

პროფესორ ვიქტორ ერისთავის
85 წლისთავისადმი მიძღვნილი
საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
„გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“

შ რ ო მ ე ბ ი

საგამომცემლო სახლი
„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

<https://doi.org/10.36073/978-9941-512-47-6>

საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
„გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“

შ რ ო მ ე ბ ი



თბილისი
2024

სამეცნიერო საბჭო:

- დავით გურგენიძე** - თავმჯდომარე, სტუ-ს რექტორი, აკადემიკოსი (საქართველო);
- ლიანა თარგამაძე** - თანათავმჯდომარე, სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის დეკანის მოვალეობის შემსრულებელი, ასოცირებული პროფესორი (საქართველო);

წევრები:

- თამარ წერეთელი** - ვიცერექტორი, ასოცირებული პროფესორი (საქართველო) ;
- თამარ ლომინაძე** - რექტორის მოადგილე, პროფესორი (საქართველო);
- კარლო კოპალიანი** - სტუ-ს ადმინისტრაციის ხელმძღვანელი, პროფესორი (საქართველო);
- ლავრენტი გუდაგაძე** - სამეთვალყურეო საბჭოს თავმჯდომარე, პროფესორი (საქართველო);
- დავით თავხელიძე** - სტუ-ს პროფესორი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი (საქართველო);
- მიხეილ ჯანიკაშვილი** - სტუ-ს პროფესორი (საქართველო);
- გიორგი კვეციტაძე** - საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი (საქართველო);
- ვლადიმერ ციციშვილი** - საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი (საქართველო);
- დიმიტრი ერისთავი** - სტუ-ს ვიქტორ ერისთავის სახელობის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის # 404 დეპარტამენტის უფროსი, ქ.მ.კ., აკადემიური დოქტორი, პროფესორი (საქართველო);
- მარინელა პანაიოტოვა** - პროფესორი (ბულგარეთი);
- ვლადკო პანაიოტოვი** - პროფესორი (ბულგარეთი);
- ორლინ გემიშევი** - დოქტორი (ბულგარეთი);
- მანაზუ მიამოტო** - პროფესორი (იაპონია);
- მარია დულა** - პროფესორი (საბერძნეთი);
- ლუსინე ჰარუთუნიანი** - დოქტორი (სომხეთი);
- ნაგიმა ჯაკიპბეკოვა** - პროფესორი (ყაზახეთი).

საორგანიზაციო კომიტეტი:

- მაია შვილიდაძე** - სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის დეკანის მოადგილე, პროფესორი;
- თამარი ლოლაძე** - სტუ-ს ასოცირებული პროფესორი;
- რატი გურგენიძე** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მენეჯერი;
- ნაზიბროლა კუციავა** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;
- მაია ციციშვილი** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;
- თამარ ცინცაძე** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;
- როზა ხუციშვილი** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;
- ზურაბ საბაშვილი** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი;
- შალვა ანდღულაძე** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;
- გიორგი მჭედლოშვილი** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;
- იზოლდა ბაზღაძე** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი;
- ჯიმშერ ქერქაძე** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი.

სამეცნიერო კომიტეტი:

- მამუკა მასისურაძე** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ხარისხის უზრუნველყოფის სამსახურის ხელმძღვანელი, პროფესორი;
- ზვიად კოვზირიძე** - ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების ტექნოლოგიის ინსტიტუტის დირექტორი, პროფესორი;
- რევაზ კლდიაშვილი** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;
- ნანა გელოვანი** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;
- ლელია გვერდწითელი** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;
- ჯემალ შენგელია** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;
- მამუკა მაცაბერიძე** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;
- ომარ მიქაძე** - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;

თეიმურაზ ჭეიშვილი - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი;

ლერი გვასალია - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ემერიტუსი.

კონფერენციის სამდივნო:

მაია ქავთარაძე - სწავლული მდივანი, ასოცირებული პროფესორი;

მარინე დემეტრაძე - ასოცირებული პროფესორი;

ეკატერინე მაცაბერიძე - ასოცირებული პროფესორი;

მაია გუგუშიძე - ასოცირებული პროფესორი;

ნინო ბაგრატიონი - ასისტენტ - პროფესორი;

ირინე გელიეშვილი - ასისტენტ - პროფესორი;

მანანა მამულაშვილი - ასისტენტ - პროფესორი;

ხათუნა წეროძე - ასისტენტ - პროფესორი.

კონფერენციის სამეცნიერო მიმართულებები:

1. გარემოს დაცვა და ახალი ტექნოლოგიები;
2. გარემოს დაცვის სოციალურ-ეკონომიკური ასპექტები და ეკოლოგიური უსაფრთხოება;
3. გარემოს ობიექტების არსებული ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება, ბიომრავალფეროვანება და ურბანოეკოლოგია;
4. გარემოს ქიმია და ეკოლოგია;

კონფერენცია ტარდება ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის ეგიდით. ეძღვნება გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის კათედრის დამაარსებლის ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორის პროფესორ ვიქტორ დიმიტრის-ძე ერისთავის 85 წლის იუბილეს.

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2024

ISBN 978-9941-512-47-6 (PDF)

<http://www.gtu.ge>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წიგნში მოყვანილი ფაქტების სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი/ავტორები.

ავტორის/ავტორთა პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიციას.



GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

<https://doi.org/10.36073/978-9941-512-47-6>

**THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
“ENVIRONMENTAL PROTECTION AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT” DEDICATED TO PROFESSOR VICTOR
ERISTAVI ’ S MEMORY**

W O R K S



**Tbilisi
2024**

The scientific council:

David Gurgenzidze – Chairman, Rector of the Technical University of Georgia, Academician of the National Academy of Sciences of Georgia.

Lika Targamadze - Co-chairman, Acting Dean of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU, Associate Professor.

Members:

Tamar Tsereteli - Co-chairman, GTU Vice Rector, Professor.

Tamar Lominadze - Co-chairman, deputy rector, Professor.

Karlo Kopaliani - Co-chairman, Doctor of Social Sciences, Professor, Office of the Head of Administration (Chancellor) GTU.

Lavrenti Gudavadze - Co-chairman, Chairman of the Supervisory Board, Professor.

David Tavkheldidze - Co-chairman, Chairman of the Scientific Department, GTU, Professor. Member-correspondent of the National Academy of Sciences of Georgia.

Mikheil Janikashvili - Co-chairman, Deputy Chairman of the Scientific Department, GTU.

Giorgi Kvesitadze - Co-chairman of the Agrarian University of Georgia, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Georgia.

Vladimer Tsitsishvili - Co-chairman, Academician of the National Academy of Sciences of Georgia

Dimitri Eristavi - Co-chairman, Head of the Environmental Engineering and Ecology Department # 404, named after Professor Viktor Eristavi, Candidate of Chemical Sciences, Academic Doctor, Professor.

Marinela Panayotova - Professor (Bulgaria);

Vladko Panayotov - Professor (Bulgaria);

Orlin Gemishev - PhD (Bulgaria);

Manabu Miyamoto - Professor (Japan);

Maria Doula - Professor (Greece);

Lusine Harutunian - PhD (Armenia);

Nagima Jakipbekova - Professor (Kazakhstan).

Organizing Committee:

Maya Mshvildadze - Deputy Dean of the Chemical Technology and Metallurgy Faculty, GTU. Academic Doctor of Chemical Sciences, Professor.

Tamar Loladze - Deputy Dean of the Chemical Technology and Metallurgy Faculty, GTU. Professor.

Rati Gurgenzidze - Co-chairman, Manager of the Chemical Technology and Metallurgy Faculty, GTU.

Nazibrola Kutsiava - Head of the Chemical and Biological Technology Department, GTU. Professor.

Maya Tsintsadze - Head of the General, Inorganic and Analytical Chemistry Department, Chemical Technology and Metallurgy Faculty, GTU. Doctor of Chemical Sciences, Professor.

Tamar Tsintsadze - Head of the Pharmacy Department, Chemical Technology and Metallurgy Faculty, GTU. Academic Doctor, Professor.

Roza Khutsishvili - Professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy; GTU.

Zurab Sabashvili - Head of the Metallurgical Materials Science and Metal Processing Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU.

Shalva Andghuladze – Professor of the Environmental Engineering and Ecology Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU.

Giorgi Mchedlishvili – Professor of the Environmental Engineering and Ecology Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU.

Isolda Bazhdze - Associate Professor of the Environmental Engineering and Ecology Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU.

Jimsher Kerkadze – Associate Professor of the Environmental Engineering and Ecology Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU.

Scientific Committee:

Mamuka Maisuradze - Head of the Quality Assurance Service of the Chemical Technology and Metallurgy Faculty, GTU. Candidate of Chemical Sciences, Academic Doctor, Professor.

Zviad Kovziridze - Director of the Bionanoceramics and Nanocomposites Technology Institute, GTU.

Revaz Kldiashvili - Professor of the Chemistry Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU.

Nana Gelovani - Engineer-Chemical Technologist of the Pharmacy Department, GTU. Candidate of Chemical Sciences, Academic Doctor, Professor.

Leila Gverdtseteli – Professor of the Environmental Engineering and Ecology Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU.

Gemal Shengelia - Professor of the Chemical Technology and Metallurgy Faculty, GTU.

Mamuka Matsaberidze - Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU. Department of Chemical and Biological Technology, Professor.

Omar Mikadze - Professor of the Ferrous Metals Metallurgy Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU.

Temur Cheishvili - Professor of the Chemical Technology and Metallurgy Faculty, GTU.

Larry Gvasalia - Emeritus of the Chemical Technology and Metallurgy Faculty, GTU.

Conference Secretariat:

Maya Kavtaradze – Learned Secretary, Associate Professor

Maka Demetradze – Associate Professor

Ekaterine Matsaberidze - Associate Professor

Maya Gugeshidze - Associate Professor

Nino Bagrationi - Assistant Professor

Irine Geleishvili – Assistant Professor

Manana Mamulashvili - Assistant Professor

Khatuna Tserodze - Assistant Professor

Scientific topics of the conference:

1. Environmental protection and new technologies;
2. Socio-economic aspects of environmental protection and ecological safety;
3. Estimate of the ecological state of environmental facilities (climate...) Biodiversity and urban ecology;
4. Environmental Chemistry and Ecology;

The conference will be hosted by the Environmental Engineering and Ecology Department. Dedicated to the 85th birthday of the founder of the Environmental Engineering and Ecology Department, Doctor of chemistry Sciences, Professor Viktor D. Eristavi.

© Publishing House „Technical University“, 2024

ISBN 978-9941-512-47-6 (PDF)

<http://www.gtu.ge>

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced (will this be a text, photo, illustration or otherwise) in any form or by any means (electronic or mechanical) without the prior written permission of publisher.

Piracy is punished according to the law.

Author(s) are responsible for the accuracy of all the facts provided in the book.

The position of author(s) might not be coinciding with the position of the Publishing House.





პროფესორი ვიქტორ ერისთავი

ვიქტორ დიმიტრი - ძე ერისთავი დაიბადა 1939 წლის 22 ივნისს გამოჩენილი ქართველი მეცნიერის, საქართველოს წევრ-კორისპონდენტის, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორის, პროფესორის, მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწის დიმიტრი ერისთავის ოჯახში. მისი ცხოვრების გზა თავიდანვე “კოდირებული” იყო. ბავშვობიდანვე მიაჩვიეს დისციპლინას, მეცნიერებათა პატივისცემა ასწავლეს და მათკენ

მიმავალი გზა აჩვენეს. გარემომ, რომელშიაც ცხოვრობდა, წარმართა მისი ცხოვრების გზა.

ქ. თბილისის #25 საშუალო სკოლის დამთავრების შემდეგ, 1956 წელს სწავლა გააგრძელა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის (დღეს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი) ქიმიური ტექნოლოგიის ფაკულტეტზე, რომელიც 1962 წელს დაამთავრა.

შრომითი საქმიანობა ინსტიტუტის დამთავრებისთანავე დაიწყო. 1962 - 1963 წლებში მუშაობდა პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ჩაის წარმოების ნაკადური ხაზის კონსტრუქციის სამეცნიერო - კვლევითი ლაბორატორიის უმცროს მეცნიერ-თანამშრომლად. 1963 - 1966 წლებში ორგანულ ნივთიერებათა ტექნოლოგიის კათედრის ასპირანტია.

1966 წლიდან მისი მოღვაწეობა სპი-ს ანალიზური ქიმიის კათედრას უკავშირდება. ინიშნება კათედრის ასისტენტად.

1967 წელს დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია და მიენიჭა ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხი.

1968 - 1972 წლებში ანალიზური ქიმიის კათედრის დოცენტია, კითხულობს ლექციებს და პედაგოგიური მოღვაწეობის პარალელურად ატარებს სამეცნიერო - კვლევით სამუშაოს რაოდენობრივი და თვისობრივი ანალიზის ფიზიკურ-ქიმიურ მეთოდებში.

1974 წელს დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია თემაზე: კარბონატული ფორმის ანიონიტების გამოყენება იშვიათი ელემენტების ანალიზურ ქიმიაში და მიენიჭა ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორის ხარისხი, ხოლო 1975 წელს პროფესორის წოდება.

1975-1980 წლებში ვიქტორ ერისთავი ანალიზური ქიმიის კათედრის პროფესორია, პარალელურად ხელმძღვანელობს პრობლემური ლაბორატორიის სექტორს მეტად

აქტუალური თემატიკით - გარემოს დაბინძურების კონტროლის ანალიზური მეთოდების შემუშავება.

1980 წლის სექტემბრიდან პროფესორი ვ. ერისთავი სათავეში უდგება ახლად ჩამოყალიბებულ გარემოს დაცვის კათედრას. აქ მუშაობისას გამოადგა ყველაზე მეტად მისი ხასიათის ერთი უნმნიშვნელოვანესი შტრიხი – ლიდერის ბუნება, რის წყალობითაც უმოკლეს დროში შეძლო ნიჭიერი თანამოაზრეების შემოკრება, მეტად შრომატევადი სამუშაოების ჩატარება, შექმნა და გადაამუშავა ლექციების კურსი გარემოს დაცვა და ეკოლოგიაში. დიდი მუშაობა გასწია კათედრაზე სამრეწველო ეკოლოგიისა და გარემოს მონიტორინგის ლაბორატორიის შესაქმნელად. მისი ხელმძღვანელობით მომზადებულ იქნა ინჟინერ - ეკოლოგების პირველი ნაკადი.

ვიქტორ ერისთავი 200 – ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომის ავტორია. ფართოა მისი კვლევის დიაპაზონი. სამეცნიერო ნათლობა თავდაპირველად მამის ხელმძღვანელობით მიიღო, მისი თანაავტორობით შეასრულა პირველი სერიოზული მეცნიერული სამუშაო ანალიზურ ქიმიაში, მამისგან ერგო მემკვიდრეობით ფართო სამეცნიერო ერუდიცია, მეცნიერული ფანტაზია, ამ ღირებულებებით შემკულს არ გაუჭირდა მეცნიერებაში საკუთარი სიტყვა ეთქვა. მისი პირველი გამოკვლევები იშვიათი ელემენტების განსაზღვრის მეთოდების შემუშავებასა და იონგაცვლითი ფისების კვლევას ეხებოდა. მის მიერ გამოკვლეულ იქნა ბერილიუმის, რკინის, ალუმინის, ინდიუმის, გალიუმის, მოლიბდენის და სხვა იონების სორბციისა და დესორბციის პირობები სამამულო ანიონიტების კარბონატულ ფორმებზე.

ვიქტორ ერისთავის სამუშაოების დიდი ნაწილი ეკოლოგიურ პრობლემებზე ჩატარებულ გამოკვლევებს ეხება. სამეცნიერო კვლევებს ის რამოდენიმე მიმართულებით წარმართავს: სამრეწველო ნარჩენების შემცირებისა და რეკუპერაციის ეფექტური მეთოდების დამუშავება, გარემოს დაბინძურების ანალიზური კონტროლის ფიზიკურ – ქიმიური მეთოდების შემუშავება და ოპტიმიზაცია, მემბრანული ტექნიკის და ტექნოლოგიის საფუძველზე წყალმოხმარების შეკრული ციკლის შექმნა. ის მუშაობს ისეთ აქტუალურ საკითხებზე, როგორცაა შიგა წვის საწვავის ხარისხის გაუმჯობესება კოქსოქიმიური ქარხნების ნარჩენების გამოყენებით, რაც საშუალებას იძლევა გამოირიცხოს ტოქსიკური ეთილირებული საწვავის გამოყენება. მის მიერ თანაავტორობითან ერთად მემბრანული ტექნოლოგიის გამოყენებით დამუშავებულ იქნა რძის წარმოების უნარჩენო ტექნოლოგია წყლის მომარაგების ჩაკეტილი ციკლით შრატის გამოყვანის გზით, აბანო – სამრეცხაო კომბინატის წყალმომარაგება ჩაკეტილი ციკლით, კარიერის წყლებიდან ჰუმუსური ნაერთების გამოყოფის ტექნოლოგია ჰუმუსის ფარმაკოლოგიურ მრეწველობაში გამოყენების მიზნით, გაღვანური საამქროების ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ტექნოლოგია.

მის მიერ თანაავტორებთან ერთად შემუშავებული იქნა სხვადასხვა მეტალების ქრომატოგრაფიული კონცენტრირების სხვადასხვა მეთოდები. შექმნილ იქნა ლაზერული დანადგარი ატმოსფეროს აირებით დაბინძურების დისტანციური განსაზღვრისათვის, და ატომურ – აბსორბციული სპექტრომეტრის მაკეტი. 1982 წელს ქრომატოგრაფიის თეორიისა და გამოყენების განვითარებისათვის დაჯილდოებულ იქნა საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის საპატიო დიპლომით, 1981, 1983 და 1985 წლებში მისი სამეცნიერო ნაშრომები დიდი პრაქტიკული გამოყენების გამო პრემირებულ იქნა და ავტორი დააჯილდოვეს ვერცხლის მედლით (BДHX СССР).

1986 წლიდან ის შეთავსებით ხელმძღვანელობს საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის რესპუბლიკურ ატომურ აბსორბციული სპექტროსკოპიის ცენტრს.

ვ. ერისთავის ხელმძღვანელობით მომზადდა 15 - ზე მეტი საკანდიდატო დისერტაცია.

დიდია მისი დამსახურება საზოგადოებრივი მუშაობის სფეროში. ის იყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტთან არსებული საატესტაციო სამეცნიერო ხარისხის მიმნიჭებელი საბჭოს წევრი, სტუ-ს საატესტაციო სამეცნიერო ხარისხის მიმნიჭებელი საბჭოს წევრი ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიის დარგში სამრეწველო ეკოლოგიისა და კოროზიისაგან დაცვის სპეციალობით. ხელმძღვანელობდა ქიმიური ტექნოლოგიის ფაკულტეტის კომისიას, იყო სანჰიგიენისა და ანალიზური ტექნიკის ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს წევრი.

მეცნიერი ხშირად იმალლებდა კვალიფიკაციას საზღვარგარეთის სამეცნიერო ცენტრებში. 1971 და 1977 წლებში განათლების სამინისტროს ხაზით რუმინეთში და გერმანიაში იყო მივლინებული. 1978 – 1979 წლებში ანალოგიური პროგრამით ამერიკის შეერთებულ შტატებში იმყოფებოდა.

1991 წელს ლონდონის პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში ორი თვის მანძილზე ეცნობა გარემოს დაცვის კათედრის მუშაობას.

1995 წელს მივლინებული იყო აშშ – ს კალიფორნიისა და სანფრანცისკოს სახელმწიფო უნივერსიტეტებში ეკოლოგიის გლობალურ საკითხებზე სამუშაოდ.

1995 წელს აირჩიეს აშშ მეცნიერების, ინდუსტრიის, განათლებისა და ხელოვნების ინტერნაციონალური აკადემიის ნამდვილ წევრად, 1997 წელს კი საქართველოს ეკოლოგიური აკადემიის ნამდვილ წევრად.

მშვიდი, წინდახედული, თავშეკავებული, ხანდახან უმოწყალოდ წრფელი, უკმეხობამდე მართალი – ასეთია მისი პიროვნების რამოდენიმე შტრიხი.

2001 წლიდან სიცოცხლის ბოლო წუთამდე უდიდესი პროფესიონალიზმის მქონე მეცნიერის მოღვაწეობა აშშ-ს უკავშირდება, თუმცა მისი ძალისხმევით შექმნილ გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის კათედრასთან კავშირი არასოდეს გაუწყვეტია, გარდაცვალებამდე ასრულებდა კათედრის პროფესორ – კონსულტანტის როლს.

გარდაიცვალა ამერიკის შეერთებულ შტატებში ქ. სანფრანცისკოში 2005 წლის 16 დეკემბერს. დაკრძალულია საქართველოში, ქ. თბილისში.

აღსანიშნავია, რომ გამოჩენილ მეცნიერს, გარემოს დაცვის კათედრის დამაარსებელს, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორს ვიქტორ ერისთავს 2019 წელს 22 ივნის დაბადებიდან 80 წლის საიუბილეო თარიღთან დაკავშირებით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აკადემიურმა საბჭომ დაადგინა: სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის "გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტს" მიენიჭოს გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის კათედრის დამაარსებლისა და პირველი გამგის, პროფესორ ვიქტორ ერისთავის სახელი და № 01-05-04/66 დადგენილების საფუძველზე ეწოდოს: "პროფესორ ვიქტორ ერისთავის სახელობის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი".

2024 წლის 12 ივნისს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის, გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის ეგიდით და ჩვენი უნივერსიტეტის ხელმძღვანელობის ხელშეწყობით ჩატარდა რიგით მესამე საერთაშორისო საიუბილეო სამეცნიერო კონფერენცია "გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება", რომელიც მიემდგნა გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის კათედრის დამაარსებლის ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორის პროფესორ ვიქტორ ერისთავის დაბადებიდან 85 წლის იუბილეს.

ღირსეული მოქალაქე, ჭეშმარიტი მამულიშვილი, დიდი მეგობარი, სიკეთით სავსე, ღიმილიანი, უღალატო ადამიანი – ვიქტორ ერისთავი ასეთად დარჩება მეცნიერების ისტორიაში.

საერთაშორისო სამეცნიერო - კონფერენციის "გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება" საოგანიზაციო კომიტეტი.

**”პროფესორ ვიქტორ ერისთავის სახელობის
გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის” დეპარტამენტის ისტორია**

ჯერ კიდევ 1977 წლის ოქტომბერში ქ. თბილისში ჩატარდა გარემოს დაცვის საკითხებისადმი მიძღვნილი I - ლი სამთავრობათაშორისო კონფერენცია, სადაც მკაფიოდ განისაზღვრა უმაღლესი განათლების სისტემის როლი გარემოს დაცვის სფეროში. აღნიშნულის საფუძველზე 1977 წლიდან საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ბაზაზე პირველად საქართველოში შემოდებული იქნა გარემოს დაცვის ზოგადი სალექციო კურსი, როგორც სავალდებულო დისციპლინა.

1980 წლიდან ეკოლოგიურ განათლებას უზრუნველყოფს საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ქიმიური ტექნოლოგიის ფაკულტეტზე ჩამოყალიბებული გარემოს დაცვის კათედრა, ამჟამად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის `“გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი”, რომელსაც დაარსებიდან 2001 წლამდე ხელმძღვანელობდა მისი დამაარსებელი, გამოჩენილი მეცნიერი, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ვიქტორ დიმიტრის - ძე ერისთავი.

2002 - 2013 წლებში გარემოს დაცვა და საინჟინრო ეკოლოგიის მიმართულებას ხელმძღვანელობდა პროფესორი ნ. ჩხუბიანიშვილი, რომელიც ამჟამად არის ჩვენი დეპარტამენტის პროფესორი – ემერეტუსი.

2017 წელს ყოფილი ”გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის” კათედრის ბაზაზე ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის საბჭოსა და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აკადემიურ საბჭოს გადაწყვეტილებით მოხდა ”გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის” დეპარტამენტის გამოყოფა, რომლის უფროსად დაინიშნა ამავე დეპარტამენტის პროფესორი დიმიტრი ერისთავი.

აღსანიშნავია, რომ “გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის” დეპარტამენტს მომავალ წელს დაარსებიდან უსრულდება 45 წელი და გაგვაჩნია მოღვაწეობის მდიდარი და საინტერესო ისტორია.: დეპარტამენტის პროფესორ მასწავლებლები 1980 წლიდან დღემდე უკითხავენ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ყველა საინჟინრო სპეციალობების სტუდენტებს ზოდად საუნივერსიტეტო საგანს ”გარემოს დაცვა და ეკოლოგია“-ს.

1990 წლიდან გარემოს დაცვის კათედრა იწყებს სპეციალისტების მომზადებას “გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების“, 2005 წლიდან კი ემატება “სამრეწველო ეკოლოგიისა და ეკოლოგიური ექსპერტიზის” სპეციალობა.

2012 წლიდან უმაღლესი განათლების სისტემაში განხორციელებული რეფორმების შედეგად სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტზე გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტში ხორციელდება შემდეგი აკრედიტირებული სასწავლო პროგრამები:

ბაკალავრიატი - „გარემოსდაცვითი ინჟინერია“ - მისანიჭებელი კვალიფიკაცია – გარემოს ინჟინერიის ბაკალავრი.

მაგისტრატურა - „გარემოსდაცვითი ინჟინერია“ - მისანიჭებელი კვალიფიკაცია – გარემოს ინჟინერიის მაგისტრი.

2012 წლიდან პერიოდულად ხდებოდა ამ პროგრამების მოდიფიცირება წამყვანი ევროპული უნივერსიტეტების გამოცდილების გათვალისწინებით და 2022 წელს საბაკალავრო პროგრამამ მიიღო 7 წლიანი აკრედიტაცია და სახელმწიფოს სრული დაფინანსება!

დეპარტამენტი წლების მანძილზე ასრულებს მეტად საპასუხისმგებლო მისიას მაღალკვალიფიციური კადრების აღზრდის საქმეში, რომლებსაც შესწევთ უნარი სწორად შეაფასონ არსებული ეკოლოგიური პრობლემები, წინ აღუდგნენ გარემოს დეგრადაციის პროცესებს და მნიშვნელოვანი როლი შეასრულონ ქვეყნის მდგრად განვითარებაში.

დღიდან დაარსებისა დეპარტამენტმა მოამზადა 300-ზე მეტი სპეციალისტი, 61 - მაგისტრანტი, რომლებიც წამყვან სპეციალისტებად მუშაობენ გარემოს დაცვის, უსაფრთხოებისა და ეკოლოგიის სფეროში.

ნაყოფიერია დეპარტამენტის საქმიანობა სამეცნიერო კადრების აღზრდის საქმეშიც, 1980 - 2024 წლებში დაცულია: 2 მეცნიერებათა დოქტორის, 7 - მეცნიერებათა კანდიდატის, 23 - აკადემიური დოქტორის დისერტაცია. დასრულების სტადიაშია კიდევ 7 სამეცნიერო სამუშაო აკადემიური დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებლად.

გვაქვს სათანადო ადამიანური და მატერიალურ - ტექნიკური რესურსი სასწავლო საგანმანათლებლო პროგრამებისა და სამეცნიერო კვლევითი და პრაქტიკული სამუშაოების განხორციელებისათვის. ბოლო პერიოდში მიმდინარეობდა და მიმდინარეობს სამეცნიერო - კვლევითი და პრაქტიკული სამუშაოები სხვადასხვა ეკოლოგიური მიმართულებით: ამჟამად, გვყავს 7 დოქტორანტი და 4 მაგისტრი, რომლებიც მუშაობენ გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის თემატიკაზე.

დეპარტამენტის თანამშრომლებს მიღებული და შესრულებული აქვთ ხუთი სამეცნიერო გრანტი ორი საერთაშორისო, ერთი ადგილობრივი – რუსთაველის ფონდის და ორი შიდა საუნივერსიტეტო.

ასევე, აღსანიშნავია, რომ წლების მანძილზე დეპარტამენტში ფუნქციონირებდა რესპუბლიკური ატომურ - აბსორბციული ცენტრი, მემბრანული პროცესების სამეცნიერო - კვლევითი ლაბორატორია, ეკოლოგიური მონიტორინგის, სამრეწველო ეკოლოგიისა და კვების პროდუქტების კონტროლის სამეცნიერო - კვლევითი ლაბორატორია, წყლის

ხარისხის საგამოცდო სერტიფიცირებული ლაბორატორია „ეკოლოგი“ რომელსაც შეთავსებით ხელმძღვანელობდა პროფესორი ვიქტორ ერისთავი, ცენტრმა და ლაბორატორიებმა მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს გარემოზე ანტროპოგენური დატვირთვის შეფასების, გარემოს გაჭუჭყიანების დონისა და მოსახლეობაზე მისი ზეგავლენის მონიტორინგის განხორციელების საქმეში.

ამჟამად სტუ-ს და კომპანია “RMG”-ს შორის გაფორმებული მემორანდუმის ფარგლებში ჩვენი პროგრამის წარჩინებულ სტუდენტებს საწარმო დაუნიშნავს სტიპენდიას და თანამშრომლობის ფარგლებში ხელს შეუწყობს კურსდამთავრებულთა დასაქმებას. სასწავლო პროგრამის ხარისხის შემდგომი განვითარებისათვის დავამყარეთ საქმიანი ურთიერთობა სს „არენჯი კოტერი შპს „არენჯი გოლდი“-ს ხელმძღვანელობასთან, კერძოდ დირექტორის მოადგილესთან გარემოსდაცვით საკითხებში და შპს „გარემოსდაცვით მომსახურების“ კომპანიის დირექტორთან ბატონ კონსტანტინე ხაჭაპურიძესთან, რომელიც გვებმარება დეპარტამენტის სასწავლო - სამეცნიერო ტექნიკური ბაზის სრულყოფაში - თანამედროვე აპარატურის გადმოცემაში, დეპარტამენტის თანამშრომლების გადამზადებაში და სამომავლოდ „გარემოსდაცვითი ლაბორატორიის“ სერტიფიცირებაში ჩამდინარე წყლების კვლევების მიმართულებით, რომელიც დღესდღეობით არის ძალზე აქტუალური ზედაპირული წყლების დაბინძურების პრევენციისათვის. ლაბორატორიის გახსნა იგეგმება 2024 წლის ბოლომდე.

დეპარტამენტის თანამშრომლები აქტიურად მონაწილეობენ სხვადასხვა საერთაშორისო და რესპუბლიკურ სამეცნიერო - პრაქტიკულ კონფერენციებში, პედაგოგთა ტრენინგებსა და გადამზადებაში. ათვისებულია სწავლების თანამედროვე მეთოდები, სწავლების პროგრესული ტექნოლოგიები, გარემოს დაცვითი აღზრდის ინტეგრირების ხერხები.

ეკოლოგიური განათლების საუნივერსიტეტო პროგრამის შემუშავებასა და განხორციელებასთან დაკავშირებით დეპარტამენტში დამუშავდა ბაკალავრიატისა და მაგისტრატურის სასწავლო - საგანმათლებლო პროგრამები, გამოიცა: 19 - სახელმძღვანელო, 23 - დამხმარე სახელმძღვანელო, 11 - მონოგრაფია, 21 - მეთოდური მითითება, გამოქვეყნდა 500-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომი როგორც ადგილობრივ, ასევე უცხოეთის სამეცნიერო ჟურნალებში, მიღებულია 8 - საავტორო მოწმობა.

გვაქვს მჭიდრო კონტაქტები ადგილობრივ, ისე მსოფლიოს წამყვან უნივერსიტეტებთან, რომლებშიც ბოლონიის სასწავლო პროგრამით მიმდინარეობს გარემოს დაცვის ზოგადი კურსის, ეკოლოგიის და საინჟინრო ეკოლოგიის სწავლება, სადაც კადრები მზადდება გარემოს დაცვის ინჟინერინგის მიმართულებით. წელს ჩვენი დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი მათა ქავთარაძე მონაწილეობას იღებს „ერასმუსის“ გაცვლით პროგრამაში.

და ბოლოს მონდა ავღნიშნო, რომ დღეს ჩვენს კონფერენციას სამშუხაროდ არ ესწრებიან აწარდაცვლილი ჩვენი ღვაწლმოსილი პროფესორ - მასწავლებლები: ნინო მახარობლიშვილი, ლერა ქაშაქაშვილი, ჯიულეტა გუგეშიძე, ნათელა ალექსიძე, მაგრამ საბედნიეროდ ჩვენთან არიან - ქალბატონები: აზა დანელია, რუსუდან ალასანია, ლილი მასხარაშვილი, მარია ხელაშვილი, თინა ქუჩულორია, რომლებსაც დიდი წვლილი მიუძღვით ჩვენი კათედრის დაარსების და განვითარების საქმეში რაზეც მინდა გადაუხადო მათ დიდი მადლობა.

ასევე, ჩემს კოლეგებთან ერთად დიდ მადლობას ვუხდით ფაკულტეტის და უნივერსიტეტის ხელმძღვანელობას, პირადად უნივერსიტეტის რექტორს აკადემიკოს დავით გურგენიძეს ჩვენი რიგით მესამე საიუბილეო საერთაშორისო კონფერენციის ორგანიზაციისათვის.

საერთაშორისო სამეცნიერო - კონფერენციის “გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება” საოგანიზაციო კომიტეტი.

საორგანიზაციო კომიტეტის მიმართვა

საორგანიზაციო კომიტეტი მოხარულია მოგიწვიოთ გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის კათედრის დამაარსებლის ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორის პროფესორ ვიქტორ დიმიტრის - ძე ერისთავის დაბადებიდან 85 წლისადმი მიძღვნილ საერთაშორისო საიუბილეო სამეცნიერო კონფერენციის „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“ მუშაობაში მონაწილეობის მისაღებად, რომელიც ჩატარდება 2024 წლის 12 ივნისს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ადმინისტრაციულ კორპუსში, სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის „პროფესორ ვიქტორ ერისთავის სახელობის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის“ დეპარტამენტის ეგიდით.

კონფერენციის მიზანია მოსმენილ იქნეს „გარემოს დაცვისა და ეკოლოგიის“, „ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიის“, „მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის“, „ქიმიისა და ფარმაციის“, „ენერგეტიკის“, „სამთო - გეოლოგიის“, „ჰიდრო-მეტეოროლოგიის“ სფეროში წარმოებული სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოები, მოხდეს გამოცდილების გაზიარება, ურთიერთ - თანამშრომლობის დამყარება, მიმდინარე კვლევების კოორდინირება, დაისახოს ქვეყნისათვის საჭირო შედეგების გამოყენების პერსპექტივები.

საორგანიზაციო კომიტეტი

შ ი ნ ა ა რ ს ი

გარემოს დაცვა და ახალი ტექნოლოგიები:

Environmental protection and new technologies:

1. „Analysis of use-cases for drones in environmental protection applications to conserve.....22
natural ecosystems in Georgia“ .
Julia Schwarz, Miles Lalor, Omar Ghazal, Guga Chomakhidze.
2. „ტექნოგენურად დაბინძურებული კარიერული(მჟავე) წყლების გაწმენდის სისტემები“...35
კონსტანტინე ხაჭაპურიძე, გიორგი მჭედლიშვილი, გურანდა ავქოფაშვილი.
3. „მძიმე მეტალებით დაბინძურებული ნიადაგების გაუვნებლყოფა ფიტორემედიაციის
მეთოდით“.....44
ლეილა გვერდწითელი, ნინო ბაგრატიონი, გიორგი ხეცოიძე.
4. „Establishment of the impact of impromptu landfills on the surrounding areas (on the example
of Natakhtari landfill) and their possible purification from some toxic components through
hytoremediation“.....54
N. Buachidze, D. Eristavi, S. Sekhniashvili, Sh.andguladze, N. Kutsiava.
5. „Chemical - technological Research of Old Georgian Glasses“.....62
Marina Kapanadze, Maia Mshvildadze, Tamar Loladze, Nino Keadze, Archil Koroghlishvili.
6. „Nanocomposites in B₄C-TiC-TiB₂-SiC – BN - Al₂O₃ – SiAlON - C Carbon Fiber system“.....69
Ts. Danelia, Z. Kovziridze, N.Nijaradze, G. Tabatadze, T. Cheishvili, N. Darakhvelidze,
M. Balakhashvili.
7. “К ВОПРОСУ О БИОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОТХОДАМИ
БУРОГО УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЛЕНГЕРСКОЕ НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА”.....93
Акмарал Исаева, Эльжбета Вилк-Возняк, Вальдемар Спыхальский, Богуслава Леска,
Радослав Панкевич , Войцех Антковияк, Асель Тлеукеева, Акмарал Алихан.
8. “გაცვეთილი სახნისების აღდგენა ახალი დანაფარბანი ელექტროდით”.....103
ზურაბ მირიჯანაშვილი, გურამ დადიანიშვი, მალხაზ ხუციშვილი, ბესიკ სარალიძე,
თენგიზ ფურცხვანიძე.
9. “კლიმატის გლობალური ცვლილება პრევენცია - შერბილების და ადაპტაციის მწვანე
ტექნოლოგიების ძიება საქართველოში”.....122
გივი ლოლაძე, ნაზი კუციავა, ნინო მუხადგვერდელი, თეიმურაზ ჭეიშვილი , რაჟდენ
სხვიტარიძე, ვლადიმერ გორდელაძე, მანანა კეკელიძე.
10. “ბარომემბრანული პროცესების კვლევა აცეტატცელულოზური მემბრანების ბაზაზე”....128
გიორგი ბიბილეიშვილი, ნანა გოგესაშვილი, მზია კეჟერაშვილი, ლიანა ყუფარაძე,
ებანოიძე ლიანა, მამულაშვილი მანანა.
11. “საქონლის ძვლის ნაცრის გამოყენებისას არსებული და პერსპექტიული სფეროები”.....136
თეიმურაზ ჭეიშვილი, მარიკა შავლაყაძე, ეკა უჩანეიშვილი, ვალენტინა კობალაძე.

