубоко залегающих напорных вод позволили связать 1990 г. с началом реакции уровня подземных вод на наблюдаемый в Беларуси самый продолжительный за 100 лет метеонаблюдений период потепления климата.

Ключевые слова: речной бассейн, напорные воды, воды спорадического распространения, мощность тренда, динамическая норма ряда, Фурье-анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Бассейн реки Неман находится на территории Беларуси, Литвы и Российской Федерации (Калининградской области), для него характерна густая речная сеть. От истока до устья река принимает около 180 притоков, наиболее крупными из которых (по длине и по площади бассейна) на территории Беларуси являются следующие реки (в порядке удаленности мест впадения от устья): Березина, Щара, Зелва, Котра, Свислочь, Вилия. Река Неман имеет 7 притоков первого порядка длиной более 100 км: Вилия, Щара, Березина, Зельвянка, Котра, Свислочь, Уша.

Гидрогеологический режим территории бассейна реки Неман определяется преимущественно безнапорной гидродинамикой верхнечетвертичных водоносных горизонтов $fIIIpZ^s$, $gIIIsz$ и неглубоко залегающими напорными водоносными горизонтами $f,lgIIIsz-IIIpZ$, $f,lgIIId$, $f,lgIIId-sz$.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В естественной гидродинамической обстановке водоносный горизонт является достаточно сбалансированной системой и его функционирование подчинено определенным закономерностям. На современном этапе отсутствие прямого локального антропогенного воздействия на водоносный горизонт уже не является однозначным гарантом его «естественности», поскольку повсеместно отмечается опосредованное влияние человека на уровень режим подземных вод.

Методы и методика исследований. В основу работы положены данные инструментальных наблюдений за уровнем подземных вод различного генезиса в бассейне р. Неман: воды спорадического распространения в сожской морене ($gIIIsz$) и воды напорного днепровско-сожского водоносного горизонта ($f,lgIIId-sz$) (рисунок 1). Анализируемый период инструментальных наблюдений за уровнем подземных вод в бассейне реки Неман максимальный - более 39 лет: 1961–2000 гг., средний - около 30 лет: 1968–2000 гг.

Объектом исследований являлись подземные воды бассейна реки Неман, предметом исследования являлись изменения уровня режима подземных вод. Исследования включали: структурно-пространственный анализ материалов, характеризующих природные условия (климатические, геоморфологические, гидрологические, геолого-гидрогеологические и др.) бассейна реки Неман; анализ картографического материала; анализ трендов эквидистантных временных рядов наблюдений за уровнем режимом подземных вод, оценка мощности гармоник во временных рядах до и после периода современного изменения климата.

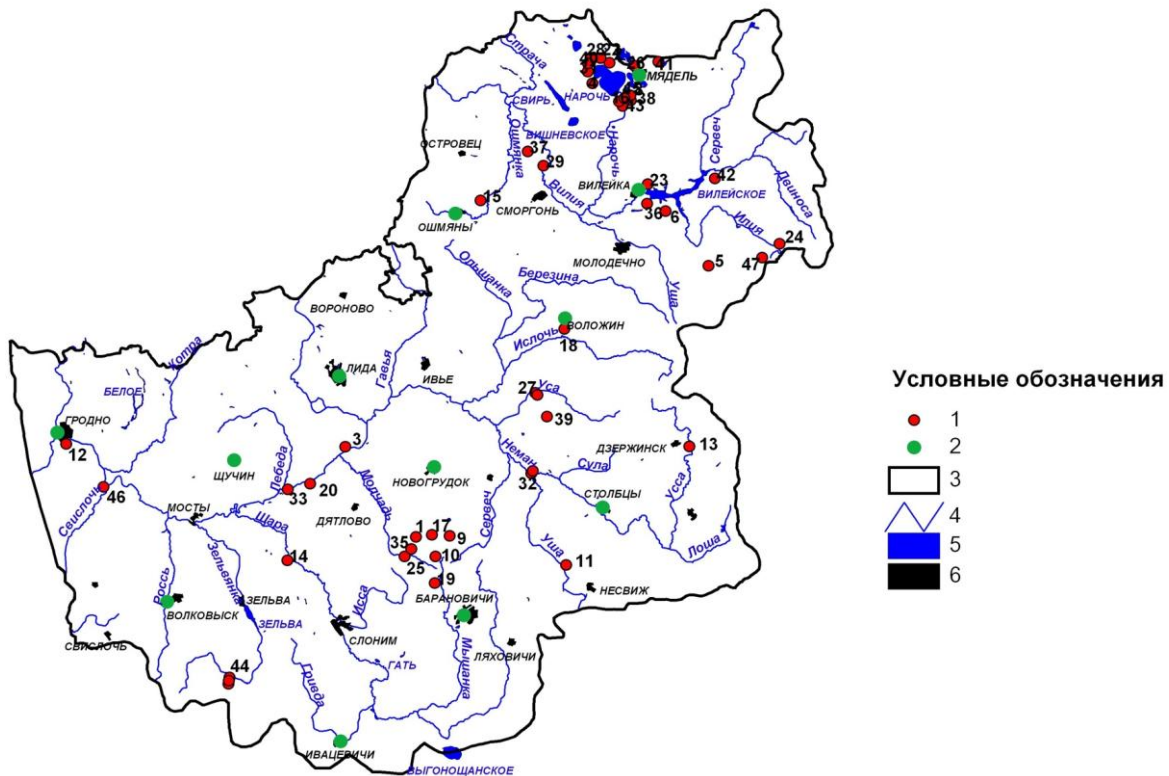


Рис. 1. Карта-схема постов наблюдений за режимом подземных вод в бассейне р. Неман на территории Беларуси

- 1 – посты мониторинга за режимом подземных вод (названия постов приведены в таблице 1);
 2 – метеорологические станции; 3 – граница бассейна р. Неман; 4 – основные водотоки;
 5 – основные водоёмы; 6 – населенные пункты

Цель данной работы – выявить особенности формирования уровня режима подземных вод Западной Беларуси на примере бассейна реки Неман.

Для достижения поставленной задачи были решены следующие задачи:

- определены статистические моменты 1-го и 2-го порядков (\bar{X} , σ) рядов наблюдений за уровнем режимом подземных вод бассейна реки Неман для двух периодов (1968–1989 и 1990–2000 гг.);
- решена задача выявления динамической нормы временных рядов наблюдений за уровнем режимом подземных вод по данным наблюдений;
- решена задача определения мощности 12-месячной гармоники в рядах рядов наблюдений за уровнем режимом подземных вод по двум периодам (1968–1989, 1990–2000);
- выявлено изменение динамической нормы и мощности 12-месячной гармоники временных рядов наблюдений за уровнем режимом подземных вод бассейна реки Неман по трем периодам (1968–1989, 1990–2000, 1968–2000 гг.);

• на основании полученных результатов выявлены особенности формирования уровенного режима подземных вод изученной территории на современном этапе.

Выбор подпериодов определялся фактом установленного ранее начала современного периода потепления на территории Беларуси (1989) [1].

Гидрографическая сеть территории исследований представлена рекой Неман с притоками. Река Виляя, река на территории Беларуси и Литвы, правый приток Немана, длина 498 км, в Беларуси – 264 км. Площадь водосборного бассейна 25,1 тыс. км², на территории Белоруссии – 11 тыс. км². Средний уклон водной поверхности 0,3 ‰. Среднегодовой расход воды в устье около 186 м³/с. Ширина реки 50-100 м, глубина 1,2 – 2м, скорость течения 0,3-0,5м/с. Берега крутые, обрывистые [2].

Анализ *геолого-гидрогеологических условий* территории исследований показал, что образование толщи четвертичных отложений здесь связано с аккумулятивной деятельностью трех ледников – днепровского, сожского, поозерского и водно-ледниковых потоков, образывавшихся при их таянии. Согласно гидрогеологическому районированию, территория исследований относится к южной краевой части Прибалтийского артезианского бассейна. Характерной особенностью геологического строения района является моноклиналиное погружение слоев, резкая изменчивость фациального состава пород, возрастание мощности водовмещающих и слабопроницаемых пород в северо-западном направлении с погружением к центру Прибалтийского артезианского бассейна.

Широкое площадное развитие и значение в хозяйственно-бытовом водопользовании получили три напорных водно-ледниковых горизонта четвертичных отложений – сожско-поозерский, днепровско-сожский и березинско-днепровский.

В данной работе изучались ряды наблюдений за водами спорадического распространения в сожской и поозерской морене и неглубоко залегающими напорными водами днепровско-сожского водоносного горизонта на территории исследований (рисунок 2). Исследованы первые от поверхности водоносные горизонты (таблица 1):

- грунтовые воды (со свободной поверхностью), приуроченные к аллювиальным, поозерским и озерно-болотным отложениям;
- воды спорадического распространения, приуроченные к песчаным прослоям и линзам в толще моренных отложений, наблюдаемые 21 скважиной;
- напорные межпластовые воды, приуроченные к сожским-поозерским и днепровско-сожским водноледниковым отложениям, наблюдаемые 13 скважинами.

Таблица 1

Наблюдаемые водоносные горизонты

Гидро-геологический пост	Тип вод	Наблюдаемые водоносные горизонты	Количество скважин
11	грунтовые	aIV; fIIIpz ^s ; fIIIsz ^s	17
	спорадического распространения	gIIIpz ₃ ; gIIIsz	21
	напорные	f,IgIIId; f,IgIIId-sz; f,IgIIIsz-IIIpz	13
	Итого		51

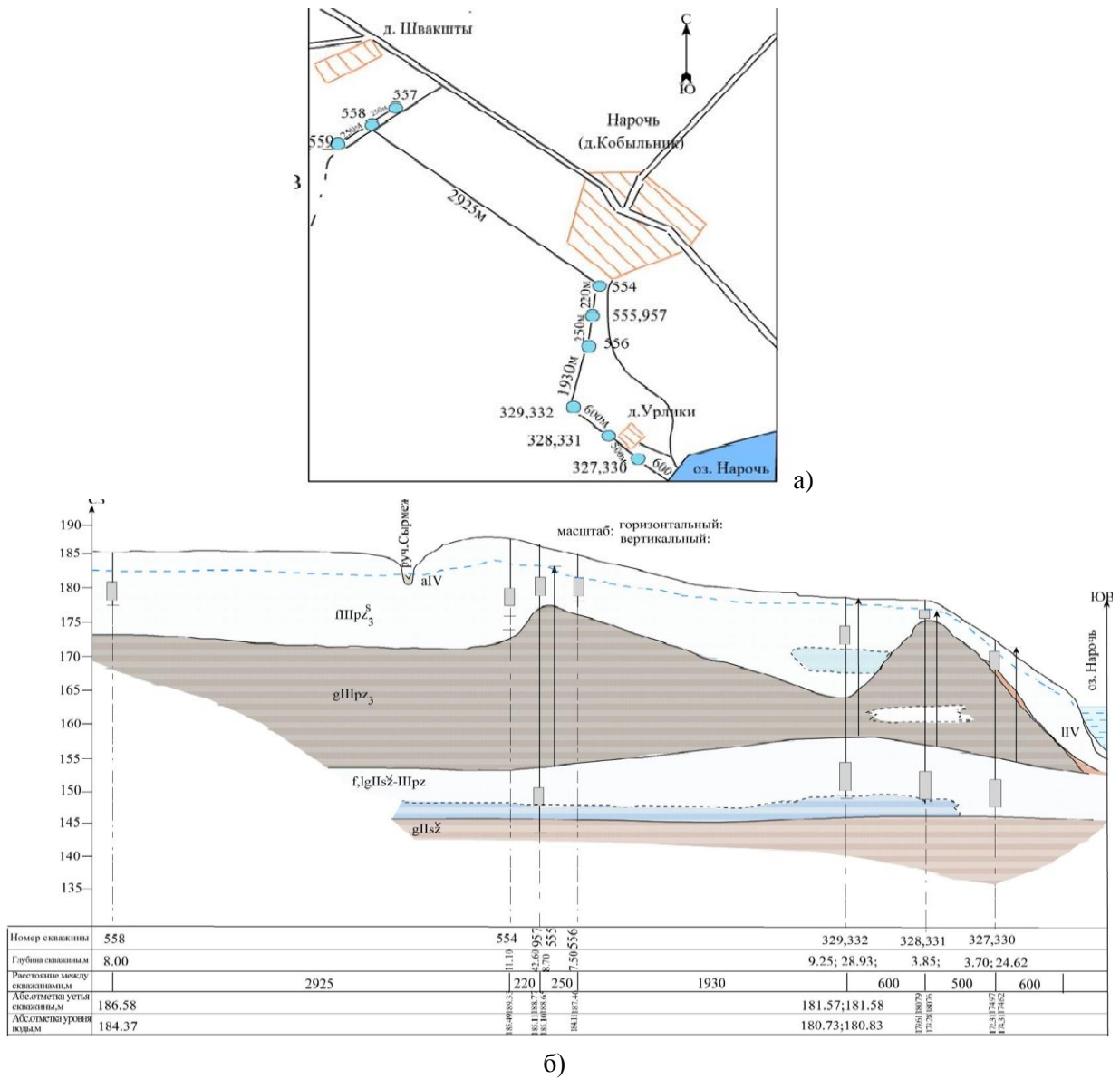


Рис. 2. Урлики-Швакштский гидрогеологический пост: а) карта-схема расположения скважин, б) геолого-гидрогеологический разрез

Для определения динамики уровней подземных вод вычислялись их разности. Разделив исходный ряд из N членов на два с примерно одинаковым числом членов ряда n_1, n_2 ($N = n_1 + n_2$), для каждой из частей вычислены средние значения и дисперсии [3]:

$$y_1 = \frac{\sum_{k=1}^{n_1} y_k}{n_1}; \sigma_1^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n_1} (y_k - y_1)^2}{n_1}; \quad (1)$$

$$y_2 = \frac{\sum_{k=1}^{n_2} y_k}{n_2}; \sigma_2^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n_2} (y_k - y_2)^2}{n_2}. \quad (2)$$

Проверка гипотезы об однородности дисперсий частей ряда проводится с помощью критерия Фишера:

$$F = \begin{cases} \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, & \text{если } \sigma_1^2 > \sigma_2^2 \\ \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2}, & \text{если } \sigma_2^2 > \sigma_1^2 \end{cases} \quad (3)$$

Если полученное значение F меньше табличного $F_{\text{табл}}$, то гипотеза об однородности дисперсий принимается и вычисляется t -критерий Стьюдента. Если F больше или равно табличному значению $F_{\text{табл}}$, то гипотеза об однородности дисперсий отклоняется. Определение части дисперсии временного ряда, выбираемой динамической нормой ряда, определяется как $\frac{\sigma_{\text{тр.}}^2}{\sigma^2} * 100\%$.

В качестве статистической модели анализируемого временного ряда в случае принятия гипотезы о линейном тренде следует рассматривать выражение:

$$u(t) = a + b \cdot t, \quad (4)$$

где a и b - коэффициенты.

Задача обнаружения гармонических составляющих была решена применением классического гармонического анализа путем разложения функции $g(t)$ на простейшие периодические составляющие. Исходя из принципов математического анализа, любую функцию можно представить бесконечным рядом синусоидальных и косинусоидальных функций (рядом Фурье). Полная сумма, задающая переменную $g(t)$, записывается в виде [4, 5]:

$$g(t) = \bar{g} + \sum_{i=1}^{n/2} \left[A_i \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{P} \cdot i \cdot t\right) + B_i \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{P} \cdot i \cdot t\right) \right], \quad (5)$$

где A_i и B_i – коэффициенты Фурье-разложения i -той циклической компоненты, с периодом $2P$.

Коэффициенты A_i и B_i ряда вычисляются по следующим формулам [3]:

$$A_i = \frac{2}{n} \cdot \sum_{t=1}^n g(t) \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{P} \cdot i \cdot t\right); \quad (6)$$

$$B_i = \frac{2}{n} \cdot \sum_{t=1}^n g(t) \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{P} \cdot i \cdot t\right), \quad (7)$$

где i – может иметь любое целое значение от 1 до $n/2-1$. Для последней гармоники $A_n=0$, B_n – величина, получаемой из (7), деленной на 2, т.е. $B_n/2$.

Далее рассчитывались значения амплитуды i -той гармонической компоненты [3]:

$$C_i = \sqrt{A_i^2 + B_i^2}. \quad (8)$$

Каждая гармоника учитывает некоторую часть полной дисперсии σ^2 . Дисперсия, выбираемая i -той гармоникой, равна $\sigma_i = \frac{C_i^2}{2}$ для всех гармоник, за исключением последней, для которой она равна C_i^2 . Часть дисперсии, учитываемая i -той гармоникой, может быть представлена в виде отношения величины $\frac{C_i^2}{2}$ или C_i^2 к полной дисперсии σ^2 . Поскольку никакие две гармоники не будут учитывать одну и ту же часть дисперсии, то дисперсии, учитываемые различными гармониками, можно складывать [3, 5].

Результаты и их обсуждение. Для выделения трендов в работе был использован метод, описанный выше. Под трендом понимали долгопериодную тенденцию изменения временного ряда наблюдений за уровнем режимом. Результаты определения величины дисперсии временного ряда, выбираемой динамической нормой ряда для скважин гидрогеологических постов бассейна Немана для вод, спорадического распространения в позерской и сожской моренах и неглубокозалегающих

напорных вод показали разнонаправленность трендов по периодам 1968-1989 и 1990-2000 гг. во всех исследованных 34 рядах наблюдений. На рисунке 3 наглядно представлен тренд периода 1990-2000 гг. для временного ряда наблюдений за напорными водами днепровско-сожского водоносного горизонта в скважине 1202 Городейского гидрогеологического поста. Результаты исследований трендов показали, что для последней части ряда (1991–2000 гг.) отчетливо проявляется отрицательный тренд в изменении уровней вод спорадического распространения и неглубокозалегающих напорных вод, тогда как для первой части ряда (1968–1990 гг.) наблюдается слабый положительный тренд либо не наблюдается вовсе. Это свидетельствует о том, что начиная с 1990-х годов в характере изменений уровня подземных вод произошли существенные изменения.

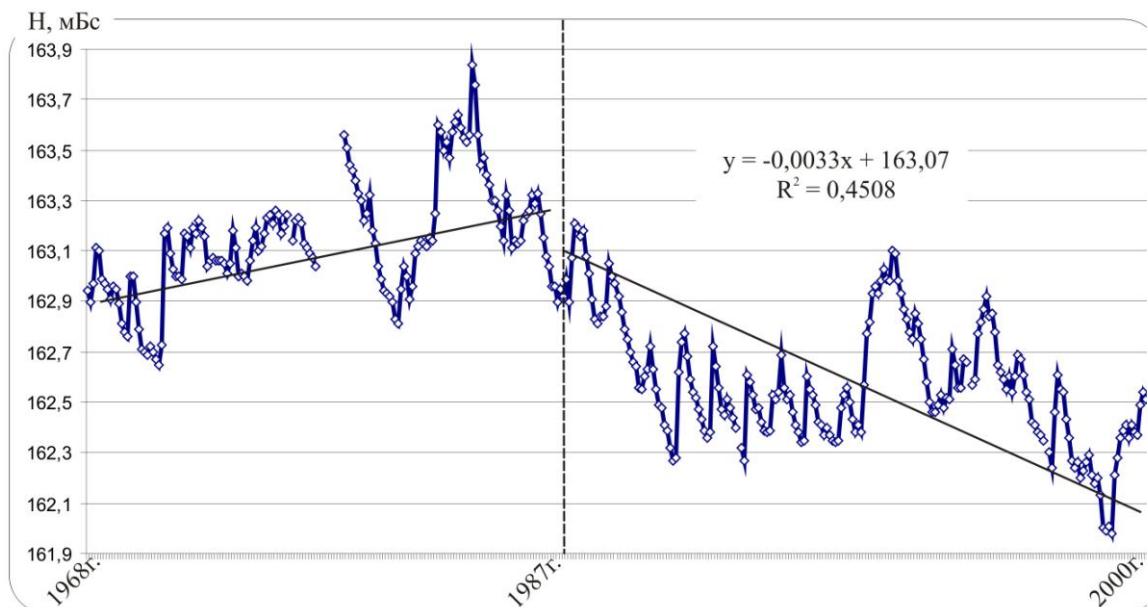


Рис. 3. Динамика уровенного режима напорных вод в скважине 1202 Городейского гидрогеологического поста

Поскольку для уровней вод спорадического распространения и неглубокозалегающих напорных вод в период с 1991 по 2000 г. характерен тренд, гармоническому анализу далее были подвергнуты ряды отклонений от динамической нормы ряда (тренда).