12. “თბოსაიზოლაციო მინისებური მასალები ტექნოგენური ნედლეულის საფუძველზე”....	144
თეიმურაზ ჭეიშვილი, ანა გურასპაშვილი, მაია მშვილდაძე.	
13. “Chemical stability of manganese-doped titanium electrode”	152
Maia Gabrichidze, Anastasia Manjavidze, Ketevan Qaquchaia.	
14. „ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების გამოყენება აგრარულ სექტორში“	165
თამარ ჯიბლაძე, თამარ ფალავანდიშვილი, რამაზ ქაცარავა.	
15. “წვეთოვანი მორწყვის რეჟიმზე, ნიადაგობრივ კლიმატური პირობების გავლენა, წვეთოვანი მორწყვის ეკონომიკური ეფექტურობა”	180
შორენა კუპრეიშვილი, ირაკლი კეჩხოშვილი, ნინო მეზონია, ლალი ბაიდაური, ოლღა ხარაიშვილი, დალი ბაიდაური, ნატო კაკაბაძე, ლაურა ტოკლიკიშვილი.	
16. “შპს „ჯორჯიან მანგანუმი“ წარმოების ნარჩენების გამოყენების შესაძლებლობის შესწავლა სილიკომანგანუმის დნობის პროცესში”	196
ირაკლი მაისურაძე, ბადრი მაისურაძე, ზურაბ სიმონგულაშვილი, ომარ მიქაძე.	
17. “REDUCING OF GREENHOUSES EMISSIONS USING BIODIESE”	205
Natela Khetsuriani, Kakha Karchkhadze, Irina Mchedlishvili, Madlena Chkhaidze.	
18. "მრეწველობის სექტორიდან მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევების შემცირების ლონისპიკები და მათი ზეგავლენა ქ. რუსთავის ატმოსფერული ჰაერის ხარისხზე"	212
ნოე მეგრელიშვილი, ლეილა გვერდწითელი, ალექსანდრე სურმავა.	
19. “Electrochemical synthesis of polyvinylpyrrolidone-stabilized nanomagnetite in water/ethanol environment“	222
Marine Donadze, Nino Makhaldiani, Elene Burduladze.	

**გარემოს დაცვის სოციალურ-ეკონომიკური ასპექტები და ეკოლოგიური უსაფრთხოება:
Socio-economic aspects of environmental protection and ecological safety:**

1. “მდგრადი განვითარების გლობალური გარემოსდაცვითი აქტუალური სოციალურ- ეკონომიკური პრობლემები და პერსპექტივები”	232
ლავრენტი (ზურაბ) გუდავაძე, ნოდარ ფოფორაძე, გელა მაჩაიძე, გელა ლობჯანიძე.	
2. “Waste-processing problems”	253
Marine Demetradze, Irine Geleishvili, Revaz Zoidze.	
3. "საქართველოში ჩამდინარე წყლების მართვის არსებული მდგომარეობის შეფასება". ნათელა ძეგისაშვილი, ნინო თაყაიშვილი, თამარ დავითაია.....	257
4. “ჰავის ცვლილებების გავლენა ბავშვთა ჯანმრთელობაზე”	266
ყარამან ფალავა.	
5. “გამოყენებული ნარჩენი მცენარეული ზეთების გადამუშავება ბიოსაწვავად”	275
მანანა მამულაშვილი, ეკატერინე მაცაბერიძე, გიორგი ლაზარაშვილი.	
6. “გლობალური დათბობა, კლიმატის ცვლილებები და აგროინდუსტრია”	282
ტყემალაძე გურამ, მახაშვილი ქეთევანი, მამარდაშვილი ნაირა, კილაძე მაია.	

7. „სილიციუმის მზის ელექტროსადგური და მისი ზემოქმედება გარემოზე“290
თინათინ ლაფერაშვილი.
8. “უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის განვითარების სტრატეგია ეკოლოგიის პრობლემების
გათვალისწინებით”300
ქეთევან კენკეზაშვილი.
9. „ეკოლოგიის პრობლემური საკითხების ინტეგრირება, ინტერდისციპლინარულ
საუნივერსიტეტო სასწავლო კურსებში „პროექტის მეთოდით“ სწავლების
საშუალებით“307
მარინე დგებუაძე.
10. "სახიფათი სამედიცინო ნარჩენები და მათი უტილიზაციის მეთოდები"327
მაია ქავთარაძე, ემა შელია.
11. “სამრეწველო საწარმოთა ეკოლოგიური უსაფრთხოების ასპექტები”335
როზა ხუციშვილი, ეთერ სადაღაშვილი, აკაკი ბოკერია.
12. “მდგრადი განვითარება და გარემოსდაცვითი (ეკოლოგიური) მენეჯმენტი”331
გიორგი მჭედლიშვილი, შალვა ანდლულაძე, მაია ქავთარაძე.
13. “სოციალური მედიის ძალის გამოყენება გარემოს დაცვის მიმართულებით: გზა
გლობალური მდგრადობისკენ”342
ბექა სხირტლაძე.

გარემოს ობიექტების არსებული ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება,

ბიომრავალფეროვანება და ურბანოეკოლოგია;

Estimate of the ecological state of environmental facilities, Biodiversity and urban ecology.

1. “მდინარე იორის აუზის წყლის შენაკადების ეკოქიმიური კვლევა”348
ნინო შუმტაკაშვილი, ლეილა გვერდწითელი, ალექსანდრე სურმავა.
2. “ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА Г.ШЫМКЕНТ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ”362
Исаева А.У., Махмуд-ар-Рахман Ансари, Салим Е., Пернебаев Ж.
3. “THE IMPACT OF THE MINING INDUSTRY TAILINGS ON THE ENVIROMENTAND THE
WAYS OF ITS REDUCTION”370
Artashes Vahan Tadevosyan, Armine Arthur Safaryan, Tatevik Simon Bagdasaryan,
Pativakan Stepan Voskanyan.
4. “შუა დერეფანი, როგორც მწვანე სატრანსპორტო კორიდორი საქართველოში:
მდგომარეობა და პერსპექტივები”382
ლევან ლომსაძე.
5. “ნიადაგის ნაყოფიერების განსაზღვრა ვაზის კულტურისთვის”389
ელენე სორდია; სოფიო ძნელაძე; ლევან ელიაშვილი.
6. “ზორისა და მისი ნაერთების გავლენა ბიოსფეროსა და ცოცხალ ორგანიზმებზე”392
იზოლდა ბაზღაძე.

7. „ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება საავტომობილო და საგზაო კომპლექსებიდან“...396
მაია გუგეშიძე, თამარ შარაშიძე.
8. „2024 წლის რაჭა-ლეჩხუმის და ქვემო სვანეთის რეგიონის ბუნებრივი წყლების
ჰიდროქიმიური კვლევა“.....403
ლალი შავლიაშვილი, გულჩინა კუჭავა, ეკატერინა შუბლაძე, მარიამ ტაბატაძე.
9. „ქ. ქუთაისის ატმოსფერული ჰაერის PM10–ით დაბინძურების გამოკვლევა რიცხვითი
მოდელირებით“. I. ფონური დასავლეთის მსუბუქი ნიავის შემთხვევა“.....418
ალექსანდრე სურმავა, ვეფხია კუხალაშვილი, ნათია გიგაური, ლეილა გვერდწითელი,
ლიანა ინწკირველი.
10. მდინარე მტკვრის აუზის მიკროშენაკადების – ლოჭინისა და ორხევის მიკრობიო-
ლოგიური გამოკვლევა“.....431
ჯიმშერ ქერქაძე, გიული ჯოხაძე, ირაკლი როსტომაშვილი, მაია ოჩიგავა,
რაულ კოკილაშვილი, შალვა ანდღულაძე.
11. „ბიომრავალფეროვნება და ბუნებრივი რესურსების ინტეგრირებული მართვა
საქართველოში“.....439
ვაჟა ზეიკიძე, რუსუდან ფირცხალავა.
12. „თბილისის ლიქენების და საჭმელი სოკოების ბიომრავალფეროვნება“.....449
ი. კუპრაძე, ე. სვანიძე, ა. ჯორჯაძე.
13. „ურბანიზაციის გავლენა ქალაქ თბილისის ბრიოფიტების მრავალფეროვნებაზე“.....460
ქეთევან ტიგიშვილი, ქეთევან ფეიქრიშვილი, არჩილ ყველაშვილი.
14. “ფიბრობეტონის გამოყენება სამშენებლო ელემენტების დამზადებაში“.....476
დ. ნოზაძე, ს. მეზონია, გ. ოთარაშვილი.
15. “Natural occurrence entomopathogenic fungi: *Beauveria bassiana* and *Metharizium*
anisopliae from population of Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera:
Chrysomelidae) in Georgia”.....485
Nino Matcharashvili, Medea Burjanadze.

გარემოს ქიმია და ეკოლოგია:

Environmental Chemistry and Ecology:

1. „Influence of Heat on the Structure and Porosity of Natural Heulandite“.....495
Vladimer Tsitsishvili, Nanuli Dolaberidze, Marinela Panayotova, Nato Mirdzveli, Manana
Nijaradze, Zurab Amiridze, Bela Khutsishvili.
2. „REMOVAL OF AMMONIUM FROM AQUEOUS MEDIUM BY USING ANIONIC
SURFACTANT MODIFIED ZEOLITE AND BENTONITE“.....516
Lusine Harutyunyan, Lena Tangamyanyan, Romik Harutyunyan.
3. „Remediataion of Anaseuli site“525
G. Nabakhtiani, I. Giorgadze.

4. „სელენი - ჯანმრთელობის სადარაჯოზე“531
რეზო კლდიაშვილი, დენიტა ბიბილეიშვილი, ქეთევან დიდბარიძე.
5. „ELECTROCHEMICAL SYNTHESIS OF BIOLOGICAL ACTIVE COMPOUNDS FROM
HERBAL RAW MATERIALS WITH ANTIOXIDANT PROPERTIES“546
N.O. Jakipbekova, S.A. Sakibaeva, A.B. Issa, Zh.A. Shingisbayeva.
6. „ნიადაგის ზღვრული ტენტევადობის პირობებში ორგანული ნივთიერებების
დამლა, ნახშიროჟანგის წარმოქმნა“548
ლევან იტრიაშვილი, ოლღა ხარაიშვილი, ნინო მეზონია, ნატო კაკაბაძე,
გიორგი კილურაძე, მთვარისა თანანაშვილი, ქეთევან ბერიაშვილი, პაატა სიჭინავა,
მაია კიკაბიძე.
7. „დიზელსა და ბენზინზე მომუშავე მანქანებისთვის გამოყენებული კატალიზური
კონვერტორების ტიპები“558
მაია გუგეშიძე, თამარ შარაშიძე, ქრისტინე ქარუმიძე.
8. “ჩამდინარე წყლების მონიტორინგის ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურის
თავისებურებები”567
მახაშვილი ქეთევანი; ბიბილეიშვილი დენიტა; იაშვილი ნუგზარ.
9. “Imidazoles as potential anticancer agents for the strongly localized multicomponent
combination therapy of cancer”576
A. Chirakadze, G. Palavandishvili, Kh. Tserodze, T. Chichua, E. Kalandia, M. Maisuradze.
11. “ტყავის დამუშავების პროცესში გამოყენებული ნივთიერებები ძველქართული
წყაროების მიხედვით”584
ნონა ბოლქვაძე, ხათუნა წიქარიშვილი, ანა დარჩიაშვილი, ნინო იმნაძე,
სადინა მურადოვა.
12. “მალონჟეჟას დიჰიდრაზიდთან თუთიის, მანგანუმის (II) და რკინის (II)
ჰეტერომეტალური კომპლექსნაერთების სინთეზი”592
თამარ ედილაშვილი, გიორგი ადამია, ეკატერინე თოფურია, თათია ტუსიაშვილი.
13. “Electronic study of 1,4-benzene dicarboxylic acid and its dihydrazide molecules”600
Maia Tsintsadze, Nona Bolkvadze, Sophiko Kvinikadze, Mariam Tsertsvadze.
14. “ოლანზაპინის კომპლექსწარმოქმნის უნარზე გამხსნელის გავლენის შესწავლა კვანტურ-
ქიმიური ნახევრადემპირიული AM1 მეთოდით”608
მაია ცინცაძე, ნანა გეგეშიძე, მაია მამისეიშვილი, დიმიტრი ლოჩოშვილი,
ნინო გაბიტაშვილი.
15. “კობალტის (II) ორმაგი კოორდინაციული ნაერთები ჟანგბად- და გოგირდმემცველ
ორგანულ ლიგანდებთან”618
ნანა გეგეშიძე, მარიამ ქანთარია, დავიდ მარდოიანი, ილონა შეყილაძე,
მზია გოგიაშვილი, ლ. სხირტლაძე.

16. “ტყვიის (II) და კადმიუმის კომპლექსწარმოქმნის შესწავლა ჟანგბად- და აზოტშემცველ ბიოლოგიურად აქტიურ ორგანულ ლიგანდებთან”.....626
ნინო კილასონია, თამარ გიორგაძე, გიორგი გაჩეჩილაძე, სალომე შავაძე,
მაზურა კერესელიძე, დიმიტრი ლოჩოშვილი.
17. “მცენარეთა ღეროვანი უჯრედები, როგორც - ინოვაცია კოსმეტიკაში”637
ანა ჩაფიძე.
18. „მიკოპროტეინით მდიდარი საკვები დანამატების მიღება ყურძნის წვენი წარმოების
ნარჩენების ბიოტრანსფორმაციის საფუძველზე“645
ი. კაპანაძე, თ. ბუაჩიძე.
19. „დიელექტრიკულ ზეთებში პოლიქლორირებული ბიფენილების (PCBs) განსაზღვრა
(სკრინინგი და ლაბორატორიული ანალიზი)“664
ზ. გელიაშვილი , გ. თანდილაშვილი, ი. ლეგაშვილი, რ. ახოზაძე.
20. “Supramolecular Constructs of Bis(lidocaine) Tetrachloridozincate(II)”678
Vladimer Tsitsishvili, Koba Amir Khanashvili.

გარემოს დაცვა და ახალი ტექნოლოგიები:
Environmental protection and new technologies:

Title: Analysis of use-cases for drones in environmental protection applications to conserve natural ecosystems in Georgia

Authors:

Julia Schwarz, Chairwoman of Caucasus Research and Innovation Center & CEO of December32 LLC, MBA in Entrepreneurship & Innovation, Email: julia@december32.info, Mobile: 591053353, Office: Innovation Street 7, GITA Tech Park, Tbilisi, Georgia

Miles Lalor, Chairman of Caucasus Research and Innovation Center & CGO of December32 LLC, BA with Honors in International Security & Disaster Management, Email: miles@december32.info, Mobile: 591051800, Office: Innovation Street 7, GITA Tech Park, Tbilisi, Georgia

Omar Ghazal, Researcher at Caucasus Research and Innovation Center & Junior Engineer at December32 LLC, Reading a Masters in Aerospace Engineering, Email: omar@december32.info, Mobile: +447733972767, Office: Innovation Street 7, GITA Tech Park, Tbilisi, Georgia

Guga Chomakhidze, Researcher at Caucasus Research and Innovation Center & Business Development Manager at December32 LLC, Reading a Masters in Political Science and Government, Email: guga@december32.info, Mobile: 597797960, Office: Innovation Street 7, GITA Tech Park, Tbilisi, Georgia

Annotation

Drones enable an advancement in the conservation of natural ecosystems by adding data collected from the sky enhancing human interaction to protect the environment, i.e. forest management, wildfire response, water protection and wildlife conservation. The ability to cover vast areas of land and generate actionable data at an affordable level of investment presents an exciting opportunity to revolutionise environmental protection activities in Georgia. This article highlights the various use cases of detailed forestry inventory and assessment, LiDAR data enabled selective harvesting, ecosystem services evaluation of waterways and soil, wildlife conservation related to wildlife

population monitoring and poaching prevention and forest fire detection and support. It further highlights areas for additional research to be conducted.

Keywords: Drones, Forestry, Forest Monitoring, Forest Protection, Forest Mapping , ,Forest, Fire Detection, Forest Law Enforcement , Precision Forestry, Unmanned Aerial Vehicles , Wildlife Conservation.

Introduction

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), commonly referred to as ‘drones’, gained popularity in the conservation of natural ecosystems due to their high ability of gathering vast data to assist decision-making, safeguard biodiversity and preserve the ecosystems. Despite their great potential, the current use of drones in the conservation of natural ecosystems in Georgia is very limited and sporadic, with the use of long-distance drones flying beyond visual line of sight (BVLOs) capabilities being neglected. Similarly, the range of potential payloads comprised of advanced sensors, such as geotagged Thermal Imaging cameras, LiDAR, multispectral and hyperspectral imaging cameras are yet to be fielded. This article aims to identify the use cases with highest potential of positive impact on natural ecosystems in Georgia and topics for further research in this regard. It serves as a basis for consideration and dialogue with decision makers in forest management, wildfire response, , water protection and wildlife conservation to identify promising use cases of drones solving common current issues (Jiménez López & Mulero-Pázmány, 2019).

Around 40% of Georgia’s total area (approximately 2.6 Mio hectares) are forests. Most are located on slopes of the greater and smaller Caucasus Mountain ranges and therefore carry protective functions. Forests limit the negative impact of climate change, provide a natural habitat for plants and animals, and fulfil recreational purposes. For the rural population in Georgia, they are the source of non-timber and timber products. The urgent need for detailed inventory and advanced data-driven analytics to aid forest management and monitoring in Georgia has been identified due to degradation as a result of overuse of forest resources, increased pest infestations and forest fires (ECOserve, n.d.). While the average number of forest fires in Georgia from 2008-2017 (10 years) has been 35.7, they have increased to 59.8 between 2018-2022 (5 years) and are a growing threat to natural ecosystems in forests and their wildlife (National Forest Agency, 2024). Georgia’s over 26,000 rivers have a total length of around 60,000 km and flow into the Black Sea and Caspian Sea

(Georgia Travel, n.d.). The need for initiatives to manage water basins, avoid flooding (EUWI+, n.d.), and protect Georgia's rivers by conducting regular quality protection (EcoCenter, 2023) has been identified.

Methodology:

This article is based on three expert interviews with drone operators to identify potential use cases of drones for environmental protection to conserve natural ecosystems combined with literature research via google scholar to deepen the understanding of the use cases and their potential application in Georgia. Expert interviews, a qualitative method of empirical social research, were conducted as semi-structured interviews with the following subject matter experts:

- Sebastian Konkol, owner and co-founder of Spectre Solutions, a drone manufacturer and operator from Poland;
- Andreas Desch, owner and co-founder of Stromkind GmbH, a drone manufacturer and operator from Austria;
- Michael Michalowski, Managing Director of Flyby Guys GmbH, a drone operator from Austria with extensive operations in Germany and the Middle East.

Literature on google scholar has been conducted using the key words and phrases based upon the insights provided during the subject matter interviews.

Main Part

Detailed Forestry Inventory and Assessment

Drones equipped with high-resolution cameras capture detailed images of the forest canopy, understory, and ground cover (Miranda et al., 2021) . This data gathering is particularly effective when augmented with LiDAR (Light Detection and Ranging) sensors located on drones, which emit laser pulses to measure distances, creating precise 3D models of the forest structure. This technology penetrates the canopy to map the understory and ground terrain. In addition, species identification can be conducted by using multispectral and hyperspectral imaging fitted to drones to identify different tree species, assess their health, and detect diseases or pest infestations. These images can be used to create detailed maps and models of forested areas.

When drones are utilised to conduct repeated surveys, such as an annual fly-over, drones can assist with the monitoring of deforestation and degradation (Nuwantha et al., 2022), as well as reforestation and afforestation (Gil-Docampo et al., 2018). Regular drone flights allow for ongoing monitoring of forest health and structure, helping track changes over time and assess the impact of conservation efforts or environmental policies. The drone provided imagery offers insights into changes in forest cover, potentially caused by illegal logging or land conversion, enabling timely intervention and enforcement of conservation policies. In addition, by comparing images over time, drones provide insights into tree growth patterns and survival rates, helping to assess the effectiveness of reforestation efforts and identify areas needing additional support.

LiDAR Data Enabled Selective Harvesting

Selective Harvest system enables the ability to generate income, whilst also enabling the forest to regenerate naturally. The process allows the harvesting of some mature trees for timber, generating income, whilst also aiding more sunlight to reach the juvenile seedling growth on the forest floor. Drones, fitted with LiDAR payloads, can provide ‘timber reconnaissance’ to identify where the mature trees for harvest are located.

Traditionally, ground-based reconnaissance requires forestry professionals utilise a hypsometer to manually calculate tree height, crown size, and note locations in a highly manual process. (Jurjevic, Liang, Gasparovic, & Balenović, 2020) states that this is highly challenging due to challenges in marking the top of the crown in dense forest canopies and uneven terrain as well as inaccuracy in equipment readings. The proposed alternative solution, extracting forest metrics (tree height, location, and crown delineation) from a LiDAR point cloud generated by flying a drone offers the prospect of vast improvements in efficiency and accuracy. The technology can measure since both the top of the tree and the ground level, by penetrating any gaps in the canopy, can be recorded using >300 data points per meter squared.

Using the data generated, it is possible to define parameters for the selection of trees which are ripe for harvesting. This may include tree height (e.g. those of between 25m to 30m), fair distribution across the site, tree species (e.g. only Georgian Oak) percentage of forest projected for timber harvest (e.g. 15% of the forest). In addition, LiDAR also enables the identification of existing road systems and Bare Earth Models enable detailed understanding of the below canopy terrain, from which ease of access can be included as a determining factor behind the commercial viability of which trees

should be selected for thinning. Preliminary research conducted by Camille van Tassel in 2021 indicated an average deviation of 17cm when assessing the accuracy of tree height.

Using linear regression models (using the predictor variables of crown area and tree height), it is possible to calculate Diameter at Breast Height (DBH) of each individual tree generated in the LiDAR enabled digital twin. The DBH values can then be used to calculate timber volume, and therefore the intrinsic commercial worth of the individual tree, as well as the total stem volume of the entire area being analysed. Such data analytics provides very detailed insights as to what is available within the forest, allowing a better plan for logging operations and sustainable forest management by showing the potential impact of harvesting or retention.

The point-data from the LiDAR camera can also be converted into a 3D Digital Twin of the environment in order to visualise the proposed forest thinning treatment, enabling a comparison of before and after the proposed treatment. Such tools open the prospect of ensuring that all stakeholders are aligned with the quantity and location of trees permitted to be logged.

According to Venn (2023), this process of ‘Selective Thinning’ provides numerous benefits, including:

- Biodiversity conservation
- Soil protection
- Reduce carbon emissions
- Pest and disease control
- Improved growth conditions
- Fire risk reduction
- Reduced rehabilitation costs

Ecosystem Services Evaluation – Waterways

The maintenance of healthy river systems and waterways are critical for ensuring that fauna and flora can flourish. Waterways in Georgia are subject to pollution by agricultural inputs (fertilisers and pesticides), organic pollution from municipal sewerage, and industrial heavy metals (Muradashvili, Nikuradze, & Tsulukidze, 2022). Such matters can be addressed via the combination monitoring devices, and drones (both Unmanned Aerial Vehicles and Unmanned Surface Vessels). Data generated by geographically dispersed sensors, such as buoys and electro-optic cameras, can be integrated into

a GIS based software to monitor a wide variety of parameters, including petroleum substances, COD, PH, chlorine, temperature, nitrogen, blue green algae, potassium, oxygen, salinity, turbidity, TOC, redox potential and chlorophyll. Upon the detection of enhanced levels, alerts can be triggered, with autonomous assets dispatched to the area of interest to provide rapid and enhanced situational awareness to identify the source of the contaminates. Such technological solutions present an effective and efficient alternative to ad hoc water samples and the delayed dispatch of inspectors. It also allows the ongoing monitoring of waterways and generation of insightful reports and analytics to monitor the effectiveness of various initiatives (e.g. encouragement of farmers to reduce the use of pesticides) on waterways.

Ecosystem Services Evaluation – Soil

The preservation of topsoil is key to ensuring the various ecosystems maintain balance. According to the European Commission's Joint Research Centre, soil erosion can result in nutrient depletion and a reduction in plant diversity, resulting in the disruption of ecosystems via a loss of habitat and exposure to invasive species (Orgiazzi & Panagos, 2018). Drones, fitted with various payloads, can conduct wide-area surveys in order to identify those areas most at risk of soil erosion. The use of LiDAR to generate 'Bare Earth Models' provide a detailed understanding of the topography of certain areas (i.e. the slope gradient) which can be combined with data related to density and type of vegetation, thus determining the degree of risk of soil erosion. Such insights enable targeted decision-making as to where and what type of remedial actions could be implemented to counter prospective soil erosion.

Wildlife Conservation – Wildlife Population Monitoring

The ability to understand the population size, health, movements and habits of various animals represents a major challenge for conservationists (Marsh & Trenham, 2008). Traditionally, game-keepers are reliant upon manual means (such as ground-level photography, observation, RF tracking) to conduct assessments of various populations and the health of individual animals. In some localities, such as Africa, the use of helicopters with professional spotters are used to provide an alternative perspective and monitor those animals traversing large distances (Welz 2014). However, this faces substantial limitations due to cost to operate, limited access to skilled pilots, and disturbance to animal behaviour generated by substantial noise pollution. The use of drones, especially when equipped with thermal imaging technology and image recognition software, provide a highly useful solution to gather information at an affordable rate.

Drones can effectively conduct non-invasive surveys of animal populations, with birds-eye perspectives combined with image analysis aiding with calculating populations and profiles (i.e. mature vs young, gender-balance). Initial studies have also been conducted (Gibson 2022), to use signal processing techniques to detect the vital signs (heart-beat, breathing rates) of animals recorded by a drone from a long distance. Given the ability to transmit data from Radio Transponders located on tagged animals to the drone, the ability to rapidly locate and obtain situational awareness provided a deeper understanding of unusual behaviours and better habitat mapping.

Wildlife Conservation – Poaching Prevention

Multiple deployments of drones by authorised and nature reserve custodians have demonstrated the effectiveness of using drones for poaching prevention (Thumar, 2024), (Feagan, 2024). Drones can patrol conservation areas and detect illegal activities, being especially effective when utilising Thermal Imaging cameras to detect activities obscured by the native eye. Unlike the traditional ground support, they can cover large areas quickly and provide real-time situational awareness to conservation authorities. If the area is protected by a boundary fence, then Perimeter Intruder Inspection Devices can be fitted to provide an alert as to when someone is entering the area, with the precise geocoordinates being programmed into a drone to provide actionable intelligence as to the source of the disturbance (Security101, 2021). This can be augmented with randomised patrols (to detect unusual anomalies), or specific patrols (based upon human-intelligence and tip-offs (Security Magazine, 2023). Once poachers have been detected, evidence can be recorded using ‘evidence-grade’ cameras which are geotagged and time-stamped, providing vital means of obtaining successful prosecutions under the Law. Drones can also be fitted with additional payloads, such as flashing lights or loudspeakers, enabling direct communication with miscreants.

Beyond the actual missions flown, the presence of drones at community awareness raising events in the communities adjacent to the conservation areas are also an effective means of discouraging poaching. Raising the level of awareness of high-technology tools, as well as their capabilities to detect and record, increases the prospects of being caught for illicit activities, thereby reducing the risk-appetite of many would be poachers and aiding conservation efforts.

Forest Fire Detection and Support

The presence and impact of Forest Fires has been a growing issue in both Europe (European Environment Agency, 2021) and Georgia (Nozadze & Shubitidze, 2022). Traditional methods for

identifying forest fires have relied upon manned observation posts identifying smoke columns, with rangers or spotter-planes being dispatched to provide on-the-ground insight as to the precise location and type of fire developing. Reliance upon the former exposes' personnel to highly risky situations, and the resources necessary for the latter are scarce and costly. Drones equipped with thermal cameras provide an alternative by detecting heat signatures indicative of wildfires, even through dense smoke or at night. This allows for the early identification of potential fire outbreaks before they become large-scale disasters.

Once a fire has been identified, drones are able to provide real-time data and imagery to command centers, giving firefighters up-to-date information on fire progression, intensity, and direction – regarded as mission critical information as stated by London Fire Brigade. This real-time surveillance is crucial for making informed decisions and deploying resources efficiently. Drones are especially useful for providing situational awareness of otherwise inaccessible or dangerous areas, providing crucial information on fire lines, hot spots, and fire behaviour – this helps in planning and executing effective firefighting strategies. Such insights enable the generation of detailed maps and the optimal allocation of firefighting resources such as personnel, water drops, and firebreak creation.

After a wildfire, drones can survey the affected area to assess the extent of the damage, helping in planning recovery and restoration efforts. They are capable of providing high-resolution images and data that can be used to create detailed burn-severity reports and assist with optimising planting strategies. Subsequently, Drones can be utilised to monitor reforestation and afforestation projects by tracking tree growth, survival rates, and overall project success. Through the comparison of images over time, drones provide insights into tree growth patterns, helping to assess the effectiveness of reforestation efforts and identify areas needing additional support.

Areas for Further Research

Based upon the secondary research conducted, the research team has identified twenty areas related to drone use-cases related to environmental protection which offer a high degree of potential for conducting further research:

1. Degree of accuracy in measuring tree height using hypsometer verse drone-based LiDAR via field experiments.
2. Generating monetary calculation model of the harvestable trees based upon drone provided data.

3. Exploring the prospect of advanced licencing (selective harvesting principles) to logging companies, which enable the balance between economic development and preservation of forests and the biodiversity.
4. Documenting of different trees using hyperspectral cameras at the Botanical Gardens of Tbilisi and Batumi to generate a Georgian database of species type.
5. Societal acceptance – interviews with various Georgian citizens located in areas of interest to understand concerns or considerations related to drone missions for environmental protection.
6. Review and mapping of regulatory requirements and limitations in collaboration with the Georgian Civil Aviation Authority and other related stakeholders.
7. Research into the burn severity and vegetation recovery classifications based upon imagery provided by different sensors which could be fitted to a drone.
8. Generation of 3D model tool for selective logging which proposes trees based upon a number of parameters and their degree of importance.
9. Conduct research into the types of diseases and pests prominent within the South Caucasus region which can be identified using drone imagery
10. Comparison of effectiveness of drone spraying vs traditional pest / disease management to counter infestations.
11. Determine the effectiveness of different community engagement events with regards to discouraging and countering illicit activities such as logging and poaching.
12. Integration of perimeter intrusion detection devices with drones to enable the automatic dispatch of a drone to the source of intrusion.
13. Cost-benefit analysis of drone deployments verses traditional methods based upon a holistic analysis of resources (Time, Cost, Resources, Skills).
14. Predictive modelling of forest fire speed by augmenting drone provided data with existing tools and alternative sources of information.
15. Investigating the use of multiple drones (swarms) working in coordination to cover larger areas more efficiently and to provide comprehensive data on wildfire progression or searching for illicit activities.
16. Impact of drone noise on wildlife when conducting monitoring missions.

17. Unmanned Aerial Vehicle and Unmanned Surface Vessel cooperation and coordination for identification of the source of pollutants in waterways.
18. Soil Moisture and health monitoring effectiveness using drone-based payloads.
19. Soil erosion prediction models based upon drone provided data.
20. Development of a tool to calculate Biomass and CO₂ sequestration.

Conclusion

Based upon the primary and secondary research conducted, there is a high degree of confidence that the use of drones by forest management professionals offers the opportunity to greatly enhance the efficiency and effectiveness of traditional operations. The ability to cover vast areas of land and generate actionable data at an affordable level of investment presents an exciting opportunity to revolutionise environmental protection activities in Georgia, epitomised by the concept of ‘Selective Harvesting’ enabled by drone provided data.

The research conducted in this Paper empowers entities from across the quadruple-helix (business, academia, government, and civil society) involved in environmental protection to have the same baseline level of knowledge of possible use-cases, ahead of constructive dialogue to identify a roadmap addressing the most prominent applications. It also identifies an initial twenty fields of investigations for universities and research institutes to conduct further studies in. The applied nature of such suggestions also lends itself to collaboration with local businesses, which in-turn may strengthen Science-Business linkages and spur innovation and economic growth.

References:

Camille van Tassel. (2021). LiDAR360 tree segmentation case study in Port Moody, British Columbia. <https://candrone.com/blogs/news/lidar360-tree-segmentation-case-study-in-port-moody-british-columbia>

[EcoCenter. \(2023\). June 2 – “Mtkvari” River Protection Day. https://ecocentre.ge/en/article/2-ivnisi-mtkvris-dacvis-dghe/](https://ecocentre.ge/en/article/2-ivnisi-mtkvris-dacvis-dghe/))

ECOserve. (n.d.). Georgia. <https://biodivers-southcaucasus.org/countries/georgia>

European Commission's Joint Research Centre. (n.d.). Soil biodiversity and soil erosion. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/soil-biodiversity-and-soil-erosion>

European Environment Agency. (2021). Forest fires in Europe.

<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/forest-fires-in-europe>

EUWI+. (n.d.). The European Union supports the government of Georgia in promoting the application of a strategic environmental assessment (SEA) for the river basin management plans (RBMP). <https://euwipluseast.eu/en/component/content/article/157-all-activities/activites-georgia/news-of-georgia/828-the-european-union-supports-the-government-of-georgia-in-promoting-the-application-of-a-strategic-environmental-assessment-sea-for-the-river-basin-management-plans-rbmp?Itemid=397>

Feagan, S. (2024, May 21). Drones in anti-poaching efforts: Workingabroad. Working Abroad.

<https://www.workingabroad.com/blog/21st-century-conservation-drones-in-anti-poaching-efforts/>

Georgia Travel. (n.d.). Why Georgia: Geography. <https://georgia.travel/why-georgia-geography>

Gibson (2022). World first experiment using drones for wildlife health checks. University of South Australia. <https://www.unisa.edu.au/unisanews/2022/july/feature/>

Gil-Docampo, M. L., Ortiz-Sanz, J., Martínez-Rodríguez, S., Marcos-Robles, J. L., Arza-García, M., & Sánchez-Sastre, L. F. (2018). Plant survival monitoring with UAVs and multispectral data in difficult access afforested areas. *Geocarto International*, 35(2), 128–140.