Результаты гармонического (Фурье-анализа) наиболее длинного временного ряда (39 лет) отклонений уровня от динамической нормы вод спорадического распространения для скважины 328 Урлики-Швакштского гидрогеологического поста представлены в таблице 2. В соответствии с (8) определена амплитуда C_i и вычислена доля дисперсии, выбираемая i -той гармоникой.

Таблица 2

Результаты гармонического анализа ряда наблюдений за уровнем подземных вод для скважины 328 Урлики-Швакштского гидрогеологического поста

Номер гармоники	Частота	Период (мес.)	C_i	$\frac{C_i^2}{2}$	$\frac{C_i^2}{2\sigma^2} * 100\%$
4	0,008547	117,0	0,199484	0,019897	10,1
6	0,012821	78,0	0,125476	0,007872	4,0
8	0,017094	58,5	0,195179	0,019047	9,7
9	0,019231	52,0	0,103654	0,005372	2,7
15	0,032051	31,2	0,111497	0,006216	3,2
39	0,083333	12,0	0,313439	0,049122	25,0
Итого					54,7

Линейчатый спектр ряда для скважины 328 представлен на рисунке 4.

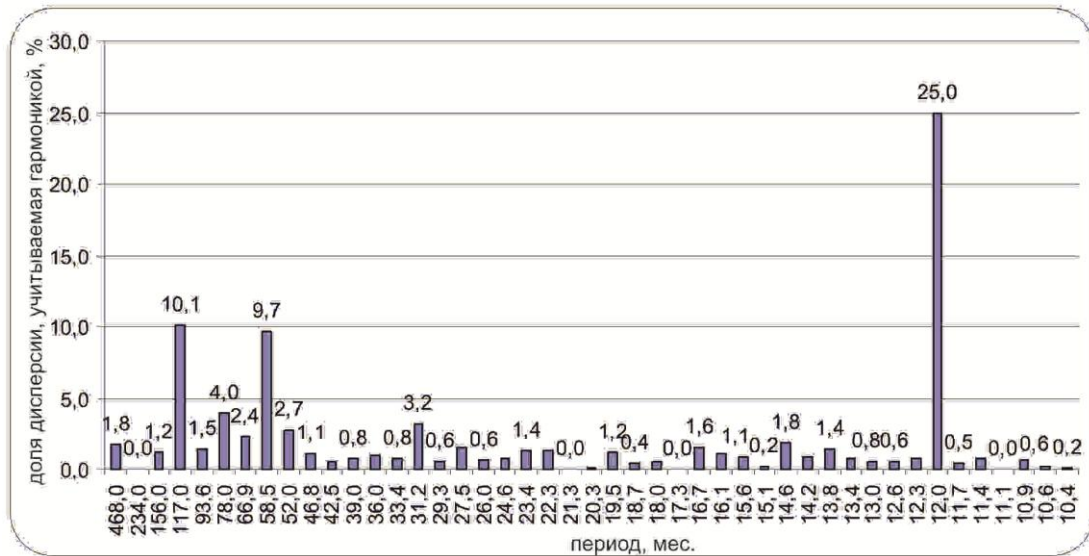


Рис. 4. Линейчатый спектр Фурье (скважина 329)

Из рисунка 4 видно, что гармонические составляющие характеризуются различной мощностью, а наиболее мощной гармоникой, которая выбирает 25,0 % дисперсии ряда, является годовая гармоника.

Результаты Фурье-анализа с вычислением мощности 12-месячной гармоники в рядах наблюдений за водами спорадического распространения и неглубоко залегающими напорными водами по 34 рядам наблюдений за их уровнем режимом для двух периодов: 1968–1990 и 1991–2000 гг. показали, что частотная структура колебаний уровня подземных вод претерпела существенные изменения в 90-е годы прошлого столетия. Если в период с 1968 по 1990 г. в изменении уровня подземных вод преобладают долгопериодные колебания длительностью в несколько лет, то в начале 90-х годов на фоне долгопериодных изменений заметны короткопериодные колебания; их длительность близка к 12 месяцам. Одной из возможных причин такой трансформации может быть изменение взаимосвязи уровней выше- и нижележащего водоносных горизонтов.

ВЫВОДЫ

Оценка изменения вклада трендовой и циклической составляющих в изменение уровней подземных вод спорадического распространения в моренных отложениях и неглубоких напорных вод в период интенсивного современного потепления климата показала: произошло перераспределение мощности колебаний долгопериодной и короткопериодной частей - увеличение мощности 12-месячной гармоники уровней вод до значений 18,2–28,3 % и уменьшении мощности долгопериодных гармоник (7–9 лет) до значений 4,9–5,8 % в период с 1991 по 2000 г. по сравнению с предыдущим периодом (1968–1990 гг.). Сформировался отрицательный тренд в изменении уровней вод мощностью 35,0–56,2 % от общей дисперсии ряда (σ^2) для периода с 1991 по 2000 г.

Таким образом, можно говорить о том, что, начиная с 1990-х годов прошлого столетия на территории бассейна реки Неман регистрируется повсеместное падение уровней вод спорадического распространения и неглубоко залегающих напорных вод, а возможной причиной является современное потепление климата (повышение температуры атмосферного воздуха). Также можно утверждать, что частотное поведение вод спорадического распространения и неглубоко залегающих напорных вод становится все более приближенным к «грунтовым», а возможной причиной тому опять же является проявление современного потепления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов В.Ф. Изменения климата Беларуси и их последствия / В.Ф. Логинов и [др.]. Минск, 2003.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озёр. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. Том. 5, часть I. – Л. : Гидрометеоиздат, 1971. - 1107 с.
3. Логинов В.Ф. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, П.В. Шведовский. – Брест: Изд-во БГТУ, 2004. – 316 с.
4. Bartlett M.S. Periodogram Analysis and Continuous Spectra / M.S. Bartlett // *Biometrika*. – 1950. – Vol. 37. – P. 1-16.
5. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон; пер. И.Б. Журбенко. – М.: Мир, 1971 – 757 с.

Hydrology and Meteorology

CHANGES OF THE UNDERGROUND WATERS' LEVEL REGIME IN WESTERN BELARUS (ON THE EXAMPLE OF THE NEMAN RIVER BASIN)

Savich-Shemet O.¹⁾, Gertman L.²⁾

¹⁾ State Scientific Institution

«Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus»,

²⁾ «Central Research Institute of Integrated Use of Water Resources»

Minsk, Belarus

Annotation. Features of an underground waters' level mode formation of the Neman river basin at the present stage which is characterized by global climatic changes are revealed. Results of the analysis of series of observations under level mode of waters of sporadic propagation and shallow-lying pressure water allowed to connect 1990 with the beginning of reaction of underground waters' level on the most long observed in Belarus in last 100 years of meteorological observations the period of climate warming.

Keywords: river basin, pressure waters, waters of sporadic propagation, trend power, dynamic rate of the series, Fourier-analysis.

THE PROBLEMS OF INDUSTRIAL WASTES UTILIZATION AND THEIR ROLE IN ENVIRONMENTAL POLLUTION

Supatashvili T.¹⁾, Kupreishvili Sh.²⁾, Shavlakadze M.³⁾, Sichinava P.²⁾

¹⁾University of Georgia

Ave. M. Kostava #77 A. 0171, Tbilisi, Georgia

²⁾Tsotne Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University

Ave. I. Chavchavadze #60 B. 0179, Tbilisi, Georgia

³⁾Tbilisi Humanitarian Teaching University

Ave. Berry Gabriel Salos #31, 0144, Tbilisi, Georgia

E-mail: tamunasupatashvili@gmail.com

shorena12@mail.ru; marishavlakadze@gmail.com; p.sichinava@gmail.com

Annotation. The article discusses the waste of mining and processing enterprises on the territory of Georgia, which are stored on the territory of the enterprises. Due to the uncontrolled disposal of waste, it is washed away by rain water and heavy metals are found in the waters of nearby rivers.

The content of heavy metals in the rivers Kazretula and Mashavera has been studied and compared with the corresponding maximum allowable concentrations.

Keywords: industrial waste, pollution, heavy metals.

INTRODUCTION

The strongest source of emissions of man-made substances into the environment is industry, which is distinguished by its scale, variety and abundance of exhaust gases and wastewater. One of the areas of practical human activity is mining. In the process of extracting raw materials (especially using open pits) the environment is significantly damaged. Open-pit mining is the most common method in Georgia. The use of this method leads to the degradation of the fertile layer of the soil, the contamination of the soil, surface and groundwater, the degradation of places with biodiversity. Significantly reduces forest and other vegetation-covered lands, dramatically disturbs the natural balance in the surface groundwater regime, elements, geochemistry. In addition, the waste rocks brought to the surface, the quarry itself and other types of disturbed lands become a hotbed of environmental pollution. For example, the surroundings of Chiatura and Madneuli can be used [1].

MAIN PART

Although the mining and petrochemical industries currently account for a relatively small share of the country's total production, they are the most waste-intensive sectors in terms of waste generation.

There is still no accurate information on the amount of waste in Georgia. However, there are estimates made in different years, according to which, a total of 64.5 million tons of waste was generated, which included all types of waste except household waste. Of this amount, 70% was waste from the extraction and processing of mineral resources.

Given that there are no special landfills for industrial waste and no alternative methods of recycling/decontamination of this type of waste have been introduced, it is likely that part of the industrial waste is land filled in conventional, household waste landfills and the rest is stored in the industrial area.



Photo 1. Open waste repository of ore mining complex



Photo 2. Sampling from river Kazretula

Particularly dangerous are arsenic-containing ash and sludge in the villages of Tsana and Uravi (former arsenic extraction and enrichment plant), as well as manganese-containing wastes in Zestaponi, barite rocks in Chord, Kazreti and Kutaisi. During the full-time operation of the industrial sector, a particularly large number of pollution hotspots appeared in industrial cities: Rustavi, Zestaponi, Bolnisi and others [2].

The surrounding areas of these enterprises have been formed for many years as geochemical provinces with increased concentrations of toxic elements. Due to the fact that toxic elements have a long period of decay, the degree of soil contamination is still high today: Tbilisi, Rustavi, Zestaponi, Kutaisi, Batumi, Poti and especially the Madneuli mining complex (see Table 1) [3].

Table 1

Industrial waste accumulated on the territory of Georgia

City.Region	Industry	Type of waste	Amount of waste
Kazreti	Gold-Copper-Barite polymetal ore	Mining waste	22.5 million Tone
Kutaisi	Lithophone factory	Sludge containing barium and zinc	300 thousand tone
Zestaponi	Ferroalloy	Heat treatment and electrolysis sludge	368 thousand tone
Rustavi	Metallurgical Plant	Slag and iron ore - Mineral waste	400 thousand tone
Chiatura	Manganese processing	Sludge containing manganese	9 318 200 Tone

Mineral waters and reservoirs are also a cause of ecological complications. For example, the concentration of arsenic in the waters of the Racha arsenic sulfide ores is 0.5-1.0 mg / l, while in the ore leaching waters it is 8-10 mg / l. Ore quarry waters contain copper and zinc up to 40-50 mg / l, their acidity is also high. Coal mine waters (pH 2.5-4.5) are also characterized by increased acidity. A powerful source of river pollution is the wastewater of ore processing plants. The river Kvirila is a "good" example of this [4].

From the existing deposits in Georgia, in this regard, one of the most important is the deposits of Kazreti, which are located in the Bolnisi region, on the right and left shore areas of the river Mashavera valley. These copper sulfide mines, which are processed by open quarries, cause the intense pollution of environment by toxic metals. Dozens of research show that pollution of soil and water in this region is more than the norm for years. Polluted river Kazretula contains a large amount of harmful elements such as cadmium, lead, copper, zinc, iron, nickel, manganese and arsenic. From of the above mentioned elements three are especially important: cadmium, lead and arsenic, which are harmful to the human organism. In the region has developed horticulture, rivers polluted by industrial waste are Mashavera and Poladauri used in

the amelioration system. The vegetable absorb large amount, heavy metals that promote cancer –lead and cadmium. This problem poses a great threat to the local population as well as the population of cities that are supplied with these vegetables.

According to above mentioned, we are presenting our research results of rivers: Kazretula and Mashavera (Table 2). The research implemented in 2018-2019.

Table 2

Content of toxic metals in the rivers Kazretula and Mashavera

#	Sampling place	Content of toxic metals, mg/l									
		Cu	Zn	Cd	Pb	Mn	Fe	Co	Ni	Sr	Li
	Maximum allowable concentration	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0	1,0	0,1	0,1	2,0	0,3
1	Drainage water from the dam	1200	820	3,76	0,1	68,0	1120	2,24	0,12	123,2	0,22
3	River Kazretula	90,0	3,82	0,60	0,01	3,20	7,0	0,13	0,006	4,567	0,02
5	At the confluence of the Kazretula Mashavera	0,463	0,35	0,042	-	0,25	0,14	-	-	0,704	0,006

Accumulated hazardous waste is a remnant of Soviet industrial enterprises. Part of the enterprise is privatized and the relevant waste is at the disposal of the enterprise operator (such as manganese-containing waste in Chiatura). Accordingly, the responsibility of the enterprise operator is to protect the environment from pollution with this waste. Other enterprises have been closed and their recovery is not planned (for example, production of arsenic in Racha-Svaneti) and the maintenance, conservation and neutralization of the relevant waste are the responsibility of the state [5].

CONCLUSION

Thus, it is essential to properly manage waste and take the necessary measures to avoid environmental and health problems. According to the complex waste management, in addition to traditional methods of waste, measures to reduce their amount, waste recycling and composting are an integral part of waste recycling. An effective way to solve the problem of solid waste lies in the combination of several complementary programs and measures and not the use of any one technology, even if it is the latest. The principles of waste management in force in the European legislature were established in 1977 and have not changed since. It includes three basic principles: prevention of waste generation, waste recycling, and safe disposal of waste that is not subject to recycling.

Each country has its own waste management system that is tailored to the social, environmental and economic specifics of that particular country. It is important to get acquainted with and understand this experience in order to develop a system acceptable to Georgia.

REFERENCES

1. Supatashvili G., Environmental Chemistry. Tbilisi. 2008. p. 176.
2. Supatashvili T, Dadiani St., Kiknadze Kh., Maisaia L, Kupreishvili Sh. "Impact of industrial waste on the ecological condition of the environment". International Scientific-Practical Conference "Innovative Technologies and Environmental Protection" Kutaisi. 2012. p. 78-80.
3. Supatashvili T. Impact of industrial waste from Chord barite enrichment plant on the ecological conjuncture of the environment. International Scientific-Practical Conference "Innovative Technologies and Modern Materials" p. 260-262.
4. Tabatadze M. "Assessment of the modern ecological condition of the rivers of Eastern Georgia taking into account the anthropogenic load on them. Tbilisi. 2009.
5. Tbilisi Waste Management Concept. 2006

საწარმოო ნარჩენების უტილიზაციის პრობლემები და მათი როლი გარემოს დაბინძურებაში

თ. სუპატაშვილი¹⁾, შ. კუპრეიშვილი²⁾, მ. შავლაყაძე³⁾, პ. სიჭინავა²⁾

¹⁾ საქართველოს უნივერსიტეტი

²⁾ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

³⁾ თბილისის ჰუმანიტარული სასწავლო უნივერსიტეტი
თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: სტატიაში განხილულია საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული მადან-მომპოვებელი და გადამამუშავებელი საწარმოების ნარჩენები, რომლებიც დასაწყობებულია საწარმოების ტერიტორიაზე. ნარჩენების უკონტროლო განთავსების გამო წვიმის წყლით ხდება მათი ჩარეცხვა და მძიმე მეტალები ხვდება ახლომდებარე მდინარეების წყლებში.

შესწავლილია მძიმე მეტალების შემცველობა მდინარეებში: კაზრეთულა და მაშავერა და შედარებულია შესაბამის ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციებთან.

საკვანძო სიტყვები: სამრეწველო ნარჩენები, დაბინძურება, მძიმე მეტალები.

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ И ИХ РОЛЬ В ЗАГРЯЗНЕНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Супаташвили Т.¹⁾, Купрейшвили Ш.²⁾, Шавлакадзе М.³⁾, Сичинава П.²⁾

¹⁾ Грузинский университет

²⁾ Институт водного хозяйства им. Ц.Е.Мирцхулава
Грузинского технического университета

³⁾ Тбилисский гуманитарный педагогический университет
Тбилиси, Грузия

Аннотация. В статье рассматриваются находящиеся на территории Грузии отходы рудо добывающих и перерабатывающих предприятий, которые складированы на территории этих предприятий.

Из-за неконтролируемого удаления отходов, они смываются дождевой водой, и тяжелые металлы попадают в водах близлежащих рек.

Изучено содержание тяжелых металлов в реках Казретула и Машавера и проведено сравнение с соответствующими предельно допустимыми концентрациями.

Ключевые слова: промышленные отходы, загрязнение, тяжелые металлы.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕЛЕОПАСНОСТИ ГОБУСТАНА (на примере бассейна р. Пирсаатчай)

Тарихазер С.А., Гамидова З.А.

Институт географии им. акад. Г.А. Алиева НАН Азербайджана.

пр. Г.Джавида, 115, Баку, AZ1143, Азербайджан

E-mail: kerimov17@gmail.com, zernura@gmail.com

Аннотация. В последние годы происходит интенсивное освоение горных территорий Азербайджана в целях развития туристической инфраструктуры. В результате этого происходит активизация развития опасных геоморфологических процессов.

Целью работы является исследование основных условий формирования селевых очагов и раскрытие факторов селевой опасности на примере одной из рек территории Большого Кавказа, а именно Гобустана – р. Пирсаатчай. При этом, в ходе исследования селевой опасности основным материалом послужили полевые исследования и аэрокосмоснимки (АКС) высокой генерализации и обзорности. Проведен геоморфологический анализ бассейна р. Пирсаатчай и составлена карта-схема селевой опасности.

Ключевые слова: рекреация, сель, селевая опасность, аэрокосмоснимок, дешифрирование.

ВВЕДЕНИЕ

В конце XX в. и в начале XXI в. быстро развивающаяся рекреация стала одной из важных отраслей хозяйства Азербайджана. Главная проблема рекреационной освоенности территории – охрана природы, различные аспекты которой следует учитывать при создании территориальных рекреационных систем. Осуществление рекреационной деятельности требует научного обоснования с учетом оценки исследуемой территории для пригодности различных видов туризма и рекреации. Опасные геоморфологические процессы являются проблемой для туристического развития территории Гобустана, решение которой связано с разработкой рациональных способов и мер защиты, а также с выявлением безопасных зон для перспективной застройки и прокладки туристических маршрутов[1]. Следовательно, при определении туристической благоприятности территории нельзя не учитывать природные опасности и риски. Среди опасных геоморфологических процессов ведущую роль на территории Гобустана занимают проявления сейсмичности и оживление различного ранга разломных нарушений, грязевой вулканизм, активизация оползней, селей и др.

В Гобустане селевые процессы, по сравнению с южным и северо-восточным склонами Большого Кавказа, проявляются не столь интенсивно и масштабно по причине меньших абсолютных высот, аридности климата (количество выпадающих атмосферных осадков составляет 200-400 мм/год). Здесь атмосферные осадки ливневого характера выпадают после продолжительного засушливого периода. Формирование и выпадение обильных атмосферных осадков (количество выпадающих осадков за короткий промежуток времени может достигнуть 30 мм и более) обусловлено зональной циркуляцией и местными атмосферными процессами [2].