<https://doi.org/10.1080/10106049.2018.1508312>

Jiménez López, J., & Mulero-Pázmány, M. (2019). Drones for conservation in protected areas: Present and future. *Drones*, 3(1), 10. <https://doi.org/10.3390/drones3010010>

Jurjevic, L., Liang, X., Gasparovic, M., & Balenović, I. (2020). Is field-measured tree height as reliable as believed – Part II, A comparison study of tree height estimates from conventional field measurement and low-cost close-range remote sensing in a deciduous forest. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 169, 227-241. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.09.014>

London Fire Brigade. (n.d.). Drones. <https://www.london-fire.gov.uk/about-us/services-and-facilities/vehicles-and-equipment/drones/>

Marsh, D.M. and Trenham, P.C. (2008), Current Trends in Plant and Animal Population Monitoring. *Conservation Biology*, 22: 647-655. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00927.x>

- Miranda, A., Catalán, G., Altamirano, A., Zamorano-Elgueta, C., Cavieres, M., Guerra, J., & Mola-Yudego, B. (2021). How much can we see from a UAV-mounted regular camera? Remote sensing-based estimation of forest attributes in South American native forests. *Remote Sensing*, 13(11), 2151. <https://doi.org/10.3390/rs13112151>
- Muradashvili, K., Nikuradze, E., & Tsulukidze, M. (2022). Water pollution in the Mtkvari River. ISET Policy Institute. <https://iset-pi.ge/en/blog/3227-water-pollution-in-the-mtkvari-river>
- National Forestry Agency. (2024). Reports. <https://forestry.gov.ge/Ge/Reports/>
- Nozadze, E., & Shubitidze, E. (2022). Forest fires and climate change in Georgia – potential ways forward. *Georgia Today*. <https://georgiatoday.ge/forest-fires-and-climate-change-in-georgia-potential-ways-forward/>
- Nuwantha, M. B., Jayalath, C. N., Rathnayaka, M. P., Fernando, D. C., Rupasinghe, L., & Chethana, M. (2022). A drone-based approach for deforestation monitoring. In 2022 13th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT) (pp. 1-6). Kharagpur, India. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT54827.2022.9984404>
- Orgiazzi, A., Panagos, P. (2018). Soil biodiversity and soil erosion: It is time to get married: Adding an earthworm factor to soil erosion modelling. *Global Ecology and Biogeography*, 27(10): 1155-1167.
- Security 101. (2021). Perimeter security with an eye in the sky. <https://www.security101.com/blog/perimeter-security-with-an-eye-in-the-sky>
- Security Magazine. (2023). Drone-based security patrols mitigate the human factor. *Security Magazine*. <https://www.securitymagazine.com/articles/98682-drone-based-security-patrols-mitigate-the-human-factor>
- Thummar, Y. (2024). The impact of drones on wildlife conservation. <https://www.linkedin.com/pulse/impact-drones-wildlife-conservation-yash-thummar-7yzvc#:~:text=Summary,as%20poaching%20and%20habitat%20loss.>
- Venn, T. (2023). Reconciling timber harvesting, biodiversity conservation and carbon sequestration in Queensland, Australia. *Forest Policy and Economics*. 152, Online
- Welz, A. 2013. *The War on African Poaching: is militarization fated to*

fail?. http://e360.yale.edu/feature/the_war_on_african_poaching_is_militarization_fated_to_fail/2679/ / . Ac

ანოტაცია

დრონები ხელს უწყობენ ბუნებრივი ეკოსისტემების კონსერვაციის განვითარებას ციდან შეგროვებული მონაცემებით, რაც ხელს უწყობს ადამიანთა ჩართულობას გარემოს დასაცავად. მაგალითად: ტყის მართვა, ტყის ხანძარზე რეაგირება, წყლის დაცვა და ველური ბუნების დაცვა. მიწის უზარმაზარი ტერიტორიების დაფარვა და გამოყენებადი მონაცემების წარმოების ხელმისაწვდომი ინვესტიციით შესაძლებლობა წარმოადგენს გარემოს დაცვის აქტივობების რევოლუციისა და განვითარების საინტერესო შესაძლებლობებს. ეს სტატია ხაზს უსვამს სატყეო მეურნეობის დეტალური ინვენტარიზაციისა და შეფასების გამოყენების სხვადასხვა შემთხვევებს, როგორცაა LiDAR-ის მონაცემებით შერჩევითი მოსავლის აღება, წყლის გზებისა და ნიადაგის ეკოსისტემური სერვისების შეფასება, ველური ბუნების კონსერვაცია მისი მოსახლეობის მონიტორინგითა და ბრაკონიერობის პრევენციით და ტყის ხანძრის გამოვლენა-რეაგირების მხარდაჭერით. სტატია ასევე ხაზს უსვამს იმ სფეროებს, სადაც დამატებითი კვლევები უნდა ჩატარდეს.

სკვანძო სიტყვები: დრონები. მეტყვეობა , ტყის მონიტორინგი , ტყის დაცვა , ტყის რუკა , ტყის ხანძრის გამოვლენა , ტყის კანონების აღსრულება , ზუსტი მეტყვეობა უპილოტო საფრენი აპარატები, ველური ბუნების დაცვა.

ტექნოგენურად დაბინძურებული კარიერული (მჟავე) წყლების გაწმენდის სისტემები

კონსტანტინე ხაჭაპურიძე - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი, გარემოს დაცვითი ინჟინერისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ.69, 0192, თბილისი, საქართველო. E-Mail: konstantinekhachapuridze@gmail.com.

გიორგი მჭედლიშვილი - ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი, გარემოს დაცვითი ინჟინერისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ.69, 0192, თბილისი, საქართველო. E-Mail: g.mchedlishvili@gtu.ge

გურანდა ავკოფაშვილი - ელემენტარ ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი, საქართველოს ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი ქ. თბილისი, თამარაშვილის N6, თბილისი, საქართველო. E-Mail: guranda.avkopashvili@tsu.ge

რეცენზენტები:

ნუგზარ ბუაჩიძე - ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო emc.buachidze@yahoo.com

ლეილა გვერდტსიტელი - ლეილა გვერდწითელი გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, აკ.დოქტ, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ.კოსტავას 69. E-mail: l.gverdtsiteli@gtu.ge

ანოტაცია: განხილულია საქართველოში კერძოდ, ბოლნისის რაიონში მოქმედი სამთომომპოვებითი მრეწველობის „RMG ჯგუფი“-ს სასარგებლო წიაღისეულის სალიცენზიო ფართობში სპილენძისა და პოლიმეტალების საბადოების ღია დამუშავებისას წარმოქმნილი მჟავე კარიერული დაბინძურებული წყლების გაწმენდისათვის შერჩეული თანამედროვე წყლის გაწმენდის სისტემების მუშაობის ტექნოლოგიური ციკლი. „RMG ჯგუფი“-ს მიერ დამონტაჟებული ქიმიური გამწმენდი ნაგებობის(თანამედროვე წყლის გაწმენდის სისტემები) მუშაობის ეფექტურობის დადგენის მიზნით, ჩატარდა წყლებში (გამწმენდ ნაგებობაში შემავალი კარიერული დაბინძურებული წყლები, გამწმენდი ნაგებობიდან გამომავალი გაწმენდილი წყლები, მდინარე მაშავერა და კვირაცხოვლის ლელეს წყლები) ფიზიკო-ქიმიური კვლევა. მათი

შედეგები გაანალიზდა ზედაპირული წყლის ობიექტებში დადგენილი ზღვრულად დასაშვები ჩაშვების ნორმებსა და ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების მიმართებაში.

საკვანძო სიტყვები: მდ. მაშავერა, წყლის გაწმენდის სისტემები.

შესავალი

საქართველოს კანონების - „წყლის შესახებ“, „გარემოს დაცვის შესახებ“, „წიაღის შესახებ“, „ცხოველთა სამყაროს შესახებ“ და სხვა ნორმატიული აქტების შესაბამისად, აგრეთვე „საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის წესების“ მიხედვით უზრუნველყოფილი და დარეგულირებული უნდა იყოს წყლის ობიექტების დაცვა წერტილოვანი და დიფუზიური ანთროპოგენული წყაროების ისეთი უარყოფითი ზემოქმედებისაგან, რომელიც გამოიწვევს წყლის ხარისხობრივი მდგომარეობის ცვლილებას, სასმელ - სამეურნეო წყალმომარაგებისა და მოსახლეობის ჯამრთელობის პირობების გაუარესებას[1-5].

სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება სამთამადნო დარგში, როგორცაა კარიერის დამუშავება და ფუჭიქანების სანაყაროების ფორმირება მნიშვნელოვან გარემოსდაცვით ასპექტს წარმოადგენს, ვინაიდან აღნიშნულ პროცესში მძიმე მეტალებით დაბინძურებული მჟავე კარიერული წყლები წარმოქმნება, რომელიც გარემოზე მნიშვნელოვან მავნე ზეგავლენის ახდენს. სპილენძისა და პოლიმეტალების საბადოების მადნების ღია დამუშავება დაკავშირებულია მჟავე კარიერული წყლების სპილენძის, თუთიის, ტყვიის, კადმიუმის, მანგანუმის და ა.შ. იონებით დაბინძურებასთან. საბადოს ტიპი და ხასიათი, ასევე კლიმატური პირობები განაპირობებს დამაბინძურებლებელი ნივთიერებების რაოდენობას და შემადგენლობას.

აღნიშნული პრობლემა მეტად მნიშვნელოვანია საქართველოში კერძოდ, ბოლნისის რაიონში მოქმედი სამთომოპოვებითი მრეწველობის სალიცენზიო უბნებზე.

„RMG ჯგუფი“-ს არსებული მჟავე კარიერული წყლების ქიმიური გაწმენდა (თანამედროვე წყლის გაწმენდის სისტემები) საშუალებას იძლევა იონ-მეტალების შემცველობა მიყვანილი იქნეს ზღვრულად დასაშვებ სიდიდემდე[10].

ძირითადი ნაწილი

საქართველოში ფერადი ლითონების წარმოების პირველ ობიექტად ბოლნისის რაიონში არსებული პოლიმეტალის საბადო და საწარმო ითვლება, რომელიც თბილისიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთით 80 კმ-ის დაშორებით მდებარეობს. 1959 წელს საქართველოში დაიწყო ფერადი ლითონების ერთ-ერთი უდიდესი, სამთოგამამდიდრებელი მადნეულის კომბინატის მშენებლობა. 1975 წლიდან კომბინატი ახორციელებდა სპილენძის, ბარიტის, ოქრო-ვერცხლის შემცველი კვარციტებისა და პოლიმეტალური მადნების მოპოვებას, მოპოვებული სპილენძის და ბარიტის მადნების პირველად გადამუშავებას, გამდიდრებას და რეალიზაციას.

ბოლნისის რაიონის ტერიტორია აგებულია უმთავრესად მეოთხეული ნალექებით, ცარცული და იურული ასაკის კირქვებით, მერგელებით, ქვიშაქვებით და ვულკანოგენური წარმონაქმნებით. ასევე ვხვდებით ძველ ვულკანურ ნაკადებს, რომლებიც ხრამისა და მაშავერას ხეობაში ჩამოდის.

რაიონის ტერიტორიაზე მდებარე მადნეულის საბადოს აგებულებაში მონაწილეობს ტურონული და სანტონური ასაკის ვულკანოგენური დანალექი წყებები. მადან შემცველმა ქანებმა განიცადა ჰიდროთერმული შეცვლა (ზემოქმედება). პირველ ეტაპზე მოხდა ვულკანური ქანების პროპილიტიზაცია, ძლიერი პირიტიზაცია. მეორე ეტაპზე გაკვარცება, გოგირდის, კაოლინის, სერიციტის, ალუნიტის და ბარიტის ფორმირება.

აღსანიშნავია გამადნების ვერტიკალური ზონალობა ზევიდან-ქვევით: ბარიტი, ბარიტი-ოქრო, ბარიტი-პოლიმეტალები (Pb, Zn, Cu, Au, Ag) და სპილენძ-თუთია. შუალედური ტიპის მადნებია: ბარიტი-ტყვია, ბარიტი-თუთია, ტყვია-თუთია და საკუთრივ თუთია.

სს„RMG ჯგუფი“-ს სანაყაროები(1-ლი, მე-2 მე-3 და მე-4) განთავსებულია სპილენძ-ბარიტ-პოლიმეტალური კარიერის დამუშავების შედეგად წარმოქმნილი ფუჭი ქანები, რომელზეც ფუჭი ქანების განთავსება დაიწყო 1975-76 წლებში. მე-2 მე-3 და მე-4 სანაყაროებიდან 30-40 წელია დრენირებს მჟავე კარიერული წყლები, რომელიც აბინძურებდა მდინარეებს: მაშავერა, კაზრეთულა და ფოლადაურს [8-9].

წყლის ქიმიური გამწმენდი ნაგებობის პროექტირებისა და მოწყობისათვის შპს არ ემ ჯი გოლდი-მა საერთაშორისო საკონსულტაციო კომპანია “Golder associates”-ის დახმარებით შეასრულა წინასწარი კვლევები ჩამდინარე წყლების გაწმენდის საუკეთესო გარემოსდაცვითი გადაწყვეტილებების, წყლის ქიმიური გამწმენდი სისტემების კონცეფციის და საუკეთესო

ტექნოლოგიის შერჩევის მიზნით. ამ კვლევების საფუძველზე შემუშავდა საპროექტო ტექნიკური დავალება.

ამის შემდგომ, წყლის ქიმიური გამწმენდი ნაგებობის პროექტირებისა და მოწყობის მიზნით შპს არ ემ ჯი გოლდი-მა გამოაცხადა საერთაშორისო ტენდერი. ტენდერში მონაწილეობა მიიღო სხვადასხვა ქვეყნის 9 კომპანიამ, მათგან ტენდერის პირველ სტადიაზე მოხდა მონაწილეების გამობირვა და საბოლოო შერჩევა მოხდა დარჩენილი 3 პრეტენდენტისაგან. პრეტენდენტების საპროექტო წინადადებების განხილვის შედეგად საბოლოოდ ხეშეკრულება გაფორმდა პორტუგალიურ კომპანია Elevation Engenharia, SA-სთან, რომელიც ხელმძღვანელობს გერმანული კომპანიის Cerafiltec-ის ტექნოლოგიური რეგლამენტი.

Cerafiltec წარმოადგენს გერმანულ კომპანიას, ვინც წყლის გაწმენდის დარგში ერთ-ერთი მოწინავე და ინოვაციური კომპანიაა. 25 წლის წინ მათ განახორციელეს კერამიკული ბრტყელი ფირფიტის მემბრანული ფილტრაციის ტექნოლოგიის შექმნის იდეა. მას შემდეგ აღნიშნული ტიპის ფილტრებმა დიდი მოწონება მოიპოვეს ამ დარგში მომუშავე სპეციალისტებს შორის. 2016 წელს კერამიკული ფილტრაციის ტექნოლოგიის წამყვანმა სპეციალისტებმა, მეცნიერებმა და პროფესორებმა ჩამოაყალიბეს კომპანია Cerafiltec. კომპანიამ უფრო დახვეწა ტექნოლოგია და შეიმუშავა ყველაზე ინოვაციური კერამიკული ბრტყელი ფირფიტის მემბრანული ფილტრების მოდულები. დღეს კომპანია წარმატებით მოღვაწეობს მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში.

Cerafiltec-ის მიერ ლაბორატორიული ცდების საშუალებით გადამოწმდა მიწოდებული პარამეტრები და ცდების შედეგად დადგინდა გასაწმენდი კომპონენტების სიდიდეები, რომლებიც მიიღწევა წყლის დამუშავების შემდეგ[6-7].

2020 წლის ბოლოს სს„RMG ჯგუფი“-ს მიერ პირველად საქართველოში განხორციელდა თანამედროვე ქიმიური გამწმენდი ნაგებობების მონტაჟი. ქიმიური გამწმენდების ექსპლუატაციაში შესვლის შემდგომ, მთლიანად აღმოიფხვრა ზედაპირული წყლის ობიექტების(მდინარე მამავერა, მდინარე კვირაცხოვლის ღელე და მდინარე კაზრეთულა) დაბინძურება. ქიმიური გამწმენდი ნაგებობები უზრუნველყოფენ მჟავე კარიერული წყლების გაწმენდას სს„RMG ჯგუფი“-სათვის დადგენილი ზღწ ნორმის ფარგლებში[10].

კვლევი პირველ ეტაპზე განხორციელდა მჟავე კარიერული წყლების ქიმიურად გაწმენდილი წყლების საფუძვლიანი შესწავლა/გამოკვლევა და მდინარე მამავერასა და

კვირაცხოვლის ღელის წყლის აღებულ სინჯებში მძიმე ლითონების შემცველობის განსაზღვრა კერძოდ:

ქიმიურად გაწმენდილი მჟავე კარიერული წყლების შესწავლა და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების შედარება ზღრ და ზდკ ნორმებთან ნარჩენი იონ-მეტალების დიაპაზონის დასადგენად. ქიმიური გამწმენდი ნაგებობიდან აღებული იქნა როგორც შემავალი გასაწმენდი წყალი ასევე, გაწმენდილი წყალი ლაბორატორიული კვლევისათვის.

ამასთან სინჯები აღებული იქნა მდინარე მაშავერასა და კვირაცხოვლის ღელედან. კვლევის განხორციელდა შპს „არ ემ ჯი გოლდი“-ს გარემოსდაცვითი ლაბორატორიაში. საკვლევად გამზადებული წყალი გაიფილტრა სპეციალური ფილტრის (ქაღალდის ფილტრები) საშუალებით, შემდგომ კოლბაში არსებულ საკვლევ წყალში გაზომილი იქნა PH (წყალბად იონთა კონცენტრაცია).

გაფილტრულ წყალი მომზადდა კვლევისთვის და სასურველ განზავებები განხორციელდა სპეციალური პიპეტების საშუალებით, განზავების პროცესში გამოყენებული იქნა დისტილირებული წყალი. განზავებული ხსნარი, გადატანილი იქნა მინის კიუვეტებში, რომლებიც გამოიყენება Hach DR-3900 მოდელის სპექტროფოტომეტრისათვის. მინის კიუვეტებში ემატება სპეციალურ რეაგენტი ყველა მეტალებისათვის ცალ-ცალკე, რომელსაც აღმომჩენი ფუნქცია აქვს, ეს რეაგენტებიც არის Hach ის ფირმის. Cu, So₄, Fe, (ფხვნილის ბალიშები) და Zn ის შემთხვევაში ასევე Hach ის ფირმის აღმომჩენი რეაგენტი „ციკლოჰექსანი“. რეაგენტების დამატების შემდეგ კიუვეტები ენერგიულად შენჯღრევის შემდგომ თავსდება სპექტროფოტომეტრში, მოწყობილობაში მოთავსებამდე აუცილებელია კიუვეტის გაწმენდა რადგან მოხდეს სხივის კარგი გატარება. პარალერულად მზადდება ნულოვან ხსნარი. ტალღის სიგრძის შერჩევა ავტომატურად ხდება პარამეტრის დაყენების დროს, მიღებულ შედეგს ვამრავლებთ განზავების რიცხვზე და ვიღებთ საბოლოო პარამეტრებს.

კვლევისთვის გამოყენებული იქნა სხვადასხვა ლაბორატორიული საშუალებები (ბრტყელძირა კოლბა, პიპეტები, PH მეტრი, სპექტროფოტომეტრი, მინის კიუვეტები, ბუფერული ხსნარები კალიბრაციისთვის, ფილტრის ქაღალდი, აღმომჩენი რეაგენტები, ძაბრები, საზომი კოლბები).

მიღებული შედეგები წარმოგიდგენილია ცხრილის სახით.

ცხრილი #1 ქიმიური გამწმენდი ნაგებობაში შემავალი გასაწმენდი და გამომავალი გაწმენდილი წყლის კვლევის შედეგები:

	დაბინძურებული	გაწმენდილი	ზღრ	ზღკ
PH	7	7,7	6,5-8,5	6,5-8,5
სპილენძი Cu მგ/ლ	0.35	0.25	7.5	1
თუთია Zn მგ/ლ	0.56	0.42	8	1
რკინა Fe მგ/ლ	0.04	0.04	15	0.3
სულფატები SO ₄ მგ/ლ	1200	640	5000	500
მანგანუმი Mn მგ/ლ	0.72	0.62	0.8	0.1
კადმიუმი Cd მგ/ლ	0.001	0.001	0.011	0.001

ცხრილი #2 მდინარე მაშავერას(მაშავერა ფონი) წყლის კვლევის შედეგები:

	ფონური	ზღკ
PH	8,1	6,5-8,5
სპილენძი Cu მგ/ლ	0.04	1
თუთია Zn მგ/ლ	0.04	1
რკინა Fe მგ/ლ	0.08	0.3
სულფატები So ₄ მგ/ლ	9	500

ცხრილი #3 კვირაცხოვლის ღელე(კვირაცხოველი ფონი) წყლის კვლევის შედეგები:

	ფონური	ზღკ
PH	8,06	6,5-8,5
სპილენძი Cu მგ/ლ	0.11	1
თუთია Zn მგ/ლ	0.12	1
რკინა Fe მგ/ლ	0.09	0.3
სულფატები SO ₄ მგ/ლ	19	500
მანგანუმი Mn მგ/ლ	0,0	0,1

გაწმენდილი წყლის პარამეტრების დადგენის შემდგომ, გამოიკვეთა, რომ ქიმიური გამწმენდი ნაგებობიდან გამომავალი წყალი აკმაყოფილებს საქართველოს გარემოსდაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს მიერ შეთანხმებული ზღვრულად დაშვების ჩაშვების (ზღრ) ნორმებს.

დასკვნა

თანამედროვე გაწმენდის სისტემების ქიმიურად გაწმენდილი მჟავე კარიერული წყლების შესწავლა და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების შედარება ზღრ და ზდკ ნორმებთან მოქცვა შემდეგი დასკვნის საშუალება:

ცხრილ #4 ში მოცემულია ქიმიური გამწმენდი ნაგებობაში შემავალი გასაწმენდი და გაწმენდილი წყლის პარამეტრები, ასევე ზღრ და ზდკ ნორმები. პარამეტრების მაჩვენებლებში წითლად აღნიშნულია კვლევის შედეგად მიღებული ის პარამეტრები, რომლებიც აჭარბებს ზდკ(ზედაპირულს წყლის ობიექტში ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები) ნორმებს, ხოლო ყვითლად აღნიშნულია კვლევის შედეგად მიღებული ის პარამეტრები, რომლებიც ზდკ ნორმების ზღვარზეა.

შედეგების მიხედვით ზდკ ნორმებს აჭარბებს მანგანუმი(*Mn*) და სულფატები *So4*, ხოლო კადმიუმი(*Cd*) ზღვარზეა(იხ.ცხრილი 4). ზდკ ნორმების მიხედვით მანგანუმი(*Mn*) დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს 0,1 მგ/ლ-ში, შედეგის მიხედვით კი მანგანუმი(*Mn*) კონცენტრაცია 0,62 მგ/ლ-ის ფარგლებშია, რაც 0,52მგ/ლ-ით მეტია დასაშვებ ზდკ ნორმებთან. რაც შეეხება სულფატებს(*So4*) მისი დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს 500 მგ/ლ-ში, შედეგის მიხედვით კი სულფატებს(*So4*) კონცენტრაცია 640 მგ/ლ-ის ფარგლებშია, რაც 150 მგ/ლ- ით მეტია დასაშვებ ზდკ ნორმებთან.

მნიშვნელოვანია ასევე კადმიუმი(*Cd*) კონცენტრაცია, რომელიც ზღვარზეა. ზდკ-ს ნორმებით კადმიუმი(*Cd*) კონცენტრაცია შეადგენს 0,001 მგ/ლ-ში და კვლევის შედეგის მიხედვით კონცენტრაციამ ასევე შეადგინა 0,001 მგ/ლ-ში,

აღსანიშნავია, რომ კვლევის შედეგების მიხედვით ქიმიური გამწმენდი ნაგებობიდან გამომავალ წყალში არსებული მძიმე მეტალების კონცენტრაციები არ აჭარბებს შპს „არ ემ ჯი გოლდი“-ს მიერ, გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროში შეთანხმებული ზღრ(ზედაპირულ წყლის ობიექტებში ჩამდინარე წყლებთან ერთად ჩაშვებულ დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები ჩაშვების ნორმები) ნორმებს და თანამედროვე ტიპის გაწმენდის სისტემა ეფექტურად უმკლავდება დასახულ ამოცანებს.

ცხრილი #4 ქიმიური გამწმენდი ნაგებობაში შემავალი გასაწმენდი და გამომავალი გაწმენდილი წყლის კვლევის შედეგები:

	დაბინძურებული	გაწმენდილი	ზღბ	ზღკ
PH	7	7,7	6,5-8,5	6,5-8,5
სპილენძი Cu მგ/ლ	0.35	0.25	7.5	1
თუთია Zn მგ/ლ	0.56	0.42	8	1
რკინა Fe მგ/ლ	0.04	0.04	15	0.3
სულფატები SO ₄ მგ/ლ	1200	640	5000	500
მანგანუმი Mn მგ/ლ	0.72	0.62	0.8	0.1
კადმიუმი Cd მგ/ლ	0.001	0.001	0.011	0.001

ლიტერატურა

1. Law of Georgia on Water, 1997; Consolidated version (Final) 30/06/2023.
2. Law of Georgia "On Environmental Protection". 1997; consolidated Version 02/03/2021.
3. Law of Georgia on mineral resources, 1996; consolidated Version 16/012/2021.
4. Law of Georgia on Animal World, 1996; Consolidated version 29/06/2023.
5. On the approval of the technical regulation of surface water pollution protection, Resolution N425 of the Government of Georgia, December 31, 2013, Tbilisi. Consolidated version 10/01/2014.
6. RMG – EIA – Report - <https://mepa.gov.ge/Ge/PublicInformation/26787>
7. Water treatment systems new technology - <https://www.cerafiltec.com/about-cerafiltec/>
8. Mining-related metal pollution and ecological risk factors in South-Eastern Georgia g.avkopashvili 2018 https://old.tsu.ge/data/file_db/faculty_zust_sabunebismetk/avqofaSvili%20phd.pdf
9. Determination of Cu, Zn and Cd in soil, water and food products in the vicinity of RMG gold and copper mine, Kazreti, Georgia <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1512188717300441>
10. <https://richmetalsgroup.com/mitigation-measures/>

Technologically polluted quarry (acidic) water treatment systems

Konstantine Khachapuridze, Environmental Engineering and Ecology Department, Student, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi. E-mail: konstantinekhachapuridze@gmail.com.

Giorgi Mchedlishvili, Environmental Engineering and Ecology Department, Professor,

Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostavas 69. mail: g_mchedlishvili@gtu.ge

Guranda Avkopashvili, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University TSU, Professor · Elefter Andronikashvili Physics Institute, Georgia, Tbilisi, Tamarashvilis 6.

E-Mail: guranda.avkopashvili@tsu.ge

Reviewers:

Leila Gverdtsiteli, Department of Environmental Protection Engineering and Ecology, Ph.D., Professor, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostava 69. E-mail: l.gverdtsiteli@gtu.ge

N. Buachidze - GTU, Hydrometeorological Institute, Tbilisi, Georgia emc.buachidze@yahoo.com

Summary

The technological cycle of operation of modern cleaning systems selected for the cleaning of acidic quarry turbid waters generated during the open processing of copper and polymetal deposits in the mineral license area of the mining industry "RMG Group" operating in Bolnisi region in Georgia, in particular, is discussed. In order to determine the efficiency of the operation of the chemical treatment facility (modern cleaning systems) installed by the "RMG Group", a physico-chemical study was conducted in the waters (quarry polluted waters entering the treatment facility, purified waters coming out of the facility, Mashavera River and the waters of the Tsiditskhovli Ghele). Their results were analyzed in relation to marginally permissible discharge norms and marginally permissible concentrations of surface waters.

Keywords: Mashavera River, Water treatment systems

UDK 504.53.062.4

**მძიმე მეტალებით დაბინძურებული ნიადაგების გაუვნებელოება
ფიტორემედიაციის მეთოდით**

ლეილა გვერდსითელი გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, აკ.დოქტ, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ.კოსტავას 69. E-mail: l.gverdsiteli@gtu.ge

ნინო ბაგრატიონი გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, აკ.დოქტ, ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ.კოსტავას 69. E-mail: bagrationinino04@gtu.ge

გიორგი ხეციძე სტუდენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, ბაკალავრიატი, 4 კურსი. E-mail: Giorgi.xecoidze@gmail.com

რეცენზენტები:

იზოლდა ბაზღაძე გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, აკ.დოქტორი, ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ.კოსტავას 69. E-mail: i.bazgadze@gtu.ge

ჯიმშერ ქერქაძე გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, აკ.დოქტორი, ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ.კოსტავას 69, E-mail: j.kerkadze@gtu.ge

ანოტაცია: განხილულია მძიმე მეტალებით დაბინძურებული ნიადაგების გაუვნებელოება ფიტორემედიაციის მეთოდით ბიოაკუმულატორი მცენარეების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: ფიტორემედიაცია, მძიმე მეტალები, აკუმულაცია, ტექნოლოგია.

შესავალი

ნარჩენების მართვის საკითხი ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებას წარმოადგენს. საქართველოს კანონის „ნარჩენების მართვის კოდექსი“ მიზანია ნარჩენების მართვის სფეროში სამართლებრივი საფუძვლების შექმნა ნარჩენების მართვის ეფექტიანი მექანიზმების გზით. ამ კოდექსის ამოცანაა გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვა ნარჩენების წარმოქმნის უარყოფითი ზეგავლენისაგან [1].

საქართველოს ნარჩენების მართვის პოლიტიკა და კანონმდებლობა ეფუძნება შემდეგ იერარქიას: ნარჩენების წარმოქმნის შემცირებით გარემოსდაცვით პრევენციას, ხელახალი გამოყენებისათვის მომზადებას, რეციკლირებას და განთავსებას. ამ მიმართულებების განსახორციელებლად მხედველობაში მიიღება ეკოლოგიური სარგებელი, ტექნიკური განხორციელებადობა და ეკონომიკური მიზანშეწონილობა.

გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს წყაროს სამთო-გადამამუშავებელი, მეტალურგიური და ქიმიური წარმოების ნარჩენები წარმოადგენს. მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი იკარგება და უკონტროლოდ ვრცელდება ნედლეულის მოპოვების, ტრანსპორტირების, წარმოებისა და შენახვის დროს.

მძიმე მეტალის იონებით ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება დიდ საფრთხეს უქმნის ბიოსფეროს. ცოცხალ და მცენარეულ ორგანიზმებზე პირდაპირი ტოქსიკური ზემოქმედების გარდა მძიმე მეტალები გროვდება კვების ჯაჭვებში, რაც მეტად ზრდის მათ საფრთხეს ადამიანებისათვის. წყალსაცავებში მოხვედრისას დიდი ხნის განმავლობაში ისინი რჩებიან ყველაზე საშიშ იონურ ფორმაში. მძიმე მეტალები პოტენციურ საფრთხეს წარმოადგენენ მაშინაც კი, როდესაც ისინი გადადიან კოლოიდური ფორმაში ან ცუდად ხსნად ნაერთებად და ხვდებიან ფსკერულ დანალექებში. ადამიანის ორგანიზმის მოწამვლის ერთერთი ძირითადი წყარო ნიადაგია, რადგან იგი წარმოადგენს მცენარეთა ერთობლიობების ძირითად ჰაბიტატს. მცენარეში კვებითი ჯაჭვის მეშვეობით დაგროვილი ელემენტები ადამიანის ორგანიზმში შედიან უშუალოდ მოხმარებული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებით (ახალი ბოსტნეული, ხილი, მწვანილი და ა.შ.), ან ირიბად ცხოველური წარმოშობის საკვები

პროდუქტებით. მძიმე მეტალების გაზრდილი შემცველობა ორგანიზმში იწვევს გულ-სისხლძარღვთა სისტემის დაავადებებს და იწვევს ალერგიის მძიმე ფორმებს. გარდა ამისა, მათ აქვთ ემბრიოტროპული თვისებები და წარმოადგენენ კანცეროგენებს [2].

გარემოს დამაბინძურებელი, დაგროვილი საწარმოო ნარჩენების რაოდენობის ზრდა აიხსნება არა მხოლოდ სამრეწველო წარმოების ზრდით, არამედ მათი გაუვნებელმყოფელი მარტივი და საკმარისად ეფექტური ტექნოლოგიების ნაკლებობით. სამრეწველო ნარჩენების გაუვნებელყოფის პრობლემის გადასაჭრელად დამუშავებულია მრავალი ტექნოლოგია, ზოგიერთი მათგანი მეტ-ნაკლებად წარმატებით გამოიყენება და ზოგ შემთხვევაში დადებით ეკოლოგიურ და ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა. ევროპის ქვეყნებში ნარჩენების 40% ბიოლოგიური დამუშავებით გარდაიქმნება ორგანულ სასუქად, 10% ნადგურდება ინსინერატორებში, ნარჩენების 40% კი იმარხება მსოფლიოს მესამე ქვეყნებში, ხოლო დანარჩენი 10%, ძირითადად გააქტიურებული შლამი, იყრება ზღვებში [4-7].

ამჟამად, აქტიურად ვითარდება გარემოს დაცვის მიმართულებით, მძიმე მეტალებით დაბინძურებული ნიადაგის გაწმენდა ე.წ. "მწვანე ტექნოლოგიით" - ფიტორემედიაციით. სოფლის მეურნეობის დამაბინძურებლების მნიშვნელოვანი ნაწილი არის არაორგანული დამაბინძურებლები, რომელთა დეგრადაცია შეუძლებელია. თუმცა, ფიტორემედიაციით შესაძლებელია ამ ნივთიერებებისგან გარემოს გაწმენდა მცენარეთა ქსოვილებში მათი სტაბილიზაციისა და სეკვესტრირების გზით.

ძირითადი ნაწილი

მწვანე მცენარეებს შეუძლიათ გარემოდან სხვადასხვა ელემენტების ამოღება და კონცენტრირება, მათ შორის ისეთი მძიმე მეტალების, როგორცაა - დარიშხანი, კადმიუმი, სპილენძი, ვერცხლისწყალი, სელენი, ტყვია, აგრეთვე სტრონციუმის, ცეზიუმის, ურანის და სხვა რადიონუკლიდების რადიოაქტიური იზოტოპები. მცენარის მასის შეგროვება და დაწვა რთული არ არის, მიღებულ ფერფლს ან მარხავენ, ან მეორად

ნედლეულად იყენებენ. მცენარეების გამოყენება გარემოს დასაცავად ეფექტური და ეკონომიური მეთოდი გახდა მხოლოდ მას შემდეგ, რაც აღმოაჩინეს მცენარეები, რომლებიც წარმოადგენდნენ დამაბინძურებლების ჰიპერაკუმულატორებს. მათ შეუძლიათ თავიანთ ქსოვილებში ნიკელის, თუთიის ან სპილენძის 5%-მდე (მშრალი წონის მიხედვით) დაგროვება ჩვეულებრივ მცენარეებთან შედარებით ათჯერ უფრო მეტად. მაგალითად, მძიმე მეტალთა ნაერთების აკუმულირებისათვის რეკომენდებულია ისეთი გავრცელებული კულტურები, როგორცაა მდოგვი (დაგროვილი სპილენძის რაოდენობა 190 მკგ/გ, თუთია - 100 მგ/გ, ტყვია - 61-9,4 მგ/გ), სამყურა (დაგროვილი სპილენძის რაოდენობა 180 მკგ/გ, თუთია - 42 მგ/გ, ტყვია - 3,6 მგ/გ) და შვრია (დაგროვილი სპილენძის რაოდენობა - 185 მკგ/გ, თუთია - 125 მგ/გ, ტყვია - 1,4 მგ/წ). [6, თან. 3]. ტყვიის დასაგროვებლად შესაძლებელია გამოენებული იქნას სიმინდი და ცნობილი სარეველა ამბროზია [3 - 8].

ამჟამად შეერთებულ შტატებში ფიტორემედიაციისთვის წელიწადში დაახლოებით 150 მილიონი დოლარი იხარჯება, რაც გარემოს დასუფთავების ხარჯების 0,5%-ია. ევროპაში ფიტორემედია შედარებით ფართოდ არ არის გამოყენებული [3].

ამჟამად, რომ სხვა მეთოდებთან შედარებით უპირატესობებთან ერთად ფიტორემედიაციას აქვს მთელი რიგი უარყოფითი მხარეები. სუბსტრატის გაწმენდის სიღრმე შემოიფარგლება მცენარის ფესვთა სისტემის ნიადაგში შეღწევის სიღრმით, აგრეთვე მცენარეების გამოყენების არეალი შემოიფარგლება კლიმატური ზონითაც.

სამხრეთ ურალში სპილენძის მადნის საბადოები და მათი ტერიტორიის ნიადაგი დაბინძურებულია მძიმე ლითონებით, უპირველეს ყოვლისა, გამამდიდრებელი ქარხნების ნარჩენებით. დაბინძურებული ნიადაგების გასასუფთავებლად შემოთავაზებული იყო ფიტორემედიაციის ტექნოლოგია ჩალისგან დამზადებული ბიომატების გამოყენებით მრავალწლიანი ბალახის თესვებით, რომლებსაც შეუძლიათ ნიადაგიდან მძიმე მეტალების ამოღება (დაგროვება). შერჩეულია როგორც მრავალწლიანი ბალახები, ასევე ორკომპონენტური ბალახის ნარეგების შემადგენლობა,

რომლებიც ხელს უწყობენ ნიადაგიდან მძიმე მეტალების მაქსიმალურ ამოღებას. დადგენილია მცენარეებში ლითონების დაგროვების ნიმუშები. ლითონების მაქსიმალური დაგროვება ხდება ფოთლებში. მოთოვების შემდეგ ლითონები ამოღებულია ნიადაგიდან და შეიძლება განადგურდეს დაწვის შედეგად. ნარჩენების ფიტორემედიაციის პირობების გასაუმჯობესებლად შემოთავაზებულია სპილენძის დნობის წიდის, ცემენტისა და თიხის კომპოზიტური სკრინინგის ფენის გამოყენება. შევიმუშავებული იქნა in siti ფიტორემედიაციის ტექნოლოგია დაბინძურებულ ზონაში მძიმე მეტალების ბიოაკუმულატორების დათესვით. როგორც ბიოაკუმულატორ მცენარეებად გამოყენებული იყო შემდეგი მცენარეები: მხოხავი ჭანგა (*Elytrigia repens*), სავარცხლისებრი კაპუეტა (*Agropyron cristatum*), მდელოს ფესკიუ (შვრია) (*Festuca pratensis*) და მდელოს თივაქასრა (*Poa pratensis*). კვლევები ჩატარდა საველე პირობებში საკვლევი ერთსახეობრივი ბალახების დათესვითა და ფიტორემედიაციის ადგილების შექმნით [9].

ჩატარებული იყო საველე კვლევები ცენტრალური ირანის ნახევრად მშრალ და მარილიან რეგიონებში განლაგებულ ტყვის და თუთიის მაღაროების ლითონის შემცველი ნარჩენების ჰიპერაკუმულაციის იდენტიფიცირებისთვის ბუნებრივად გაზრდილი ან კულტივირებული მცენარეებით. კვლევების შედეგების მიხედვით ნიადაგებში Pb, Zn და Cd საშუალო კონცენტრაციის შემცველობისას (შესაბამისად, 4431, 4920 და 37 მგ/კგ) მცენარის ნიმუშებში ამოღებული მათი კონცენტრაცია შედარებით მაღალი იყო. ამრიგად, ბუნებრივ პირობებში მზარდი *Chenopodium album* L. მშრალ ღეროებში ტყვიას 557 მგ/კგ-მდე აგროვებდა. ხოლო დარგული *Atriplex leucoclada* შეიცავდა მშრალ ღეროებში უფრო მეტ თუთიასა და კადმიუმს, შესაბამისად, 3165 და 14 მგ/კგ-ს [8].

საქართველოში წლების განმავლობაში ხდებოდა დარიშხანის ნაერთების მოპოვება და გადამუშავება. დარიშხანის ნაერთები ფართოდ გამოიყენება ტექნიკაში, სასოფლო მეურნეობაში, ვეტერინარიაში, სამხედრო შეიარაღებაში, მედიცინაში და სხვა დარგში.

დარიშხანის საწარმოო ნარჩენების შენახვისა და დასაწყობების პირობების დარღვევის გამო უაღრესად მძიმე ეკოლოგიური მდგომარეობაა შექმნილი დასავლეთ საქართველოს რამდენიმე რეგიონში, კერძოდ ქვემო სვანეთსა და რაჭაში. დარიშხანის საწარმოო ნარჩენები ხვდება წყალში და ძირითადად ნიადაგში. ტოქსიკური ნივთიერებების დაგროვების შედეგად თანდათანობით იცვლება ნიადაგის ქიმიური შედგენილობა, ირღვევა გეოქიმიური არისა და ცოცხალი ორგანიზმების ერთიანობა. დარიშხანს გააჩნია ბიოკუმულაციის უნარი [10 – 11].

დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების ტოქსიკური ზემოქმედების გამო საფრთხე ემუქრება ათასობით ადამიანის ჯანმრთელობასა და სიცოცხლეს, იხოცება პირუტყვი, ნადგურდება ფლორა და ფაუნა. ამიტომ ნიადაგიდან დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების გაუვნებეყოფისათვის პერსპექტულ მიმართულებას წარმოადგენს ფიტორემედიაციის მეთოდების გამოყენება.

სადღეისოდ მთელ მსოფლიოში აქტიურად მიმდინარეობს დარიშხანით დაბინძურებული ნიადაგებისა და წყლის გასაწმენდად ვარგისი მცენარეების ძიება და გამოცდა. ნიადაგიდან დარიშხანის ამოღებისა და ღეროებსა და ფოთლებში აკუმულაციის სარეკორდო უნარი გამოავლინა ჩინურმა გვიმრამ *Pteris Vittata*, რომლის ბაზაზე შეიქმნა ყინვაგამძლე ჯიში *Arctic Edenfern*, იგი გამოსადეგია სვანეთის მკაცრ ბუნებრივ პირობებში. გვიმრებს შეუძლიათ დააგროვონ ოცი გრამი დარიშხანი ერთ კილოგრამ მშრალ წონაზე გადათვლით. სვანეთის მკაცრი ბუნებისათვის შესაფერისი უნდა იყოს აგრეთვე ცხვრის წივა *Festuca ovina* რომელიც კარგად ხარობს ფინეთში და შეუძლია 2,5გ დარიშხანის ათვისება მშრალი წონის ყოველ ერთ კილოგრამზე. რაჭისათვის მიზანშეწონილია ფიტორემედიაციის მიზნით მზესუმზირის და სიმინდის გამოყენება, რადგან ორივე მათგანი შეიძლება შემდგომში გამოყენებული იქნას ბიოგაზისა და ბიოეთანოლის წარმოებისათვის. განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს მზესუმზირა, როგორც დარიშხანის აკუმულაციის უნარის მქონე მცენარე, რომელსაც შეუძლია 30 დღის განმავლობაში 2-3-ჯერ შეამციროს დარიშხანის შემცველობა საშუალოდ (100 მგ/კგ) დაბინძურებულ ნიადაგებში [12 – 15].

პირველ ცხრილში მოცემულია დარიშხანით დაბინძურებული ნიადაგების სხვადასხვა მცენარეების მეშვეობით გაწმენდის (ფიტორემედიაციის) ეფექტურობის ზოგიერთი ძირითადი მახასიათებელი.

ცხრილი 1. ფიტორემედიაციის ეფექტურობის ზოგიერთი მახასიათებელი

მცენარის დასახელება	მწვანე მასა ერთ ჰა-ზე, ტ	As აკუმულაციის უნარი, მგ/კგ	ფიტორემედიაციის საერთო დრო, თვე	ყინვაგამძლეობა	1 ჰა რემედიაციის ფასი, ლარი
<i>Pteris arctica</i> (გვიმრა)	0,6-1,3	8 – 15 000	24	მაღალი	2500-2800
<i>Pteris Vittata</i> (გვიმრა)	1 – 1,3	20 000	12-16	საშუალო	2500-2800
მზესუმზირა	12 – 15	200 – 500	36 - 60	საშუალო	1000-1200
<i>Festuca ovina</i> (ცხვრის წივა)	3 – 4	1500 - 2500	36 - 60	მაღალი	1000-1200

ეკოლოგიური მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად დასახული იქნა შემდეგი გარემოსდაცვითი პრევენციული ღონისძიებები: ჩატარებული იქნას ფიტორემედიაცია ყორულდაშისა და დუღარეშის სამთო-ქიმიური ქარხნის ტერიტორიაზე. აგებული იქნას დახურული საცავი, რომელშიც ჩაიტვირთება დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენი, ასევე ურავის საწარმოო უბნებზე, მეფიჭალის სამარხისა და ძველი ქარხნის სარკოფაგის სარემონტო სამუშაოების ჩატარების შემდეგ და მჟავე წყლის კომპლექსის სამარხის აგების შემდეგ გაშენდეს ცხვრის წივა ან ჩინური გვიმრის ყინვაგამძლე ჯიში *Arctica* და მზესუმზირა. განხორციელებული უნდა იქნას დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული ტერიტორიების ზედაპირზე მცენარეული საფარის განაშენიანება. მოწეული მცენარეული მასიდან ეთანოლის მიღება საწვავი სახით გამოსაყენებლად [12 – 15].

მცენარეების მეშვეობით დაბინძურებული ტერიტორიების გასუფთავების (ფიტორემედიაციის) ღირებულების შეფასების დროს მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული დაბინძურებულ ტერიტორიებზე მოწეული მცენარეული მასის

გადამუშავების პერსპექტივები. ამ მხრივ ყველაზე მომგებიანი უნდა იყოს მზესუმზირის გამოყენება, რომლის მარცვლეული შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ბიოსაწვავის - ბიოდიზელის, ბიოეთანოლისა და ბიობუთანოლის საწარმოებლად.

დასკვნა

აკუმულაციის უნარის მქონე მცენარეების მიერ დაგროვილი დამაბინძურებლებისაგან გარემოს აღდგენის არსებულ ალტერნატიულ მეთოდს წარმოადგენს ფიტორემედიაციის მეთოდი.

ფიტორემედიაციამ მოიპოვა მზარდი პოპულარობა ბოლო ათი წლის განმავლობაში, ნაწილობრივ, მისი დაბალი ღირებულების გამო. იმიტომ რომ ფიტორემედიაციის პროცესში გამოიყენება მხოლოდ მზის ენერჯია. ეს ტექნოლოგია უფრო იაფია, ვიდრე ტექნოლოგიების გამოყენებაზე დაფუძნებული მეთოდები (როგორცაა ნიადაგის გარეცხვა და წვა). ის ფაქტი, რომ ეს ტექნოლოგია გამოიყენება უშუალოდ დაბინძურების ზონაში და ბუნებრივ პირობებში მიმდინარეობს მცენარეული საფარით, ხელს უწყობს ხარჯების შემცირებას და დაბინძურებული სუბსტრატის კონტაქტს ადამიანებთან და გარემოსთან. მეთოდი უსაფრთხოა გარემოსთვის.

თვითწმენდა არის ფიტორემედიაციის უმარტივესი ფორმა და მოიცავს მხოლოდ მონიტორინგს.

ფიტორემედიაცია ასევე მოწონებულია ფართო საზოგადოების მიერ როგორც ეკოლოგიურად სუფთა ტექნოლოგია.

ლიტერატურა

1. საქართველოს კანონი „ნარჩენების მართვის კოდექსი“. 26/12/2014.
კონსოლიდირებული ვერსია 21/02/2024.
2. E.N. Elizareva, Yu.A. Yanbaev, A.Yu. Kulagin SELECTION OF PHYTOREMEDIATION TECHNOLOGIES OF HEAVY METAL-CONTAMINATED LAND AND WASTEWATER. 2016, p.19.

3. MARTYANYCHEV ALEXANDER VLADIMIROVICH. APPLICATION OF SOILS

PHYTOREMEDIATION FOR CLEANING OF LAND AGRICULTURAL USAGE. 2017,P 56-63.

4. Pulford I.D. and Watson C. Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees – a review, in Environment International, 2003, no. 29, pp. 529-540.

5. Guide to documenting and managing cost and performance information for remediation projects, in EPA 542-F-05- 004, 2005, Available at: [http:// www. frtr.gov](http://www.frtr.gov). (accessed: 18.02.2016)

6. Kamal M., Ghaly A.E., Mahmoud N., Côté R. Phytoaccumulation of heavy metals by aquatic plants // Environment International. 2004. № 29. P.1029-1039.

7. Cao A., Cappai G., Carucci A. and Muntoni A. Selection of plants for zinc and lead phytoremediation, in Journal of Environmental Science and Health, 2004, vol. A39, no. 4, pp. 1011–1024. 1. Arthur E.L. et al. Phytoremediation – an overview, in Critical Reviews in Plant Sciences, 2005, no. 24, pp. 109–122

8. ფიტორემედიაციის ტექნოლოგია . <https://zviazda.by> › news › 16159...2021, p 21.

9. Д.В. Ульрих, С.С. Тимофеева. ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ И ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩ НА ТЕРРИТОРИИ МЕДНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮЖНОГО УРАЛА .2016, 15.ст.

10. ნ. ბაგრატიონი, ლ. გვერდწითელი, ა. ჭირაქაძე, ვ. გვახარია. დარიშხანის ნარჩენების შენახვისა და დასაწყობების ობიექტების ეკოლოგიური მდგომარეობის აღწერა. თბილისი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, 2014, №4, ტ.40.

11. ნ. ბაგრატიონი, ლ. გვერდწითელი, ვ. გვახარია, ა. ჭირაქაძე. დარიშხანის ტოქსიკური ნარჩენებით დაბინძურების გავცელების ძირითადი და შესაძლო მიმართულებები. თბილისი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, 2014, №4, ტ. 40.

12. ნ. ბაგრატიონი, ვ. გვახარია, ა. ჭირაქაძე, ლ. გვერდწითელი. რაჭისა და ქვემო სვანეთის დაბინძურებული ტერიტორიის ნიადაგის ეკოქიმიური კვლევის შედეგების ზოგადი ანალიზი. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი 2015 №2 ტ. 15.

13. Interactions between metals, microbes and plants – Bioremediation of arsenic and lead contaminated soils. Riina Turpeinen. Department of Ecological and Environmental Sciences, University of Helsinki, May 2002.

14. . Final report: Phytoextraction and Recycling of Arsenic from CCA-Contaminated Soils. Michael J. Blaylock. National Centre for Environmental Research, April 1 – September 1, 2003. [http://www.cfpub.epa.gov/ncer/abstracts/index.cfm/fuseaction/display. Abstract Detail/ abstract/6169/](http://www.cfpub.epa.gov/ncer/abstracts/index.cfm/fuseaction/display.AbstractDetail/abstract/6169/) report.
15. Detroit 2008: GM and Coskata announce worldwide cellulosic ethanol partnership. S Blanco. [http://www.green.autoblog.com/2008/01/13/gm-and-coskata-announce- /](http://www.green.autoblog.com/2008/01/13/gm-and-coskata-announce-/), January 13, 2008.

Decontamination of soils contaminated with heavy metals by phytoremediation method

Leila Gverdsiteli, Department of Environmental Protection Engineering and Ecology, Ph.D., Professor, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostava 69. E-mail: l.gverdsiteli@gtu.ge

Nino Bagrationi, Department of Environmental Engineering and Ecology, Ph.D., Assistant Professor, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostava 69. E-mail: bagrationinino04@gtu.ge

Giorgi Khetsoidze, student, Department of Environmental Engineering and Ecology, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Technical University of Georgia, Bachelor's degree, 4 courses.

Reviewers:

Izolda Bazhdze Department of Environmental Protection Engineering and Ecology, Ph.D., Associate Professor, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostavas 69. E-mail bazghadzeizolda04@gtu.ge

Jimsher Kerkadze, Department of Environmental Engineering and Ecology, Ph.D., Associate Professor, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostavas 69,

Email: qerqadzejimsher@gmail.ge

SUMMARY

Decontamination of soils contaminated with heavy metals by phytoremediation method using bioaccumulator plants is discussed.

Key words: phytoremediation, heavy metals, accumulation, technology

Establishment of the impact of impromptu landfills on the surrounding areas (on the example of Natakhtari landfill) and their possible purification from some toxic components through phytoremediation

N. Buachidze - GTU, Hydrometeorological Institute, Tbilisi, Georgia

emc.buachidze@yahoo.com

D. Eristavi - Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia d.eristavi@gtu.ge

S. Sekhniashvili - Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

tabatadzesalome1987@gmail.com

Sh.andguladze – professor, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

sh.andguladze@gtu.ge

N. kutsiava - professor, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia n.kutsiava@gtu.ge

Annotation

In recent years, the number of impromptu or uncontrolled landfills has increased significantly in Georgia, especially in its eastern part. Impromptu landfills are not distinguished by large areas (5-10 sq.m.) and they mainly contain household waste, which are characterized by diversity. It should be noted that landfills of this type are mainly located in ravines nearby the rivers, not infrequently near pastures and close to settlements (especially in regions). It has to be said that frequently it is impossible to clean their territories and therefore they become one of the sources of pollution. As a result, their surrounding territories and the rivers located close to them are polluted. It has to be noted, as well that this problem is of particular concern under conditions of Georgia, because there is no hazardous waste landfill in our country, and therefore hazardous waste (accumulators, batteries, dyes, tires, medicines, cosmetics, etc.) frequently hit the impromptu landfills that may create a number of health problems for population living in the regions. That is why the control and prevention of pollution of their territories still remains a highly relevant problem today, in order to assess how hazardous their existence is for the environment and the local population health [1-5].

Keywords: Uncontrolled landfill, pollution, hazardous waste.

Basic part

In the presented study, we have selected an impromptu landfill located at the territory adjacent to Natakhtari village (Shida Kartli), which is situated nearby Aragvi River as well as at the territory of one of the restaurants “Chateau Natakhtari”, which waste (mainly food waste) mainly occupy our represented facility. Both surrounding and inner territories of the given impromptu landfill have been investigated by us, in particular, the following toxic metals – Pb, Cd, Mn, Cu and Zn have been determined in the analytical soil samples taken from this territory; their hydrochemical analysis has been made, and a microbiological analysis has been carried out in the analytical water samples of the irrigation channel, which flows adjacent to the given impromptu landfill [6-9].

With the purpose of assessing the role and importance of the landfill in the polluting process of landfill surrounding territory, we have selected so-called background point (on the bank of Aragvi River), which is located distantly from the landfill and analysis results obtained from this location have been compared to maximum permissible concentrations (MPC) or with tentative permissible concentrations (TPC) of the determined components.

Obtained results are given in the Tables 1-5 and on the Diagrams 1-3.

Table 1. Contents of some heavy metals in analytical soil samples taken from the territory of Natakhtari impromptu landfill and from background points

№	Sample name	Pb, mg/kg	Cd, mg/kg	Mn, mg/kg	Cu, mg/kg	Zn, mg/kg
1	Aragvi River bank (background point)	28.2	<2.0	520	31.2	98.5
2	Inner territory of the landfill	78.8	<2.0	1520.2	66.4	205.7
3	Territory adjacent to the landfill	61.6	<2.0	1330	41.9	183.3
4	Maximum permissible concentration (MPC)	32				
5	Tentative permissible concentration (TPC)			1500	132	220
	Test method		ISO 14869-1:2001			

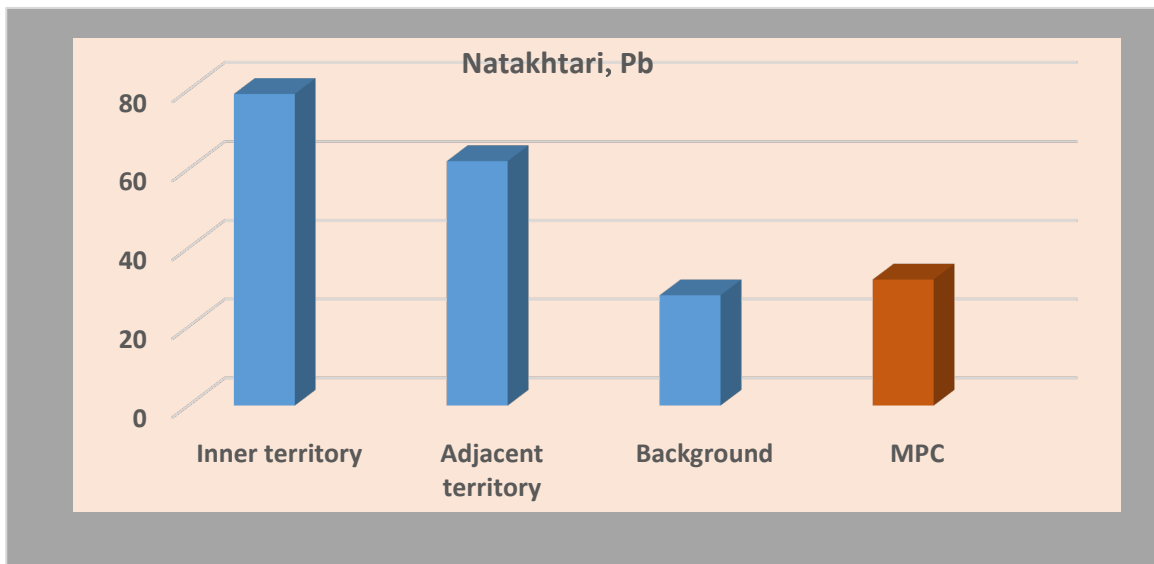


Diagram 1. Lead content in analytical soil samples taken from Natakhtari impromptu landfill and background point

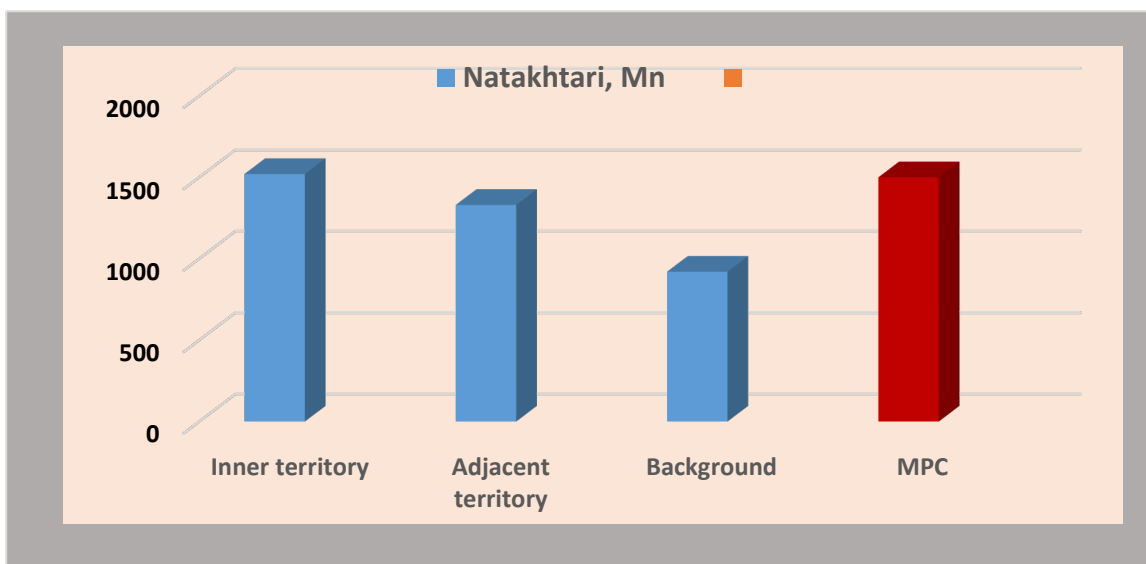


Diagram 2. Manganese content in analytical soil samples taken from Natakhtari impromptu landfill and background point

As one can see, lead content in the soil of impromptu landfill selected by us, turned out to be 2.7 times higher compared to that in the samples taken from background points, and 2.5-times exceeded maximum permissible concentration (MPC). Similarly, lead content in soil samples taken from territories adjacent to the landfill proved to be higher in comparison to MPC and values obtained from background point, particularly, 1.9- and 2-times.

As for manganese content, its values in soil samples taken from both inner territories of landfill and from adjacent territory vary within range of MPC values, while it roughly 2.5-times exceeded the values obtained from background points. Cadmium, copper and zinc content turned to be within the norm (Table 1, diagrams 1-2).

Contents of natural forms of biogenic elements in soil samples taken from the same points of the landfill are given in Table 2.

Table 2. Contents of natural forms of biogenic elements in analytical soil samples taken from the same points of the Natakhtari impromptu landfill territory

№	Sample name	pH	NO ₂ ⁻ mg N/kg	NO ₃ ⁻ mg N/kg	NH ₄ ⁺ mg N/kg	PO ₄ ³⁻ mg N/kg
1	Aragvi River bank (background point)	7.08	0.6	3.4	4.4	1.2
2	Inner territory of the landfill	7.26	3.8	22.7	14.2	12.0
3	Territory adjacent to the landfill	7.14	2.4	11.5	10.2	5.3

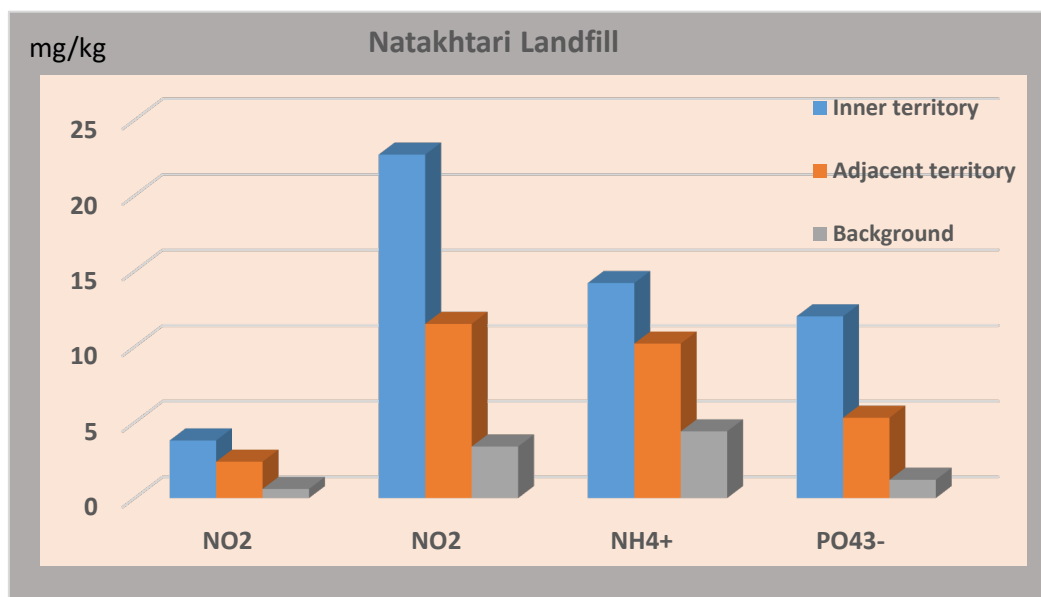


Diagram 3. Contents of natural forms of biogenic elements in analytical soil samples taken from the Natakhtari impromptu landfill territory and from background points

As we can see (Table, Diagram 3), in all cases the values of NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ and PO₄³⁻ exceed their maximum permissible concentrations and values obtained from background points that makes us think that the landfill territory is polluted with both organic and inorganic components of nitrogen

and phosphorus. For instance, ammonia ion concentration 3.2-times exceeded ammonia content in the background point, while nitrogen dioxide concentration 6-times surpassed the value obtained from background point.

In Table 3 and Table 4 there are shown the results of microbiological and physical-chemical analyses of analytical water samples from irrigation channel (which flows close to the landfill):

Table 3. Results of microbiological analysis of water of irrigation channel of Natakhtari village

№	Sample name	Total Coliforms units/l	Fecal Streptococci, units/l	E. coli, units/l
1	Natakhtari village, irrigation channel	17400	1250	9800

Table 4. Results of physical-chemical analysis of water of irrigation channel of Natakhtari village

№	Sample name	pH	Electric conduc- tivity, $\mu\text{S}/\text{cm}$	Salinity, %	Do, mg/l	T, °C
1	Natakhtari irrigation channel	8.02	298	0.02	5.1	10.7

Microbiological analysis (Table 3) of the analytical water samples of the irrigation channel showed that there is an unhygienic state in the channel, for instance, the analytical sample of E.coli contained almost 2 times more amount (9800 units/l) of these strains than their standard value (5000 units/l), and the amount of total coliforms turned to be very high (17400 units/l). As for physical-chemical indicators of the channel water samples, their values point at the fact that there was no significant or large amount of contaminant discharged into the canal during or prior to sampling, which could have change the values of these indicators (Table 4).

Soil treatment from toxic components is highly relevant and important issue for any country, especially for Georgia, based on its current state. As the study showed and is well known from other international research, impromptu landfills pollute their adjacent territories with different toxic components, that may have a negative effect on local population health. Proceeding from this fact, there are different approaches to their clearing from these toxicants, one of these ways is soil treatment with the help of those plant species, which absorb these toxic components from soil and as a consequence, improve soil quality. One of these ways is a method of phytoremediation.

For these purposes, we have included the following experiment in our study – we have purchased the seeds of some plants (wheat, carrot, beetroot, salad) and planted them out at the territory of landfill

(after its cleanup), while 2,5-months later, those metals have been determined in their roots, stalks, fruits and leaves (mixed to each other), which polluted the landfill territory.

In Table 5 there are given the concentration values of metals (Pb, Zn, Mn, Cu) absorbed (assimilated) by some plants from the landfill soil.

Table 5. Analysis results of some plants (dry leaves, stalks, fruits) in terms of heavy metals

№	Sample name	Pb	Zn	Mn	Cu
1	Wheat	14.0	84.5	145.9	17.3
2	Carrot	22.8	42.3	375.8	18.3
3	Beetroot	< 5.0	85.4	80.3	12.9
4	Salad	< 5.0	128.3	48.6	14.5

By comparison of data given in Table 5 (amount of metals absorbed by plants from the landfill soil) with data of Table 1 (metal contents in the landfill soil), one can clearly see that all plants represented by us absorb one or another metal from the soil, in particular, lead and manganese are best of all absorbed by a carrot (28.9 and 25%), maximum amount of zinc was assimilated by a wheat and beetroot (up to 41%), and as for copper, it was absorbed by all plant species almost in equal quantities (19-27%).

The following equipment and research methods have been used during study:

1. Ion-exchange chromatography (ICS-100) ISO 100304-1:2007
2. Spectrophotometry – SPECORD 205ISO7150-1:2010
3. Membrane filtration – ISO9308-1, ISO 7899-2
4. Atomic-absorption spectrometry – PinAAcle 500 "Perkin Elmer"(USA).
5. Field portable device – HORIBA

Conclusions

Impromptu landfill of Natakhtari village, which has been selected by us for study, pollutes its surrounding territories with such toxic components as Pb, concentration of which exceeded several times its MPC. Mn and Zn contents vary within limits of MPC in the landfill soil, while copper in the analytical samples turned to be lower than a standard value. It should be noted that there was a negligible quantity of Cd (< 0.2) in the analytical samples.

As for natural forms of biogenic elements, their concentrations in the landfill samples also turned to be higher compared to the background point that points at the fact that destruction process of organic components has begun at the landfill territory.

In its turn, the results of microbiological analysis clearly showed that there is an unhygienic state at the territory of the impromptu landfill.

Amount of the metals absorbed by our selected plants from the landfill soil (Table 5) showed us that these plants are suitable for involvement in phytoremediation processes, since they are capable to improve the quality of polluted soils and therefore, to establish in future the green areas in place of impromptu landfills.

References

1. Cleanup Georgia, 2012, "Report on Municipal Solid Waste Management in Georgia".
2. Z. Youcai, L. Jiangying, H. Renhua, G. Guowei, *J. of Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 122 (2000) 281-297.
3. D. Kumar, B.J. Alappat, *ASCE Practice Periodicals of Hazardous, Radioactive and Toxic Wastes*, Vol. 8(4), (2004) 253-264.
4. J. Fronczyk, K. Garbulewski, Department of Geotechnical Engineering, Warsaw University of Life Sciences, *Land Reclamation*, Vol. 41, (2009) 3-9.
5. Nugzar Buachidze, Dimitri Eristavi, Ekaterine Shubladze. "Remediation of impromptu landfill territories with the use of Georgian zeolite (80% clinoptilolite)", *Collected works of the Institute of Hydrometeorology of the Georgian Technical University* №133, "Modern Problems of Hydrometeorology and Ecology" dedicated to 70th anniversary of the Institute of Hydrometeorology, Tbilisi, 2023, pp. 89-95. ISSN 1512-0902, [Dio.org/10.36073/1512-0902](https://doi.org/10.36073/1512-0902) (in Georgian)
6. G.S. Fomin. *Soil: Quality and ecological safety control according to international standards. Reference book.* «VNIStandart», M., 2000 (in Russian).
7. F.B. Calvo Moreno, M. Zamorano, M. Szanto, *Environmental diagnosis methodology for municipal waste landfills.* *Waste Manage* 2005; 25:768–79.
8. AS. Erses, MA. Fazal, Onaya TT, Craig WH. *Determination of solid waste sorption capacity for selected heavy metals in landfills.* *J Hazard Mater* 2005; B121:223–32.
9. AD. Eaton, Franson MAH, American Water Works Association, Water Environment Federation. *Standard method for the examination of water and wastewater.* 21st ed. Washington: American Public Health Association; 2005.

სტიქიური ნაგავსაყრელების გავლენის დადგენა მიმდებარე ტერიტორიების მიმართ (სოფ. ნატახტრის ნაგავსაყრელის მაგალითზე) და მათი შესაძლო გასუფთავება ზოგიერთი ტოქსიკური კომპონენტისგან ფიტორემედიაციის გზით

ნ. ბუაჩიძე¹ emc.buachidze@yahoo.com

დ.ერისთავი² d.eristavi@gtu.ge

ს. სეხნიაშვილი² tabatadzesalome1987@gmail.com

შ. ანდლულაძე²

1 სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

2 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია

საქართველოში, ბოლო წლებში საგრძნობლად გაიზარდა სტიქიური ანუ არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელების რაოდენობა, განსაკუთრებით კი მის აღმოსავლეთ ნაწილში. სტიქიური ნაგავსაყრელები არ გამოირჩევიან დიდი ფართობით (5-10მ²) და მასში ძირითადად გვხვდება საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, რომლებიც გამოირჩევიან მრავალფეროვნებით. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ტიპის ნაგავსაყრელები ძირითადად არიან განლაგებული ხევებში მდინარის პირას, არც თუ იშვიათად სამოვრებთან და დასახლებული პუნქტების მახლობლად (განსაკუთრებით რეგიონებში). უნდა ითქვას, რომ ხშირად ვერ ხერხდება მათი ტერიტორიების დასუფთავება და აქედან გამომდინარე ისინი ხდებიან დაბინძურების ერთერთი წყარო. შედეგად ბინძურდება მათი მიმდებარე ტერიტორიები და ის მდინერეები, რომლებიც იმყოფებიან მათთან სიხლოვეს. აუცილებლად უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ეს პრობლემა განსაკუთრებით საგულისხმოა საქართველოს პირობებში, რადგან ჩვენს ქვეყანაში არ არის სახიფათი ნაგავსაყრელის პოლიგონი და აქედან გამომდინარე სტიქიურ ნაგავსაყრელებზე ხშირად ხვდება სახიფათო ნარჩენები, (აკუმულატორები, ბატარეები, საღებავები, საბურავები, წამლები, კოსმეტიკური საშუალებები და სხვა), რამაც რეგიონებში მცხოვრებ მოსახლეობას, ჯამრთელობის თვალსაზრისით, შეიძლება არაერთი პრობლემა შეუქმნას. ამიტომაც დღესდღეობით საკმაოდ აქტუალურ პრობლემად რჩება მათი ტერიტორიების კონტროლი დაბინძურების მხრივ, რათა შეფასებულ იქნას თუ რამდენად საშიშია მათი არსებობა როგორც გარემოს ასევე ადგილობრივი მოსახლეობის ჯამრთელობის მიმართ [1-4].

საკვანძო სიტყვები: არაკონტროლირებადი ნაგავსაყრელი, დაბინძურება, სახიფათო ნარჩენები.