Селевые потоки проявляются на относительно крупных реках Гобустана, а именно р.р. Сумгаитчай, Джейранкечмез и Пирсаатчай. Однако, наиболее репрезентативным для изучения селевых процессов является р. Пирсаатчай. Например, 12 июля 2020 г. селевой поток на р. Пирсаатчай в селении Поладлы нанес серьезный ущерб сельским жителям. Затоплено более 20 частных домов, разрушены сельские дороги, улицы покрыты толстым слоем ила. Сель разрушил небольшой мост над р. Пирсаатчай, повредил большой мост, смыл одну из опор. В результате стихии вышли из строя линии газопровода, электричества и связи, повалены столбы и деревья.

ЦЕЛЬ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – на основе материалов дешифрирования АКС высокой генерализации и обзорности, а также полевых исследований и анализа фондового материала выявить геоморфологические факторы формирования селевых очагов на р. Пирсаатчай. АКС дают возможность с большей степенью и достоверностью выделять геосистемы, формируют предпосылку для системного анализа селевых потоков и осуществления их отображения на геоморфологических картах. Нами в основном использовались АКС высокого разрешения CNES/Airbus, Maxar Technologies (GeoEye-1), и среднего разрешения Sentinel-2A и 2B. В основном нами было произведено визуальное и полуавтоматическое дешифрирование (классификация с обучением) в среде ArcGIS.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Долины рек Гобустана, пройдя сложный путь развития, со времени их заложения имеют весьма сложное морфологическое строение. Для них характерны чередование расширенных отрезков долин с узкими каньонообразными участками, что связано с пересечением реками тектонических структур, испытывающих различные по интенсивности и направленности, новейшие движения и сложенных породами различной денудационной устойчивости.

В Гобустане наблюдаются различные соотношения речных долин с тектоническими структурами: в одних случаях они вложены в синклинали, в других случаях следуют по оси или крыльям антиклинальных структур, третьих, переходя с одной структурной зоны в другую, приобретают коленообразное строение. Пересекая несколько структур, они образуют довольно короткие, узкие антецедентные участки. Речные долины в определенных отрезках следуют также вдоль разрывных нарушений. Современные речные долины юго-западной, южной и всей восточной части Гобустана заложены в позднем плиоцене. В Северном и Северо-Западном Гобустане они были заложены несколько раньше, т.е. в миоцене, раннем и среднем плиоцене. В целом, речные долины рассматриваемого региона в современном плане оформились в позднеплиоцен-плейстоценовое время, когда вся область юго-восточного погружения Большого Кавказа была вовлечена в общее поднятие. Анализ фаций и мощностей отложений показывает, что еще в начале позднего плиоцена почти вся территория Гобустана и прилегающие районы, свободные от морских вод акчагыльского бассейна, представляла собою обширные, слабо волнистые, наклонные равнины типа абразионно-денудационных поверхностей выравнивания. И лишь с конца акчагыльского века, в особенности со среднего абшерона, темпы поднятий усиливаются. В этой связи реки начинают врезаться и формировать свои долины. На фоне общих сводовых (скорее переклиналиных) поднятий всей области отдельные локальные структуры и их зоны опережают в своем росте общее поднятие всего региона и этим оказывают существенное влияние на развитие и перестройку речной сети области. Эрозионная же деятельность рек, в условиях широкого развития почти по всему региону относительно малоустойчивых против эрозии толщ, значительно меняет морфологический эффект выражения структур в рельефе.

Река Пирсаатчай берет свое начало за пределами Гобустана. Общая длина реки 199 км, площадь водосбора составляет 2290 км². Долина не имеет постоянного водотока. В питании реки доминирующая роль принадлежит дождевым водам. Верховья ее имеют широкое плоское дно, лишь при пересечении положительных тектонических структур и литологически устойчивых к размыву пород, она сужается, образуя узкие глубокие ущелья с крутыми склонами. Обратное наблюдается в синклиналиных участках, где долина сильно расширяется, склоны становятся пологими. Расширению долины способствуют также многочисленные оползни, осложняющие склоны и образующие террасовидные уступы. В долине р. Пирсаатчай выделяются от 9 [3] до 14[4] террас.

В районе города Шамаха долина, сильно расширяясь, образует плоское дно, шириною до 150-200 м. В местах, где долина приурочена к крыльям антиклиналей, она имеет асимметричную форму. Асимметрия долин на этих участках еще более способствует интенсивному развитию оползневых процессов (рис. 1) (таблица 1).



Рис. 1. Оползневые процессы в долине р. Пирсаатчай

Таблица 1

Даты прохождения наиболее опасных селевых потоков на р. Пирсаатчай^{*)}

№	Дата прохождения селя	Причины селя	Последствия селя
1	2	3	4
1	17.05.1940	ливень	Затоплены вблизи реки земельные участки города Шамаха. Илом затоплены жилые дома с. Рянджбяр
2	17.05.1941	//-//	Разрушена основа моста в направлении Баку-Шамаха, затоплены значительные участки посевных бахчевых посевов
2	01.10.1951	//-//	Затоплены территории сс. Хыдырлы и Рянджбяр
3	21.04.1960	//-//	Затоплены земельные участки города Шамаха
3	20.08.1962	//-//	Затоплены земельные участки города Шамаха
4	06.07.1963	//-//	Разрушен 30-тонный мост в направлении дороги Баку-Шамаха и каменный мост вблизи станции Сангачал. Есть людские потери
5	06.06.1958	//-//	Затоплены земельные площади города Шамаха, с. Губалы. Разрушен мост через дорогу Баку-Шамаха
6	06.07.1963	//-//	Затоплены земельные площади вблизи станции Сангачал
7	27.04.1967	//-//	Затоплены несколько участков территории с.с. Дамирчи, Арчиман и Гаси
8	07.06.1968	//-//	Затоплены земельные площади вблизи станции Сангачал
9	06.06.1972	//-//	Поврежден мост города Шамаха. Затоплены жилые дома и посевные площади р. Рянджбяр
10	14.06.1975	//-//	Затоплены незначительные территории города Шамаха
11	17.05.2017	//-//	В с. Поладлы селевые воды заполнили подвалы частных жилых домов, более 200 голов домашней птицы погибло

12	12.07.2020	//-//	Селевой поток в с. Поладлы нанес серьезный ущерб сельчанам. Затоплено более 20 частных домов, разрушены сельские дороги, улицы покрыты толстым слоем ила. Сель разрушил небольшой мост над р. Пирсаат, повредил большой мост, смыв одну из опор. В результате стихии вышли из строя линии газопровода, электричества и связи, повалены столбы и деревья
----	------------	-------	---

*) По данным Махмудова Р.Н. [4], с дополнением Тарихазер С.А. [1]

Развитие и формирование грязевого селевого потока осложняется и в связи с морфологическим строением основной реки. При пересечении долиной р. Пирсаатчай Дзоголовинской котловины плоское дно долины расширяется. Дно долины здесь сложено преимущественно галечниками первой надпойменной террасы (1-1,5 м), шириною 2-2,5 км. Значительную ширину имеет также вторая терраса (до 2 км), сложенная суглинками, песками и галечниками. Ниже сел. Тассы долина р. Пирсаатчай вновь сужается, вследствие пересечения ею антиклинального поднятия, сложенного плотными известковистыми песчаниками, и приобретает каньонообразную форму. Особенно она узка в двух местах – ниже сел. Тассы и выше сел. Губалы при пересечении долиной антиклинальных структур. В этом районе долина врезается в Гюнгермезский хребет узким и коротким каньоном, образуя Гюнгермезское ущелье. В сужении ниже сел. Тассы и на востоке до сел. Губалы наблюдаются низкие – первая галечниковая (2-3 м), вторая и третья (7,9-10 м), сложенные галечниками и суглинками - аккумулятивные террасы. Имеют место также остатки эрозионных средних и высоких террас (50-60 м и 80 м). Ниже сел. Губалы долина р. Пирсаатчай, пересекая широкую плоскую котловину Сябятдюзю, длиною до 10 км, вновь расширяет свое дно до 4-5 км, занятое серией террас: первая – 2-3 м, вторая – 7 м, третья – 9-10 м. Ниже р. Пирсаатчай пересекает антиклинальный хребет Беюк Харам и выходит на обширную депрессию – Навагинскую равнину, сложенную суглинисто-галечными наносами низких террас (0,5-1 м, 4-5 м, 9 м и реже 15 м).

При стратификации речных террас Гобустана они коррелировались с фаунистически охарактеризованными морскими террасами [Ширинов Н.Ш., 1993]. Например, 55-60 метровая терраса, присутствующая во всех долинах в районе города Шамаха и на склонах Хараминского хребта, сопрягается с террасой, сложенной конгломератово-песчано-глинистыми отложениями, содержащими характерную раннехвалынскую фауну. Террасы, лежащие выше 55-60 м, являются древнехвалынской. Четко увязываются низкие террасы (первая и вторая в низовьях долин р.р. Сумгаитчай, Джейранкечмез) с новокаспийскими морскими террасами. Третья и четвертая террасы увязываются с верхнехвалынской морской террасой. Пятая терраса р. Джейранкечмез (район г. БеюкКянияздаг) сливается с 80 метровой верхнехазарской морской террасой. Терраса с относительными высотами 240-260 м в районе возвышенностей Гырдаг и Кяфтарандаг сопрягается с морской бакинской террасой, что позволяет связывать образование террас с отметкой от 70 до 200 м с хазарским временем. При определении возраста высоких террас учитывались их соотношения с поверхностями выравнивания и с аналогичными в высотном отношении террасами северо-восточного склона Большого Кавказа, которые четко коррелируются с морскими террасами [Будагов Б.А., 1993].

На р. Пирсаатчай в формировании и прохождении селей важную роль играют русловые и террасовые отложения. Русловые отложения, в основном, представлены мелкозернистыми отложениями, местами смешанные грубообломочным материалом.

Как было отмечено выше, в последние десятилетия в горных районах азербайджанской части Большого Кавказа активно развивается рекреационно-туристическая индустрия, в связи с чем все больше объектов инфраструктуры, а именно здания, автодороги и др. строятся без надлежащего учета опасных экзогеоморфологических процессов, в том числе и на селеопасных участках. Поэтому, все большее значение имеет повышение точности прогноза развития и учета селеопасных процессов [6]. Одним из эффективных методов для этих исследований является эколого-геоморфологическое картографирование на основе интерпретации материалов дешифрирования АКС. Нами в ходе исследования была составлена карта-схема риска селевой опасности на р. Пирсаатчай [7] (рис. 2).

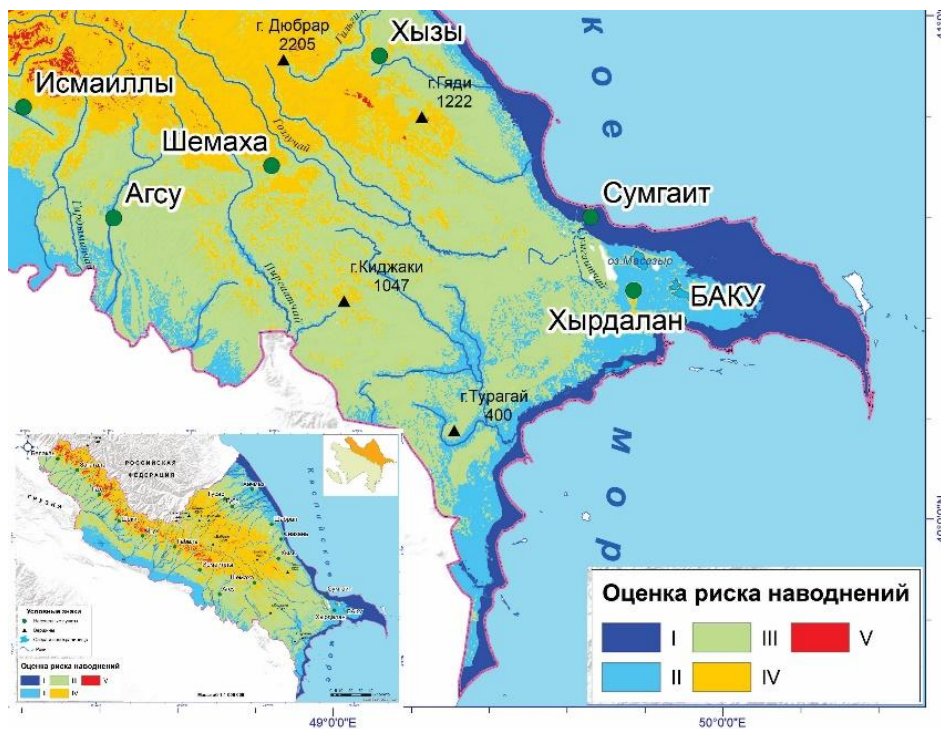


Рис. 2. Карта-схема риска селевой опасности на р. Пирсаатчай Большого Кавказа

1. Территории, где не наблюдаются селевые явления - I балл;
2. Территории с потенциальной селевой опасностью – II балла;
3. Территории со слабой селевой опасностью (раз в 5-10 лет, возможен 1 сильный сель) – III балла;
4. Территории со средней селевой опасностью (раз в 3-5 лет, возможен 1 сильный сель) – IV балла;
5. Территории с высокой селевой опасностью (раз в 2-3 года, возможен 1 сильный сель) – V баллов.

ВЫВОДЫ

По нашему мнению, все селевые потоки, прошедшие за время наблюдения, по своим показателям являются классическими. Изучение условий их образования, механизма перемещения, количества вынесенного материала дает возможность разработать более рациональные меры борьбы со структурными селями. Использование АКС дало возможность выявить закономерности внутренней дифференциации, структуры и особенности геоморфологического строения бассейна р. Пирсаатчай с развитыми селевыми очагами. Составленная карта-схема риска селевых потоков может служить результативным способом для ответственных исполнителей в области принятия решений митигации чрезвычайных обстоятельств в Азербайджане и в аналогичных горных областях Альпийско-Гималайского пояса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарихазер С.А. Количественная оценка рекреационного потенциала рельефа предгорных территорий Азербайджана (на примере Гобустана) //Материалы IV Международной конференции, посвященной 70-летию проф. С.Р. Ердавлетова «Казахстанский туризм: вчера, сегодня, завтра». Алматы, 19-21 мая 2011. с. 67-70
2. Эюбов А.Д. Климатические факторы формирования селей в горах Азербайджана // В кн.: Материалы V Всесоюз. совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1962. с. 49-55
2. Керимов Г.А. Морфометрический и морфоструктурный анализ рельефа Гобустана. Автореф. канд. дис. Баку, 1982. 29 с.
3. Ширинов Н.Ш. Гобустан // В сб. «Рельеф Азербайджана». Баку: «Элм», 1993. с. 160-164
4. Махмудов Р.Н. Каталог селевых процессов. Баку, 2008. С. 104
5. Будагов Б.А. Сели // В сб. «Рельеф Азербайджана». Баку: «Элм», 1993. с. 35-45
6. Гамиова З.А. Оценка морфодинамической напряженности рельефа селеопасных территорий (на примере южного склона Большого Кавказа). Автореф. на соиск. уч. степени канд. географ. наук. Баку, 2011. 24 с.
7. Tarikhazer S.A. The geographical prerequisites for the identification and prevention of dangerous geomorphological processes in the mountain geosystems of the Alpine-Himalayan belt (on the example of the Major Caucasus of Azerbaijan) // Journal of Geology, Geography and Geoecology. Украина, Днепрпетровск, № 1, 2020.С. 176-187DOI <https://doi.org/10.15421/112016>

ENGINEERING-GEODYNAMIC AND ECOLOGICAL-GEODYNAMIC DATA - MANDATORY COMPONENTS OF JUSTIFICATION OF ENVIRONMENTAL PROTECTION PROJECTS

Trofimov V., Kharkina M., Barykina O.

Lomonosov Moscow State University
GSP-1, 1 Leninskiye Gory, 119991, Moscow, Russia

E-mail: kharkina@mail.ru

Annotation. The difference between the assessment of geological processes in engineering-geodynamic and ecological-geodynamic studies is shown. Ecologically-oriented classification of geological processes is given, based on the possible victims of the manifestation of certain geological processes. Provides information about the regulatory and technical basis of Russia in the study of geological processes in the engineering and geological and environmental engineering surveys. The necessity of taking into account engineering-geodynamic and ecological-geodynamic data in drawing up environmental protection projects is shown.

Keywords: geological processes, classifications, engineering surveys, environmental consequences.

INTRODUCTION

Engineering-geodynamic and ecological-geodynamic studies have geological processes as one of the objects of research, but they consider them in different systems. In the case of engineering-geodynamic studies, carried out within the framework of engineering-geological surveys, the lithotechnical system is considered and the main purpose of these studies is to assess the stability of buildings and structures under the occurrence of geological processes. In the case of ecological-geodynamic researches performed within the framework of engineering-ecological researches geological processes are considered in another - in ecological-geological system and their main purpose - assessment of safety and comfort of human and other biota living. Each type of survey works in the Russian Federation has its own normative and technical documents (Table 1).

What is engineering-geodynamic data? This is data on the morphology, mechanism, engineering and geological causes of geological processes, as well as spatial and temporal patterns of their formation and further development in the massifs of the upper horizons of the lithosphere in the course of its natural development or in connection with engineering and economic, especially with engineering and construction activities of mankind [1].

Tectonic movements, stress-strain state of soil massifs, their composition and properties, modern relief, ground and surface water activity, climate, as well as technogenic factors play a major role in the formation of modern geological processes.

Genetic and morphological classifications of geological processes are used in the evaluation of engineering-geodynamic data. Issues of classification of geological processes are considered in works by I.V. Popov (1959), V.D. Lomtadze (1977), A.I. Sheko (1980), G.S. Zolotarev (1983). All of them are compiled according to the genetic feature and cover either the whole variety of processes (general classifications) or are devoted to one process only and then they are private classifications (for example, classification of landslides).

Table 1

Advantages and disadvantages of regulatory and technical standards in the study of geological processes

Regulatory and technical standards		Advantages	Disadvantages
SNIP 11-02-96 Engineering-geological surveys for construction. General provisions			Does not contain a list and composition of works on the study of processes
	SP 11-102-97 Engineering and environmental surveys	It is possible to study the processes as part of other types (engineering-geological and engineering-hydrometeorological) surveys	
SNIP 22-01-95 Geophysics of natural hazards		The hazard categories of processes; geological (abiotic) indicators of assessment processes	
	SP 115.13330.2016 Geophysics of natural hazards		
	SP 47.13330.2016 Engineering surveys for construction. General provisions	The study of hazardous processes is part of the basic work	Excessive time limitation for the results used by the processes
	SP ...2021 Engineering and environmental surveys for construction (proj.)	Classification of processes by ecological consequences is given	

What is the ecological-geodynamic data? It is data on the impact of geological processes on the biota, both from the position of assessing possible disasters and the comfort of living (the latter applies to the human community) [2-3]. Assessment of the intensity of the geological process manifestation is based on engineering-geological data, but conclusions from this assessment are made other - what are the environmental consequences of the manifestation of processes.

Ecological consequences of geological processes depend on the *population density and the degree of territory development* [4]. For example, earthquakes, even of maximum intensity, may not lead to human casualties if they occur in areas with low population density. Such effects were seen in the Gobi-Altai earthquake of December 4, 1957 with a magnitude of 8.1 (12 on the MSK-64 scale at the epicentre), which affected sparsely populated areas of Mongolia, southern Buryatia, and the Irkutsk and Chita regions of Russia and Northern provinces of China.

The social and ecological consequences of the manifestation of the processes depend on *the availability of engineering protection*. It is not a secret that destruction of buildings and death of people under the debris caused by the Neftegorsk earthquake on May 27-28, 1995, M=7.2 is connected with the construction of large-panel houses without using earthquake engineering [5].

During the evaluation of ecological-geodynamic data used environmentally oriented classifications based on possible victims from the manifestation of certain processes, as well as temporal and spatial characteristics of one or another process (Fig. 1).

CONCLUSIONS

Engineer-geologists and ecogeologists in the process of research create information about the current state and forecast of all categories of geological processes development under the influence of natural and technogenic factors. Consideration of this information is mandatory in the justification of projects of environmental protection and the forecast of its changes. Without taking into account these data projects, which may be called "Environmental Protection of some object" will not be effective as a science "without one hand".

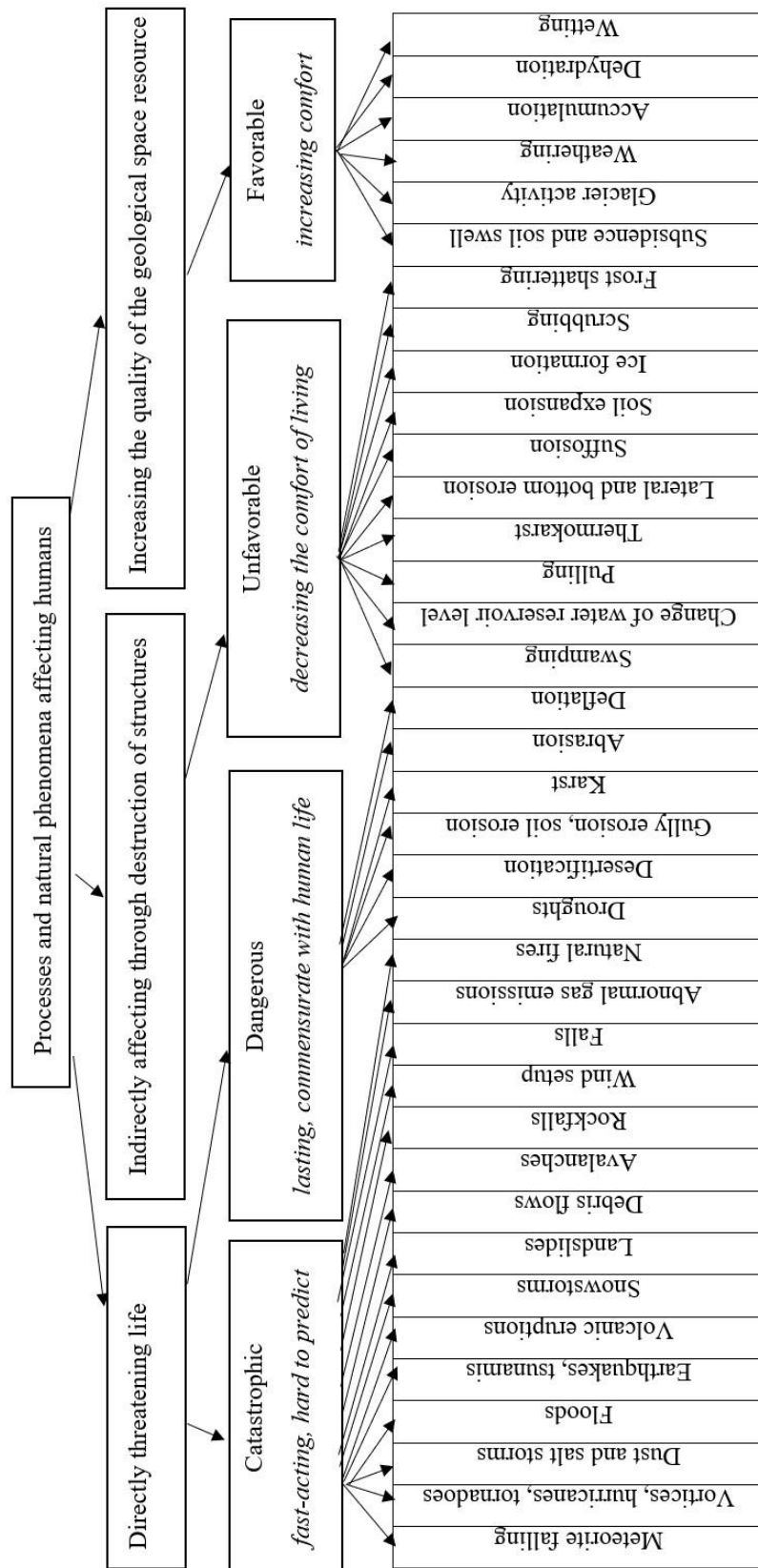


Fig. 1. The systematic of natural processes according to the nature of the impact on humans

REFERENCES

1. Engineering Geology of Russia. Volume 2. Engineering Geodynamics of Russia / Edited by V.T. Trofimov and E.V. Kalinin. Moscow: KDU Publishing House, 2013. 816 p. (in Russian)
2. Trofimov V.T., Kharkina M.A., Grigoryeva I.Yu. Ecological Geodynamics. Moscow: KDU Publishing House, 2008. 473 p. (in Russian)
3. Trofimov V.T. About a number of theoretical positions of the study and assessment of dangerous natural processes in engineering and environmental surveys // Engineering Research, Vol. 13, No. 2, 2019. pp. 6-15. (in Russian)
4. Koff G. L. Economic assessment of the consequences of catastrophic earthquakes / Koff G. L., Gusev A. A., Kozmenko S. N. Under scientific edition of Poltavtsev S. I. Russian Academy of Sciences, Institute of Lithosphere et al. Moscow. 1996.199 p.(in Russian)
5. Modern Geodynamics of the Lithosphere and its Ecological Consequences / Edited by V.T. Trofimov. Moscow. Moscow University Press, 2019. 256 p. (in Russian).

DYNAMICS OF SURFACE WATER QUALITY IN RECREATIONAL AREAS LOCATED IN KHARKIV CITY

Utkina K., Garbuz A., Kulyk M.

V. N. Karain Kharkiv National University

Svobody sq. 4, 61022, Kharkiv, Ukraine

E-mail: k.utkina@karazin.ua

Annotation. The paper presents analysis of dynamics in water quality for four main recreational areas located in Kharkiv: Zhuravlevskiy Hydropark, Oleksiivskiy Lugopark, Udyanskiy Hydropark and Osnovyanske Lake. Period of study: 2006-2020, time: May-June and August-September. Average data are presented. Laboratory data were compared with national UA standards and European ones. Conclusions were made for the following key parameters: dissolved oxygen and BOD₅, total mineralization, biogenic substances content, Oil products and surfactants, toxic heavy metals content. Recommendations for improvement of water quality were developed.

Keywords: surface water quality, recreational area, chemical analysis.

INTRODUCTION

Kharkiv is the second largest city in Ukraine with population more than 1.5 million people. There are several types of recreational areas where residents can spend their free time. Areas located near rivers and lakes are the most popular among residents during May - September period. For such types of recreational area, water quality and available infrastructure are very crucial. Every year, before the start of the summer season, local authorities make control field trips for assessment of water quality.

The main four rivers that flow through Kharkiv territory are: (i) the Udy River, which belongs to the medium-sized rivers (catchment basin - 3864 km², length - 164 km) and is a tributary of the Seversky Donets; (ii) the Lopan River, a tributary of the Udy River, which also can be classified as a middle river (catchment basin - 2000 km², length - 96 km), (iii) the Kharkiv River, a tributary of the Lopan River, which belongs to small rivers (catchment basin - 1160 km², length - 71 km), (iv) the Nemyshlya River - a small river (catchment basin - 72.2 km², length - 27 km) that flows into the Kharkiv River. The total length of rivers within the city territory is about 58 km. Kharkiv's rivers are shallow, with a low flow velocity, and are subject to significant anthropogenic impact. There are many natural and man-made reservoirs, associated with these rivers - more than 20 reservoirs are located on the territory of Kharkiv. Local population usually use them for recreation purposes: swimming, sunbathing, fishing etc. [1]

All surface waters suffer from various pollution sources, the most significant ones are discharges of treated and insufficiently treated municipal and industrial wastewaters, urban and agricultural surface runoff, runoff from landfills [2, 3]. The main pollution sources in Kharkiv are Dykanivski WWTP (138,92mln m³ per year) and Bezludivski WWTP (51,03 mln m³ per year). They both belong to Kharkiv Vodokanal Municipal Company and their discharges amount 46 % from total discharges for the whole river basin. [4]. Surface water quality is very important for both recreation activity and economic activity of the city.

The aim of the paper is to assess dynamics of water quality in four main recreational areas in Kharkiv and to develop recommendations for improvement of water quality.

MAIN PART

Description of water bodies

There are several recreational areas in Kharkiv, but most popular are Zhuravlevskiy Hydropark, Oleksiivskiy Lugopark, Udyanskiy Hydropark and Osnovyanske Lake. They are located in different districts of Kharkiv. (Fig 1) [5].

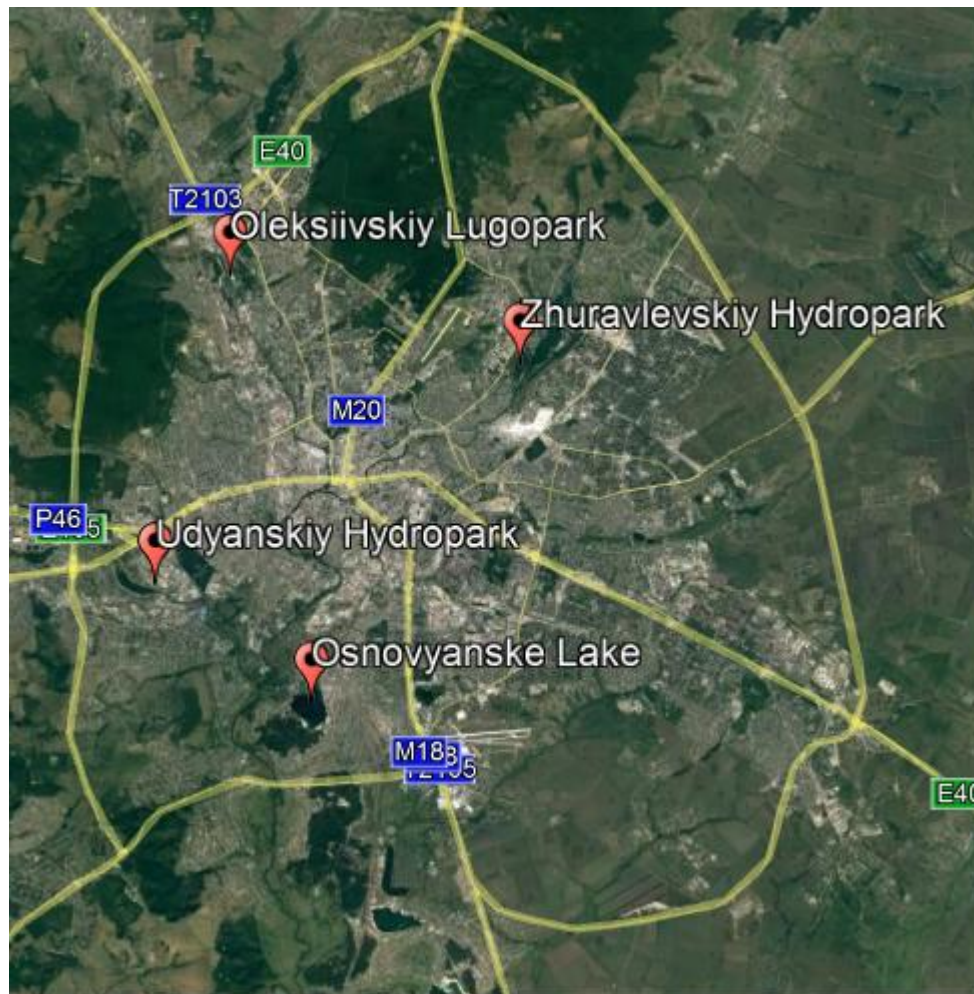


Fig. 1. Location of four main recreational areas in Kharkiv: Zhuravlevskiy Hydropark, Oleksiivskiy Lugopark, Udyanskiy Hydropark and Osnovyanske Lake

Zhuravlevskiy Hydropark is located on the Kharkiv River, it was constructed together with small dam and was opened in 1962. The reservoir has semi-closed aquatorium with low water exchange in the low-water period; this fact explains why the water in some years has very poor quality especially on organoleptic parameters. The water mirror area is 1340 000 m². Its aquatoria is completely located within the residential area of the Kharkiv City in Kievskiy District [1].

Oleksiivskiy Lugopark is located on the Lopan River, it was created due to construction of Pavlivska dam in 1965 (dam was reconstructed in 2009). The reservoir has low water exchange in low-water periods. The water mirror area is 230 000 m². Aquatoria is located on the territory of six residential parts of the Kharkiv City within Shevchenkivsky and Holodnogrirsky Districts [1].

Udyanskiy Hydropark was set up in 1971 due to construction of Novobavarska dam, is located on the Udy River (dam was reconstructed in 2010). The reservoir has also a low water exchange during low-water periods. The water mirror area is 350 000 m². Aquatoria is located on in the residential part of the city in Novobavarskiy District [1].

Osnovyanske Lake was created due to sand mining activity. The water mirror area is 430 000 m². Aquatoria is located on in the residential part of the city in Osnovyanskiy District [1].

Description of experiment and results

Water sampling was performed during 2006-2020. The time and season of sampling correspond to the periods of high and low water periods. According to hydrological parameters for Kharkiv, the spring flood period is April-May (rarely also includes the first decade of June), and the summer low water period is August - September. These periods are interested because local population use recreational areas, thus anthropogenic pressure is increasing and water quality is very important. Water quality is controlled by State Company “Kharkiv Oblast Center for Control and Prevention of Diseases” (under the Ministry of Health of Ukraine) and by local environmental authorities. [6]

Water samples analysis were performed in a certified Laboratory of Analytical Chemical Research of the Institute of Environmental Sciences, V. N. Karazin Kharkiv National University, we analysed the following parameter: pH, transparency, nitrates, nitrites, ammonia, dissolved oxygen, chlorides, total hardness, alkalinity, BOD₅, COD, total mineralisation, phosphates, oil products, surfactants, heavy metals. Laboratory methods and equipment were used. [7] For evaluation of water quality we used national standard “Hygienic requirements to composition and peculiarities of surface water bodies used for recreational and municipal purposes”, MAC values were taken for recreational areas, used for swimming, sport and rest of population. [8] Also EU Directive 2006/7/EC concerning the management of bathing water quality was used for assessment of water quality [9] Obtained average data for all periods are presented in Tables 1 – 4.

Table 1

Water quality in Zhuravlevskiy Hydropark, data of chemical analysis, average data

Parameter	Unit	Sampling period						MAC, Ukraine [8]	MAC, EU [9]
		2006-2010		2011-2015		2016-2020			
		15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.	15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.	15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.		
Transparency	cm	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≤ 100
pH	pH units	8,1	8,6	7,8	8,2	7,3	8,4	6,5-8,5	6-9
Dissolved oxygen	mgO ₂ /dm ³	3,8	4,6	4,0	4,3	3,2	4,2	≤ 4,0	-
BOD ₅	mgO ₂ /dm ³	4,2	4,0	4,4	4,1	4,4	3,6	≥ 4,0	-
Total mineralization	mg/dm ³	688	734	650	742	624	746	≤ 1000	≤ 1000
Ammonim nitrogen	mg/dm ³	0,8	1,2	0,65	1,85	0,5	2,2	≤ 2,0	1,0
Nitrite nitrogen	mg/dm ³	1,15	2,62	1,92	3,3	1,48	2,6	≤ 3,3	0,1
Nitrate nitrogen	mg/dm ³	18,2	24,7	15,8	26,7	22,3	34,1	≤ 50,0	30
Phosphates	mg/dm ³	1,2	1,45	0,85	1,2	0,24	0,29	≤ 3,5	3,5
Oil products	mg/dm ³	0,12	0,23	0,15	0,21	0,01	0,12	≤ 0,3	0,5
Surfactants	mg/dm ³	0,15	0,24	0,2	0,22	0,05	0,1	≤ 0,5	0,3
Cd	mg/dm ³	0,0009	0,001	0,0004	0,001	0,0005	0,0009	≤ 0,001	0
As	mg/dm ³	0,0012	0,002	0,002	0,0018	0,001	0,002	≤ 0,05	0
Hg	mg/dm ³	0,0002	0,0003	0	0,0001	0,0001	0,0001	≤ 0,0005	0
Pb	mg/dm ³	0,011	0,021	0,004	0,005	0	0	≤ 0,03	0

Table 2

Water quality in Oleksiivskiy Lugopark, data of chemical analysis, average data

Parameter	Unit	Sampling period						MAC, Ukraine [8]	MAC, EU [9]
		2006-2010		2011-2015		2016-2020			
		15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.	15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.	15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.		
Transparency	cm	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≤ 100
pH	pH units	7,32	7,56	7,68	7,80	7,67	7,85	6,5-8,5	6-9
Dissolved oxygen	mgO ₂ /dm ³	3,2	3,4	3,6	4,0	4,0	4,9	≤ 4,0	-
BOD5	mgO ₂ /dm ³	5,2	4,7	4,4	4,2	4,9	3,85	≥ 4,0	-
Total mineralization	mg/dm ³	483	548	516	591	504	532	≤ 1000	≤ 1000
Ammonim nitrogen	mg/dm ³	0,68	0,82	0,93	0,11	1,2	1,9	≤ 2,0	1,0
Nitrite nitrogen	mg/dm ³	2,1	2,4	1,96	2,85	1,85	2,3	≤ 3,3	0,1
Nitrate nitrogen	mg/dm ³	15,3	21,2	16,1	19,7	12,1	18,6	≤ 50,0	30
Phosphates	mg/dm ³	2,42	2,85	1,64	1,67	0,48	0,62	≤ 3,5	3,5
Oil products	mg/dm ³	0,06	0,1	0,11	0,12	0,07	0,11	≤ 0,3	0,5
Surfactants	mg/dm ³	0,08	0,11	0,04	0,06	0,07	0,08	≤ 0,5	0,3
Cd	mg/dm ³	0,0009	0,001	0,0004	0,001	0,0005	0,0009	≤ 0,001	0
As	mg/dm ³	0,0012	0,002	0,002	0,0018	0,001	0,002	≤ 0,05	0
Hg	mg/dm ³	0,0002	0,0003	0	0,0001	0,0001	0,0001	≤ 0,0005	0
Pb	mg/dm ³	0,011	0,021	0,024	0,025	0,022	0,029	≤ 0,03	0

Table 3

Water quality in Udyanskiy Hydropark, data of chemical analysis, average data

Parameter	Unit	Sampling period						MAC, Ukraine [8]	MAC, EU [9]
		2006-2010		2011-2015		2016-2020			
		15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.	15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.	15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.		
Transparency	cm	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≤ 100
pH	pH units	7,42	7,67	7,75	7,91	7,63	7,84	6,5-8,5	6-9
Dissolved oxygen	mgO ₂ /dm ³	4,26	4,28	4,15	4,23	4,25	4,62	≤ 4,0	-
BOD5	mgO ₂ /dm ³	4,22	4,35	4,02	3,88	4,8	3,24	≥ 4,0	-
Total mineralization	mg/dm ³	798	853	847	875	842	864	≤ 1000	≤ 1000
Ammonium nitrogen	mg/dm ³	2,0	1,94	2,11	2,18	1,83	2,06	≤ 2,0	1,0
Nitrite nitrogen	mg/dm ³	1,44	1,80	2,35	2,66	2,24	2,91	≤ 3,3	0,1
Nitrate nitrogen	mg/dm ³	28,41	19,65	24,5	29,4	30,5	39,3	≤ 50,0	30
Phosphates	mg/dm ³	1,71	1,86	1,54	1,63	0,46	0,84	≤ 3,5	3,5
Oil products	mg/dm ³	0,11	0,31	0,05	0,05	0,04	0,14	≤ 0,3	0,5

Surfactants	mg/dm ³	0,41	0,38	0,14	0,21	0,21	0,33	≤ 0,5	0,3
Cd	mg/dm ³	0	0	0	0,00051	0,0007	0,001	≤ 0,001	0
As	mg/dm ³	0	0	0,00011	0	0,0005	0,0002	≤ 0,05	0
Hg	mg/dm ³	0	0,0001	0	0,0000	0	0	≤ 0,0005	0
Pb	mg/dm ³	0,001	0,0012	0,006	0,007	0,011	0,015	≤ 0,03	0

Table 4

Water quality in Osnovyanske Lake, data of chemical analysis, average data

Parameter	Unit	Sampling period						MAC, Ukraine [8]	MAC, EU [9]
		2006-2010		2011-2015		2016-2020			
		15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.	15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.	15 May – 15 June	15 Aug. – 15 Sept.		
Transparency	cm	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≥ 30	≤ 30	≤ 100
pH	pH units	8,0	8,34	8,16	8,26	8,1	8,45	6,5-8,5	6-9
Dissolved oxygen	mgO ₂ /dm ³	3,1	3,9	3,34	3,96	3,07	4,0	≤ 4,0	-
BOD ₅	mgO ₂ /dm ³	4,6	4,22	5,2	4,16	4,91	5,02	≥ 4,0	-
Total mineralization	mg/dm ³	829	947	913	944	956	984	≤ 1000	≤ 1000
Ammonim nitrogen	mg/dm ³	0,44	1,21	0,85	0,93	1,1	1,96	≤ 2,0	1,0
Nitrite nitrogen	mg/dm ³	1,85	1,96	2,17	2,46	1,44	2,23	≤ 3,3	0,1
Nitrate nitrogen	mg/dm ³	22,8	26,15	28,45	29,31	26,2	32,8	≤ 50,0	30
Phosphates	mg/dm ³	2,84	3,15	1,18	1,51	0,51	0,62	≤ 3,5	3,5
Oil products	mg/dm ³	0,04	0,005	0,07	0,09	0,08	0,15	≤ 0,3	0,5
Surfactants	mg/dm ³	0,19	0,11	0,06	0,15	0,24	0,26	≤ 0,5	0,3
Cd	mg/dm ³	0,0004	0,0005	0,0006	0,007	0,001	0,001	≤ 0,001	0
As	mg/dm ³	0	0	0	0	0	0	≤ 0,05	0
Hg	mg/dm ³	0	0	0,0001	0	0,0002	0,0003	≤ 0,0005	0
Pb	mg/dm ³	0,005	0,007	0,006	0,006	0,015	0,024	≤ 0,03	0

DISCUSSION OF RESULTS

Dissolved oxygen and BOD₅ are main criteria for assessment of organic pollution. There are various natural and anthropogenic sources making inputs of organic pollutants. In surface water BOD₅ should vary from 0,5 to 5,0 mg/dm³ depending on season and physiological and biochemical activity of microorganisms. As we see, there are deviations from norms in water samples from Zhuravlevskiy Hydropark and Udyanskiy Hydropark during all 15 year period: higher by 0.6-0.9 mg/dm³ for dissolved oxygen and lower by 0.3-1.2 mg/dm³ for BOD₅. We also can see violation of dissolved oxygen norms for dissolved oxygen and BOD₅ in Oleksiivskiy Lugopark during last 5 years. These can be a signal of excessive amount of organic pollution of water bodies as a result of an increase pressure on the recreational area and the creation of illegal beaches with a large number of people around the studied water bodies.