UDC: 666.1

Chemical-technological Research of Old Georgian Glasses

Marina Kapanadze, Professor, Department of Chemical and Biological Engineering, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia E-mail: m.kapanadze@gtu.ge Tel.: 593 65 63 00

Maia Mshvildadze, Professor, Department of Chemical and Biological Engineering, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia E-mail: maia_mshvildadze@gtu.ge Tel.: 599 98 05 04

Tamar Loladze, Associate Professor, Department of metallurgy, Materials Science and Metal treatment, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia E-mail: t.loladze@gtu.ge Tel.: 55549 86 12

Nino Keadze, Associate Professor, Department of Chemical and Biological Engineering, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia E-mail: n_keadze@gtu.ge Tel.: 557 49 55 61

Archil Koroghlishvili, student, Department of metallurgy, Materials Science and Metal treatment, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia E-mail: koroghlishvili.archil22@gtu.ge
Tel.: 597 98 01 91

Reviewers:

Nana Gelovani, Professor, e-mail: n.gelovani@gtu.ge Tel.: 593 16 03 19

Vladimer Gordeladze, Associate professor, e-mail: v.gordeladze@gtu.ge Tel.: 593 35 26 55

Abstract

Chemical-technological study of several samples of glasses from Brili, Samtavro and Urbnisi were carried out. During studying chemical composition of the glasses, the amount of basic oxides in these glasses was determined. The glasses were segregated in separate tables and glass features were discussed depending on the amount of oxides as required by the modern level of glass technology assessment. The glasses from all three locations belong to the $\text{SiO}+\text{R}_2\text{O}-\text{RO}_2$ system. We determined the boiling temperatures of Brili, Urbnisi and Samtavro glasses. The boiling temperatures of Brili glasses vary between 1025°C - 1158°C depending on the composition, and between 1116°C - 1192°C for Samtavro and Urbnisi, corresponding to the glasses of the same period across the world.

Keywords: Archaeological glasses, chemical technology, spectrophotometry, polymetallic oxides.

Introduction

Georgia is one of the oldest centres of metallurgy abundant with raw materials needed for glass industry. Based on this opinion, it can be assumed that glass production in Georgia should have been developed since ancient times.

Glass production is not a branch of craftsmanship that can be mastered in a short time. Especially, during that period it needed to be studied for a long time –to be mastered, to have developed the ability to select raw materials, not to mention mastering the complex process of glass and product making.

Glass production in Georgia was developed in different regions in different times, this should have been related to the economic and cultural advancement of the regions. A good example of this are the artefacts found in Zemo (Upper) Racha and Shida (Inner) Kartli, dated V-III BC and I-VI centuries AD.

All of the above points to the fact that glass-making tradition began in Georgia in the VIII century BC, and in the following centuries, was developed not systematically, as it was in Egypt, continuously for ten centuries, but in short periods of peace, which were not very frequent in our country.

Results and discussion

Chemical-technological study of several glass samples from Brili, Samtavro, and Urnisi were carried out. During the study of glass chemical compositions, basic oxide content was determined. The glasses were segregated in separate tables featuring the amount of oxides as required by the modern level of glass technology assessment.

The analysis of the glass compositions from Brili (V-III centuries BC) allows us to assign the studied glasses to the $\text{SiO}+\text{R}_2\text{O}-\text{RO}_2$ system, where $\text{R}_2\text{O}=\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, $\text{RO}=\text{CaO}+\text{MgO}$. The glasses have different colouring caused by both, purposefully introduced compounds and impurities, which are characteristic of the raw materials of the Zemo (Upper) Racha and whose amount does not exceed 0.1 mass % (Table 1).

Spectrophotometry clearly showed us that Co_2O_3 , CuO , MnO are purposely added to various glasses to give them special colouring. However, the colouring of the glass is the result of the interaction of these oxides with other polymetallic oxides (Fe_2O_3 , CuO , TiO_2 , Sb_2O_3). Blue colour is given to glasses

by CuO, although Fe₂O₃ also has a certain influence. The green colour is the result of the combined effect of MnO and Fe₂O₃. The brown colouring is due to the presence of FeS in the glasses (Table 1).

Table 1. Number of Basic Oxides and their Ratios

Indicators, Mass %	Glass 1, Dark Blue	Glass 2, Light Blue	Glass 3, Dark Blue	Glass 4, Green	Glass 5, Brown
SiO ₂	63.00	68.20	60.90	62.60	62.30
SiO ₂ + R ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃)	67.86	69.96	65.66	64.65	65.39
RO (CaO + MgO	11.82	6.68	15.42	13.50	15.48
R ₂ O (Na ₂ O + K ₂ O)	16.05	20.29	14.87	18.17	15.79
RO + R ₂ O	27.87	26.97	30.29	31.67	31.27
SiO ₂ : RO	5.33	10.21	3.95	4.64	4.02
SiO ₂ + R ₂ O ₃) : RO	5.74	10.47	4.26	4.79	4.22
SiO ₂ : R ₂ O	3.92	3.36	4.09	3.44	3.94
(SiO ₂ + R ₂ O ₃) : R ₂ O	4.22	3.45	4.41	3.56	4.14
(SiO ₂ + R ₂ O ₃) : RO + R ₂ O)	2.43	2.59	2.17	2.04	2.09

According to the data available to us, there are no cases of targeted use of cobalt oxide in foreign glasses attributed to B.C. V-III centuries. In this regard, old Georgian glasses are an exception.

On the basis of chemical-technological research, the peculiarity of glasses from Brili and their difference from foreign glasses of the same "age" were established, both in terms of composition and technological properties.

It was determined that a three-component blend containing quartz-plagioclase veins, herbal ash and polymetallic ore was used to obtain the glass from Brili. In order to verify the reality of the expressed opinions, we imitated the actions of the old Georgian masters.

As a result of experimental boiling, two samples were obtained - blue and greenish-cyan, which, in their characteristics, completely correspond to the analogues found in Brili.

Practical tests showed us that the beads should not be formed directly from the melt obtained after boiling. It seems that for manufacturing beads, they sorted the glass obtained by boiling and made it undergo secondary heat treatment.

The results of the research allow to express the opinion that the glass products from Brili are of local origin and the glasses were made using local raw materials.

As a result of the conducted studies, the detailed chemical composition of Urbnisi glasses (I-VI centuries) has been determined (Table 2). The research glasses belong to the glasses of the $\text{SiO}+\text{R}_2\text{O}-\text{RO}_2$ system, having different colours and containing oxides of many elements, the amount of which does not exceed 0.2 mass %, and not having any function.

Glass N1 is a fragment of light-bluish crockery. It is coloured by Fe_2O_3 and MnO . Glass N2 is a fragment of greenish faceted crockery. The reason for the glass colour is Fe_2O_3 . Glass N3 is a fragment of yellowish-brownish thin-walled pottery. The colour of the glass must be the result of Fe_2O_3 and MnO content, but the formation of FeS is not excluded either.

Table 2. Number of Basic Oxides and their Ratios

Indicators, Mass %	Glass 1, Light Bluish	Glass 2, Greenish	Glass 3, Yellowish-brownish
SiO_2	65.40	62.40	65.30
$\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3 (\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$	68.64	65.75	68.56
$\text{RO} (\text{CaO} + \text{MgO})$	12.62	17.17	12.27
$\text{R}_2\text{O} (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$	15.86	14.81	15.43
$\text{RO} + \text{R}_2\text{O}$	28.48	31.98	24.70
$\text{SiO}_2 : \text{RO}$	5.18	3.63	5.32
$\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3) : \text{RO}$	5.44	3.83	5.59
$\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}$	4.12	4.21	4.23
$(\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3) : \text{R}_2\text{O}$	4.33	4.44	4.44
$(\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3) : \text{RO} + \text{R}_2\text{O}$	2.41	2.05	2.47

The presence of SO_3 , P_2O_5 and Cl has been determined in all three glasses, which indicates that herbal ash was used as an alkaline raw material.

By determining technological factors, it turns out that for obtaining the researched glasses, a temperature of at least 1200°C was required, but as the mentioned temperature couldn't be reached at that time, there is quite a large number of bubble inclusions in the glass. At the same time, it should

be noted that the glasses have sufficient length and processing interval for manufacturing the products both, by extrusion and blowing.

Detailed chemical composition of the glasses from Samtavro (I-III centuries) was defined (Table 3). The research glasses belong to the $\text{SiO}+\text{R}_2\text{O}-\text{RO}_2$ glass system, having different colours and containing oxides of many elements, the amount of which does not exceed 0.2 mass % and they do not have any function.

Table 3. Amount and ratios of Basic Oxides

Indicators, Mass %	Glass 1, Greenish	Glass 2, Yellowish
SiO_2	65.70	6.60
$\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3 (\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$	68.43	64.75
$\text{RO} (\text{CaO} + \text{MgO})$	9.67	11.49
$\text{R}_2\text{O} (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$	18.30	18.42
$\text{RO} + \text{R}_2\text{O}$	27.97	29.91
$\text{SiO}_2 : \text{RO}$	6.79	6.27
$\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3) : \text{RO}$	7.08	5.63
$\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}$	3.59	3.29
$(\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3) : \text{R}_2\text{O}$	3.74	3.51
$(\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3) : \text{RO} + \text{R}_2\text{O}$	2.45	2.16

N1 glass is a fragment of a bowl made of light green glass, and N2 glass is a fragment of an unguentarium made of yellowish glass. Samtavro glass N2 was the first sample found among the Brili, Samtavro and Urbnisi glasses and studied by us that had the yellow colouring. During the analysis of the glass compositions, it was determined that both glasses contain the same colouring oxides, however, in different amounts: content of both Fe_2O_3 and MnO is higher - the ratio is approximately 1:1. It is precisely this ratio that must be the reason for the yellow colour. It is also necessary to mention the role of Sb_2O_3 - TiO_2 in the formation of yellow colour.

The presence of polyvalent oxides has been established in Samtavro glasses, but content of very small concentrations does not allow assuming their radical influence on glass colouring. The presence of

SO₂, P₂O₅, and Cl was determined in both glasses, indicating that herbal ash was used as an alkaline raw material.

Conclusion

Based on the analysis, it is clear that the glasses are identical, and if we take into account the difference in tint, it is logical to assume that the old masters were completely controlling tint adjustment process. It can be concluded that the glasses from all three locations belong to the SiO+R₂O-RO₂ system. Boiling temperatures for the glasses from Brili, Urbnisi and Samtavro were determined. Depending on the composition, the boiling temperatures of Brill glasses vary between 1025°-1158°C, and those of Samtavro and Urbnisi between 1116°-1192°C, corresponding to the glasses of the same period across the world.

References

1. Mshvildadze, M., & Kapanadze, M. (2021). Chemistry and production technology of Brill archaeological glasses. Collection of works of Akaki Tsereteli State University, 153-158.
2. Kapanadze, M. (2011). The results of the archaeological glass research of some locations found in the territory of Georgia. International Scientific Conference "A woman and the 21st Century", Proceedings of Georgian Technical University, 147-149.
3. Kapanadze, M., Sarukhanishvili, A., Chagunava R. (2004). Glass chemistry and technology in ancient Georgia. Monograph. Publishing house "Technical University", 139 p.

უდკ: 666.1

ძველი ქართული მინების ქიმიურ-ტექნოლოგიური კვლევის შედეგები

მარინა კაპანაძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დეპარტამენტის პროფესორი, თბილისი, საქართველო. ელ.ფოსტა: m.kapanadze@gtu.ge ტელ.: 593 65 63 00

მაია მშვილდაძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დეპარტამენტის პროფესორი, თბილისი, საქართველო. ელ-ფოსტა: maia_mshvildadze@gtu.ge ტელ.: 599 98 05 04

თამარ ლოლაძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობის და ლითონის დამუშავების კათედრის ასოცირებული პროფესორი, თბილისი, საქართველო ელ-ფოსტა: t.loladze@gtu.ge ტელ.: 555 49 86 12

ნინო ქებაძე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი, თბილისი, საქართველო ელ-ფოსტა: n_kebadze@gtu.ge ტელ.: 557 49 55 61

არჩილ ქოროღლიშვილი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობის და ლითონის დამუშავების განყოფილების სტუდენტი, თბილისი, საქართველო ელ-ფოსტა: koroghlishvili.archil22@gtu.ge ტელ.: 597 98 01 91

რეცენზენტები:

ნანა გელოვანი, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი. ელ.ფოსტა: n.gelovani@gtu.ge ტელ.: 593 16 03 19

ვლადიმერ გორდელაძე, ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი. ელ.ფოსტა: v.gordeladze@gtu.ge ტელ.: 593 35 26 55

რეზიუმე

ჩვენ მიერ ჩატარებულია ბრილის, სამთავროსა და ურბნისის მინების რამდენიმე ნიმუშის ქიმიურ-ტექნოლოგიური კვლევა. მინების ქიმიური შედგენილობის შესწავლისას დადგინდა ამ მინებში ძირითად ოქსიდთა რაოდენობა. ჩვენ ისინი გამოვყავით ცალკე ცხრილებად და ვმსჯელობდით ასეთი მინების თავისებურებებზე ოქსიდთა რაოდენობიდან გამომდინარე ისე, როგორც ამას მოითხოვს მინის ტექნოლოგიის შეფასების თანამედროვე დონე. სამივე ადგილმდებარეობის მინები მიეკუთვნება

SiO+R₂O-RO₂ სისტემას. დავადგინეთ ბრილის, ურბნისისა და სამთავროს მინების ხარშვის ტემპერატურები. ბრილის მინების ხარშვის ტემპერატურები შედგენილობის მიხედვით მერყეობს 1025⁰-1158⁰ C , ხოლო სამთავროსა და ურბნისის 1116⁰-1192⁰ C შუალედში, რაც შესაბამისობაშია იმავე პერიოდის მსოფლიოს მინებთან.

საკვანძო სიტყვები: არქეოლოგიური მინები, ქიმიური ტექნოლოგია, სპექტროფოტომეტრია, პოლიმეტალური ოქსიდები.

UDC 666.762.93

Nanocomposites in B₄C-TiC-TiB₂-SiC-BN-Al₂O₃-SiAlON-C Carbon Fiber system.

Tsira Danelia - Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Chemical and Biological Technologies, Institute of Bionanoceramics and Nanocomposite Technology. PhD student, Tbilisi Georgia

E-mail: tsddental@gmail.com mobile telephone numbers: 593355995

Zviad Kovziridze - Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Chemical and Biological Technologies, Institute of Bionanoceramics and Nanocomposite Technology. Professor, Tbilisi Georgia. E-mail: kowsiri@gtu.ge mobile telephone numbers: 599151957

Natela Nizharadze - Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Chemical and Biological Technologies, Institute of Bionanoceramics and Nanocomposite Technology. Professor, Tbilisi Georgia.

E-mail: nizharadzenatela@gmail.com mobile telephone numbers: 598116252

Gulnazi Tabatadze - Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Chemical and Biological Technologies, Institute of Bionanoceramics and Nanocomposite Technology. Associate Professor, Tbilisi Georgia

E-mail: gulnazitabatadze@yahoo.com mobile telephone numbers: 599646186

Teimuraz Cheishvili - Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Chemical and Biological Technologies, Institute of Bionanoceramics and Nanocomposite Technology. Professor, Tbilisi Georgia

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge mobile telephone numbers: 593332177

Nino Darakhvelidze, - Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Chemical and Biological Technologies, Institute of Bionanoceramics and Nanocomposite Technology. Academic doctor, Tbilisi Georgia

E-mail: darakhvelidzenino3@gmail.com mobile telephone numbers: 598235558

Maia Balakhashvili - Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Chemical and Biological Technologies, Institute of Bionanoceramics and Nanocomposite Technology. Academic doctor, Tbilisi Georgia

E-mail: m.balakhashvili@gtu.ge mobile telephone numbers: 593562472

Abstract: *Goal* - to receive on first stage β - SiALON containing nanocomposites by reactive sintering method at 1400°C, with nitrogen process from origin composition in TiC-BN-SiC-B₄C-Si-Al-Al₂O₃ (nanopowder) system. By using this method of synthesis, it became possible to receive nanocomposites with different percentages of β - SiALON. Our task was to study the phase composition of received consolidated materials in the TiC-TiB₂-BN-SiC-B₄C- β -SiALON-Al₂O₃ (nanopowder-400nm.) system.

Method. The obtained mass was grounded in an attritor and the consolidated composite was obtained by hot pressing at 1620°C during 40 minutes, with glass perlite (Armenia) dope 2 mass%, delaying at final temperature for 8 min, under 30 MPa pressure and vacuum – 10⁻³ Pa. Perlite from Aragatc contained 96 mas. % glass.

To study the phase composition of the composites, we conducted an X-ray structural analysis on the DRON-3 device. And to study the microstructure, we conducted research on an optical microscope -AC100 and a raster electron microscope “Nanolab 7” of the company "OPTON". The values of the electrical parameters of the studied composites were calculated on the basis of the obtained "lgp- t" dependence. We have studied mechanical properties.

Result. In TiC-TiB₂-BN-SiC-B₄C- β -SiALON-Al₂O₃ – C Carbon Fiber system we obtained nanocomposites with high mechanical properties. The advantage of this method is that compounds, which are newly formed thanks to interaction going on at thermal treatment: Si₃N₄, Si, AlN are active, which contributes to β -SiALON formation at relatively low temperature, at 1300-1350°C. It is evident that inculcation of ALN in crystal skeleton of β -Si₃N₄ is easier since

at this temperature interval crystal skeleton of Si_3N_4 is still in the process of formation. β -SiAlON was formed at 1450°C . Part of boron carbide was transformed into boron nitride in nitrogen environment and in titanium diboride, which in the case of both composites is in small quantities.

Conclusion. The phase composition of the obtained composite provides high physical-technical and performance properties of these nanocomposites. Compression strength-2198 MPa, Bending strength-271 MPa, Thermal expansion coefficient $\alpha_{20-700}-3.8 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$.

Key words: nanocomposite; hot press; electron microscope; phase composition; B4C-BN-TiC-TiB₂-SiC- β -SiAlON-Al₂O₃ nano-powder system.

1. Introduction

SiALON is a general name for a large family of silicon nitride-based ceramic alloys, it was first adopted in the beginning of 1970. β -SiALON is the most well-known phase. Its chemical formula $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$ ($z = 0-4.2$) and its hexagonal crystal structure are similar to the structure of β - Si_3N_4 .

SiALON is distinguished by: high hardness, strength, wear resistance. It retains these properties under high temperature conditions.

Composites working at high temperatures should be characterized by high density, hardness, thermal resistance and should retain these properties when working at high temperatures. Composites obtained from highly refractory oxide ceramics retain their hardness at high temperatures but are characterized by a high coefficient of thermal expansion and therefore low thermal resistance. Carbide-based ceramics have a relatively high coefficient of thermal expansion, but they are oxidized easily when working at high temperatures. Because of this, science has turned its attention to obtain super high-strength composites - SiALONs [1-7]. The results of our work [8-10] show that the composites obtained with the SiALON matrix are highly refractory materials with high performance properties and retain these properties when working at high temperatures. For the study we used electron microscopic, optical and X-ray phase analysis methods.

The paper describes the preparation of a super-ceramic composite with high macro and micro-mechanical properties of SiALON carbide at relatively low temperatures using an innovative, simple technology. As is known, SiALONS are obtained at temperatures of $1800-2000^\circ\text{C}$. With the help of vitrified (96 mas. % glass phase) perlite-2-3 mas. % dopant, we obtained similar material at 1450°C and in the composition with

titanium carbide, boron nitride, boron carbide, silicon carbide and aluminum oxide (nanopowder), we were able to obtain eutectic precipitation at relatively low temperature - 1620 °C by hot pressing. The material is so hard, that it damaged the diamond beads when trying to treat it, and a 3000 atmosphere water jet failed to cut the specimen.

X-ray is performed on DRON-3. Electron microscopic research was performed on a raster electron microscope “Nanolab 7” of the company "OPTON". No special form of samples is required for this study, only a sample fracture is required. It should be noted that the fracture is better to be new, because after some time the surface of the fracture might be covered with dust particles or oxides, which reduces the contrast and makes it difficult to distinguish phases. In addition, the ions continue to move on the surface of the new fracture for some time, which makes the study very interesting.

2. Main part

To obtain the composites, we prepared mixtures, the composition of which is given in Table 1. To C-18 composite we have added carbon fiber, which is characterized by high elasticity modulus (200-935GPa), high- tensile strength (1-3 GPa), with these properties it is the desired component, since it strengthens the composite material [11].

The samples were made in a cylindrical shape by the semi-dry method, the molding pressure was 20 MPa. After drying the samples were burned out in a silite oven at a temperature of 1450°C. Mode 5°C /min. At the final temperature the samples were kept for 40 minutes.

The physical-technical characteristics and electrical properties of the finished samples, compression strength and bending strength, impact viscosity, density, thermal resistance and thermal expansion coefficients were studied.

MATERIAL COMPOSITION OF COMPOSITES. TABLE 1

Composition of the initial component, mass%												
Composite index	kaolin (Ukraine)	TiC	Al	Al ₂ O ₃	SiC	Si	Perlite Aragats (Armenia)	BN	Y ₂ O ₃	MgO	B ₄ C	Carbon fiber
C-19	5	-	17	22	21	20	2	-	1.5	1	10.5	-

C-18	-	-	18	20	23	19	-	-	1.5	1	14.5	3
C-16	-	5	16	18	20	17	2	9	1.5	1	10.5	-
C-17	-	6	16	18	22	17	2	11	1.5	1	5.5	-

The bending strength was measured on a German-made disrupting machine R-100, which has a device determining the strength limit of the specimens on a three-point bend. The loading speed was 5 mm/hr. When determining the bending strength limit, the maximum stress is calculated by the following formula:

$$\sigma_{\text{bend.}} = 3/2 \cdot Pl_0/bh^2,$$

where :P- is the force at which the sample was disrupted, kg; l₀- distance between supports at 3-point load = 25 mm; b- sample cross-section width, mm; h- the height on which the stress is applied to the specimen, mm. The test results of C-19 and C-18 composites are given in Table 2.

Table 2

TABLE 2.THE PHYSICAL-TECHNICAL CHARACTERISTICS OF COMPOSITES

Composite name	Density g/cm ³	compression strength $\sigma_{\text{press.}}$ MPa	Bending strength $\sigma_{\text{bend.}}$ MPa	Impact viscosity a, kJ/m ²	Thermal expansion coefficient α , 10 ⁻⁶ (20-700°C)
C-19	3,11	1844,4	262	17,62	3,81
C-18	2,99	2189,8	264	18,14	3,83
C-16	3.12	2194.4	268	18.90	3.78
C-17	3.16	2198.5	271	18.80	3.82

Impact viscosity was determined by the pendulum impact testing machine. When the sample is crushed, the scale marks the swing angle of the pendulum β . Impact-bending strength is calculated by the following formula:

$$A_{\text{imp.}} = A/S$$

where: A - work spent to crush sample, kilo joules (kJ); S - the cross-sectional area of the samples, m². For the C-19 composite samples: the cross-sectional dimensions were 1 cm x 0.35 cm; $a = \frac{6,17}{1 \times 0,35} = 17,62 \text{ kJ/m}^2$; for the C-18 composite samples: the cross-sectional dimensions were 1 cm x 0.2 cm; $a = \frac{6,17}{1 \times 0,34} = 18.14 \text{ kJ/m}^2$.

As can be seen from Table 2, the bending strength and the impact viscosity of both composites (C-19, C-18) are almost the same and amount to 262; 264 MPa and 17.62; 18.14 kJ/m² respectively. Ceramic composites experience thermal load and gas-thermal impacts when working at high temperatures. In all ceramic materials there are invisible micro-cracks [12] and when the strength of the product is less than the loads, these loads are converted into the decomposition stress energy. At critical loads, high energies develop, causing decomposition of the product.

To determine these energies, Z. Kovziridze proposed a formula for calculating the failure stress energy [13-14], which establishes a universal interdependence between the failure stress energy of a product, the mass of the product, and the rate of crack development under critical stress conditions. The Z. Kovziridze's formula for calculating the failure stress energy is as follows:

$$E_{td} = m a_{c.p.},$$

Where E_{td} is the failure stress energy, kilo joules; m- sample mass, g; $a_{c.p.}$ - the crack development rate –2000 m/sc.

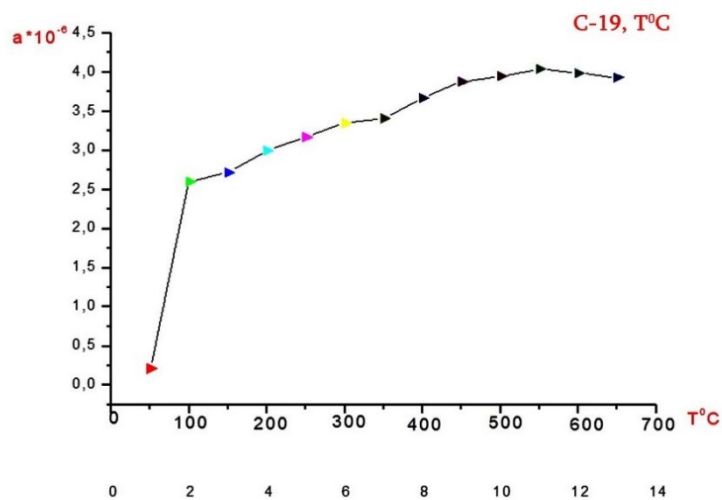
In our case the sample dimensions were 5,2x5,2x45mm, the sample mass was 3.86g. According to Z. Kovziridze's formula the failure stress energy is:

$$E_{td} = m a_{c.p.} = 3,86 \times 2000 = 7,72 \text{ kJ}.$$

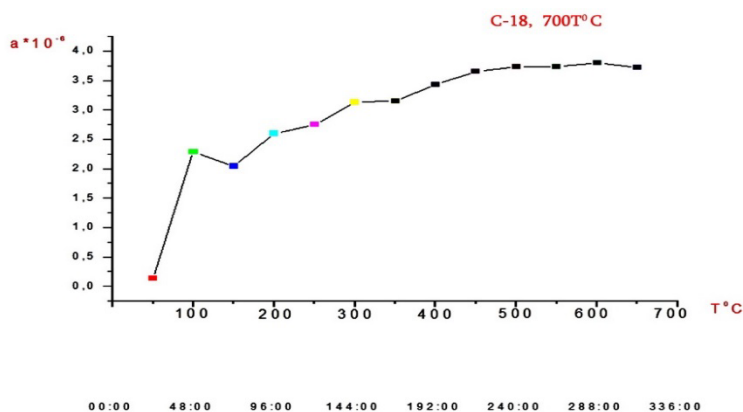
The thermal expansion coefficient of the composites (C-19, C-18) was determined with the help of a quartz vertical dilatometer -DKV for measuring the temperature coefficient of linear thermal expansion in the temperature range (20-700°C). Table 2 and Figure 1 show that this indicator is the same for both composites and is $a = 3.88$ and $3.80 \cdot 10^{-6}$, respectively.

It is known from the literature [13] that the coefficient of thermal expansion of corundum ceramics is high and is $\alpha_{20-300C} = 6,2 \cdot 10^{-6}$. While the low-oxygen content of refractory compounds, namely silicon carbide, is $a = 5,18 \cdot 10^{-6}$ and is characterized by high thermal resistance [15] It should be noted that the composites we obtained (C-19, C-18) are characterized even by a lower coefficient of thermal expansion, respectively $a =$

3,88 and $3.80 \cdot 10^{-6}$ and a correspondingly higher thermal resistance, which is very important for composites that have to work for a long time at high temperatures and in an aggressive medium (Fig. 1).



a



b

Fig. 1. Thermal expansion coefficient and temperature interdependence

Electrical characteristics have been established for the composite of compositions (on the device created by Prof. T. Cheishvili - CH-24) which were obtained as a result of the "resistance-temperature" dependence experiment. The volumetric electrical resistance of the composites was determined in the section allowing measurements at high-temperatures in the range of 20-300°C, by using an electron ohm meter as the measuring instrument. Graphite electrodes were placed on the surface of the prismatic samples (the upper measuring electrode had a diameter of 14 mm and the lower measuring electrode had a diameter of 16 mm). The dependence of the test specimens on the "specific resistance-temperature" is linear, revealing the peculiarities that an increase in temperature causes a decrease in electrical resistance.

Besides the C-19 specimen is characterized by lower values of electric resistance than the specimen C-18, C-16, C17. The difference between the electrical resistances is particularly noticeable at room temperature (the difference is approximately by three degree), but it is less evident at high temperatures (the difference decreases to one degree), which is clear from the material reflecting the results of the experiment (Fig. 2). The values of the electrical parameters of the study composites were calculated on the basis of the obtained "lgp- t" dependence. Three electrical characteristics were determined for composites: the temperature coefficients of electrical sensitivity (B) and electrical resistivity (α_T) the activation energy of electrical conductivity (E_a), the value of which are presented in Table 3. The difference between the electrical characteristics was found to be significant (C-18 composite data are approximately 5 times higher than those obtained for C-19 composite).

It should be noted that composites have a negative α_T (resistance decreases with increasing temperature) and low value of E_a - (realization of electronic type of electrical conductivity is expected for both materials).

The results obtained should be related to the basic phases represented in C-19 and C-18 composites obtained by the synthesis at 1450°C, under the same conditions. Regarding the compositions C-16 and C-17, the "log p-T" dependencies, which occupy an intermediate position between C-19 and C-18, it can be noted that the compositions contain two "new" ingredients - TiC and BN. In some high-temperature synthesis of composites, one cannot exclude the participation of these in the formation of a new semiconductor phase - TiB₂. Based on the composition of the composition C-16 and C-17 (Table 1), the expected amount of TiB₂ should be greater in the composition of C-17. This is also confirmed by the electrical properties in comparison with composition C-16; composition C-17 has lower values of resistivity and activation energy.

According to the results of X-ray phase analysis, the leading phase in the composite of both compositions is SIALON. They also contain five other crystalline compounds of different nature. Due to their electrical properties, they can be divided into two groups: Dielectrics (a- Al₂O₃, BN, AlN) and semiconductors (SiC, Si). Considering the identical conditions for obtaining the C-19 and C-18 composites, the factor determining their low resistance and activation energy values could have been the number of SiC and Si solid phases with semiconductor properties existed in the study materials.

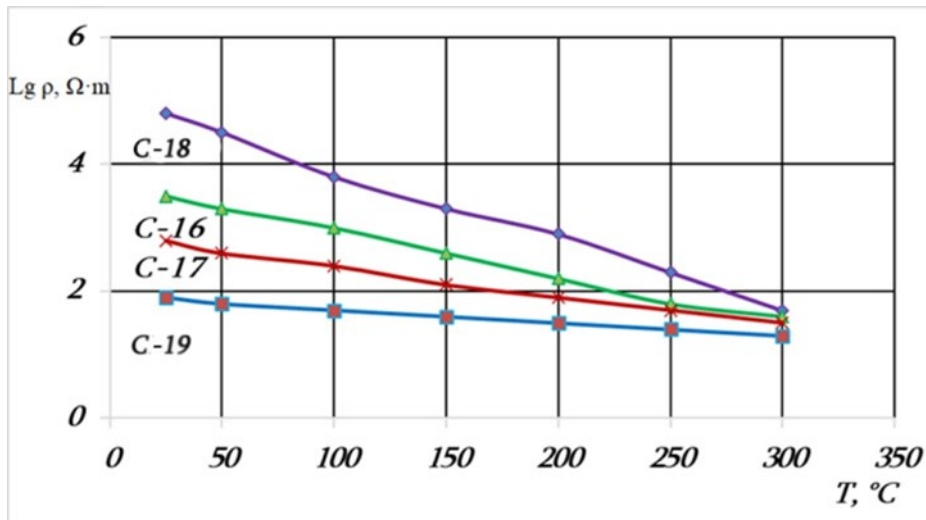
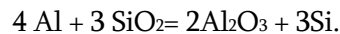


Fig. 2. Specific electrical resistance and temperature dependence

Based on the comparison of the electrical characteristics of composites, it can be assumed that the concentrations of SiC and Si in the C-19 composite must be higher than in the C-18 composite. This could be detected by two approaches: by determining the amount of SiC and Si or by the density of the materials. Both approaches proved to be unusable for C-19 and C-18 composites, since quantitative calculations based on the available X-ray were impossible (due to the abundance of crystal phases and the coincidence of their characteristic intensity peaks) and also the negligible differences between mass densities. ($d = 3.11$ for C-19; $d = 2.99 \text{ g/cm}^3$ for C-18). In any case, the number of SiC in C-19 could not have been higher than in C-18, judging by the material composition of the test composites.

At the same time, X-ray phase analysis revealed the presence of Si in both composites, which could affect the electrical conductivity of the composite. But the Si content in the initial mixture (according to the material compositions) is identical and amounts to wt. 20%. At the same time, the C-19 composite body contains two natural rocks (kaolin and perlite) that contain silicon dioxide. Kaolin (5 wt.%) and perlite (2.0 wt.%) provide approximately 5.2 wt.% and 3.0 wt.% Si in the C-19 composition, respectively. The reason for this is the structural breakdown of the mineral kaolinite in the geopolymer (kaolin) caused by the temperature and the possibility of conducting the parallel aluminothermic process:



This process will result in an additional 2.4% by weight of Si in the C-19 composite, and it is practically expected that the amount of Si in C-19 will be 24.4% by weight. A contributing factor to the uptake of Si from SiO_2 may be the formation of a liquid phase caused by the low-temperature melting of perlite-1240°C.

Aluminum nitride is formed by the reaction of a portion of the aluminum powder in the initial mixture with nitrogen by the following reaction:

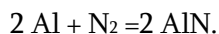


Table 3

Electrical characteristics values of the composites

Sample N ^o	Coefficient of electrical sensitivity, B(ΩmK)	Activation energy of electrical conductivity, $\Delta E(\text{ev})$	Temperature coefficient of electrical resistance, $\alpha_{\Delta r}$ (ΩmK^{-1})
C-18	-7170	1,24	$-2,6 \cdot 10^{-2}$
C-19	-1560	0,27	$-5,7 \cdot 10^{-3}$
C-16	-1625	0.65	$-1.4 \cdot 10^{-2}$
C-17	-815	0.32	$-6.8 \cdot 10^{-3}$

As a result of decomposition of kaolinite at high temperatures part of the aluminum powder restores silicon from SiO_2 according to the reaction above. This process could lead to a change in the ratio between an increase of the amount of semiconductor Si and AlN carrying the insulating properties in favor of Si, this would lead to the increase in electrical conductivity in the C-19 composite.

Structural study

The test specimens were prepared using the same technology as described in previous papers [16-21], i.e. the SIALON was synthesized in the nitrogen medium at 1400–1450^o C, and then the obtained mass was grounded in an attritor and the consolidated composite was obtained by hot pressing at 1620^oC. , 40 minutes, delaying at final temperature for 8 min. under 30 MPa pressure.

70 μm of study samples of the composite obtained in this mode were cut from 70 mm diameter and 8 mm thick discs. The cut was made on a 395-M profile grinding machine with a 100 mm-diameter metal binding diamond cutting disc, diamond grain size 50/40 μm , cutter rotation speed 4000 rpm, cutting speed 0.7 mm / min.

The surface of the cut specimens was ground on a 3 G71 flat-bottomed grinding machine with a 200 mm-diameter diamond abrasive disc on a Bakelite binder, diamond grainsize-50/40 μm .

Phase analysis of hot-pressed samples was performed on an X-ray machine DRON-3 using $\text{CuK}\alpha$ rays.

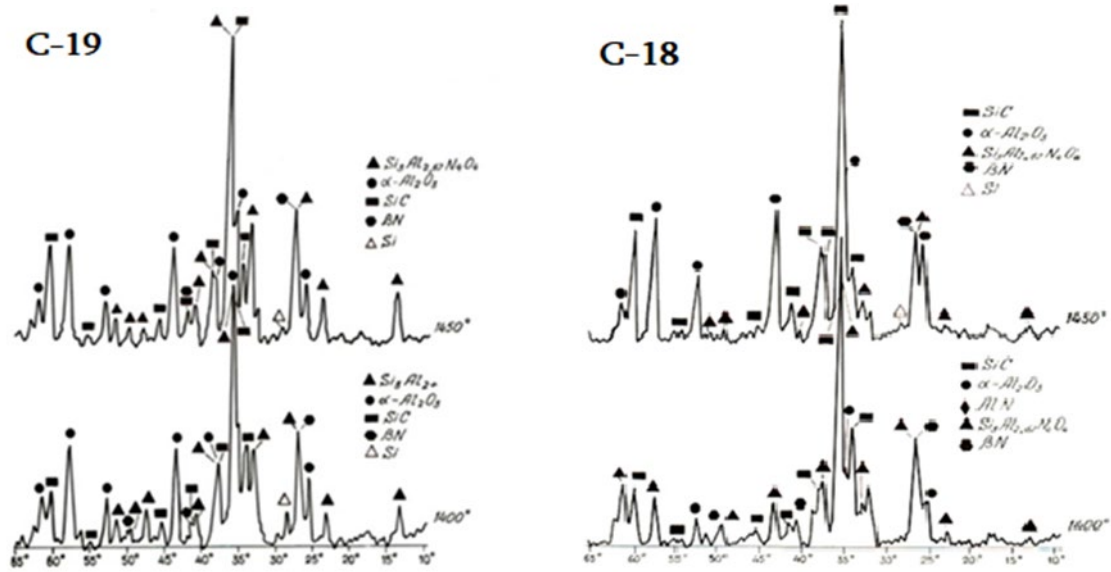


Fig.3. C-19 and C-18 composites X-ray (1400-1450°C)

Examination of the X-Ray patterns of the samples burned out at 1400-1450°C (Fig. 3) shows that at 1400°C the characteristic reflexes of the SIALON are already observed in both composites, and at 1450°C their intensity is relatively increased. Judging by the intensity of the characteristic peaks of the SIALON, the number of SIALONs formed in the C-19 composite is relatively larger than in the C-18 composite, which can be explained by the presence of kaolin in the C-19 composition. In our opinion, this is due to the nitrogenation of the thermodynamically active kaolinite core $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, which was formed as a result of the decomposition of the mineral kaolinite. The following phases have been observed in both composites: Si-AL-O-N, SiC, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, BN, and Si (small amount unreacted.).

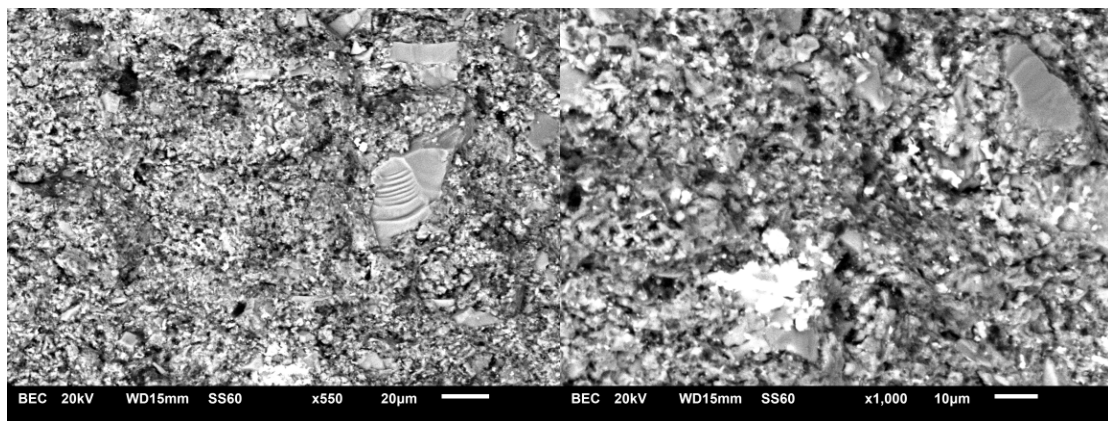
Part of boron carbide and titanium carbide in the composites was converted to boron nitride and titanium diboride upon burning out in nitrogen medium at 1400°C by the following reaction: $\text{B}_4\text{C} + 2\text{N}_2 = 4\text{BN} + \text{C}$, and $\text{B}_4\text{C} + 2\text{TiC} = 2\text{TiB}_2 + 3\text{C}$, which in the case of both composites is in small quantities. Newly formed, fine-grained boron nitride improves the microstructure, which is a prerequisite for high mechanical properties, such as: high thermal conductivity, low thermal expansion, good resistance to thermal shocks, easy workability, chemical inertness and low wettability with molten metals. It is used in radiators, boron-alloyed silicon semiconductors, welding trays, crucibles, microwave tubes, sputtering targets, high-precision welding, foundry production, etc.

Analysis performed using an optical microscope showed that the composites in both cases were silicon carbide and corundum grains located in the matrix (Fig. 2). At the same time the microstructure of C-18 composite is more fine-grained. It can be assumed that during the sintering process of C-19 composite, due to the composition of these composites, more liquid phase is generated than during the sintering process of C-18, contributing to the sintering intensity, which is evidenced by the relatively low porosity of C-19 composite. At the same time, the liquid phase promotes the appearance of small grains and their subsequent recrystallization into large grains.

Electron microscopy shows the surface of a well-sintered specimen, on which crystals of the basic phases contained in C-19 composites are clearly seen, namely silicon carbide and corundum grains distributed in the SiAlON matrix, even the finest grains of boron nitride are also observed, which are better seen when magnified at close-up (Fig. 4).

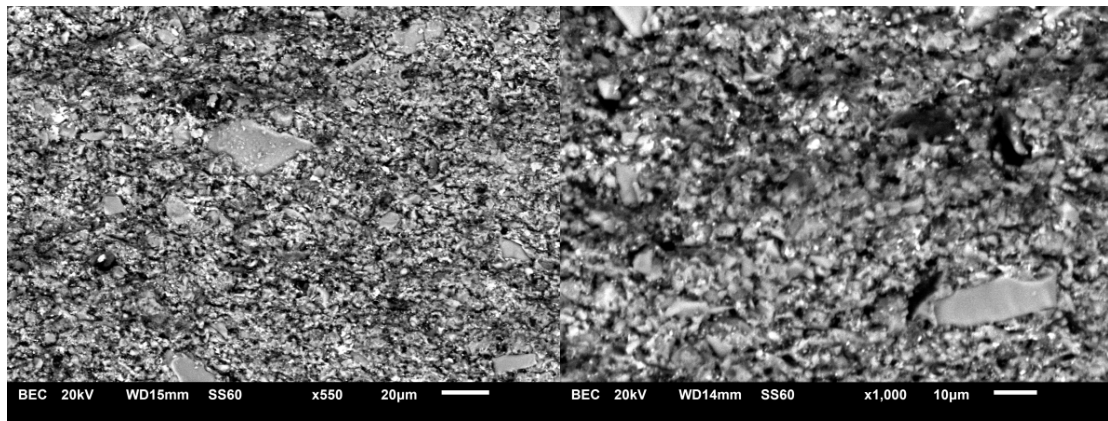
When identifying grains of silicon carbide and corundum, along with SEM images, we relied on the results of X-ray diffraction analysis and X-ray spectral microanalysis.

Figure 5 and 6 shows the micro-X-ray spectral analysis images of the C-19 and C-18 composites, the spectrum of the 3 sections and the scheme of the constituent elements, their percentage content, which shows that the main constituent (matrix) of the composite is SiAlON-BN.



a)

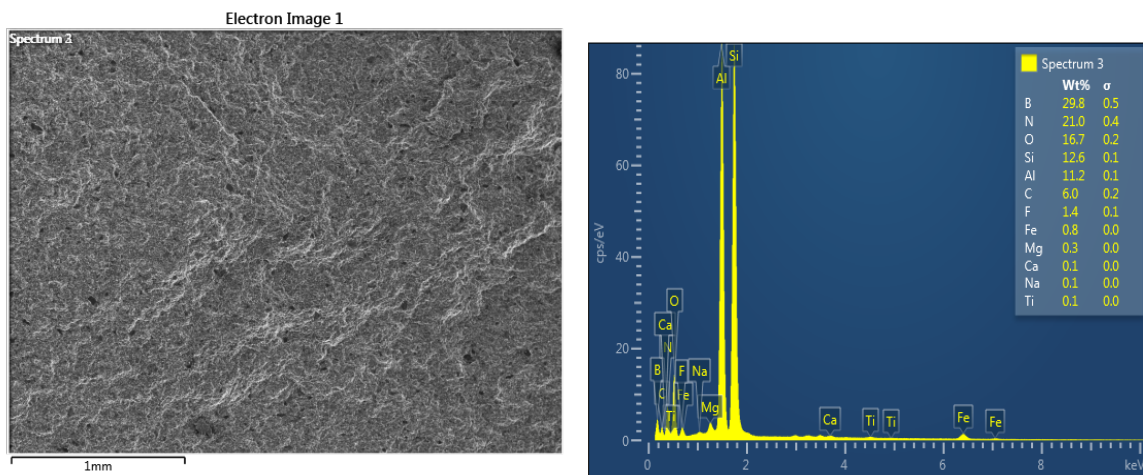
b)



c)

d)

Fig.4. C -19 (a, b) and C -18 (c, d) composites
Electronic-microscopic images at different magnifications
X - 550; X-1000



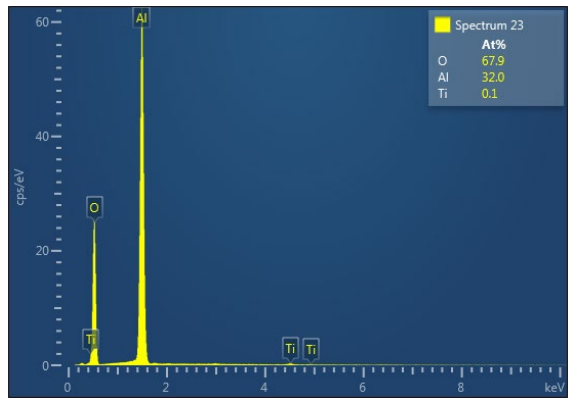
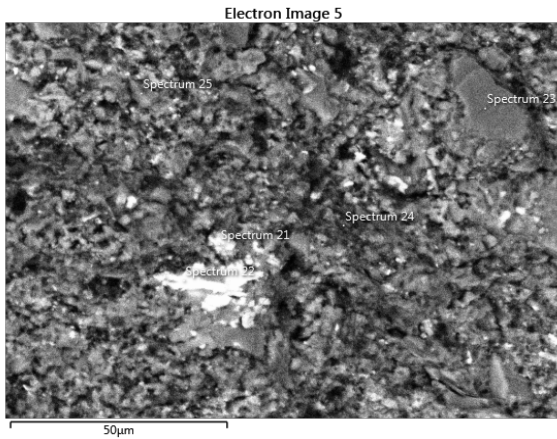
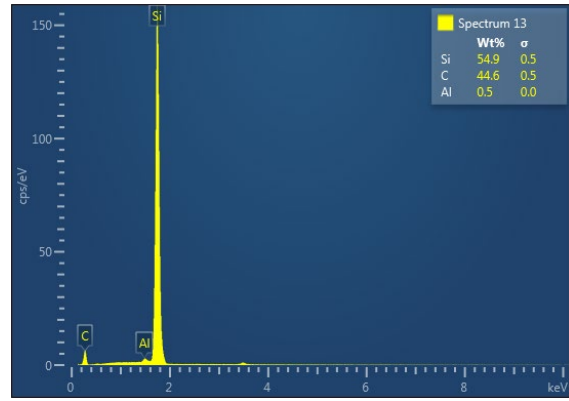
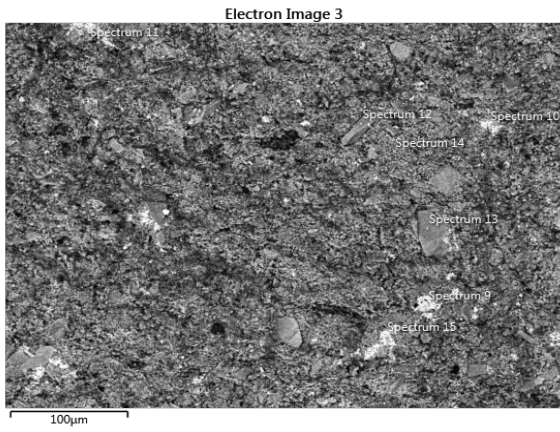
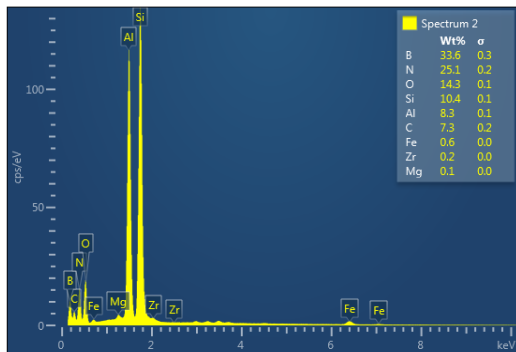
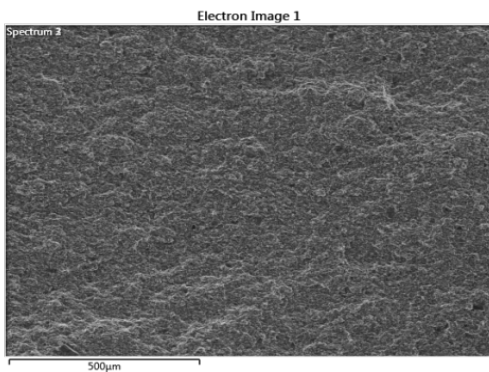


Fig. 5. Electronic-microscopic and micro-X-ray spectral images of C-19 composite



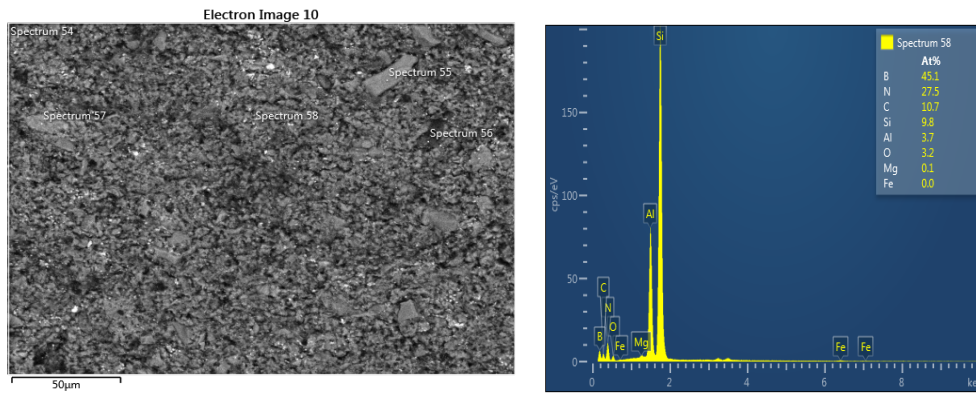


Fig. 6. Electronic-microscopic and microrentgeno -X-ray spectral images of C -18 composite

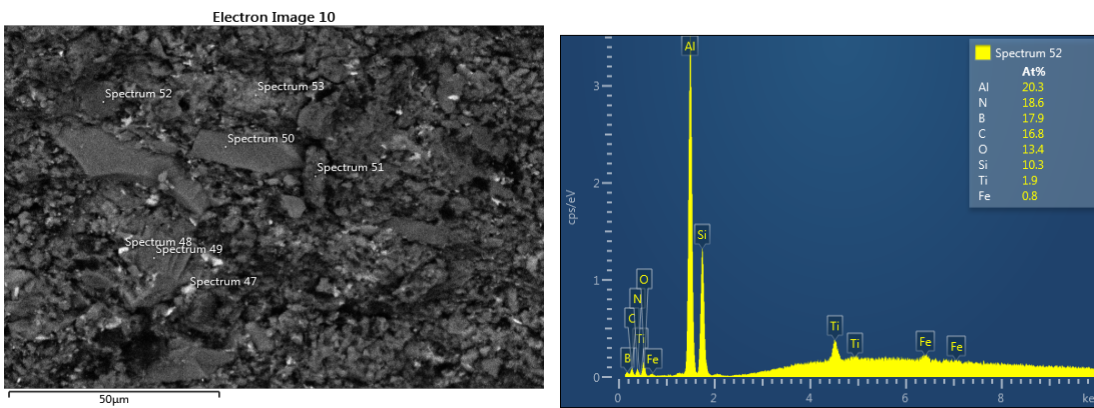


Fig.7 Electronic-microscopic and microrentgeno -X-ray spectral images of C -16 composite

Fig.7 and Fig 8 shows the micro-X-ray spectral analysis image s of the C-16 and C-17 composites, the spectrum of the sections and the scheme of the constituent elements, their percentage content, which shows that the main constituent (matrix) of the composite is TiC, B₄C, TiB₂, SiC, Al₂O₃, SiAlON-BN.

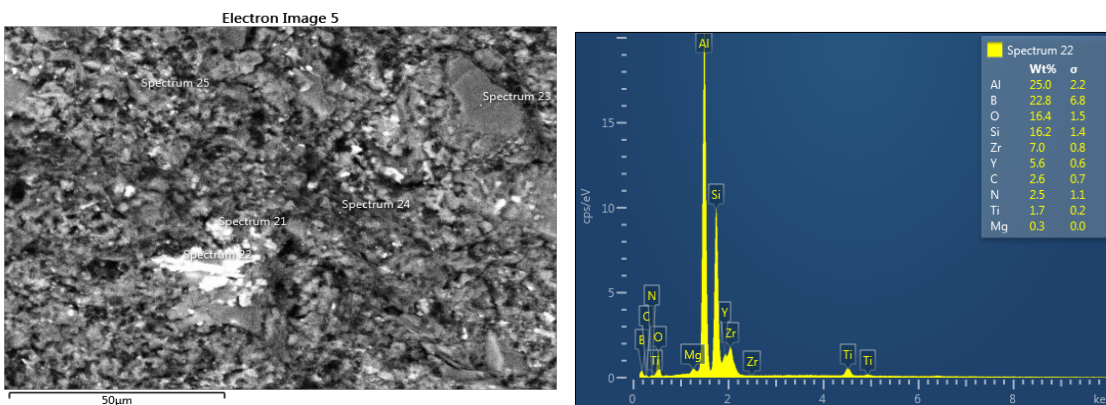


Fig.8 Electronic-microscopic and microrentgeno -X-ray spectral images of C -17 composite

Table 4 shows the test condition of SiALON.

Table 4

<<*** Test condition-SiALON-100 ***>>

Test mode	Load-unload		
Sample name	SiAlon-zv	Sample No.	#1
Test force	100.000[gf]	Minimum force	0.200[gf]
Loading speed	1.0(7.1448[gf/sec])	Hold time at load	5[sec]
Hold time at unload	3[sec]	Test count	23
Parameter name	Temp	Parameter	20
Comment	20.06.17-SiAlon-zv-100;DHV5-3		
Poisson's ratio	0.190		
Cf-Ap,As	ON	Indenter type	Vickers
Correction		Objective lens	50
Read times	2	Indenter poisson's ratio	0.070
Indenter elastic	1.140e+006[N/mm2]		

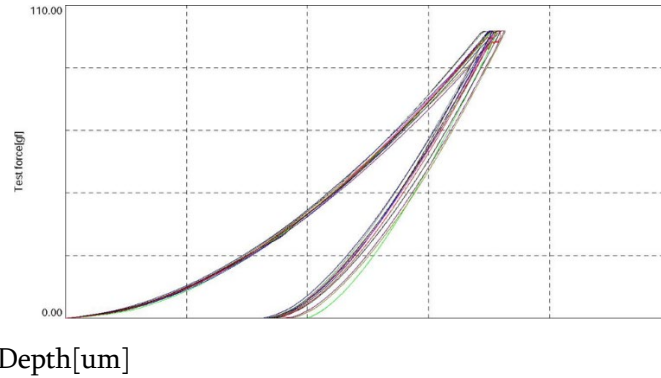
<<*** Test result ***>>

SEQ	Fmax	hmax	hp	hr	DHV-1	DHV-2	Eit	Length	HV	Data name
	[gf]	[um]	[um]	[um]			[N/mm2]	[um]		
1	100.753	2.0927	1.0353	1.3623	1124.606	4595.143	2.023e+005	12.133	1269.108	SiAlon-100(1)
2	100.862	2.1408	1.1973	1.4454	1075.849	3439.729	2.028e+005	10.673	1641.878	SiAlon-100(2)
3	100.954	2.1185	1.0085	1.3472	1099.608	4852.203	1.911e+005	11.989	1302.427	SiAlon-100(3)
4	100.844	2.1300	0.9980	1.3526	1086.598	4949.256	1.881e+005	11.623	1384.295	SiAlon-100(4)
5	100.935	2.1822	1.1183	1.4290	1036.181	3945.265	1.855e+005	12.721	1156.721	SiAlon-100(5)
6	100.624	2.0945	1.0240	1.3135	1121.301	4691.482	1.921e+005	11.843	1330.428	SiAlon-100(6)
7	100.551	2.1229	1.0193	1.3350	1090.715	4731.042	1.868e+005	11.551	1397.624	SiAlon-100(7)
8	100.826	2.1357	1.0016	1.3362	1080.626	4912.610	1.834e+005	11.550	1401.679	SiAlon-100(8)
9	100.826	2.1173	0.9846	1.2881	1099.473	5084.458	1.815e+005	11.404	1437.730	SiAlon-100(9)
10	100.825	2.1761	1.0974	1.4160	1040.858	4092.733	1.848e+005	11.697	1366.620	SiAlon-100(10)
11	100.807	2.1566	1.0491	1.3859	1059.580	4477.130	1.857e+005	----	----	SiAlon-100(11)

Average	100.801	2.1334	1.0485	1.3646	1083.218	4524.641	1.895e+005	11.718	1368.851	
Std. Dev.	0.120	0.029	0.064	0.049	28.966	502.835	7155.469	0.529	125.730	
CV	0.119	1.372	6.141	3.617	2.674	11.113	3.777	4.518	9.185	

<<*** Force-Depth graph ***>>

Force-Depth graph



<<*** Depth-Time graph ***>>

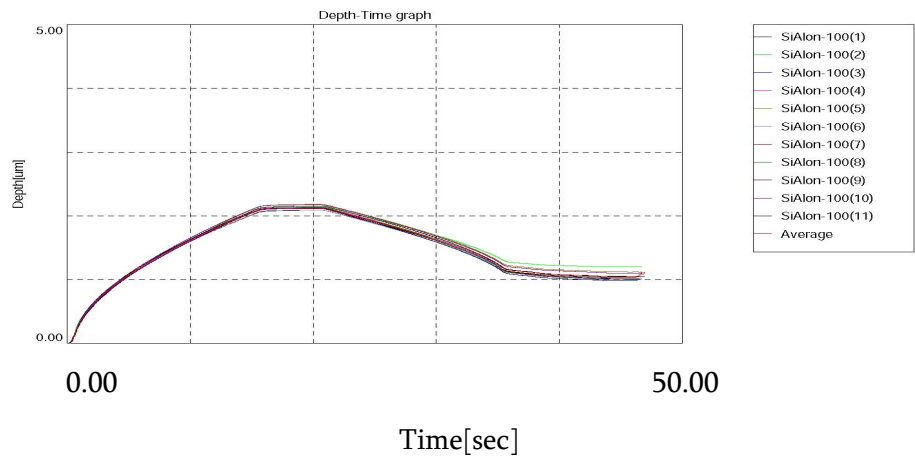


Fig. 9 Mikromechanical characteristics of SIALON.

The results of micro-X-ray spectroscopy and electron microscopy of the given composites are consistent with X-ray structural analysis. In the matrix of composites C-19 and C-18 there are represented: β -SiALON-Al₂O₃-SiC, BN crystals are distributed in the matrix and In the Composites CH-16 and CH-17 there are represented TiC-TiB₂-BN-SiC-B₄C- β -SiALON-Al₂O₃ phases. Table 5 shows d the data on phase components in C-19 and C-18 composites.

To determine the porosity, we selected the field of vision and determined its area. In the field of vision, we calculated the number of pores according to the size of their diameter; determined the volumetric content and the middle diameter of pores for each composite. The total pore content in C-19 composite is

μM accordingly.

The maximum and minimum size of SiC grains in C-19 composite is 9-3 μM, middle size = 6 μM; in C -18 composite - 8-4 μM, middle size = 6 μM.

The maximum and minimum size of aluminum oxide grains is 1 / 1μM for C-19 composite and 1/ 0,8 μM for C-18 composite. The average size of aluminum oxide grains in each composite is 1 and 0.8μM, respectively. As for boron nitride, its dimensions are minimal and approximately equal to an average of 200 nM.

The average grain size in total Km = 6.5 and 6.6 μM, respectively. Glassy phase volume fraction Gvol = 3 and 1% respectively;

Crystal shape factor

$$F_{kfC-9} = D_{max}/D_{min} = 10.56/5.54 = 1.91;$$

$$F_{kfC-10} = D_{max}/D_{min} = 10.56/6.25 = 1.69.$$

Crystal distribution factor in the matrix by our visual estimation, $F_{kd} = 0.9$.

The unreacted residue of silicon is about 2 wt.%. In other cases, the Si mass in the than initial composition should be taken to be no more 18-19 percent. The carbon fiber dopant increased the mechanical properties by

Table 5 Data on phase components in C-19 and C-18 composites

Composi te	Phase name	Field of vision S, μM ²	Number of counted grains (pores), n	Grains (pores) Dmid. μM	Max. size of grain (pore) Dmax. μM (average)	Min. size of grain (pore) Dmin. μM (average)	Fkf-shape factor Dmax/Dmi n
C-19	SiC	2070	12	11	9	3	
	Al ₂ O ₃		250	1	1	1	
	SiALON		55	14	32	18	
	BN		45	0.2	0.25	0.16	
	Average		90.5	6.5	10.56	5.54	1.91
	Pores		10	3.75	4	3,5	1,15

C-18	SiC	2070	15	10	8	4	
	Al2O3		280	0.8	1	0.8	
	SiALON		50	9	33	20	
	BN		45	0.22	0.27	0.18	
	Average		97.5	6,6	10.56	6.25	1.69
	Pores		12	4.5	5	4	1.25

3 wt.% in C-18 (Table 2). The crystalline phase

is: in C-19, $100-(V_{\text{porous}} + V_{\text{glassy}}) = 100-(3.7+3) = 93.3$, while in C-18: $100-(V_{\text{porous}} + V_{\text{glassy}}) = 100-(4.8 + 1) = 94.2$.

The dependence of the micro- and macro- mechanical characteristics of the materials on the crystalline phase content in the composite was calculated according to Z.Kovziridze's [22] formula:

$$\sigma_d = \frac{P \cdot F_{kd}}{K_m K_v F_{kf}}$$

Where: P-load; K_m - middle size of crystals; K_v - volume fraction of crystals in the matrix; F_{kd} -crystals distribution factor in the matrix, which is determined by the researcher; in case of equal distribution it equals to 1, in case of unequal distribution = 0.9; F_{kf} -crystal shape factor, is taken as the ratio of the largest characteristic size of a crystal to the smallest, which allows us to characterize the shape of a given set of crystals, according to which we are able to define correlation of mechanical characteristic in the matrix from the crystal phase characteristics in our proposed formula. By inserting the data of Table 4 into the formula we get:

$$\sigma_d = \frac{2187.5 \times 0.9}{6.5 \times 94.2 \times 1.69} = \frac{1968.75}{1035} = 1.9.$$

The dependence of the macro-mechanical characteristics of the materials on the porous phase content in the composite was also determined according to Kovziridze [23] formula.

$$\begin{aligned} \sigma_{m/p} &= \frac{P}{F_p \cdot P_d \cdot P_{vol} \cdot P_m} = \\ &= \frac{2187.5}{0.9 \times 1.25 \times 4.5 \times 4.8} = \frac{2187.5}{24.3} = 90 \text{ MPa}/\mu\text{M}^2 \end{aligned}$$

Where: P-is load, MPa; F_p - shape factor of the pore; P_d - pores distribution factor in the matrix. Determination of this value and the evaluation of its significance depends on the researcher, based on the

morphological picture depending on how the pores are distributed in the material and what size they are. The value of the factor can vary from 1 to 0.8. If the pores are evenly distributed in the matrix and are about the same size, the factor is determined to be equal to 1; if the pores are unevenly distributed, the factor equals to 0.9 and if the coalescence process of pores is initiated, factor is 0.8; P_{vol} -volumetric fraction of the porous phase in the matrix; P_m - the average size of the pores.

3. Conclusion

The obtained composites have been studied and determined the phase composition of the composites; in the case of both composites the main phase, i.e. the matrix is TiC-TiB₂-B₄C- SiAlON-SiC-BN-Al₂O₃, in which the BN grains are distributed, originated in the nitrogenation process as a result of the decomposition of boron carbide by nitrogen and the replacement of carbon with nitrogen. The composites are well sintered and the crystals are bonded together with a layer of SiAlON. Material of high physical-technical characteristics is obtained. The advantage of this method is that compounds, which are newly formed thanks to interaction going on at thermal treatment: Si₃N₄, Si, AlN are active, which contributes to β -SiAlON formation at relatively low temperature, at 1300-1350⁰C. It is evident that inculcation of ALN in crystal skeleton of β -Si₃N₄ is easier since at this temperature interval crystal skeleton of Si₃N₄ is still in the process of formation. β -SiAlON was formed at 1450⁰C. Part of boron carbide was transformed into boron nitride in nitrogen environment and in titanium diboride, which in the case of both composites is in small quantities. Composite with low resistance (specific resistance approximately about 10² Ohm.M), activation energy ($E = 0.27$ eV) and the temperature coefficient of electrical resistance ($\Delta\alpha T = 0.057$ k⁻¹) with main part of β -SiAlON. Compression strength-2198 MPa, Bending strength-271 MPa, HV=1368. Thermal expansion coefficient $a_{20-700} = 3.8 \cdot 10^{-6}$ /⁰C.

Acknowledgements

We express our gratitude to Shota Rustaveli Georgian National Science Foundation. The work is done with the grant of the Foundation FR-21-1413 Grant 2022.

References

1. Osman Sahin, Orhan Uzun, Malgorzata Sopicka-Lizer, Hasan Gocmez, Ugur Kolemen. Dynamic hardness and elastic modulus calculation of porous SiAlON ceramics using depth-sensing indentation technique. *Journal of the European Ceramic Society* 28 (2008) p.1235–1242.
2. Z. Hou, F. Ye, L. Liu, - Effects of pore shape and porosity on the dielectric constant of porous β -SiAlON ceramics, *J. Eur. Ceram. Soc.* 35 (2015) 4115–4120.
3. G.J. Zhang, J.F. Yang, T. Ohji, - Fabrication of porous ceramics with unidirectionally aligned continuous pores, *J. Am. Ceram. Soc.* 84 (6) (2001) 1395–1397.
4. B. Li, K. Liu, C.R. Zhang, S.Q. Wang, - Fabrication and properties of borazine derived boron nitride bonded porous silicon aluminum oxynitride wave-transparent composite, *J. Eur. Ceram. Soc.* 34 (15) (2014) 3591–3595.
5. J.F. Yang, Y. Beppu, G.J. Zhang, T. Ohji, S. Kanzaki, - Synthesis and properties of porous single-phase β -SiAlON ceramics, *J. Am. Ceram. Soc.* 85 (7) (2002), 1879–1881.
6. C. Zhang, R. Janssen, N. Claussen, - Pressureless sintering of β -SiAlON with improved green strength by using metallic Al powder, *Mater. Lett.* 57 (2003)3352–3356.
7. S.-L. Hwang, I.-W. Chen, - Reaction hot pressing of α - and β -SiAlON ceramics, *J. Am.Ceram. Soc.* 77 (1994) 165–171.
8. F. Çalıskan, Improvement in sinterability of β -SiAlON produced from kaolin, *J. Alloy. Compd.* 602 (2014) 14–149.
9. Z.Kovziridze, N.Nijharadze, G.Tabatadze, T.Cheishvili, Z.Mestvirishvili, E.Nikoeleishvili, M.Mshvildadze, N.Darakhvelidze. Obtaining of Nanocomposites in SiC-SiAlON and Al₂O₃-SiAlON System by Alumothermal Processes. //Journal of Electronics Cooling and Thermal Control, 2014, 4, 105-115. <http://dx.doi.org/10.4236/jectc.2014.44012>
10. Bradley A. Newcomb, Han G.Chae, - Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres (Second Edition) 2018, Pages 841-871.
11. Z. Kovziridze, N. Nijharadze, G. Tabatadze, N. Darakhvelidze, Z. Mestvirishvili, -Smart Materials in the System SiAlON-SiC-Al₂O₃-TiB₂-ZrB₂, Bit's 2nd Annual World Congress of Smart materials 2016. p. 558. Singapore
12. Griffith A.A-phil, *Trans. Roy. Soc. London A.* 221.1920.1963.
13. Kovzirize Z. The Decomposition Stress Energy Formula. Georgian Ceramics Association, Journal "Ceramics and Advanced Technologies"#1 (39), 2018. pg. 11-23.
14. Z.Kovziridze. Failure Stress Energy Formula. *Journal of Electronics Cooling and Thermal Conrtol.* 2018.8.pp.31-47. [Http:// www.scirp.org/journal/jectc](Http://www.scirp.org/journal/jectc).

15. Samsonov G.V., Physico-chemical Properties of Oxides, M., Metallurgy, 1978.
16. Samsonov G.V., Properties of High-melting-point Compounds, Short Reference Book. M., Metallurgy. 1978.
17. Kovziridze Z., NiJaradze N., Tabatadze G., Cheisvili T., Daraxvelidze N., Mestvirishvili Z., Msvildadze M., Nikoleisvili E. – Obtaining SiAlONs by Nitroalumthermal Processes, Georgian Ceramics Association, Journal "Ceramics and Advanced Technologies", № 2 (32), 2014, pg. 23-31.
18. Z. Kovziridze, N. Nijharadze, G. Tabatadze, T. Cheishvili, Z. Mestvirishvili, E. NikoeiShvili, M. Mshvildadze, N. Darakhvelidze. - Obtaining of Nanocomposites in SiC-SiAlON and Al₂O₃-SiAlON System by Alumothermal Processes. Journal of Electronics Cooling and Thermal Control, 2014, 4, pg. 105-115. <http://dx.doi.org/10.4236/jectc.2014.44012>
19. Enquan He, Jianshe Yue, Lei Fan, Chao Wang and Hongjie Wang, - Synthesis of single phase β-SiAlON ceramics by reaction-bonded sintering using Si and Al₂O₃ as raw materials. doi:[10.1016/j. scriptamat. 2011.03.040](http://dx.doi.org/10.1016/j.scriptamat.2011.03.040).
20. Peng Jiang, Xiao fang Wu, Wendong Xue, Junhong Chen, Wei Wang, Yong Li; - In-situ synthesis and reaction mechanism of β-SiAlON in the Al-Si₃N₄-Al₂O₃ compositematerial /[http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint. 2016.10.088](http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.10.088).
21. Xing Deng, Xiangcheng Li, Boquan Zhu, Pingan Chen; - In-situ synthesis mechanism of plate-shaped β-Sialon and its effect on Al₂O₃-C refractory properties <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.07.071>
22. Z. Kovziridze. - The Formula of Dependence of Mechanical Characteristics of Materials on Crystalline Phase Composition in the Matrix. Advances in Materials Physics and Chemistry Vol.10 No.8, August 2020. ISSN: 2331-1959. DOI: [10.4236/ampc.2020.108013](http://dx.doi.org/10.4236/ampc.2020.108013).
23. Z. Kovziridze. - Macro-Mechanical Properties Porous Phase Dependence Formula. Journal of the Georgian Ceramists Association. Ceramics and Advanced Technologies. Vol. 20 1(39). 2018. Pp.28-34.

UDC 666.762.93

მრავალფუნქციური ნანოკომპოზიტები B₄C-TiC-SiC-BN- Al₂O₃ -SiAlON-C- ბოჭკოს

სისტემაში საჯავშნე ფილების, ტურბინების დისკებისა და ფრთების,

მაღალტემპერატურული და ცვეთამედეგი კვანძებისათვის

ც. დანელია, ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, გ. ტაბატაძე, თ. ჭეიშვილი, ნ. დარახველიძე, მ. ბალახაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების ტექნოლოგიის ინსტიტუტი, ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების მასალათმცოდნეობის ცენტრი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69

რეზიუმე: მიზანი - პირველ ეტაპზე სამუშაოს მიზანია β - სიალონის შემცველი ნანოკომპოზიტების მიღება რეაქციული შეცხოების მეთოდით 1400°C -ზე აზოტირების პროცესით შემადგენლობიდან $\text{TiC-BN-SiC-b}_4\text{c-Si-Al-Al}_2\text{O}_3$ - ნახშირბადის ბოჭკოს სისტემაში. სინთეზის ამ მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელი გახდა β - სიალონის სხვადასხვა პროცენტის მქონე ნანოკომპოზიტების მიღება. ჩვენი ამოცანა იყო მიღებული კონსოლიდირებული მასალების ფაზური შემადგენლობის შესწავლა $\text{TiC-TiB}_2\text{-BN-SiC-B}_4\text{C-}\beta\text{-SiAlON-Al}_2\text{O}_3$ (ნახშირბადის ბოჭკო-400ნმ.) სისტემაში.