Total mineralization in water bodies is average 695 mg/dm³ for Zhuravlevskiy Hydropark, 523 mg/dm³ for Oleksiivskiy Lugopark, 930 mg/dm³ for Osnovyanske Lake and 850 mg/dm³ for Udyanskiy Hydropark. It corresponds to normal mineralization level.

Biogenic substances content (namely nitrogen and phosphorus compounds) is the key parameter for hydrochemical characteristic of water quality and water ecosystem state. These parameters show the eutrophication level and velocity, that is the cause of sharp deterioration of water quality and death of water life. Our data shows that in spring they are 1.5-2.2 times lower than in summer that can be explained by the season, lighting and temperature. On the concentration of nitrogen-containing substances, the most polluted (in terms of the content of ammonium nitrogen and nitrite nitrogen) during the 15-year period is Udyanskiy Hydropark (the average is 2.02 mg/dm³ and 2.23 mg/dm³, respectively); we see also the highest pollution by nitrate nitrogen of the water in Udyanskiy Hydropark (28.63 mg/dm³) and Osnovyanske Lake (24.29 mg/dm³). Excess of the MAC on ammonium nitrogen was identified in waters from Zhuravlevskiy Hydropark and Udyanskiy Hydropark during the low-water period that indicates an excessive anthropogenic load on these objects, since the number of local population during this period increases in more than 10 times compared to the spring period. However, we should note a positive tendency in water quality: decrease phosphates by 5 times in all four water bodies during 15 years of research.

Oil products and surfactants

During the study period, we have identified oil films and oily stains on the water surface only three times in Zhuravlevskiy Hydropark and two times in Osnovyanske Lake. These were associated to washing of cars and animals. At the same time chemical analysis have shown that oil products were lower than MAC and surfactants were two times lower than MAC.

Toxic heavy metals

Fortunately, we can indicate a constant decrease of pollution by As and Hg during last 15 years in all four water bodies. On the contrary, the content of Pb and Cd in the waters of the Zhuravlevskiy Hydropark and Oleksiivskiy Lugopark has increased by 2.5 - 3 times over the last 5 years that is the result of anthropogenic pressure. These reservoirs are located very closed to key highways, and the number of vehicles over the last 5 years has increased in 4 times, therefore, the surface runoff from adjacent roads inputs much more toxic pollutants. Exceeding the MAC for the content of toxic metals has not been determined.

For improvement of water quality we have developed recommendations.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

1. Local population actively use four reservoirs (Zhuravlevskiy Hydropark, Oleksiivskiy Lugopark, Udyanskiy Hydropark and Osnovyanske Lake) for recreation. This causes increase in anthropogenic pressure on water ecosystem.
2. **Dissolved oxygen and BOD₅**: there are deviations from norms in water samples from Zhuravlevskiy Hydropark and Udyanskiy Hydropark during all 15 years period: higher by 0.6-0.9 mg/dm³ for dissolved oxygen and lower by 0.3-1.2 mg/dm³ for BOD₅. We also can see violation of norms for dissolved oxygen and BOD₅ in Oleksiivskiy Lugopark during last 5 years. **Total mineralization** in water bodies is average 695 mg/dm³ for Zhuravlevskiy Hydropark, 523 mg/dm³ for Oleksiivskiy Lugopark, 930 mg/dm³ for Osnovyanske Lake and 850 mg/dm³ for Udyanskiy Hydropark. It corresponds to normal mineralization level for rivers within city. **Biogenic substances content**: on the concentration of nitrogen-containing substances, the most polluted (in terms of the content of ammonium nitrogen and nitrite nitrogen) during the 15-year period is Udyanskiy Hydropark (the average is 2.02 mg/dm³ and 2.23 mg/dm³, respectively); we see also the highest pollution by nitrate nitrogen of the water in Udyanskiy Hydropark (28.63 mg/dm³) and Osnovyanske Lake (24.29 mg/dm³). Excess of the MAC on ammonium nitrogen was identified in waters from Zhuravlevskiy Hydropark and Udyanskiy Hydropark during the low-water period. However, we should note a positive tendency in water quality: decrease phosphates by 5 times in all four water bodies during 15 years of research. **Oil products and surfactants**: chemical

analysis has shown that oil products were lower than MAC and surfactants were two times lower than MAC. **Toxic heavy metals:** a constant decrease of pollution by as and Hg during last 15 years in all four water bodies. On the contrary, the content of Pb and Cd in the waters of the Zhuravlevskiy Hydropark and Oleksiivskiy Lugopark has increased by 2.5 - 3 times over the last 5 years that is the result of anthropogenic pressure. Exceeding the MAC for the content of toxic metals has not been determined.

3. Recommendations for improvement of water quality in recreational areas: (i) to perform regular monitoring of water quality; (ii) to introduce regular and systematic control by one local authority; (iii) to improve infrastructure of recreational areas; (iv) to introduce regular cleaning of the recreational areas; (v) to install bio-WC; (vi) to install additional waste containers (preferably with separate waste collection); (vii) plant trees for better isolation from highways; (viii) to improve level of water treatment on WWTP; (ix) to create nature protected areas along rivers.

REFERENCES

1. Лобойченко В. М., Жук В. Н. Оценка гидроэкологического состояния городских водоемов напримере Алексеевского пруда города Харькова. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. 2017. №105. С. 74 – 81.
2. Прозабруднення водних ресурсів зворотними водами (<https://ecolog-ua.com/news/prozabrudnennya-vodnyh-resursiv-zvrotnymy-vodamy-u-cyfrah-za-ostanni-period>).
3. «Программа охраны окружающей природной среды г. Харькована 2013-2017 г.г.», утвержденная Решением сессии Харьковского городскогосовета Харьковской области от 19.12.2012 г. № 990/12 (<http://kharkiv.rocks/reestr/616823>).
4. Доповідьпростаннавколишнього природного середовища в Харківській області у 2019 році (<https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736/105379>).
5. Безлюдовка, Журавлевский гидропарк, Алексеевский лугопарк: ТОП-5 пляжей Харькова (https://kh.vgorode.ua/news/dosuh_y_eda/325652-hde-v-kharkove-pozharyt-shashlyk-top-5-mest-dlia-ryuknyka-u-vody).
6. Картане рекомендованих для купання місць у Харківській області (оновлена) (<https://labcenter.kh.ua/?p=19018>).
7. Некос А. Н.,Гарбуз А. Г. Экологическая оценка объектов окружающей среды и пищевых продуктов (методикапроведения исследований) – Харьков: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2012. – 104 с.
8. Постанова Кабінету Міністрів Українив д 19 вересня 2018 р. № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>).
9. EU Directive 2006/7/EC concerning the management of bathing water quality (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM%3Aco0018>).

УТОЧНЕНИЕ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Варганов М.В., Кечхошвили Э.М., Сичинава П.О.

Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава

Грузинского технического университета

пр. И. Чавчавадзе 60^b, 0179, Тбилиси, Грузия

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

Аннотация. Рассмотрено влияние факторов интенсификации сельскохозяйственного производства на орошаемых землях. С целью установления количественных характеристик влияния каждого из изученных факторов (фондооснащенность, химизация и мелиорация) рассчитаны их числовые значения и, соответственно, построена производственная функция.

Ключевые слова: сельское хозяйство, мелиорация, химизация, фондооснащенность, эффективность, доля вклада.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что экономическая эффективность сельскохозяйственного производства является функцией многих переменных, значения которых, в конечном счете, определяют уровень его эффективности. Статистический анализ изучаемых переменных позволил выделить три основные группы переменных влияния, а именно, группу мероприятий механизации технологических процессов, группу мероприятий по химизации и группу мелиоративных мероприятий (орошение). Как показало исследование, все три группы переменных статистически значимы. Однако, учитывая то обстоятельство, что названные мероприятия достаточно капиталоемкие, то в условиях ограниченных финансовых ресурсов, инвестору не безразлично в какую область сельскохозяйственной инфраструктуры вкладывать денежные средства. В этой связи исследование предлагает количественную оценку влияния тех или иных мероприятий, обеспечивающих эффективность сельскохозяйственного производства на орошаемых землях.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Эффективность мелиоративных мероприятий в первую очередь определяется разностью объемов продукции, полученной на одном и том же участке без орошения и с орошением при соблюдении передового для данного момента времени уровня агротехники. Следует отметить, что прибавка урожайности сельскохозяйственных культур за счет орошения для отдельных культур, зачастую, выражается в кратном ее увеличении. Так, урожайность овощных культур в условиях Грузии в несколько раз превышает урожайность на неорошаемых землях. В тоже время, при прочих равных условиях, рост сравнительного уровня урожайности колосовых культур меньше, чем у влаголюбивых сельскохозяйственных растений, например, кукурузы.

Известно, что чем менее благоприятны естественные природные условия производства сельскохозяйственной продукции, тем больше объем дополнительной продукции, полученной в результате полива. При этом, снижение урожайности из-за недостатка влаги может иметь место как в засушливых, так во влажных природно-климатических зонах, но если в первом случае это стойкое и сильно выраженное явление, засухи во влажных зонах обычно редки и слабо выражены. В связи с этим, прирост урожайности всех сельскохозяйственных культур, полученных в результате орошения, увеличивается пропорционально уменьшению естественной влажности. Характер изменения

урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от условий естественного увлажнения показан на рис.1. Среднегодовая урожайность на орошаемых землях в зоне заболоченных земель выше, чем на неорошаемых в той же зоне в 1,1 - 1,2 раза, во влажной зоне в 1,2 - 1,4 раза, в зоне слабой засухи в 1,4 - 2,0 раза, в зоне засухи в 2-3 раза, в зоне сильной засухи - в 5-6 раз.

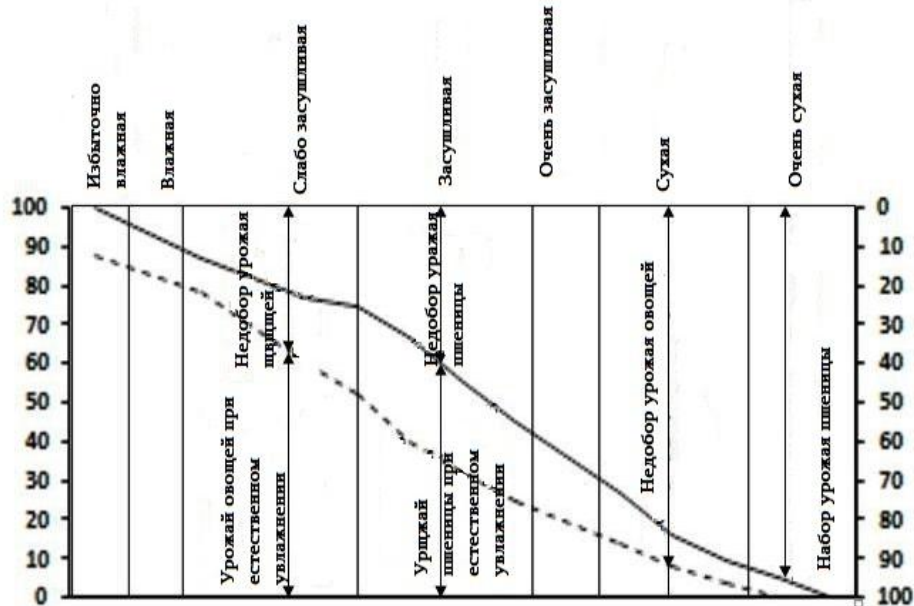


Рис.1. Влияние орошения на урожайность сельскохозяйственных культур

На рис.1. представлены графики урожайности зерновых и овощных культур. Графики остальных сельскохозяйственных культур располагаются между графиками зерновых и овощных культур [3].

Известно, что эффективность сельскохозяйственного производства является функцией многих переменных, влияние которых можно условно объединить в три большие группы, а именно: в группу фондооснащенности, в группу химизации и в группу мелиорации [1,2]. С целью установления количественных характеристик влияния каждого из перечисленных факторов (фондооснащенности, химизации и мелиорации) рассчитаны их числовые значения и соответственно, построена функция вида:

$$E = f[\alpha_1 u_1(x_1) + \alpha_2 u_2(x_2) + \alpha_3 u_3(x_3)], \quad (1)$$

где: E - эффективность сельскохозяйственного производства, рассчитываемая как отношение чистой прибыли сельского хозяйства к стоимости валовой продукции;

x_1 - фондообеспеченность хозяйств, рассчитываемая как отношение основных производственных фондов сельскохозяйственного назначения к площади сельскохозяйственных угодий (тыс. лари / га);

x_2 - расчетное количество внесенных минеральных удобрений в действующем веществе на гектар угодий без пастбищ (кг / га);

x_3 - доля орошаемых земель в общей площади сельскохозяйственных угодий (%);

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - соответствующие постоянные коэффициенты.

Численные значения коэффициентов определялись методом нормализации переменных уравнения регрессии кривизны. Для некоторых регионов Грузии постоянные коэффициенты $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ и значения коэффициентов корреляции приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения α_1 , α_2 , α_3 и коэффициентов корреляции в регионах Грузии

Регионы Грузии	Постоянные коэффициенты			Коэффициенты корреляции
	α_1	α_2	α_3	
Кахети	0,05	0,34	0,73	0,89
Квемо Каргли	0,10	0,27	0,68	0,97
Шида Каргли	0,26	0,16	0,51	0,84
Самцхе-Джавахети	0,69	0,26	0,40	0,81
Имерети	0,31	0,12	0,28	0,82
Рача-Квемо Сванети	0,20	0,27	0,21	0,84
Самегрело	0,73	0,33	0,22	0,88
Ачара	0,19	0,39	0,32	0,82

Используя значения коэффициентов, приведенные в таблице 1, с учетом соответствующих коэффициентов корреляции функция криволинейной регрессии для разных регионов страны примет вид:

Кахети:

$$E_1 = f[0,05u_1(x_1) + 0,34u_2(x_2) + 0,73u_3(x_3)] \quad (2)$$

Квемо Каргли:

$$E_2 = f[0,10u_1(x_1) + 0,27u_2(x_2) + 0,68u_3(x_3)] \quad (3)$$

Рача-Квемо Сванети:

$$E_3 = f[0,20u_1(x_1) + 0,27u_2(x_2) + 0,21u_3(x_3)] \quad (4)$$

Шида Каргли:

$$E_4 = f[0,26u_1(x_1) + 0,16u_2(x_2) + 0,51u_3(x_3)] \quad (5)$$

Самцхе -Джавахети:

$$E_5 = f[0,69u_1(x_1) + 0,26u_2(x_2) + 0,40u_3(x_3)] \quad (6)$$

Имерети:

$$E_6 = f[0,31u_1(x_1) + 0,12u_2(x_2) + 0,28u_3(x_3)] \quad (7)$$

Самегрело:

$$E_7 = f[0,71u_1(x_1) + 0,33u_2(x_2) + 0,22u_3(x_3)] \quad (8)$$

Аджара:

$$E_8 = f[0,19u_1(x_1) + 0,39u_2(x_2) + 0,32u_3(x_3)] \quad (9)$$

Решением полученных уравнений были определены доли механизации, химизации и мелиорации для данных регионов в эффективности сельскохозяйственного производства. Все факторы действенны и важны.

Таблица 2

Доля вклада механизации, химизации и мелиорации в эффект сельскохозяйственного производства в регионах Грузии

Регионы Грузии	Доля вклада в эффект сельскохозяйственного производства		
	Механизация	Химизация	Мелиорация
Кахети	0,30	0,30	0,40
Квемо Картли	0,10	0,21	0,69
შიდა Картლი	0,24	0,20	0,56
Самцхе-Джавахети	0,45	0,12	0,43
Имерети	0,50	0,27	0,23
Рача-Квемо Сванети	0,25	0,50	0,25
Самегрело	0,79	0,11	0,10
Ачара	0,30	0,43	0,27

Как видно из данных таблицы, доля мелиорации (орошения) земель в эффективность сельского хозяйства колеблется от 0,1 (в Самегрело) до 0,69 (в Квемо Картли). Столь большой диапазон изменения значения доли вклада мелиорации определяется, прежде всего, климатическими особенностями регионов. В Квемо Картли, где среднегодовое количество осадков составляет 580 мм, доля орошения в эффективность сельскохозяйственного производства составляет 0,69; в Самцхе-Джавахети 673 мм и 0,43 соответственно; в Кахетии - 786 мм и 0,40; в Аджарии - 1564 мм и 0,27, в Самегрело - 1600 мм и 0,10.

Уравнение корреляции (рис. 2) между суммой среднегодовых осадков и долей вклада мелиорации в эффективность сельского хозяйства выглядит следующим образом:

$$y = 0,58 + 0,11x - 0,25x^2 \quad (10)$$

где x – среднегодовая сумма атмосферных осадков, мм/ год

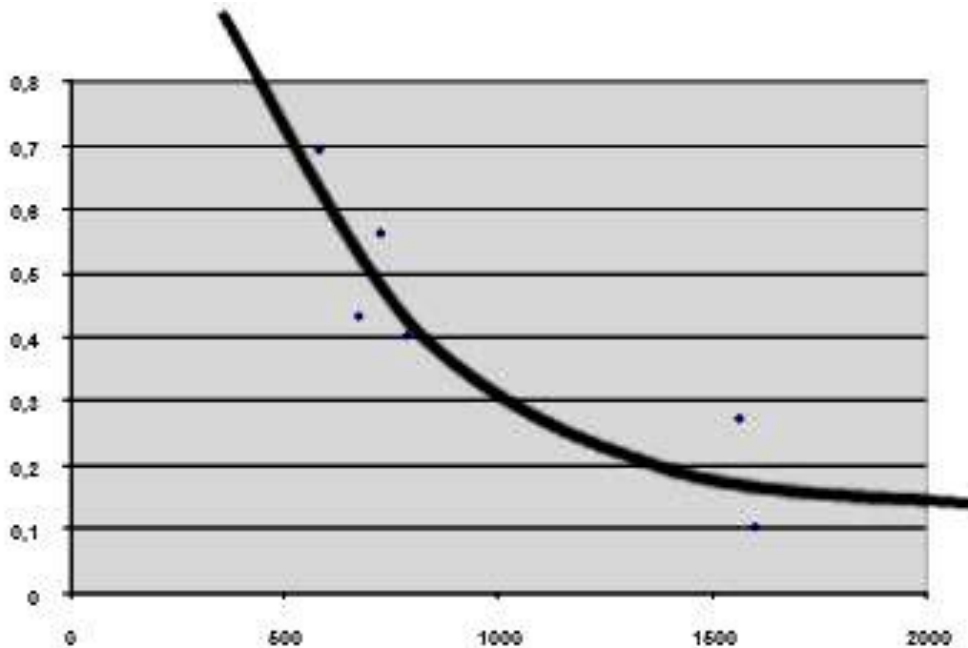


Рис. 2. Зависимость между среднегодовым количеством атмосферных осадков и долей вклада мелиорации в эффект сельскохозяйственного производства

ВЫВОДЫ

- Эффективность сельскохозяйственного производства является функцией многих переменных, влияние которых можно условно объединить в три большие группы, а именно: в группу фондооснащенности, в группу химизации и в группу мелиорации. С целью установления количественных характеристик влияния каждого из перечисленных факторов (фондооснащенности, химизации и мелиорации) рассчитаны их числовые значения и, соответственно, построена производственная функция;
- Доля мелиорации (орошения) земель в эффективности сельского хозяйства колеблется от 0,1 (в Самегрело) до 0,69 (в Квемо Картли). Столь большой диапазон влияния мелиорации определяется, прежде всего, климатическими особенностями регионов. В Квемо Картли, где среднегодовое количество осадков составляет 580 мм, доля орошения в сельскохозяйственном производстве составляет 0,69; в Самцхе-Джавахеги - 673 мм и 0,43 мм соответственно; в Кахетии - 786 мм и 0,40; в Аджарии- 1564 мм и 0,27, в Самегрело -1600 мм и 0,10;
- Представлено уравнение корреляции и график зависимости между суммой среднегодовых осадков и долей вклада мелиорации (орошения) земель в эффективность сельского хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. ვართანოვი მ., კეჩხოშვილი ე., კუპრეიშვილი შ. ინვესტიციების ეკონომიკური შეფასების თანამედროვე მეთოდები წყალთა მეურნეობაში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცენტრე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი, (მონოგრაფია) თბილისი – 2017;
2. Вартанов М., Кечхошвили Э. Некоторые принципы интегрального управления водными ресурсами Грузии. Стоительство №1(48), Тбилиси-2018;
3. Зуик Д.Т. Экономика водного хозяйства. М.: Агропромиздат, 1980;
4. Иорданишвили И., Гавардашвили Г., Вартанов М. Кадастр водных запасов Грузии. Институт водного хозяйства им. Ц.Мирцхулава Грузинского технического университета, Экоцентр охраны окружающей среды, Тбилиси -2018.

Economics of water management

ON THE ISSUE OF CLARIFYING THE CALCULATION OF ECONOMIC EFFICIENCY IRRIGATION OF CROPS

Vartanov M., Kechkhoshvili E., Sichinava P.
Ts. Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University
Tbilisi, Georgia

Annotation. The influence of factors of intensification of agricultural production on irrigated lands is considered. In order to establish the quantitative characteristics of the influence of each of the studied factors (capital equipment, chemicalization and reclamation), their numerical values were calculated and, accordingly, the production function was constructed.

Keywords: agriculture, land reclamation, chemicalization, capital equipment, efficiency, share of contribution.

წყლის მართვის ეკონომიკა

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის ეკონომიკური ეფექტურობის გამოთვლის დაზუსტება

მ. ვართანოვი, ე. კერხოშვილი, პ. სიჭინავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ცოტნე მირცხულავას სახელობის

წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

თბილისი, საქართველო

ანოტაცია. განიხილება სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ინტენსიფიკაციის ფაქტორების გავლენა. თითოეული შესწავლილი ფაქტორის (ფონდურუნველყოფა, ქიმიზაცია და მელიორაცია) ზემოქმედების რაოდენობრივი მახასიათებლების დადგენის მიზნით გამოთვლილია მათი რიცხვითი მნიშვნელობები და, შესაბამისად, აღწერილია წარმოების ფუნქცია.

საკვანძო სიტყვები: სოფლის მეურნეობა, მელიორაცია, ქიმიზაცია, ფონდურუნველყოფა, ეფექტურობა, წილის ოდენობა.

A TWO-STAGE HYBRID MODEL FOR HYDROLOGICAL TIME SERIES FORECASTING

Volchak A., Sidak S., Parfomuk S.

Brest state technical University
Str. Moscow f. 267, Brest, Republic of Belarus
E-mail: harchik-sveta@mail.ru

Annotation. A model based on the combined use of the empirical mode decomposition (EMD) method and the autoregressive integrated moving average (ARIMA) model is proposed to obtain forecast estimates of the maximum river runoff. The analysis and comparison of the results of modelling the maximum water runoff of the Dnieper River at the Rechitsa station allow concluding that the use of the hybrid EMD-ARIMA model is preferable to the classical ARIMA model. The decomposition approach of forecasting maximum water runoff series of the spring flood allows to take into account all its local features, internal structure, as well as abnormal discharges.

Keywords: empirical mode decomposition, Hilbert-Huang transform, hybrid model, EMD, ARIMA, river runoff forecast estimates.

INTRODUCTION

Obtaining forecast estimates of the maximum flow according to long-term observations is one of the urgent problems of hydrology. The availability of reliable information about the future values of the maximum river flow is one of the fundamental factors for effective planning, management and stable operation of the water resources system.

In the conditions of a changing climate and increasing anthropogenic pressure on water resources, the forecast assessment of maximum water consumption acts as an important economic factor. This factor allows business entities to choose an objective development strategy, take timely protective measures to prevent or minimize damage from adverse and dangerous hydrometeorological phenomena. The scientific problem of forecasting the maximum water runoff is of obvious importance from the point of view of design, construction and operation of hydraulic structures, implementation of measures to prevent the negative impact of water.

During the XX-beginning of the XXI century, methods for calculating and forecasting hydrological characteristics based on the study of the patterns of long-term flow fluctuations under the condition of stationary climate in the past and future were developed. However, at present, the validity and correctness of the application of these methods is being questioned in connection with climate changes caused by the processes of climate warming. The ongoing climate changes have already led to changes in the maximum flow of rivers. According to a number of studies, there was a significant decrease in the maximum water runoff on all major rivers of Belarus, as well as the repeatability of the maximum water runoff of low availability significantly decreased [1]. It is assumed that the main reason for the change in the maximum runoff in the territory of Belarus was the climate mitigation in winter and an increase in the frequency of winter thaws, as a result of which part of the spring runoff passes into the minimum winter runoff [2].

Increasing the requirements for the economic efficiency and safety of the water systems operation leads to the need to improve the existing methods of long-term forecasting of the maximum river flow, increasing its accuracy and timeliness.

Today a large number of mathematical models and methods of analysis and forecasting of hydrological time series have been developed [3]. The most commonly methods use: 1) correlation and

regression analysis, classification and regression trees; 2) predictive extrapolation; 3) spectral analysis, wavelet analysis; 4) Markov chains; 5) pattern recognition theory; 6) neural networks, genetic algorithms.

Nowadays, hydrology often uses methods based on the construction of statistical distributions of maximum runoff rates based on the available series of observations of runoff and further extrapolation of these distributions to the region of small probabilities to assess the risk of spring floods. The use of this approach implies the fulfilment of the condition of uniformity and stationarity of the runoff observation series.

One of the most common classical statistical forecasting models is the ARIMA model proposed by Box and Jenkins [4]. This model is effectively applied in such industries as hydrology, economics, environment and politics. However, hydrological processes are complex, reflecting the interaction of a large number of climate-forming factors, each of which can be described by different models. The mathematical model of the hydrological process, constructed as a result of the application of traditional methods, as a single and indivisible one, is practically not feasible and is of little use for use in forecasting problems.

Recently, many works devoted to hybrid decomposition models and forecasting methods obtained by combining two or more methods in order to obtain the best characteristics of a combined hydrological model and the possibility of using them for forecasting non-stationary hydrological series [5]. The main goal of the decomposition approach to forecasting is to divide the initial time series into a set of series with a simpler structure, considered independently of each other.

The purpose of this article is to obtain forecast estimates of the maximum water runoff of the spring flood of the rivers in Belarus using a two-stage hybrid model based on the joint use of the methods of empirical mode decomposition and Box-Jenkins.

INITIAL DATA AND METHODS

The object of the study is the first largest and watery river of Belarus, the Dnieper. The Dnieper River flows through the territory of three countries: Russia, Ukraine and Belarus. The total length of the river is 2,145 km, almost 700 km of which is located in the territory of Belarus. The river originates on the Valdai Upland in Russia and flows into the Black Sea. The main right tributaries in the territory of Belarus are the Drut and the Berezina Rivers, the left is the Sozh River.

As a rule, the flood passes in one wave in the Dnieper River basin on the Dnieper, Sozh, and Berezina Rivers. During the spring flood, flooding of the floodplain is typical for most rivers of the Dnieper basin. The longest spring flooding in the Dnieper River basin was observed in 1956, 1958, 1962, 1970 and 1979. The last significant flood was in 1999.

The Dnieper River basin has an important natural and socio-economic significance due to the fact that socially significant natural resources (for example, water, land and forest resources) are concentrated in the territory of the basin, and it is also a valuable resource base for industrial enterprises, land users, water users, government structures, state control and regulatory bodies. The Dnieper River basin region in the territory of Belarus is developed both in industrial and agricultural terms, and therefore, the impact of surface and underground water resources on social development and the main sectors of the economy are significant.

All this justifies the relevance of studying the current changes in the maximum runoff of the Dnieper Basin Rivers, both in connection with its economic significance and from the influence of the changing climate on the characteristics of river flow.

The study uses data from hydrological observations of the maximum water runoff of the spring flood of the Dnieper River during the period of instrumental observations of the State Institution "Republican Center for Hydrometeorology, Control of Radioactive Contamination and Environmental Monitoring" of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus. The forecast estimates of the change in the maximum runoff of the Dnieper River due to the influence of climatic factors were obtained for the Rechitsa section. The gaps in the data series were restored using the computer software complex "Hydrolog" [6]. The study period was 141 years (1877-2017).

A hybrid EMD-ARIMA model proposed for predicting the maximum river runoff is based on the joint use of the empirical mode decomposition (EMD) method and the autoregressive integrated moving average (ARIMA) model. EMD is used to decompose the initial non-stationary series into a series of mode functions (intrinsic mode functions, IMF) and the remainder, each of which can be applied to the ARIMA methodology (Fig. 1).

The main stages of obtaining forecast estimates using the EMD-ARIMA hybrid model are:

- 1) Sequential operations for extracting mode functions from the original time series, starting with high-frequency ones, and the remainder;
- 2) Development of a suitable ARIMA model for each IMF function and remainder;
- 3) Performing general calculations to predict the initial time series based on the forecast of each sub-series;
- 4) Compare the performance of the EMD-ARIMA hybrid model with the standard ARIMA model.

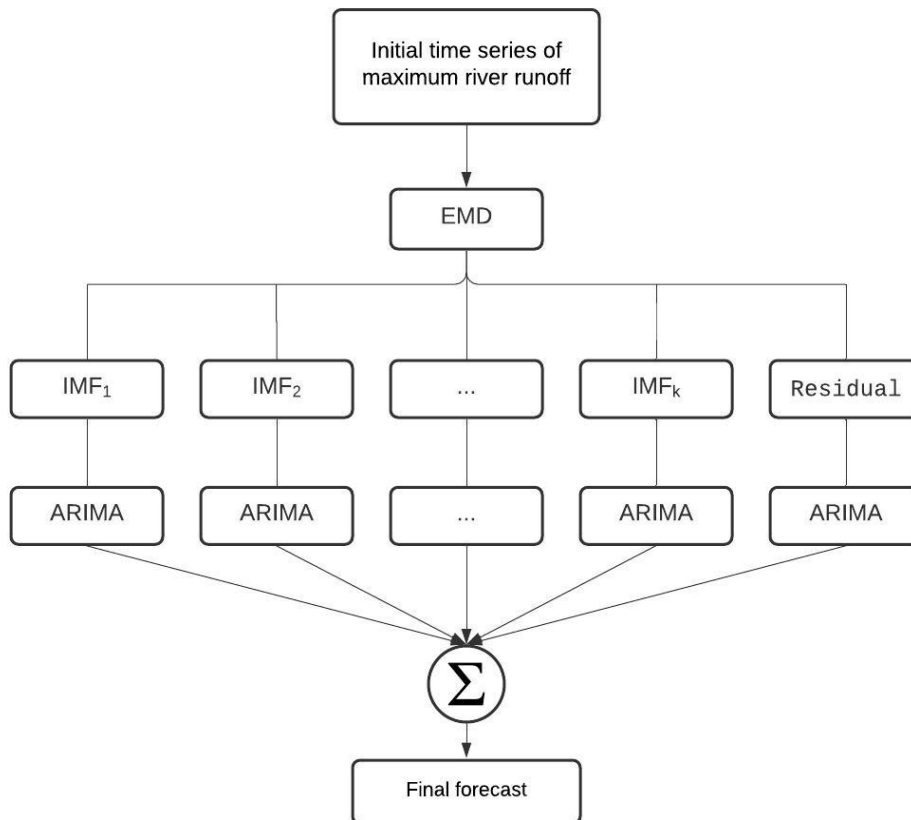


Fig. 1. Block diagram of the EMD-ARIMA hybrid model

EMD Method

Since many works have been devoted to the description of the ARIMA model [7], below will focus in more detail on the description of the EMD method, which is the basis of the hybrid model. This method is a relatively new form of time series decomposition. The peculiarity of the method is that the time series may not be linear or stationary. A necessary condition for the correct representation of nonlinear and non-stationary processes is the possibility of forming an adaptive basis that is functionally dependent on the content of the data itself.

The EMD method is the most important component of the Huang-Hilbert Transform (HHT), which is widely used in various fields of science and technology, along with the Fourier transform and wavelet analysis [8].

The difference between the EMD method and the wavelet analysis is that the EMD process decomposes into a series of mode functions that are not specified analytically and are determined exclusively by the analyzed data sequence itself, and the basic transformation functions are formed adaptively, directly

from the input data. In the wavelet transform, as well as in the Fourier transform, the decomposition is performed in a fixed basis of functions. This basis must be pre-defined, that is, a specific wavelet function used in the transformation process must be selected.

The main idea of the EMD method is the assumption that the process under study is an additive combination of various internal oscillations, each of which is a mode function with extremes and zero values [9].

Each IMF function must meet two criteria:

- 1) The number of functions extreme and the number of zero intersections must be equal or differ by one;
- 2) At any point of the functions the average value of the envelopes interpolating local maxima and minima must be zero.

Let $Q(t)$ is a multi-year series of maximum water flow rates. Then the main idea of the EMD method is to decompose the time series $Q(t)$ into IMF functions and the remainder $r(t)$. As a result of this decomposition, the series $Q(t)$ can be represented as:

$$Q(t) = \sum_{i=1}^k IMF_i(t) + r_k(t), \quad (1)$$

where $r_k(t)$ – the residual component of the time series decomposition, $IMF_i(t)$ – the i -th internal mode function.

The algorithm of EMD process consists of the following steps:

- 1) Selection of a $Q(t)$ series in the sifting process; putting into consideration three variables i, j and k , where i – number calculated IMF, j – number of its approach, k – number of IMF (initial values of variables: $i=1, j=1, k=0$);
- 2) Introducing of an additional series $S_i(t) = Q(t)$;
- 3) Identification of all local extrema in the time series $Q(t)$;
- 4) Forming the upper $p(t)$ and lower $q(t)$ envelopes by connecting all local maxima and local minima, respectively;
- 5) Definition of the average function $\phi_j(t) = \frac{p(t)+q(t)}{2}$;
- 6) Calculation of the first filtering component $\psi_j(t) = Q(t) - \phi_j(t)$. If $\psi_j(t)$ is an IMF function, we proceed to the next step. Otherwise, we use $\psi_j(t)$ as the values of the series $Q(t)$ and increase the value of the variable j by 1 ($j = j+1$). For the updated series $Q(t)$ repeat steps 3-5.
- 7) This stage consists of two steps. First – persistent $\psi_j(t)$ obtained in the previous step as $IMF_i(t)$, i.e. $IMF_i(t) = \psi_j(t)$, the value of the variable k is incremented by one. The second –determine the remainder $r_i(t)$:

$$r_i(t) = S_i(t) - IMF_i(t). \quad (2)$$

- 8) In accordance with the characteristics of the function $r_i(t)$ obtained at stage 7, a decision is made to stop the calculations. Calculations are stopped in the following cases:
 - $r_i(t)$ is a constant or constant function from which no more IMF functions can be extracted;
 - the remainder of $r_i(t)$ over the entire study interval becomes insignificant in its values compared to the initial series.
- 9) If the criteria for stopping the EMD process are not met, we use $r_i(t)$ as the values of the series $Q(t)$, we increase the value of the variable i by 1 ($i = i+1$), we assign the value 1 to the variable j . Next, we proceed to step 2 and continue the EMD process.

The most important stage in the implementation of the EMD method is the process of constructing the upper and lower envelopes of local extreme. Traditionally, cubic splines and B-splines are used for these purposes. However, when these types of splines are interpolated, such a phenomenon as the edge effect may occur (Fig. 2). The reason for the end distortions of the mode functions is the unpredictability of the approximation by the extremes of the upper and lower envelopes at the end sections of the modes.

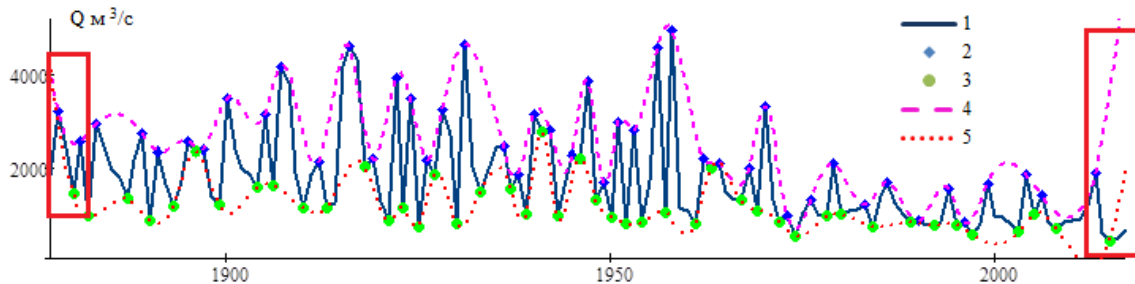


Fig. 2. Edge effect during cubic spline interpolation

1 – observed data, 2 – local maxima, 3 – local minima, 4 – upper envelope, 5 – lower envelope

Due to the fact that the process of constructing mode functions is a sequential subtraction of the current calculated mode from the previous input data of the maximum water runoff, errors in the approximation of envelopes at the end points lead to distortions of the calculated modes and recursive accumulation of errors in calculating mode functions. This significantly affects the results of EMD decomposition.

To weaken the edge effects at the ends of the series, we propose the use of a source-like approximation in the construction of envelope extreme [10]. The application of this approach to reduce the influence of end effects on the EMD process allows us to standardize the process of reducing the edge distortions of mode functions.