მეთოდი. მიღებული მასა დაიფქვა ატრიტორში და მოხდა კონსოლიდირებული კომპოზიტის მიღება ცხელი დაწნეხვით 1620°C -ის დროს 40 წუთი, მინის პერლიტი (სომხეთი)დოპანტი- 2 მას. %, დაყოვნების საბოლოო ტემპერატურა 8 წთ, 30 MPa წნევის და 10^{-3} Pa ვაკუუმის პირობებში. პერლიტი არაგაციდან შეიცავდა 96 მას. % მინას.

კომპოზიტების ფაზური შემადგენლობის შესასწავლად ჩავატარეთ რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი DPOH-3 მოწყობილობაზე. მიკროსტრუქტურის შესასწავლად, ჩვენ ჩავატარეთ კვლევა ოპტიკური მიკროსკოპით -AC100 და რასტრული ელექტრონული მიკროსკოპით "Nanolab 7" კომპანია "OPTON". შესწავლილი კომპოზიტების ელექტრული პარამეტრების მნიშვნელობები გამოითვალა მიღებული "Igp-t" დამოკიდებულების საფუძველზე. ჩვენ შევისწავლეთ მექანიკური თვისებები.

შედეგი. $\text{TiC-TiB}_2\text{-BN-SiC-B}_4\text{C-}\beta\text{-SiAlON-Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ ნახშირბადის ბოჭკოვან სისტემაში მივიღეთ მაღალი მექანიკური თვისებების მქონე ნანოკომპოზიტები. ამ მეთოდის უპირატესობა ის არის, რომ ნაერთები, რომლებიც ახლად წარმოიქმნება თერმული დამუშავებისას ურთიერთქმედების შედეგად: Si_3N_4 , Si, AlN აქტიურია, რაც ხელს უწყობს β -სიალონის ფორმირებას შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე, $1300\text{-}1350^{\circ}\text{C}$ -ზე. აშკარაა, რომ AlN-ის დანერგვა $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ -ის მესერში უფრო ადვილია, რადგან ამ ტემპერატურის ინტერვალში Si_3N_4 -ის მესერი ჯერ კიდევ ფორმირების პროცესშია. β -სიალონი წარმოიქმნა 1450°C -ზე. ბორის კარბიდის ნაწილი გარდაიქმნა ბორის ნიტრიდად აზოტის

გარემოში და ტიტანის დიბორიდში, რომელიც ორივე კომპოზიტის შემთხვევაში მცირე რაოდენობითაა.

დასკვნა. მიღებული კომპოზიტის ფაზური შემადგენლობა უზრუნველყოფს ამ ნანოკომპოზიტების მაღალ ფიზიკურ-ტექნიკურ და საექსპლოატაციო თვისებებს. სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას -2198 MPa, ღუნვისას 271 MPa, თერმული გაფართოების კოეფიციენტი $\alpha_{20-700} = 3.8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

საკვანძო სიტყვები: ნანოკომპოზიტი; ცხელი დაწნეხვა; ელექტრონული მიკროსკოპი; ფაზური შემადგენლობა; B₄C-BN-TiC-TiB₂-SiC-β-SIALON-Al₂O₃ ნანო-ფხვნილის სისტემა.

УДК 631.4+504.05

**К ВОПРОСУ О БИОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОТХОДАМИ
БУРОГО УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЛЕНГЕРСКОЕ НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА**

**Акмарал Исаева^{1,1а}, Эльжбета Вилк-Возняк², Вальдемар Спыхальский³, Богуслава
Леска⁴, Радослав Панкевич⁵, Войцех Антковияк⁶, Асель Тлеукеева⁷, Акмарал Алихан⁸**

- 1 Доктор биологических наук, профессор, директор Института экологии и биотехнологии, Шымкентский университет, проспект Жибек жолы, 161, 160000, Шымкент, Казахстан, akmaral.issayeva@bk.ru
- 1а Стажер, Институт охраны природы Польской академии наук, Польша, ал. Адама Мицкевича, 33, 31-120 Краков; химический факультет, Университет Адама Мицкевича, Польша, ул. Университет Познаньского университета, 8, 61-614 Познань
- 2 Доктор Хаб, директор Института охраны природы Польской академии наук, Польша, Алабама. Адам Мицкевич, 33, 31-120 Краков, wilk@iop.krakow.pl
- 3 Доктор Хаб, профессор, Заведующий кафедрой почвоведения и микробиологии, факультет сельского хозяйства, садоводства и биотехнологии, Познаньский университет естественных наук, ул. Войска Польского, 28, 60-637 Познань, waldemar.spsychalski@up.poznan.pl
- 4 Доктор хаб, профессор, Заведующая кафедрой химии окружающей среды, Университет Адама Мицкевича в Познани, st. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, bogunial@amu.edu.pl
- 5 Доктор хаб, профессор, кафедра химии окружающей среды, Университет Адама Мицкевича в Познани, st.Uniwersytetu Poznanskiiego 8, 61-614 Poznan, Poland; e-mail: radpan@amu.edu.pl
- 6 Доктор Хаб, профессор, Биологический факультет, Познаньский университет естественных наук, Познань, Польша, wojpyr3366@gmail.com
- 7 PhD, М. Ауэзов Южно-Казахстанский университет, г.Шымкент, Казахстан, пр.Тауке хана, 5, aseltleukeyeva@mail.ru
- 8 Докторант, М. Ауэзов Южно-Казахстанский университет, пр.Тауке хана, 5, г.Шымкент, Казахстан, akmaral_ka@mail.ru

Рецензент: Владимир Цицишвили – академик Академии Наук Грузию Грузия, Тбилиси

ლენჯერსკოს საბადოს ლენჯერსკოს საბადოს ნარჩენებით დაბინძურებული ნიადაგების
ბიოკულტიმაციის საკითხზე ყაზახეთის სამხრეთ ნაწილში
აკმარალ ისაევა^{1,1a}, ელზბიეტა ვილკ-ვოზნიაკი², ვალდემარ სპიჩალსკი³, ვოიცებ
ანტკოვიაკი⁴, სლავა ბოხუა ლესკა⁵, რადოსლავ პანკევიჩი⁶, ასელ ტლეუკეევა⁷,
ჟანარ რისბაევა⁸

- ¹ ScD, პროფესორი, ეკოლოგიისა და ბიოტექნოლოგიის ინსტიტუტის დირექტორი, შიმკენტის უნივერსიტეტი, ჟიბეკ ჟოლის გამზირი, 161, 160000, შიმკენტი, ყაზახეთი, akmaral.issayeva@bk.ru
- ^{1a} სტაჟირი, ბუნების დაცვის ინსტიტუტი, პოლონეთის მეცნიერებათა აკადემია, პოლონეთი, ალ. ადამ მიცკევიცა, 33, 31-120 კრაკოვი; პოლონეთის ადამ მიცკევიჩის უნივერსიტეტის ქიმიის კათედრა ქ. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań
- ² დოქტორი ჰაბ, პროფესორი, პოლონეთის მეცნიერებათა აკადემიის ბუნების დაცვის ინსტიტუტის დირექტორი, პოლონეთი, ალ. ადამ მიცკევიცა, 33, 31-120 კრაკოვი, wilk@iop.krakow.pl
- ³ დოქტორი ჰაბ, ნიადაგის მეცნიერებისა და მიკრობიოლოგიის დეპარტამენტის პროფესორი, სოფლის მეურნეობის, მებაღეობისა და ბიოტექნოლოგიის ფაკულტეტი, პოზნანის სიცოცხლის მეცნიერებათა უნივერსიტეტი, Wojska Polskiego 28 Street, 60-637 Poznań, waldemar.spychalski@up.poznan.pl
- ⁴ დოქტორი ჰაბ, ბიოლოგიის დეპარტამენტი, პოზნანის სიცოცხლის მეცნიერებათა უნივერსიტეტი, პოზნანი, პოლონეთი, wojpyr3366@gmail.com
- ⁵ დოქტორი ჰაბ, პროფესორი, ადამ მიცკევიჩის უნივერსიტეტის ქიმიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი, პოლონეთი, ქ. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, bogunial@amu.edu.pl
- ⁶ დოქტორი ჰაბ, პროფესორი, ქიმიის დეპარტამენტი, ადამ მიცკევიჩის უნივერსიტეტი პოზნანი, Uniwersytetu Poznanskiego 8, 61-614 Poznan, პოლონეთი; ელფოსტა: radpan@amu.edu.pl
- ⁷ დოქტორი, აუეზოვის სამხრეთ ყაზახეთის უნივერსიტეტი, ბიოტექნოლოგიის დეპარტამენტი, ტაუკე ხანის გამზირი 5, 160012, შიმკენტი, ყაზახეთი, aseltleukeeva@mail.ru
- ⁸ აუეზოვის სამხრეთ ყაზახეთის უნივერსიტეტი, ბიოტექნოლოგიის დეპარტამენტი, ტაუკე ხანის გამზირი 5, 160012, შიმკენტი, ყაზახეთი, akmaral_ka@mail.ru

რეცენზენტი: ვლადიმერ ციციშვილი - საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი.
საქართველო, თბილისი.

**ON THE ISSUE OF BIORECULTIMATION OF SOILS CONTAMINATED WITH
WASTE OF LUNGE COAL OF THE LENGERSKOE DEPOSIT IN THE SOUTHERN OF
KAZAKHSTAN**

**Akmaral Issayeva^{1, 1a}, Elżbieta Wilk-Woźniak², Waldemar Spychalski³, Wojciech
Antkowiak⁴, Bogusława Łeska⁵, Radosław Pankiewicz⁶, Assel Tleukeyeva⁷, Akmaral
Alikhan⁸**

- ¹ ScD, Professor, Director of Ecology and Biotechnology Institute, Shymkent University, Zhibek zholy avenue, 161, 160000, Shymkent, Kazakhstan, akmaral.issayeva@bk.ru
- ^{1a} Trainee, Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Science, Poland, al. Adam Mickiewicza, 33, 31-120 Krakow; Department of Chemistry, Adam Mickiewicz University, Poland, st. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań
- ² Dr hab, Professor, Director of Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Science, Poland, al. Adam Mickiewicza, 33, 31-120 Krakow, wilk@iop.krakow.pl
- ³ Dr hab, Professor, Department of Soil Science and Microbiology, Faculty of Agriculture, Horticulture and Biotechnology, Poznań University of Life Sciences, Wojska Polskiego 28 Street, 60-637 Poznań, waldemar.spychalski@up.poznan.pl
- ⁴ Dr hab, Professor, Head of Department of Chemistry, Adam Mickiewicz University, Poland, st. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań, bogunial@amu.edu.pl
- ⁵ Dr hab, Professor, Department of Chemistry, Adam Mickiewicz University in Poznan, Uniwersytetu Poznanskiego 8, 61-614 Poznan, Poland; e-mail: radpan@amu.edu.pl
- ⁶ Dr hab, Department of Biology, Poznan University of Life Sciences, Poznan, Poland, wojpyr3366@gmail.com
- ⁷ PhD, M. Auezov South Kazakhstan University, Department of Biotechnology, Tauke Khan Avenue 5, 160012, Shymkent, Kazakhstan, aseltleukeeva@mail.ru
- ⁸ Doctorate, M. Auezov South Kazakhstan University, Department of Biotechnology, Tauke Khan Avenue 5, 160012, Shymkent, Kazakhstan, akmaral_ka@mail.ru

Reviewer: Vladimir Tsitsishvili - academician of the Georgian Academy of Sciences. Georgia Tbilisi.

ანოტაცია

ნარჩენების ერთ-ერთი სახეობა, რომელიც საფრთხეს უქმნის გარემოს ყაზახეთის სამხრეთით, არის ყავისფერი ნახშირის ნარჩენები ლენგერსკოეს საბადოდან. ამ კვლევის მიზანი იყო ლენგერის საბადოდან ყავისფერი ნახშირის ნარჩენებით დაბინძურებული ნიადაგების ბიორემედიაციის შესაძლებლობის შესწავლა. აღმოჩნდა, რომ ლიგნიტის

ნარჩენების არაორგანული ნაწილი წარმოდგენილია მინერალებით: კვარცი SiO_2 , თაბაშირი $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, კაოლინიტი $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, კრონშტედიტი- $\text{Fe}_3((\text{Si}_{0.74}\text{Fe}_{0.26})_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, მარგარიტი- $\text{CaAl}_2(\text{Si}_2\text{Al}_2)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, Muscovite $(\text{OH})_2\text{KA}_4\text{Si}_3$, კალციტი CaCO_3 , ლაუმონიტი $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{H}_2\text{O})_2$, ტყვიის ალუმინის სულფატის ჰიდროქსიდი $\text{Pb}_{0.5}\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, კვარცის შემცველობით ნიმუშებში 61.5 - 92.9% დიაპაზონში. ნარჩენების ორგანული ნაწილი შედგება 90.0% ჰუმუსური და ფულვიკის მჟავებისგან. დადგენილია, რომ ნარჩენების მიკროფლორა წარმოდგენილია ჰეტეროტროფული ცელულოლიზური მიკროორგანიზმებით და მიკრომიცეტებით, სადაც დომინირებს როდოკოკი, ბაცილი, ფსევდომონასი, პენიცილიუმი; ტრიქოდერმია, დიეტია. ქვანახშირის ნარჩენების ნაგავსაყრელის ფიტოცენოზი შედგება ადგილობრივი ფლორის ტოქსიკურ-ტოლერანტული რუდერალური მცენარეებისგან. ყავისფერი ნახშირის ნარჩენებით დაზინძურებული ნიადაგების ბიორემედიაციისთვის შემუშავებულია სამუშაო ალგორითმი, რომელიც მოიცავს ნიადაგის ბლოკების გამოყენებას მიკროორგანიზმებით ინოკულირებული ტოქსიკური ტოლერანტული მცენარეების ინტეგრირებული თესლით.

ABSTRACT

One of the types of waste that poses a threat to the environment in the south of Kazakhstan is brown coal waste from the Lengerskoye deposit. The purpose of this study was to study the possibility of bioremediation of soils contaminated with brown coal waste from the Lenger deposit. It was found that the inorganic part of lignite waste is represented by minerals: Quartz SiO_2 , Gypsum $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, Kaolinite $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Cronstedtite- $\text{Fe}_3((\text{Si}_{0.74}\text{Fe}_{0.26})_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, Margarite- $\text{CaAl}_2(\text{Si}_2\text{Al}_2)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, Muscovite $\text{H}_2\text{KA}_3(\text{SiO}_4)_3$, Calcite CaCO_3 , Laumontite $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{H}_2\text{O})_2$, Lead Aluminium Sulfate Hydroxide $\text{Pb}_{0.5}\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, with quartz content in samples in the range of 61.5 - 92.9%. The organic part of the waste consists of 90.0% humic and fulvic acids. It has been established that the microflora of waste represented by heterotrophic cellulolytic microorganisms and micromycetes, dominated by *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Penicillium*; *Trichoderma*, *Dietia*. The phytocenosis of coal waste dumps is composed of toxic-tolerant ruderal plant species of the local flora. For the bioremediation of soils contaminated with brown coal waste, a work algorithm has been developed that includes the use of soil blocks with integrated seeds of toxic-tolerant plants inoculated with microorganisms.

1 Введение

Бурый уголь, как и его отходы, являются дешевыми и легкодоступными источниками энергии для электроэнергетики (Većirović et al., 2015). Но из-за выбросов загрязняющих веществ в результате метеорологических процессов и явлений угольные отвалы являются источниками загрязнения подземных водоносных горизонтов и поверхностных водных объектов (Eremeeva et al., 2023). В современной практике развития угледобывающих стран особое внимание уделяется разработке новых технологий восстановления нарушенных экосистем, в т.ч. с применением отходов добычи угля (Symanowicz et al., 2023). Установлено, что кислотно-гидролизный процесс разложения торфа, сапропеля и бурых углей может имитировать природные процессы их модификации под воздействием биотических и абиотических факторов (Anemana et al., 2019, Amoah-Antwi et al., 2020).

Установлено, что влияние буроугольных отходов на биохимические качества почвы усиливается в сочетании с различными группами почвенных микроорганизмов. Ряд микроорганизмов (Akimbekov et al., 2020) способен выделять гуминовые органические вещества путем биотрансформации угля. Известно, что микромицеты родов *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Epicoccum*, *Metarhizium* способны трансформировать углеводороды бурого угля (Pokorný et al., 2005). Чрезвычайно важен поиск путей рекультивации почв, загрязненных отходами бурого угля, которые являются источником загрязнения окружающей среды.

Целью данного исследования было изучение возможности биорекультивации почв на участках складирования отходов бурого угля, расположенных на территории юга Казахстана.

2 Основная часть

2.1 Материалы и методы исследования

Объектами исследования были отходы бурого угля, расположенные на территории города Ленгер на юге Казахстана. Из-за разрастания города некоторые места складирования отходов вошли в черту города или находятся в непосредственной близости с жилыми массивами (рисунок 1). Площадки хранения отходов бурого угля представляют собой возвышенности высотой от 15,0 до 50,0 м, черного или темно-серого цвета. Визуально отходы были разделены на две группы: А – плотные черные отходы, визуально похожие на уголь, пластинчатые, с характерным блеском; Б – сероватые, пористые, средней плотности отходы, на глубине 5-10 см и глубже похожие на шлаки.

Отбор проб осуществлялся согласно требованиям ГОСТ 33770-2016 из зоны хранения отходов и на определенных расстояниях от нее.

Для рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) использовался спектрометр Shimadzu IRPrestige (Longoni 2006). Дифрактометрический анализ кристаллической части образцов проводился на аппарате D8 Advance (Bruker). Полученные данные дифрактограммы расшифровывали с помощью программного обеспечения EVA. Значения образцов и фаз определялись программой Search/match с использованием базы данных PDF-2.



Рисунок 1. Расположение мест складирования отходов бурогота угля А и В возле г.Ленгер (отходы А: 42011'23" N, 69052'06"E, Google Earth), (отходы В: 42012'11" N, 69052'06"E, GoogleEarth)

Выделение микроорганизмов осуществляли на следующих питательных средах: целлюлозолитические бактерии – на среде Гетчинсона; гетеротрофные бактерии на среде МПА; микромицеты на среде Чапека. Идентификацию бактерий до вида проводили с помощью детерминантов (Bergey, 2001). Микроскопию микробиологических препаратов проводили с помощью микроскопов «Микмед-5» (Россия), «Тайда» (Япония) при увеличении $\times 40$, $\times 600$, $\times 1000$, электронного сканирующего микроскопа при увеличениях до $\times 3300$ раз.

Таксономический анализ флоры проводился с использованием определителя растений «Флора Казахстана» (в 6 т, 1969). Оценка обилия растительности на изучаемых территориях определялась по следующим критериям: 4- обильно, 3-много, 2 – редко, 1 – единично.

Статистическую обработку полученных данных исследования проводили для определения среднего арифметического значения со стандартными отклонениями. Для

графических данных полученные результаты обрабатывали с помощью компьютерной прикладной программы Excel.

2.2 Результаты и обсуждение

Установлено, что неорганическая часть углеродсодержащих отходов представлена различными минералами на основе кремния, кальция, магния и др. По результатам рентгенофазового анализа установлено, что буроугольные отходы Ленгерского месторождения состоит из таких минералов, как гипс, каолинит, кварц и иллит. Выявлено, что содержание угля в отходах угледобычи составляет $15,2 \pm 1,5\%$.

Дифрактометрический анализ показал, что минералогический состав буроугольных отходов представлен такими минералами, как Каолинит- $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Кронстедтит - $\text{Fe}_3((\text{Si}_{10.74} \text{Fe}_{0.26})_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, Маргарит - $\text{CaAl}_2(\text{Si}_2\text{Al}_2)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, Мусковит $\text{H}_2\text{KAl}_3(\text{SiO}_4)_3$, Кальцит CaCO_3 , Ломонтит $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{H}_2\text{O})_2$, Гидроксид сульфата алюминия-свинца $\text{Pb}_{0.5}\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$. Минералогический состав отходов варьирует в зависимости от места отбора проб, так содержание преобладающего минерала кварца колеблется от 61,5 до 92,9 % (рисунок 2).

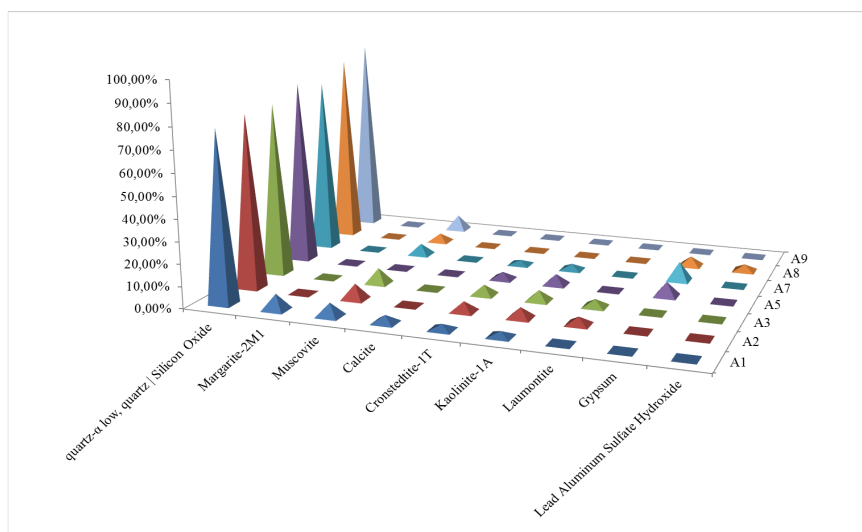


Рисунок 2. Минералогический состав отходов А, отобранных из различных участков отвалов

Угли содержат большое количество органических соединений, в том числе до 90% гуминовых и фульвокислот, которые также были обнаружены в составе использованных в исследованиях отходов бурых углей. Они содержат множество различных функциональных химических групп, которые способствуют физической модификации и улучшению качества почвы, а также стимуляции роста растений.

Микробиологические исследования показывают наличие в углеродсодержащих отходах гетеротрофной, целлюлозолитической микрофлоры и микромицетов. При этом титр микроорганизмов колеблется в пределах 10^1 - 10^2 КОЕ/г в верхнем горизонте, с увеличением глубины отбора проб до 20 и 30 см титр микроорганизмов увеличивается до 10^3 - 10^4 КОЕ/г. В горизонте 30-40 см титр микроорганизмов постепенно снижается до 10^2 КОЕ/г. Это можно объяснить благоприятными условиями жизнедеятельности микроорганизмов в горизонтах 10-20 и 20-30 см: более длительные периоды влажности, газовой режим, стабильный температурный режим. Лимитирующими факторами роста микроорганизмов в горизонте 0-10 см являются ультрафиолетовая инсоляция и быстрое высыхание поверхности, в горизонте 30-40 см – анаэробные условия и недостаток влажности. Таксономический анализ показал, что доминирующие группы микроорганизмов бурого угля представлены *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Penicillium*; *Trichoderma*, *Dietia*.

Отходы бурого угля могут быть использованы в качестве сырья для производства органо-минеральных удобрений, а производные бурого угля способны образовывать металлоорганические лиганды с ионами тяжелых металлов (Wang et al., 2009). Биоремедиация имеет ряд преимуществ, что позволяет рассматривать ее как эффективный метод борьбы с различными загрязнителями, а также восстановления почвенного микробиоценоза.

Выбор метода биоремедиации и используемых биоремедиаторов зависит от особенностей загрязнения окружающей среды: количественных и качественных параметров загрязнителя, истории загрязнения, типа почвы, погодных-климатических условий и т. д. В методах рекультивации мест складирования отходов бурого угля сама порода отвала, содержащая все минеральные соли, необходимые для жизнедеятельности микроорганизмов, является хорошим субстратом для микробиоценоза. Аналогичные исследования проводились при фитоконсервации поверхности отвалов токсичных отходов, золоотвалов и хвостохранилищ горно-металлургических предприятий (Исаева et al., 2023), где для формирования плодородного слоя на поверхности токсичных и пылящих отходов необходимо было сформировать почвенный слой с семенами токсикотолерантных видов рудеральной травянистой флоры. Виды растений, используемые для фитоконсервации, являются многолетними, что исключает необходимость поддержания их жизнедеятельности в последующие годы. Результаты исследований показали, что устойчивый покров с образованием дернины формируется в течение 2-3 лет. При этом выявлено увеличение разнообразия почвенной микрофлоры в сформированном почвенном слое.

В результате флористического обследования территории вокруг хранилища бурого угля отходов выявлены перспективные для фитоконсервации поверхности отходов виды растений. Установлено, что в зависимости от уровня трансформации бурого угля

отходов формируются локальные фитоценозы с различной видовой структурой растений. формируются. Алгоритм биорекультивационных работ на складе бурого угля предусматривает подготовку почвенных комков или блоков, состоящих из почвы, вспученного вермикулита, биогенных элементов (NPK), микроорганизмов и семян токсикотолерантных растений. После нанесения данных блоков на поверхность отвалов, необходимо увлажнение, вследствие чего семена растений прорастают, образуют растительный покров, где вместе с инокулированными микроорганизмами будут участвовать в процессе биорекультивации загрязненных почв.

Заключение

Загрязнение окружающей среды промышленными отходами от добычи бурого угля, является одной из экологических проблем юга Казахстана. Для улучшения экологической ситуации в регионе необходима рекультивация почв, загрязненных отходами бурого угля. Целью исследования было изучение возможности биорекультивации почв, загрязненных отходами бурого угля Ленгерского месторождения. Был установлен состав неорганической и органической частей отходов, который варьировал в зависимости от места отбора проб, с доминированием кварцевой составляющей и наличием гуминовых и фульвокислот. Установлен состав микрофлоры отходов с установлением закономерностей распространения микроорганизмов в толще отходов и выявлением доминантных видов. Определен состав фитоценоза различных участков мест складирования отходов бурого угля, сложенный токсикотолерантными рудеральными видами растений местной флоры. Для биорекультивации почв, загрязненных отходами бурого угля, разработан алгоритм работы, включающий использование почвенных блоков с интегрированными семенами токсикотолерантных растений, инокулированных микроорганизмами.

Данное исследование проведено по гранту Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан АП14869410 «Технология производства органических удобрений на основе утилизации фосфорсодержащих и углеродсодержащих отходов для повышения урожайности овощных культур в Туркестанской области» (2022-2024 гг.) и в рамках государственной программы «Болашақ -500 ученых»(2024).

Литература

1. Akimbekov, N., Digel, I., Qiao, X., Tastambek, K., Zhubanova, A. (2020). Lignite biosolubilization by *Bacillus* sp. RKB 2 and characterization of its products. *Geomicrobiology Journal*, 37(3), 255-261.

2. Amoah-Antwi, C., Kwiatkowska-Malina, J., Thornton, S., Fenton, O., Malina, G., Szara, E. (2020). Restoration of soil quality using biochar and brown coal waste: A review. *Science of The Total Environment*. 722. 137852. [10.1016/j.scitotenv.2020.137852](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137852).
3. Anemana, T., Óvári, M., Szegedi, A., Uzinger, N., Rékási, M., Tatár, E., Yao, J., Strelí, C., Záray, G., Mihucz, V.G., 2019. Optimization of lignite particle size for stabilization of trivalent chromium in soils. *Soil Sedi. Contam.* <https://doi.org/10.1080/15320383.2019.1703100>.
4. Bećirović, S., Skenderovic I., Bećir K. (2015). Environmental pollution and waste management. *Balkan Journal of Health Science*. 03. 2-10.
5. Eremeeva NA, Savoskina OA, Poddymkina LM, Abdulmazhidov KA and Gamidov AG (2023) Analysis of anthropogenic impact on the environment, measures to reduce it, and waste management. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 11:1114422. doi: 10.3389/fbioe.2023.1114422
6. Issayeva A. U., Bishimbayev V.K., Mukhamedzhanov B.G., Myrhalykov Zh. U., Uspabayeva A.A., Tleukeeva A.E. Method of phytoconservation of toxic waste, waste dumps and tailings of the mining and metallurgical complex. *Eurasian Patent* 201500895 (13) A1, 2015.01.29 (in Russian)
7. Issayeva, A., Mametova A., Baidussenova T., Kossauova A., Zhumakhanova R., Zhumadulayeva, A., Ashirbayeva, S., Patasheva A. The effect of Oil Pollution of the Gray soils on revegetation in the South of Kazakhstan. *Journal of Ecological Engineering*, (2023). 24(1), 28-33. <https://doi.org/10.12911/22998993/155997>
8. Pokorný, R.; Olejníková, P.; Balog, M.; Zifčák, P.; Hölker, U.; Janssen, M.; Bend, J.; Höfer, M.; Holienčin, R.; Hudecová, D.; et al. Characterization of microorganisms isolated from lignite excavated from the Záhorie coal mine (southwestern Slovakia). *Research in Microbiology*. Volume 156, Issue 9, November 2005, Pages 932-943
9. Symanowicz, B.; Toczko, R. Brown Coal Waste in Agriculture and Environmental Protection: A Review. *Sustainability* 2023, 15, 13371. <https://doi.org/10.3390/su151813371>
10. Wang YJ, Chen JH, Cui YX, Wang SQ, Zhou DM. Effects of low-molecular-weight organic acids on Cu(II) adsorption onto hydroxyapatite nanoparticles. *J Hazard Mater.* 2009 Mar 15;162(2-3):1135-40. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.06.001. Epub 2008 Jun 7. PMID: 18614282.

გაცვეთილი სახნისების აღდგენა ახალი დანაფარიანი ელექტროდით

ზურაბ მირიჯანაშვილი - E-mail: mirijanashvilizura@gmail.com , ტექნიკის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი; მობ: +(995 32) 599 55 11 ორგანიზაცია: სსიპ - ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი, 0186 ე.მინდელის #8 ბ, თბილისი, საქართველო. 16.

გურამ დადიანიძე - ტექნიკის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი; მობ: +(995 32) 593 78 09 ლაბორანტი; მეტალურგიის მასალათმცოდნეობის და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი; საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; საქართველო, თბილისი. მ. კოსტავას 69.

მალხაზ ხუციშვილი - E-mail: m_khutsishvili@yahoo.com ; ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი; პროფესორი; მობ: +(995 32) 593938890; მეტალურგიის მასალათმცოდნეობის და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი; საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; საქართველო, თბილისი.

ბესიკ სარალიძე - E-mail: Saralidzebeso.85@gmail.com ; ტექნიკის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი; +(995 32) 568223567 ლაბორანტი; მეტალურგიის მასალათმცოდნეობის და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი; საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; საქართველო, თბილისი.

თენგიზ ფურცხვანიძე - E-mail: Purtskvanidze10@gmail.com; ტექნიკის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი; მობ: +(995 32) 558 53 11 20; ორგანიზაცია: სსიპ - ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი, 0186 ე.მინდელის #8 ბ, თბილისი, საქართველო. 16

რეცენზენტები

ზურაბ გელიაშვილი, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი, ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი
E-mail: z.geliashvili@gtu.ge 599-31-64-68

ზურაბ საბაშვილი - ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი, ასოცირებული პროფესორი. „მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების“ დეპარტამენტის უფროსი. პ/ნ 01005009357. მისამართი: დიდი დილომი, გიორგი ბრწყინვალის 46, ბ. 903 ელ. მისამართი ; z_sabashvili@gtu.ge

ანოტაცია

კვლევის მიზანი იყო გაცვეთილი უკრაინული და ფრანგული სახნისების აღდგენა. აღდგენისათვის შემუშავდა ახალი ელექტროდის დანაფარის შემადგენლობა - გრაფიტის, ქრომის, ბორის, ტიტანის კარბიდების გამოყენებით. ჩატარდა მეტალოგრაფიული კვლევა, გაიზომა მიკრო და მაკრო სისაღებები. ჩატარებულმა ანალიზებმა გვიჩვენა, რომ მიღებულ მეორე ფენაში მოხდა გარკვეული ელემენტების მკვეთრი ზრდა. მაგალითად ნახშირბადის $C = 3,138-3,613\%$ -მდე, ქრომის $Cr = 3,899-4,792\%$. დადუღებულ ფენებში გამოჩნდა ბორი, რაც იწვევს შემდგომში მიკრო და მაკრო სისაღებების გაზრდას. ტრიბოლოგიურმა კვლევებმა გვიჩვენა ცვეთამედეგობის ზრდა.

საკვანძო სიტყვები - სახნისების აღდგენა, დანაფარიანი ელექტროდები, ცვეთამედეგი დანაფარები.

შესავალი

გუთნის ექსლოატაციის შედეგად ხდება სახნისის მჭელი ნაწიბურის დაბლაგვება, რაც აუარესებს გუთნის მიწაში ჩაშვებას და ცუდად იჭერს პოზიციას [1].

მანქანებისა და მექანიზმების დეტალების მუშა ზედაპირების მუშაობის ხანგრძლიობა იწვევს მოხახუნე ზედაპირების ცვეთას, რა დროსაც ხდება ზედაპირების გეომეტრიული ზომებისა და ფორმის შეცვლა [3,4].

დღეისათვის თანამედროვე ტექნიკის განვითარება საშუალებას იძლევა სხვადასხვა მეთოდებით აღვადგინოთ და განვამტკიცოთ მათი ზედაპირები, რაც საგრძნობლად გაზრდის მოხახუნე ზედაპირების მუშაობის ხანგრძლიობას.

ძირითადი ნაწილი

გაცვეთილი დეტალების გეომეტრიული ზომების, ფორმის აღდგენისა და განმტკიცებისათვის საჭიროა დადულებით რამოდენიმე ფენის (მაღალი სისალისა და სიმტკიცის) დადება. ყოველი შემდგომი დადებული ფენის დადულებისას ხდება წინამდებარე შრის გადახურება, სტრუქტურული ცვლილება და იზრდება განმტკიცებული ფენის მოცულობა და ცვეთამდეგობის ზრდა.

ცვეთამდეგობა არის მასალის, მანქანათა ნაწილების და სხვა მოხახუნე ნაკეთობების წინალობა გაცვეთისადმი.

ცვეთამდეგობა ფასდება დეტალების მასალის ექსპლოატაციით ან სტენდზე გამოცდის დროს მისი მუშაობის ხანგრძლიობით, დეტალების მასალის ცვეთით წინასწარ მოცემულ ან ზღვრულ სიდიდემდე.

ცვეთამდეგობის გაზრდა შეიძლება ნაკეთობის, კონსტრუქციის მაღალი ცვეთამდეგი მასალის დადულებით, ხახუნის შემცირებით, აბრაზიული ზემოქმედებისაგან დაცვით და სხვ.

დღეისათვის სოფლის მეურნეობაში აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს გაცვეთილი სახნისების გეომეტრიული ზომების აღდგენა და მჭრელი ზედაპირების განმტკიცება ცვეთამდეგი მასალით დადულების საშუალებით.

სახნისებში ცვეთამდეგობის გაზრდა შესაძლებელია შემდეგი მეთოდებით: აირალოვანი დაფრქვევით, პლაზმური დადულებით, ნახევარავტომატური და ავტომატური დადულებით, ლაზერული მეთოდით ელექტრორკალური მეთოდით და სხვ. აქედან ყველაზე მეტად ეკონომიურია ელექტრორკალური დადულება.

გაცვეთილი სახნისების ელექტრორკალური მეთოდით დადულებით აღდგენისას დადგენილი იქნა სხვადასხვა ქვეყნის მიერ დამზადებული სახნისების ქიმიური შემადგენლობები.

კონკრეტულად შესწავლილი იქნა: უკრაინული და ფრანგული სახნისების ქიმიური შემადგენლობები მასში შემავალ-ელემენტების % შემცველობით.

უკრაინული სახნისი (იხ. სურ. 1) ნახშირბადის შემცველობის მიხედვით მიეკუთვნება მაღალნახშირბადიან ფოლადთაჯგუფს C-0,472%; Si-0,265%; Mn-0,631% ლეგირებულს მანგანუმით, დანარჩენი ელემენტები მეთასედ და მეათასედ %-შია.

უკრაინული სახნისის გაბარიტული ზომებია სიგრძე L – 540 მმ, სიგანე B = 110 მმ. აქვს სამი კვადრატული ნახვრეტი 20 × 20 მმ. სახნისზე გაჯეთებულია აღნიშვნები 170 8 A ДЗЕМ, შეღებილია ლურჯ ფერად. იწონის 3,555 კგ. სახნისის აწონვა განხორციელდა ელექტრონულ სასწორზე AC- ტიპის.