ARIMA Model

In general, the ARIMA (p, d, q) model for a non-stationary series y_t is expressed by the formula

$$\Delta^d y_t = c + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta^d y_{t-i} + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t, \quad (3)$$

where p – the autoregressive parameter, d – the order of the operations of taking the differences, q – the order of the moving average, c – constant, α_i, b_j – coefficients of the model, $\Delta^d y_t$ – the difference operator d -th order ($\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ – difference of the first order), ε_t – "white noise".

The forecasting using ARIMA models is based on the Box-Jenkins methodology, which contains three stages:

- 1) Identification of the model (determination of parameters d, p, q);
- 2) Evaluation and verification of the adequacy of the model;
- 3) Forecasting.

At the first stage of the model it is necessary to analyze the series for stationarity and select an ARIMA model for further evaluation. At the second stage the parameters of ARIMA models are evaluated by the maximum likelihood method and the adequacy of the obtained ARIMA models is checked. Several criteria are used for their comparison: the estimates of the model coefficients should be statistically significant; the remnants of the model should have the properties of white noise. If several ARIMA models turn out to be adequate, it is necessary to choose the model with the smallest number of parameters and the best statistical characteristics of the quality of the model fit. In this paper, the Akaike information criterion (AIC) is used for this purpose:

$$AIC(p, q) = \ln \sigma^2 + \frac{2k}{N}, \quad (4)$$

$$\sigma^2 = \frac{RSS}{N-p-q}, \quad k = p + q,$$

where p, q – the parameters of the ARIMA model, N – the number of observations, RSS – the residual sum of squares.

Model Effectiveness Evaluation

The values of the standard error (RMSE), the average absolute error (MAE), the average absolute error in percent (MAPE), the correlation coefficient (R) for the training and test samples were obtained to evaluate the effectiveness of the EMD-ARIMA hybrid model using the formulas (5)-(8).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_i^o - Q_i^m)^2}, \quad (5)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Q_i^o - Q_i^m|, \quad (6)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Q_i^o - Q_i^m}{Q_i^o} \right| \cdot 100\%, \quad (7)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_i^m - \overline{Q^m})(Q_i^o - \overline{Q^o})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_i^m - \overline{Q^m})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_i^o - \overline{Q^o})^2}} \quad (8)$$

where N – the sample volume, Q_i^o – observed data, Q_i^m – simulated data, $\overline{Q^o}$ – the average value of the observed data, $\overline{Q^m}$ – the average value of the simulated data.

RESULTS AND DISCUSSION

Fig. 3 shows a chronological graph of long-term fluctuations in the maximum runoff of the Dnieper River at the Rechitsa station for the period from 1877 to 2017. In this study, the data of maximum water flow rates from 1877 to 1997 were used to train both ARIMA and EMD-ARIMA models. Then the resulting model is applied to the test data (the period from 1998 to 2017).

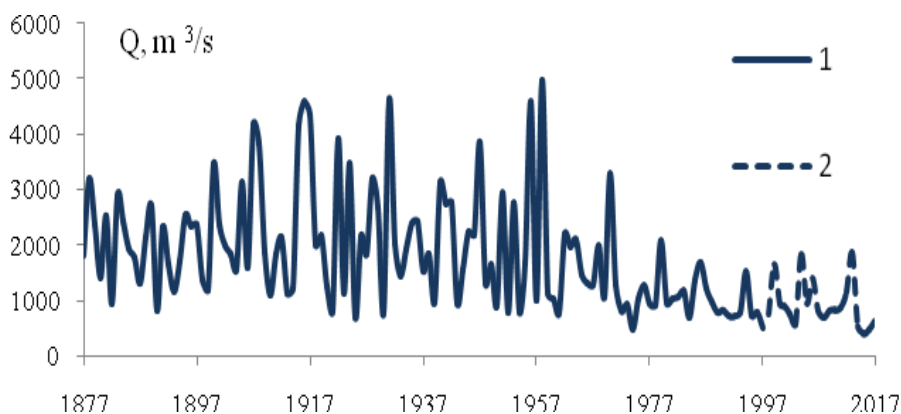


Fig. 3. Long-term changes in the maximum runoff of the Dnieper River at the Rechitsa station for the period 1877-2017
1 – training sample, 2 – test sample

Fig. 4 shows the first stage of the EMD process-the extraction of local extremes of a number of maximum river runoff.

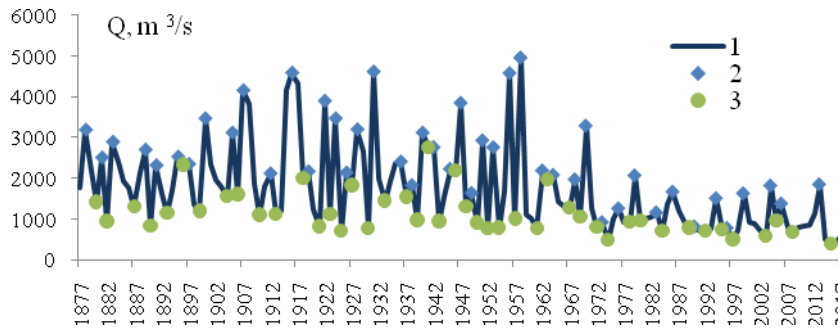


Fig. 4. Extraction of local extremes in the original data series
1 – observed data, 2 – local maxima, 3 – local minima

Fig. 5 shows an example of building IMF1. In this example, the extracted function does not satisfy the IMF conditions (the number of extremes and zero intersections differs by more than one) and, therefore, the sifting procedure must be performed in the future.

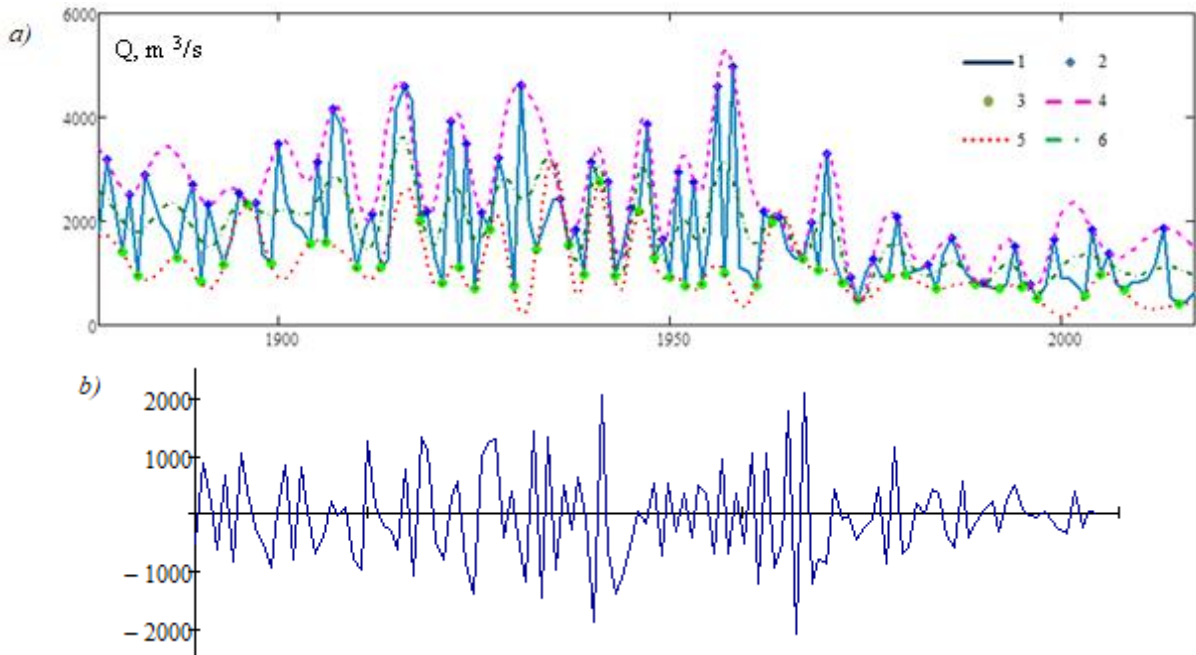


Fig. 5. Construction of the first approximation to IMF1:
a) 1 – observed data, 2 – local maxima, 3 – local minima, 4 – upper envelope, 5 – lower envelope, 6 – function of the average values of the envelopes;
b) the first component of screening

The result of the process of empirical mode decomposition of a series of maximum river runoff is shown in Fig. 6.



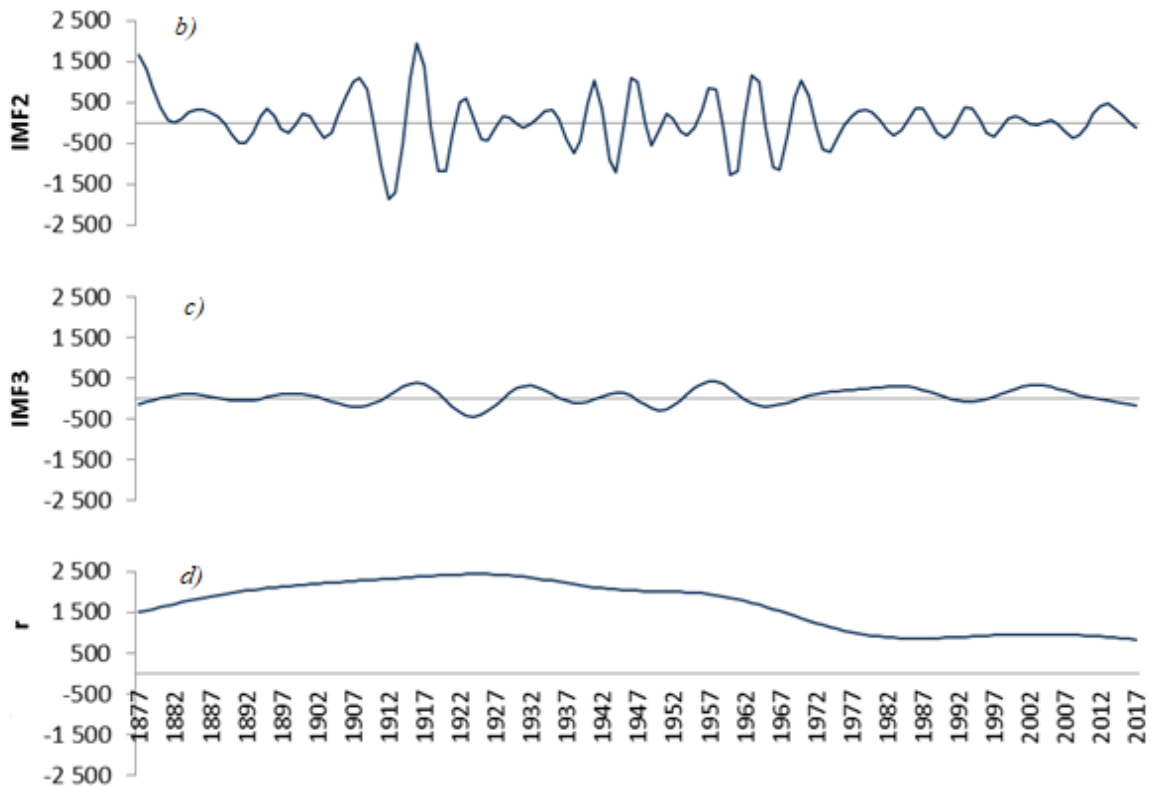


Fig. 6. Decomposition of the series of maximum river runoff into the functions of IMF and the remainder r
 a – IMF1, b – IMF2, c – IMF3, d – the remainder r

For a reasonable conclusion about the stationarity of the obtained IMFs and the remainder r , their autocorrelation (ACF) and partial autocorrelation functions (ACF) are analyzed. The analysis showed that the components of IMF and r are neither pure AR nor MA models, but ARMA nor ARIMA models. To predict each IMF and the remainder of the entire portfolio of models, those that have minimum AIC values are selected (Table 1).

Table 1

Results of building ARIMA models			
Model	IMF	ARIMA	AIC
ARIMA	ARIMA(7,1,0)		13.24
Hybrid model EMD-ARIMA	IMF1	ARIMA(3,0,5)	13.15
	IMF2	ARIMA(7,0,4)	11.20
	IMF3	ARIMA(1,4,1)	3.15
	Remainder	ARIMA(4,4,2)	-0.71

The parameters for evaluating the effectiveness of the ARIMA and EMD-ARIMA models for training and test samples are presented in Table 2. As can be seen from Table 2 and Fig. 7, the model data obtained using the hybrid EMD-ARIMA model are in better agreement with the observed data compared to the classical ARIMA model. The EMD-ARIMA method gives smaller error values both on the training data set and on the test sample.

Table 2

Values of the performance indicators of forecasting models

Model	Training sample				Testing sample			
	RMSE, m^3/c	MAE, m^3/c	MAPE, %	R	RMSE, m^3/c	MAE, m^3/c	MAPE, %	R
ARIMA	684,46	511,70	30	0,76	373,15	273,85	30	0,66
EMD-ARIMA	630,90	467,79	29	0,80	278,45	217,31	24	0,76

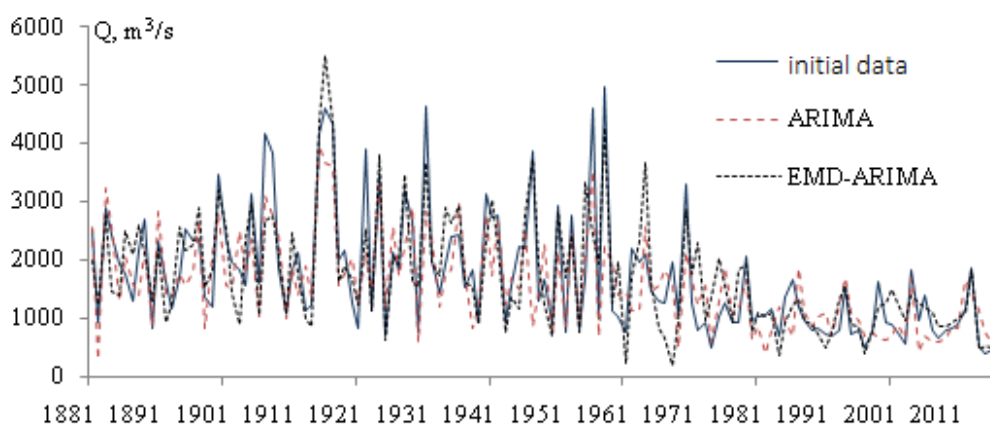


Fig. 7. Comparison of the actual and modelled values of the maximum runoff of the Dnieper River at the Rechitsa station

Fig. 8 shows the forecast estimates of the maximum runoff of the Dnieper River at the Rechitsa station for the period 2018-2027, obtained using the best of the two models considered in the work – the hybrid model EMD-ARIMA.

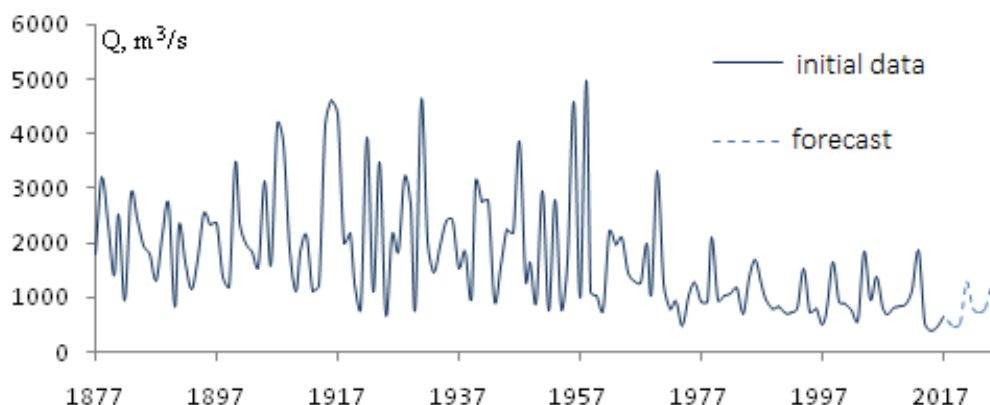


Fig. 8. Forecast estimates of the maximum runoff of the Dnieper River at the Rechitsa station for the period 2018-2027

CONCLUSION

A hybrid EMD-ARIMA model is proposed to predict a non-stationary time series of maximum river flow rates. The main idea of using the proposed model is to use the EMD method to decompose a number of maximum river runoff into individual IMFs and the remainder and to select suitable ARIMA models for the obtained series of IMFs. The final forecast is obtained by combining the results of forecasts by different ARIMA models of each series. The method is relatively simple in computational terms and does not require the fulfilment of the condition of stationarity of hydrological series.

The analysis of efficiency indicators for modelling the maximum water runoff allows concluding that the proposed hybrid model EMD-ARIMA has an advantage over the classical ARIMA model. The results obtained in the work showed that the proposed hybrid model is able to predict the values of the maximum river runoff with high accuracy.

The work was carried out with the support of the BRFFI (grant no. X20M064)

REFERENCES

1. Volchek, A.A. Assessment of modern changes in the maximum flow of rivers of Belarus / A.A. Volchek, An. A. Volchek, S. V. Sidak // Geography. - Minsk, 2020. – № 4(167). – P. 26-33.
2. Loginov, V. F. Spring floods on the rivers of Belarus: spatial and temporal fluctuations and forecast / V. F. Loginov, A. A. Volchek, An. A. Volchek - Minsk : Belorusskaya nauka, 2014. - 244 p.
3. Georgievsky, Yu. M. Shanochkin, S. V. Hydrological forecasts. S.-Pb.: RGGMU, 2007.
4. G.E.P. Box and G.M. Jenkins, Time Series Analysis Forecasting and Control, Holden-Day, San Francisco, 1970.
5. Wang W, Van Gelder P, Vrijling JK, Ma J (2006) Forecasting daily stream flow using hybrid ANN models. J Hydrol 324: 383–399
6. Volchek, A.A. Automation of hydrological calculations / A. A. Volchek // Water management construction and environmental protection: proceedings of the International Scientific and Practical Conference on problems of water management, industrial and civil Construction and economic and social transformations in market relations. / Brest. polytechnic University. Institute.- Biberach-Brest-Nottingham, 1998. - pp. 55-59.
7. Sahoo GB, Schladow SG, Reuter JE (2009) Forecasting stream water temperature using regression analysis, artificial neural network, and chaotic non-linear dynamic models. J Hydrol 378: 325–342.
8. Norden E. Huang, Samuel S.P. Shen. The Hilbert-Huang transform and its applications // World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. – 2005. – 311 c.
9. Peel MC, G.G.S. Pegram, and T.A. McMahon. 2007: Empirical Mode Decomposition: Improvement and application. In International Congress on Modeling and Simulation, edited by Oxley, L. and D. Kulasiri. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2007, 2996-3002.
10. Dolgal, A.S. Application of empirical mode decomposition in the processing of geophysical data /Dolgal, A.S., Khristenko, L.A. // Izv. Tomsk Polytechnic University. un-ta. Resource engineering. - 2017. - Vol. 328. - No. 1. - pp. 100-108.

ავტორთა საძიებელი

ალიევა ი.	65	იტრიაშვილი ლ. ..	85	ოლშტინსკაია ა. ...	160
ანცუხი ი.	174	კანდელაკი ნ.	72	პავლოვი ა.	151
ალაივი ზ.	65	კეჩხოშვილი ე.	213	პარფომუკი ს.	219
აჯიევი ა.	104	კილურაძე გ.	100	პუსტოვოიტი ი. ...	160
ბარიკინა ო.	202	კოვალენკო ო.	136	რაზუმოვი ვ.	104
ბერძენაშვილი გ. .	79	კონდრატიევა ნ. ..	104	სავიჩ-შემეტი ო.	49,174,184
ბილანიშვილი ლ. .	72	კულაკოვი ა.	31	სელინა ი.	46
ბონდარენკო ვ.	20, 89	კულიკი მ.	206	სიდაკი ს.	219
ბზიავა კ.	167	კუპრეიშვილი შ. ..	192	სემიონოვა ე.	20, 89
გაგარდაშვილი გ.	36	კუხალაშვილი ე. ...	36	სიჭინავა პ.	192, 213
გაგარდაშვილი ნ. ..	36	კრილი ტ.	58	სულეიმანოვი მ.	122
გაპაროვიჩი ე.	174	ლევიცკა ვ.	136	სუპატაშვილი თ. ...	192
გარბუზი ა.	206	ლეკიშვილი მ.	100	ტარიხაზერი ს.	196
გერტმანი ლ.	184	ლისი ა.	113	ტერ-ტოროსიანი ა... 49	
გიურჯინიანი ს. ...	49	ლისი პ.	113	ტროფიმოვი ვ.	202
გუმენი ო.	46	ლოისკანდლი ვ. .	167	უზდენოვა ა.....	104
დადიანი ქ.	85	მაჟისკი ი.	151	უტკინა კ.	206
დენისოვა ი.	167	მარკოსიანი ა.	129	ფოცხვერია დ.....	72
დუბიანოვი ს.	31	მარტიროსიანი ტ... 129		ქუფარაშვილი ი. ..	72
ვართანივი მ.	213	მატევოსიანი ე.	129	შავლაყაძე მ.	192
ვერდიევი რ.	65	მატვეევი ვ.	144	შანიჩა ვ.	144
ვოლჩაკი ა.	219	მაცელიუკი ი.	136	შტავდაკერი მ.	20, 89
თოფურია ე.	85	მაჰმუდოვი რ.	122	ჩარჰი დ.	136
ივანოვა ა.	160	მიტროფანოვა ა. ...	160	წივილაშვილი გ. ...	79
იმანოვი ფ.	65	მღებრიშვილი მ. ...	72	ხარკინა მ.	202
იორდანიშვილი ი. .	72	ნასედკინი ე.	160	ხეცურიანი ე.	20, 89
იორდანიშვილი კ. .	72	ნატროშვილი გ. ...	72	ხოსროშვილი ე. ...	85
ირემაშვილი ი.	36,72,167	ოდილავაძე თ.	167	ჰავრილიუკი რ.	58
ირემაშვილი ხ.	79	ოვანესიანი ე.	129	ჰამიდოვა ზ.	196
				ჰიმელბაუერი მ. ...	167

AUTHORS INDEX

Adzhiev A.	104	Ivanova A.	160	Mitrofanova A.	160
Agayev Z.	65	Imanov F.	65	Nasedkin E.	160
Aliyeva I.	65	Kandelaki N.	72	Natroshvili G.	72
Antsukh Y.	174	Kechkhoshvili E.	213	Odilavadze T.	167
Avanesyan E.	129	Kharkina M.	202	Olshtynskaya A.	160
Barykina O.	202	Khetsuriani E.	20,89,	Parfomuk S.	219
Berdzenashvili G. .	79	Khosroshvili E.	85	Pavlov A.	151
Bilanishvili L.	72	Kiguradze G.	100	Potskhveriya D. ...	72
Bondarenko V.	20,89,	Kondratieva N.	104	Pustovoit I.	160
Bziava K.	167	Kovalenko O.	136	Razumov V.	104
Charhy D.	136	Kril T.	58	Savich-Shemet O. ...	49,174,184
Dadiani K.	85	Kukhalashvili E.	36	Selina I.	46
Denisova I.	167	Kulakou A.	31	Semenova E.	20,89
Dubianok S.	31	Kulyk M.	206	Shanina V.	144
Gamidova Z.	196	Kuparashvili I.	72	Shavlakadze M.	192
Gapanovich E.	174	Kupreishvili Sh.	192	Shtavdaker M.	20,89
Garbuz A.	206	Lekishvili M.	100	Sichinava P.	192,213
Gavardashvili G. ..	36	Levitska V.	136	Sidak S.	219
Gavardashvili N. ..	36	Lis A.	113	Suleymanov M.	122
Gertman L.	184	Lis P.	113	Supatashvili T.	192
Gumen O.	46	Loiskandl W.	167	Tarikhazer S.	196
Gyurjinyan S.	49	Mahmudov R.	122	Ter-Torosyan A. ...	49
Havryliuk R.	59	Markosyan A.	129	Topuria E.	85
Himmelbauer M. ..	167	Martirosyan T.	129	Trofimov V.	202
Iordanishvili I.	72	Matevosyan E.	129	Tsivilashvili G.	79
Iordanishvili K. ...	72	Matselyuk Y.	136	Utkina K.	206
Iremashvili I.	36,72,167	Matveev V.	144	Uzdenova A.	104
Iremashvili Kh. ...	79	Mazhaysky Y.	151	Vartanov M.	213
Itriashvili L.	85	Mgebrishvili M.	72	Verdiyev R.	65
				Volchak A.	219

სარჩევი		გვ.
კონფერენციის შესახებ		3
აკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა - 100 (საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორი, პროფ. დავით გურგენიძე და ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის დირექტორი, პროფ. გივი გავარდაშვილი).....		5
აკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა - 100 (უკრაინის აგრარულ მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წყლის პრობლემებისა და მელიორაციის ინსტიტუტის პროფესორი პეტრე კოვალენკო, უკრაინა).....		16
აკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა - 100 (პროფ. ტელმან ზეინალოვი, ბაქო, აზერბაიჯანი).....		18
აკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა - 100 (ტექნ, მეცნ. დოქტორი, პროფ. ოგანეს ტოკმაჯიანი, ერევანი, სომხეთი).....		19
1. ზონდარენკო ვ., ხეცურიანი ე., სემენოვა ე., შტავდაკერი მ. ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების „დროის“ ცნების განსაზღვრა ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასებისას (რუსეთი).....		20
2. გავარდაშვილი გ., კუხალაშვილი ე., ირემაშვილი ი., გავარდაშვილი ნ. თოვლის ზვავის ინოვაციური კონსტრუქციის დაპროექტებისათვის მეთოდოლოგიის დამუშავება (საქართველო)		36
3. გიურჯინიანი ს., ტერ-ტოროსიანი ა., სავიჩ-შემეტი ო. საავტომობილო გზის “M-3“ – მინსკი-ვიტებსკის რეკონსტრუქციის გარემოზე ზემოქმედების შეფასების თავისებურებანი (სომხეთი, ბელარუსია).....		49
4. გუმენი ო., სელინა ი. გარემოსდაცვითი საკითხები უკრაინაში (უკრაინა).....		46
5. დუბინაოვი ს., კულაკუვი ა. ბელორუსიის რესპუბლიკის გამოცდილება SDG 6-ის ინდიკატორების „წყლისა და სანიტარიის ყველასთვის ხელმისაწვდომობისა და მდგრადი მართვის უზრუნველყოფა“ ნაციონალიზაციაში (ბელარუსია).....		31
6. ვართანოვი მ., კეჩხოშვილი ე., სიჭინავა პ. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის ეკონომიკური ეფექტურობის გამოთვლის დაზუსტება (საქართველო).....		213
7. ვოლჩაკი ა., სიდაკი ს., პარფომუკი ს. ორსაფეხურიანი ჰიბრიდული მოდელი ჰიდროლოგიური დროის სერიების პროგნოზირებისას ბელარუსია).....		219
8. იმანოვი ფ., ვერდიევი რ., ალიევა ი., ალაევი ზ. წყალგანაწილების გეგმა: მდ. კურას ზემო წელში მინგეჩაურის წყალსაცავის კაშხლის აუზის კვლევის მაგალითზე (აზერბაიჯანი).....		65
9. იორდანიშვილი ი., ირემაშვილი ი., იორდანიშვილი კ., მღებრიშვილი მ., ქუფარაშვილი ი., ნატროშვილი გ., ფოცხვერია დ., კანდელაკი ნ., ბილანიშვილი ლ. წყალსაცავების დაცლისა და შევსების დროის განსაზღვრა (საქართველო)		72

10. ირემაშვილი ხ., ბერძენაშვილი გ., წივილაშვილი გ. მაქსიმალური ტალღის კაშხალზე გადადინების ხანგრძლივობისა და სხვა მახასიათებლების განსაზღვრა ტალღის კაშხლიდან აგორების გარეშე (საქართველო)	79
11. იტრიაშვილი ლ., თოფურია ე., ხოსროშვილი ე., დადიანი ქ. ნიადაგგრუნტის წყალფიზიკური თვისებების დადგენის სიზუსტის კოეფიციენტი (საქართველო)	85
12. კილურაძე გ., ლევიშვილი მ. ქალაქგეგმარებისა და ურბანიზაციის პრობლემები (საქართველო)	100
13. კონდრატიევა ნ., აჯიევი ა., რაზუმოვი ვ., უზდენოვა ა. დიდი კავკასიონის ჩრდილოეთ ფერდზე ღვარცოფების მოქმედების თავისებურებანი (რუსეთი).....	104
14. ლისი ა., ლისი პ. ენერგოეფექტურობის დონისძიებების შესაძლო სარგებელი საცხოვრებელი კორპუსების მაგალითზე (პოლონეთი)	113
15. მაჭაისკი ი., პავლოვი ა. აუთვისებელ მიწებზე მელიორანტის სახით ჰუმინური პრეპარატების გამოყენების შეფასება (რუსეთი).....	151
16. მარკოსიანი ა., ოვანესიანი ე., მატეოსიან ე., მარტიროსიანი ტ. წყლის გამოყენებისა და პროდუქტიულობის გაუმჯობესების აქტუალური პრობლემები სომხეთის რესპუბლიკაში (სომხეთი).....	129
17. მატვევი ვ., შანინა ვ. წინასწარი შეკუმშვის წნევის ინტერპრეტაციის მეთოდების სიზუსტე (რუსეთი).....	144
18. მაცელიუკი ი., ჩარჰი დ., კოვალენკო ო., ლევიცკა ვ. ქიმიოლითოტროფული მიკრობიოტის გავლენა ლითონის მილსადენების ანტიკოროზიული დამუშავების ეფექტურობაზე ორთო-პოლიფოსფატის რეაგენტის "sequest liquid" ("ზღვის სითხის") საშუალებით (უკრაინა).....	136
19. მაჰმუდოვი რ., სულეიმანოვი მ. გლობალური კლიმატის ცვლილება და მისი რეგიონალური ზემოქმედება აზერბაიჯანში (აზერბაიჯანი).....	122
20. ნასედკინი ე., ოლშტინსკაია ა., ივანოვა ა., მიტროფანოვა ა., პუსტოვოიტი ი. შეტივნარებული ნივთიერების შესწავლის ჰიდროლოგიური და ეკოლოგიური კვლევების გამოყენებითი ასპექტი (უკრაინა).....	160
21. ოდილაგაძე თ., ლოსკანდლი ვ., ბზიავა კ., ირემაშვილი ი., დენისოვა ი., ჰიმელბაუერი მ. ნიადაგში წყლისა და ორთქლის მასის ერთობლივი გადაადგილების ზოგიერთი თავისებურებანი (საქართველო, ავსტრია)	167
22. სავიჩ-შემეტი ო., გაპანოვიჩი ე., ანცუხი ი. ორშონის არტეზიული აუზის მდინარეების რაოდენობრივი მახასიათებლების კლიმატით განპირობებული ტრენდები (ბელარუსია).....	174
23. სავიჩ-შემეტი ო., გერტმანი ლ. დასავლეთ ბელარუსის მიწისქვეშა წყლების დონური რეჟიმის ცვლილებები (ბელარუსია).....	184

24. სუპატაშვილი თ., კუპრეიშვილი შ., შავლაყაძე მ., სიჭინავა პ. საწარმოო ნარჩენების უტილიზაციის პრობლემები და მათი როლი გარემოს დაბინძურებაში (საქართველო)	192
25. ტარიხაზერი ს., ჰამიდოვა ზ. ჰობუსტანის ღვარცოფსამიშროების გეომორფოლოგიური ანალიზი (აზერბაიჯანი).....	196
26. ტროფიმოვი ვ., ხარკინა მ., ბარიკინა ო. საინჟინრო-გეოდინამიკური და ეკოლოგიურ-გეოდინამიკური მონაცემები - გარემოს დაცვის პროექტების დასაბუთების სავალდებულო კომპონენტები (რუსეთი).....	202
27. უტკინა კ., გარბუზი ა., კულიკი მ. ზედაპირული წყლის ხარისხის დინამიკა ქალაქ ხარკოვში მდებარე რეკრეაციულ ზონებში (უკრაინა).....	206
28. ხეცურიანი ე., ბონდარენკო ვ., სემენოვა ე., შტავდაკერი მ. წყლის რესურსების გამოყენების ეკოლოგიური უსაფრთხოების შეფასების მეთოდოლოგია (რუსეთი).....	89
29. ჰავრილუკი რ., კრილი ტ. მიწისქვეშა წყლების გეოეკოლოგიური მონიტორინგის შემუშავება აეროპორტების ტერიტორიის ახალი განაშენიანების პირობებში (უკრაინა).....	58
ავტორთა საძიებელი (ქართულ ენაზე)	229
ავტორთა საძიებელი (ინგლისურ ენაზე)	230

C O N T E N T S

PP

About conducted conferences.....	3
Academician Tsoetne Mirtskhulava - 100 (Rector of Georgian Technical University, Prof. Davit Gurgenidze and Director of Tsoetne Mirtskhulava Water Management Institute, Prof. Givi Gavardashvili)	5
Academician Tsoetne Mirtskhulava - 100 (Professor of the Institute of Water Problems and Reclamation of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine Petre Kovalenko, Ukraine)	16
Academician Tsoetne Mirtskhulava - 100 (Dr., Professor Telman Zeynalov, Baku, Azerbaijan).....	18
Academician Tsoetne Mirtskhulava - 100 (Dr., Professor Hovhannes Tokmajyan, Erevan, Armenia).....	19
1. Bondarenko V., Khetsuriani E., Semenova E., Shtavdaker M. THE CONCEPT OF TIME IN ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE HYDROPOWER FACILITIES (Russia).....	20
2. Dubianok S., Kulakou A. EXPERIENCE OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN NATIONALIZING INDICATORS OF SDG 6 “ENSURING AVAILABILITY AND SUSTAINABLE MANAGEMENT OF WATER AND SANITATION FOR ALL” (Belarus).....	31
3. Gavardashvili G., Kukhalashvili E., Iremashvili I., Gavardashvili N. DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR DESIGN INNOVATIVE CONSTRUCTION OF SNOW AVALANCHE (Georgia)	36
4. Gumen O., Selina I. ENVIRONMENTAL ISSUES IN UKRAINE (Ukraine).....	46
5. Gyurjinyan S., Ter-Torosyan A., Savich-Shemet O. FEATURES OF IMPACT ASSESSMENT ENVIRONMENTAL RECONSTRUCTIONS AUTOMOTIVE ROAD "M-3" MINSK VITEBSK (Armenia, Belarus).....	49
6. Havryliuk R., Kril T. DEVELOPMENT OF GEOECOLOGICAL MONITORING OF GROUNDWATER UNDER NEW CONSTRUCTION AT AIRPORTS (Ukraine).....	58
7. Imanov F., Verdiyev R., Aliyeva I., Agayev Z. WATER ALLOCATION PLAN: A CASE STUDY FOR KURA UPSTREAM OF MINGACHEVIR WATER RESERVOIR DAM BASIN (Azerbaijan).....	65
8. Iordanishvili I., Iremashvili I., Iordanishvili K., Mgebrishvili M., Kuparashvili I., Natroshvili G., Potskhveriya D., Kandelaki N., Bilanishvili L. DETERMINING THE URATION OF THE FILLING AND DISCHARGING TIME OF RESERVOIRS (Georgia).....	72
9. Iremashvili Kh., Berdzenashvili G., Tsivilashvili G. DETERMINATION OF THE DURATION AND OTHER CHARACTERISTICS OF THE FLOW OF THE FIRST MAXIMUM WAVE THROUGH THE DAM WITHOUT WAVE REFLECTION (Georgia).....	79
10. Itriashvili L., Topuria E., Khosroshvili E., Dadiani K. ACCURACY COEFFICIENT IN DETERMINING WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL (Georgia).....	85

11. Khetsuriani E., Bondarenko V., Semenova E., Shtavdaker M. METHODOLOGY OF ENVIRONMENTAL SAFETY ASSESSMENT WHEN USING WATER RESOURCES (Russia)	89
12. Kiguradze G., Lekishvili M. URBAN PLANNING AND URBANIZATION PROBLEMS (Georgia).....	100
13. Kondratieva N., Adzhiev A., Razumov V., Uzdenova A. REGULARITIES IN THE DEVELOPMENT OF MUDFLOW ACTIVITY ON THE NORTHERN SLOPE OF THE GREATER CAUCASUS (Russia).....	104
14. Lis A., Lis P. POSSIBLE BENEFITS OF ENERGY EFFICIENCY MEASURES ON THE EXAMPLE OF RESIDENTIAL BUILDINGS (Poland).....	113
15. Mahmudov R., Suleymanov M. GLOBAL CLIMATE CHANGE AND ITS REGIONAL IMPACTS IN AZERBAIJAN (Azerbaijan).....	122
16. Markosyan A., Avanesyan E., Matevosyan E., Martirosyan T. CURRENT PROBLEMS OF WATER USE AND WATER PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN THE REPUBLIC OF ARMENIA (Armenia).....	129
17. Matselyuk Y., Charhy D., Kovalenko O., Levitska V. THE EFFECT OF CHEMOLITOTROPHIC MICROBIOTES ON THE EFFICIENCY OF ANTICORROSION TILLING OF METAL PIPELINES BY ORTHOPOLYPHOSPHATE REAGENT "SEAQUEST LIQUID" (Ukraine).....	136
18. Matveev V., Shanina V. ACCURACY OF METHODS FOR INTERPRETATION OF PRECONSOLIDATION PRESSURE (Russia).....	144
19. Mazhaysky Y., Pavlov A. ASSESSMENT OF THE APPLICATION OF HUMIC PREPARATION AS A MELIORANT ON FALLOW LANDS (Russia).....	151
20. Nasedkin E., Olshtynskaya A., Ivanova A., Mitrofanova A., Pustovoit I. STUDY OF SUSPENDED MATTER AS AN APPLIED ASPECT OF HYDROLOGICAL AND ECOLOGICAL RESEARCH (Ukraine).....	160
21. Odilavadze T., Loiskandl W., Bziava K., Iremashvili I., Denisova I., Himmelbauer M. SOME FEATURES OF THE JOINT MOVEMENT OF WATER AND VAPOR MASS IN THE SOIL (Georgia, Austria).....	167
22. Savich-Shemet O., Gapanovich E., Antsukh Y. CLIMATE-RELATED TRENDS IN THE ORSHA ARTESIAN BASIN RIVERS' QUANTITATIVE CHARACTERISTICS (Belarus).....	174
23. Savich-Shemet O., Gertman L. CHANGES OF THE UNDERGROUND WATERS' LEVEL REGIME IN WESTERN BELARUS (ON THE EXAMPLE OF THE NEMAN RIVER BASIN) (Belarus).....	184
24. Supatashvili T., Kupreishvili Sh., Shavlakadze M., Sichinava P. THE PROBLEMS OF INDUSTRIAL WASTES UTILIZATION AND THEIR ROLE IN ENVIRONMENTAL POLLUTION (Georgia).....	192
25. Tarikhazer S., Gamidova Z. GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF GOBUSTAN MUD HAZARD (ON THE EXAMPLE OF THE PIRSAATCHAY RIVER BASIN) (Azerbaijan).....	196

26. Trofimov V., Kharkina M., Barykina O. ENGINEERING-GEODYNAMIC AND ECOLOGICAL-GEODYNAMIC DATA - MANDATORY COMPONENTS OF JUSTIFICATION OF ENVIRONMENTAL PROTECTION PROJECTS (Russia).....	202
27. Utkina K., Garbuz A., Kulyk M. DYNAMICS OF SURFACE WATER QUALITY IN RECREATIONAL AREAS LOCATED IN KHARKIV CITY (Ukraine).....	206
28. Vartanov M., Kechkhoshvili E., Sichinava P. ON THE ISSUE OF CLARIFYING THE CALCULATION OF ECONOMIC EFFICIENCY IRRIGATION OF CROPS (Georgia).....	213
29. Volchak A., Sidak S., Parfomuk S. A TWO-STAGE HYBRID MODEL FOR HYDROLOGICAL TIME SERIES FORECASTING (Belarus).....	219
Authors index (in Georgian)	229
Authors index (in English)	230