სურ. 1 უკრაინული სახნისი

ფრანგული სახნისი (იხ. სურ. 2) ნახშირბადის შემცველობის მიხედვით მიეკუთვნება მაღალ ნახშირბადიან ფოლადთა ჯგუფს C-0,494% ლეგირებულს Mn-1,12% მანგანუმით, დანარჩენი ელემენტები მეთასედ და მეათასედ %-შია მოცემული.



სურ. 2. ფრანგული სახნისი

ფრანგული სახნისის გაბარიტული ზომებია: სიგრძე L = 540 მმ, სიგანე B = 95 მმ. აქვს ექვსი წრიული ნახვრეტი დიამეტრით Φ 15 მმ, შეღებილია წითელ ფერად. იწონის 3,440 კგ. სახნისის აწონვა განხორციელდა ელექტრონულ სასწორზე AC-ტიპის.

სახნისების ელექტრორკალური დადულების მეთოდით ცვეთამედგობისა და სიმტკიცის გაზრდის მიზნით გეომეტრიული ზომების აღდგენისას აუცილებელია მათი ქიმიური შემადგენლობის ცოდნა დასადულებელი მასალის შემადგენლობის შემუშავებისათვის.

სახნისების: უკრაინული და ფრანგულის ქიმიური ელემენტების შემცველობა %-ში მოცემულია ცხრილებში №1 და №2 - ში.

ცხრილი 1. უკრაინული სახნისის ქიმიური შედგენილობა

ელემენტები	C	Si	Mn	P	S
%	0.472	0.269	0.631	0.016	0.028
ელემენტები	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
%	0.054	<0.010	0.056	0.073	0.0085

ცხრილი 2. ფრანგული სახნისის ქიმიური შედგენილობა

ელემენტები	C	Si	Mn	P	S
%	0.494	0.306	1.120	0.0095	0.0090
ელემენტები	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
%	0.367	<0.013	0.071	0.147	0.0078

გაცვეთილი სახნისების აღდგენისათვის შემუშავდა ახალი ელექტროდის დაფარვის შემადგენლობა გრაფიტის და ქრომის, ბორის, ტიტანის კარბიდების გამოყენებით, რაც იწვევს მაღალი სისაღეების და ცვეთამდეგობის გაზრდას.

სახნისები დადულდა ელექტრორკალური მეთოდით ელექტროდების დიამეტრით $\Phi 3$ მმ და $\Phi 4$ მმ გამოყენებით.

დადულება განხორციელდა შემდეგი რეჟიმების დაცვით, რომელიც მოცემულია ცხრილ 3-ში.

ცხრილი 3. დადულების რეჟიმები

ელექტროდის ზომები, მმ		დენის ძალა, ა
დიამეტრი	სიგრძე	ნაკერის მდებარეობა - ქვედა
3	350	110 – 130
4	450	200 - 220

დადულებული ნაკერები ძნელად მუშავდება. დადულება ხორციელდება ორ ფენად მჭრელ ზედაპირზე 20 მმ-ის სიგანით. პირველ ფენაზე სისაღე HRC შეადგენდა 55,9; 55,7; 55,8, ხოლო მეორე ფენაზე HRC 59,5; 60; 59. პირველი ფენა დადულდება $\Phi 3$ მმ დიამეტრის ელექტროდით, ხოლო მეორე ფენა $\Phi 4$ მმ ელექტროდით მოკლე რკალით. დადულების წინ მოხდება ელექტროდების გამოწვა 450°C ორი საათის დაყოვნებით.

ჩატარდა ორ ფენად დადულებული სახნისების: უკრაინული სახნისის და ფრანგული სახნისის ქიმიური ანალიზები.

ჩატარებულმა ანალიზებმა გვიჩვენა, რომ მიღებულ მეორე ფენაში მოხდა გარკვეული ელემენტების მკვეთრი ზრდა. მაგალითად ნახშირბადის $C = 3,138-3,613\%$ -მდე, ქრომის $Cr = 3,899-4,792\%$. დადულებულ ფენებში გამოჩნდა ბორი, რაც იწვევს შემდგომში მიკრო და მაკრო სისაღეების და აგრეთვე ცვეთამდეგობის გაზრდას. დადულებული ზედაპირების ქიმიური ელემენტების შემცველობა იხილეთ დანართებში 4 და 5-ში.

უკრაინულ და ფრანგული სახნისებზე ელექტრორკალური დადულების შემთხვევაში ზედაპირის სისალე HRC საშუალოდ 60-ის ფარგლებშია.

ცხრილი 4. დადულებული უკრაინული სახნისის ქიმიური შედგენილობა

ელემენტები	C	Si	Mn	P	S
%	3.613	>7.200	0.322	0,010	0.0065
ელემენტები	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
%	4.792	<0.010	0.090	0.046	0.024

ცხრილი 5. დადულებული ფრანგული სახნისის ქიმიური შედგენილობა

ელემენტები	C	Si	Mn	P	S
%	3.368	>7.200	0.370	<0.0037	0.022
ელემენტები	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
%	4.053	0.051	0.297	1.498	1.009

შესწავლილი იქნა დადულებული სახნისების მეტალოგრაფია, როგორც ძირითადი (სახნისის), ისე შელლობილის. შელლობის და დადულებული ფენის სტრუქტურები გამოკვლეული იქნა სხვადასხვა გადიდებით

უკრაინულ სახნისებზე მეტალოგრაფიული გამოკვლევები ჩატარდა მიკროსკოპ „Neophot 32” - ზე სხვადასხვა გადიდებით, ხოლო მიკროსისალეები გაიზომა „PMT 3“-ზე.

სახნისის სტრუქტურა წარმოადგენს წვრილმარცვლოვან ფერიტო-პერლიტურ სტრუქტურას, რომელშიც შელლობის ზონასთან ახლოს იზრდება მარცვლის ზომები. გაზრდილი პერლიტის მარცვლის ირგვლივ განთავსებულია ფერიტი.

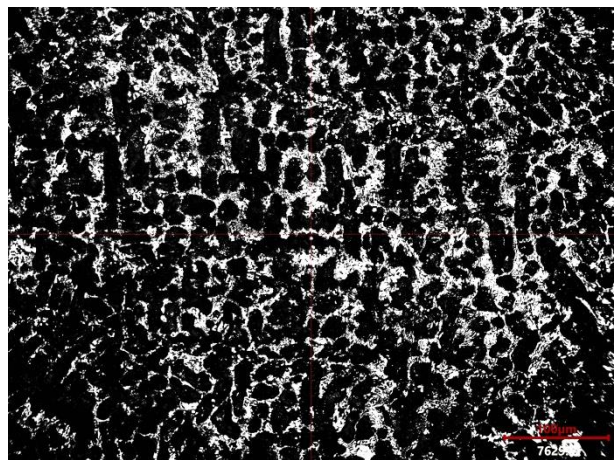
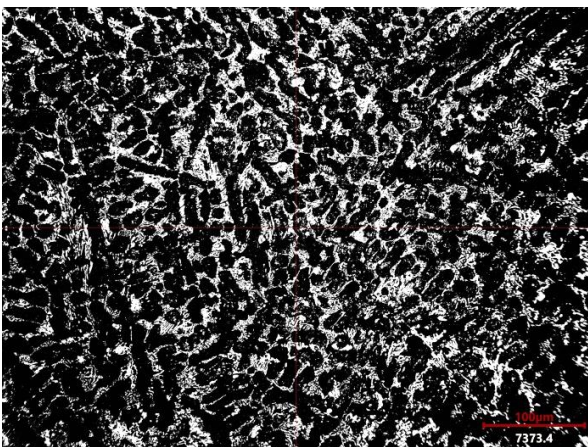
დადულებული ფენის სტრუქტურა მკვეთრად განსხვავდება სახნისის სტრუქტურისაგან. სავარაუდო გრაფიტის მარცვლის ფორმები ორიენტირებულია. წარმოქმნილია კარბიდები, რომლებიც ზრდის დადულებული ფენის მიკრო და მაკრო სისალეებს (იხ. სურ. 3.).

ფრანგული სახნისის მეტალოგრაფიული გამოკვლევები ჩატარდა მიკროსკოპ „Neophot 32” - ზე სხვადასხვა გადიდებით, ხოლო მიკროსისალები გაიზომა „PMT 3“-ზე.

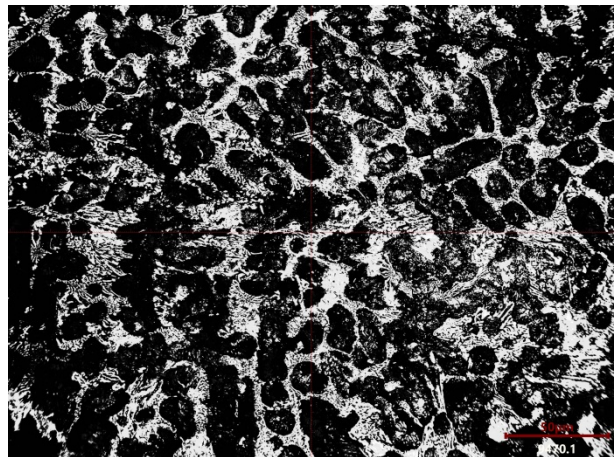
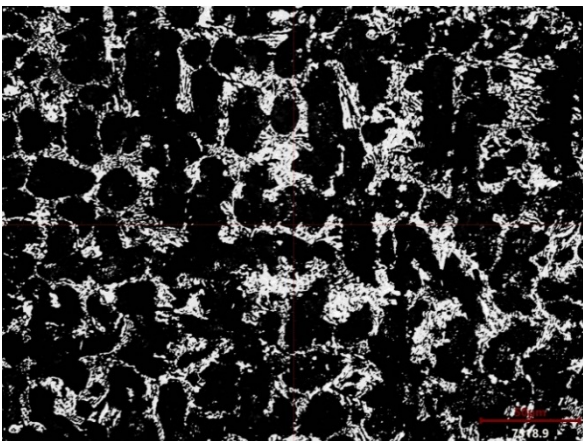
სახნისის სტრუქტურა წარმოადგენს ხაზობრივ ფერიტო-პერლიტურ სტრუქტურას, რომელიც ზოგიერთ ადგილებში შედარებით მსხვილმარცვლოვანია.

დადუღების ფენასთან ახლოს ხაზობრიობა იშლება, მიიღება მსხვილმარცვლოვანი ფერიტო-პერლიტური სტრუქტურა.

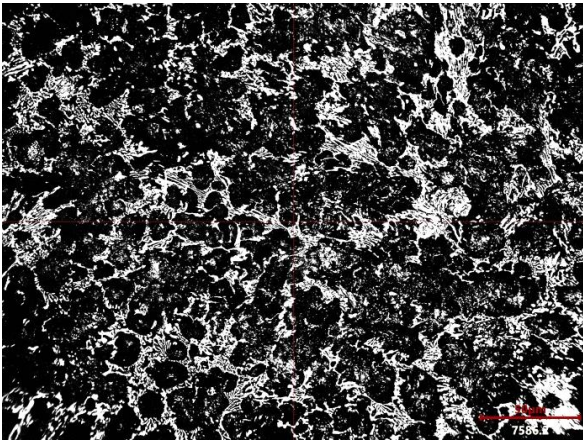
დადუღებულ ზონაში სავარაუდოდ წარმოქმნილი კარბიდები ზრდიან მის მიკრო და მაკრო სისალებს (იხ. სურ.4.).



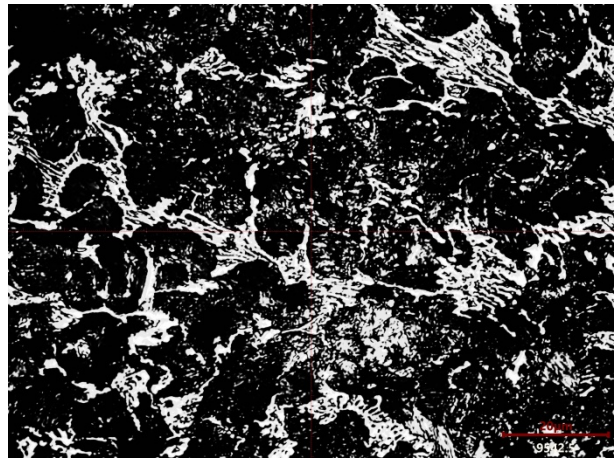
x200



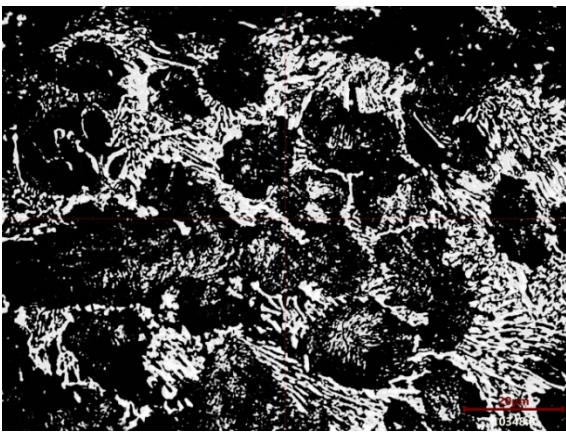
x400



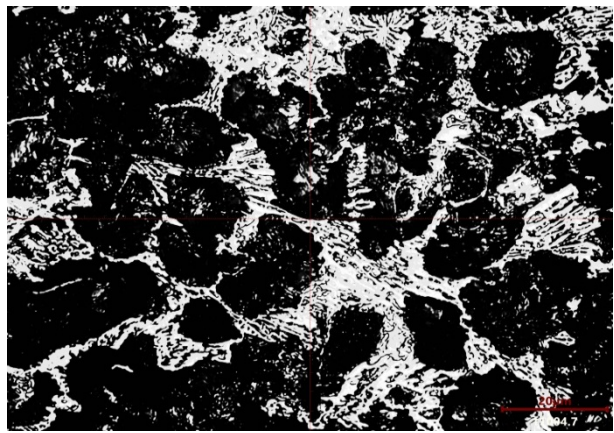
x400



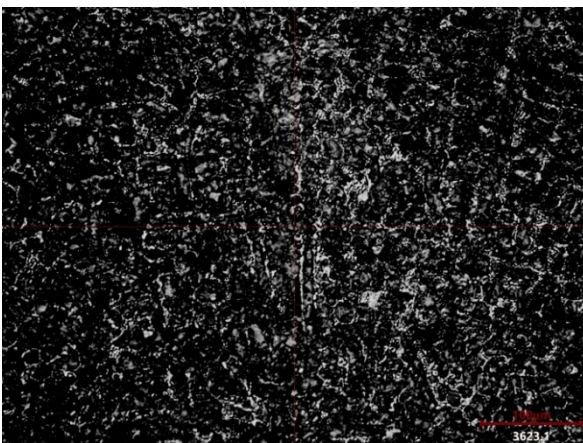
x1000



x1000

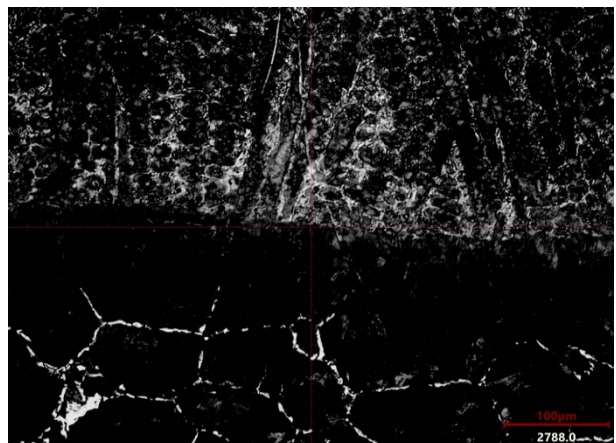


ნიმუშის კვეთის მიკროსტრუქტურები

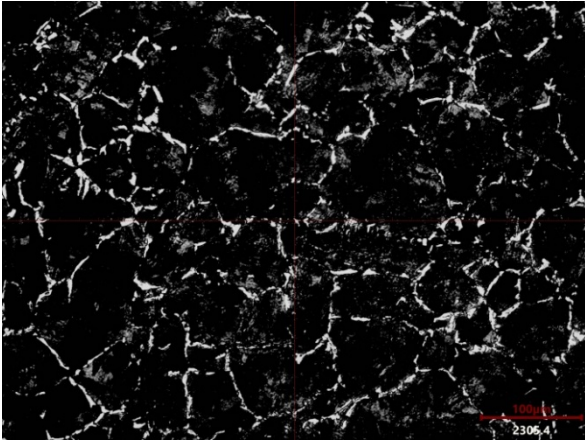


დადუღებული ფენა

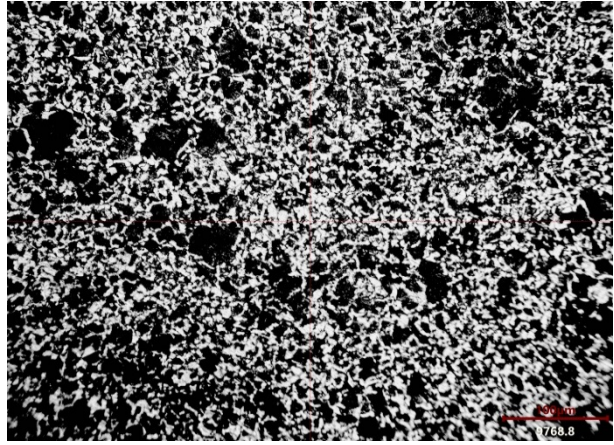
x200



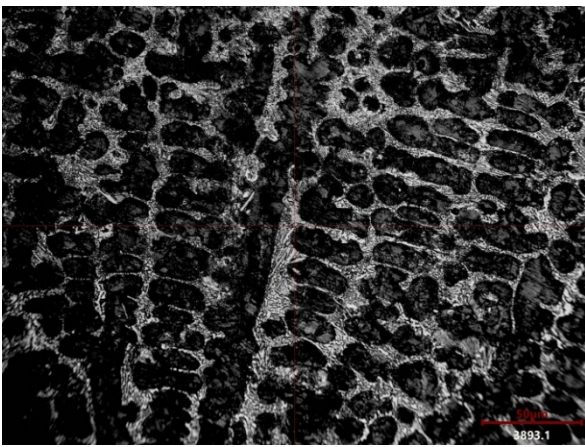
საზღვარი



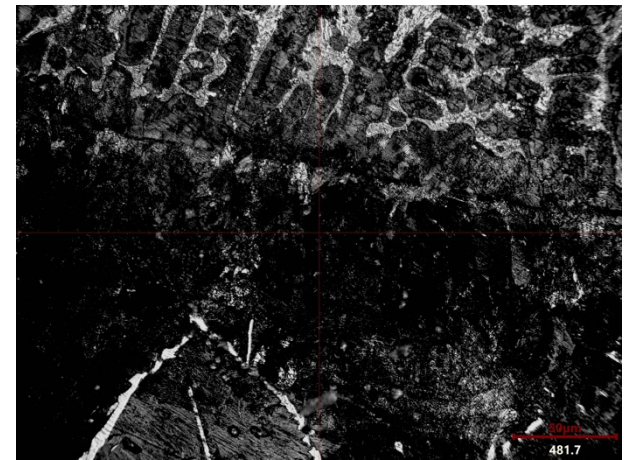
საზღვართან ახლოს



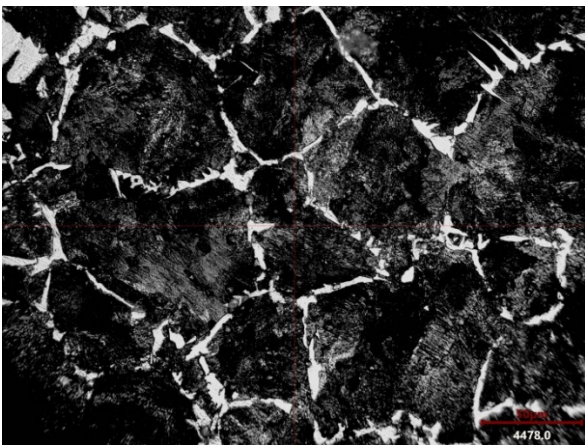
x200 ფუბე



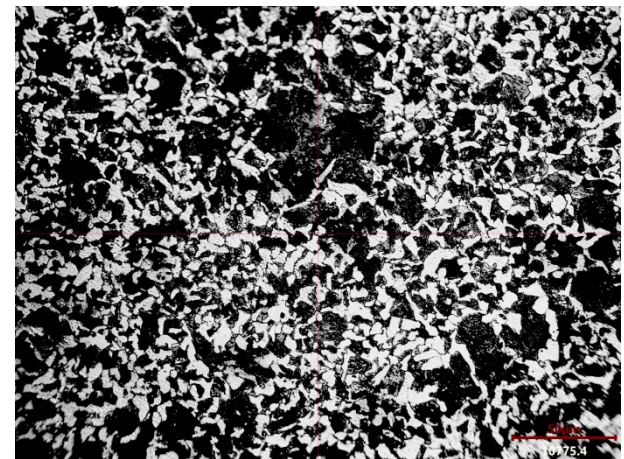
დადუღებული ფენა



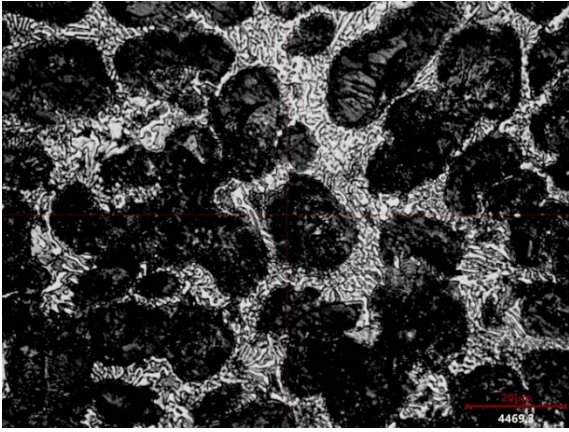
x400 საზღვარი



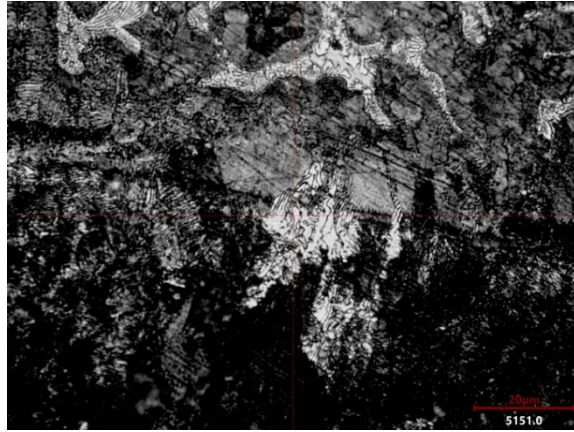
საზღვართან ახლოს



x400 ფუბე

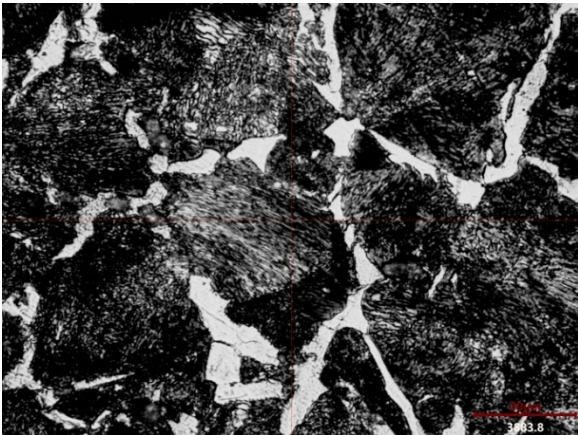


დადუღებული ფენა



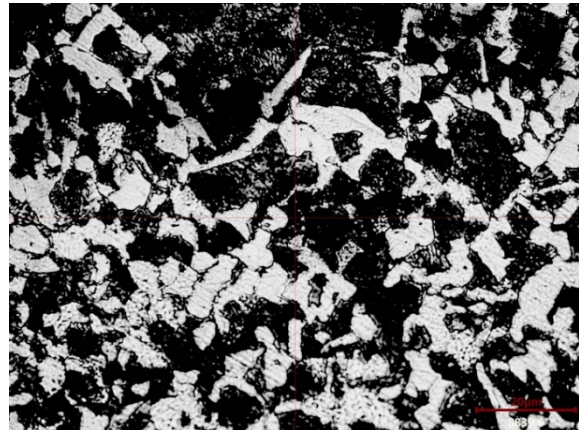
საზღვარი

x1000



საზღვართან ახლოს

x1000



ფუძე

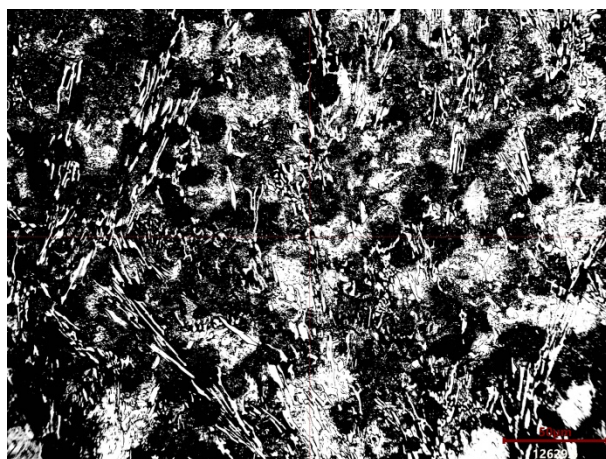
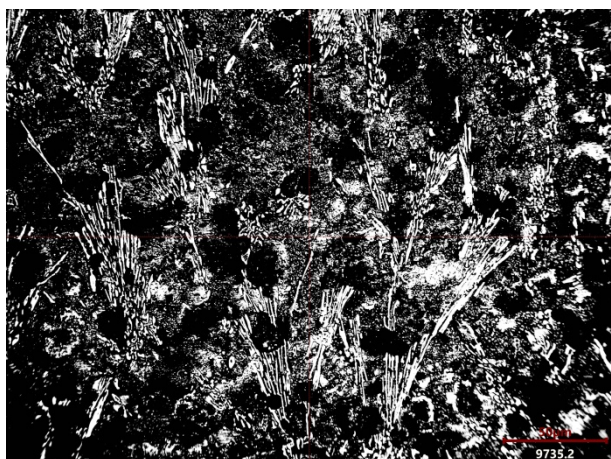
სურ. 3. უკრაინულ სახნისზე ელექტრორკალური მეთოდით დადუღებული ნიმუშის სტრუქტურები

უკრაინულ სახნისზე დადუღებული ფენის მიკროსისალები გაიზომა მიკროსკოპ PMT-3-ზე 100 გრ დატვირთვით. მიკროსისალე გამოითვალა ფორმულით $H = (1854 \cdot P) / C^2$, შესაბამისად დადუღების მხარეში თეთრი ადგილები მიკროსისალე შეადგენს 9387,58 მგპ,

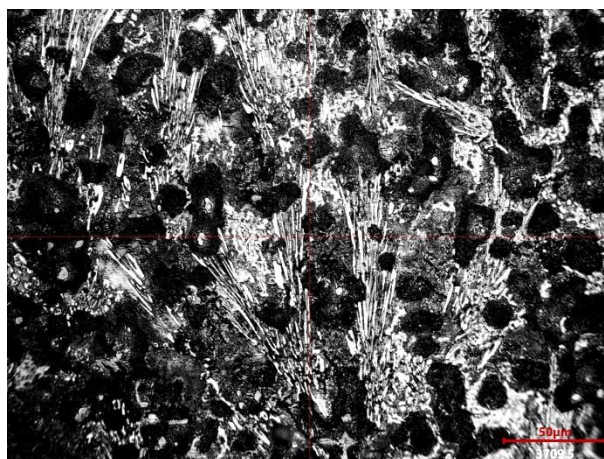
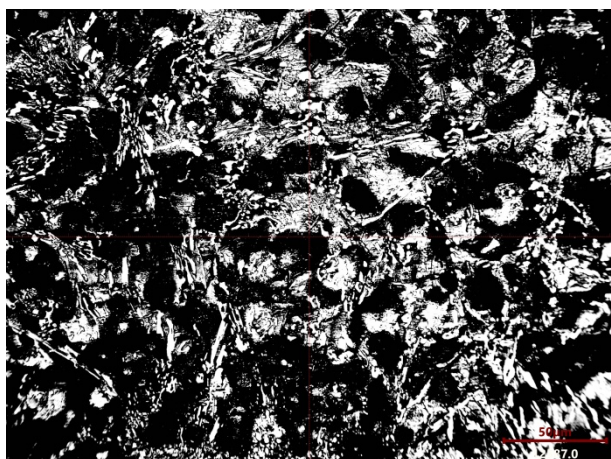
მუქი ფერის ნაწილაკები 6050,02 მგპ. მიკროსისალები ნიმუშის კვეთში, დადუღების ადგილი თეთრი ადგილები 8046,85, მუქი ფერის ნაწილაკები 6101,82 მგპ, საზღვარი 2080,21 მგპ. საზღვართან ახლოს თეთრი ადგილი 2252,18 მგპ, მუქი ფერის ნაწილაკები 2291,13 მგპ.

სახნისის სისალე დადუღების შემდეგ HRC 20,5; 20,1; 21,5.

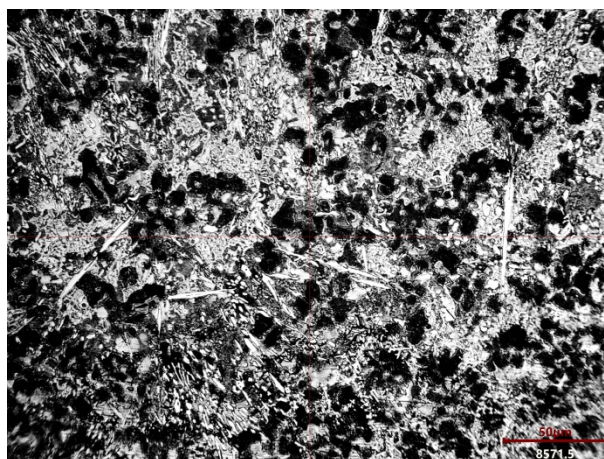
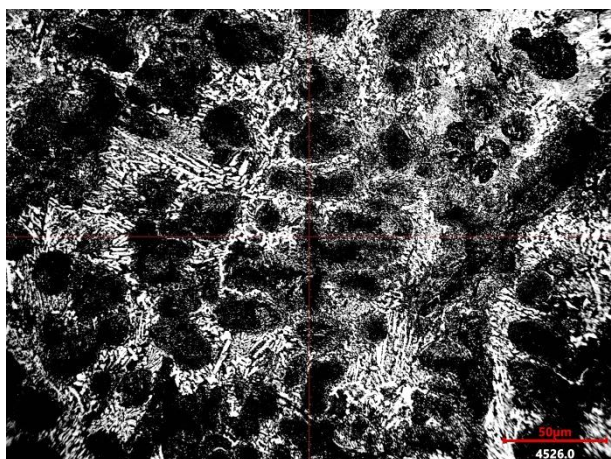
სახნისზე დადუღებული ზედაპირის სისალე HRC 61; 60; 59,5.



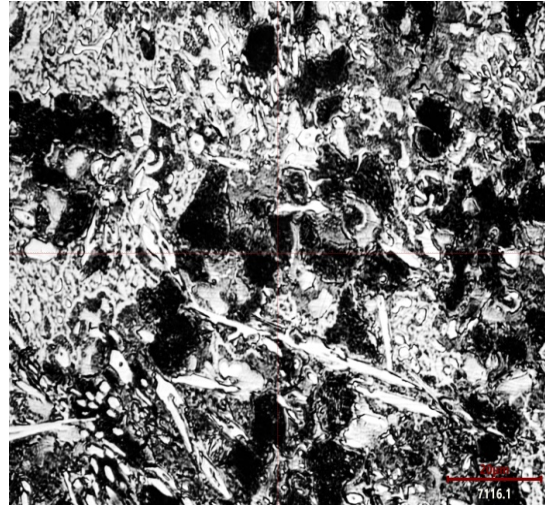
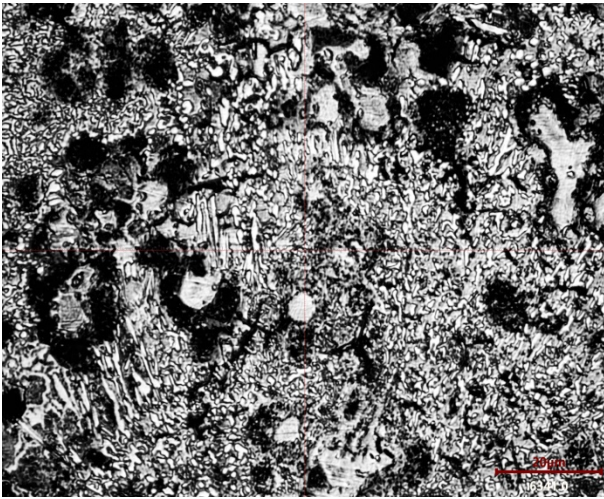
x400, დადუღებული



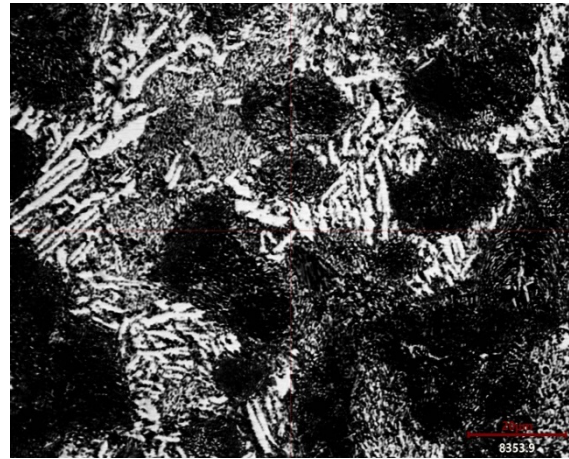
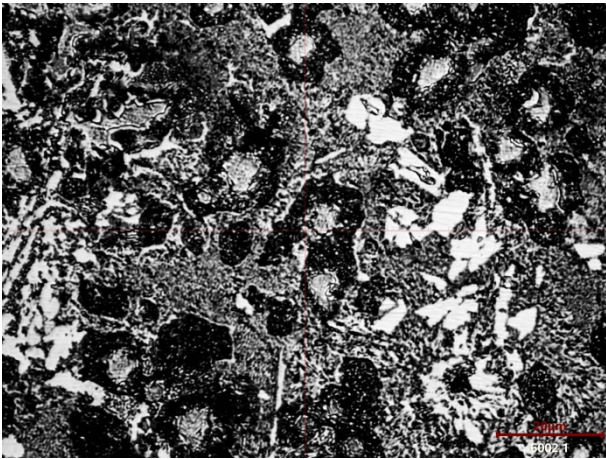
x400, დადუღებული



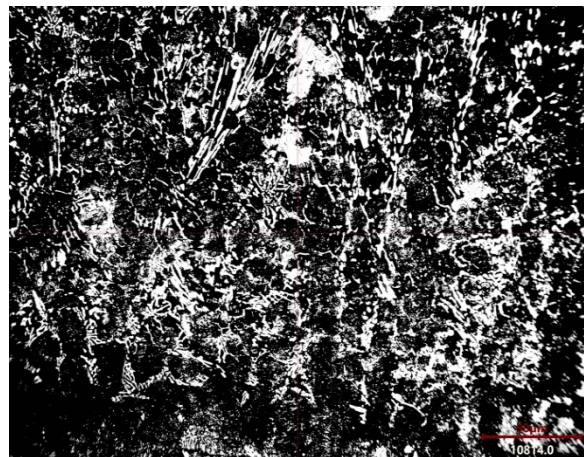
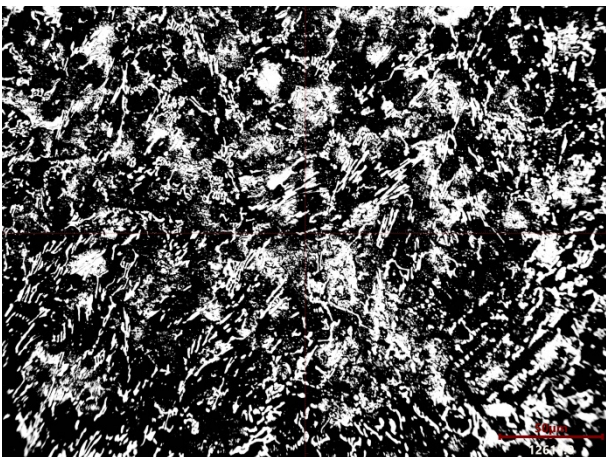
x400, დადუღებული



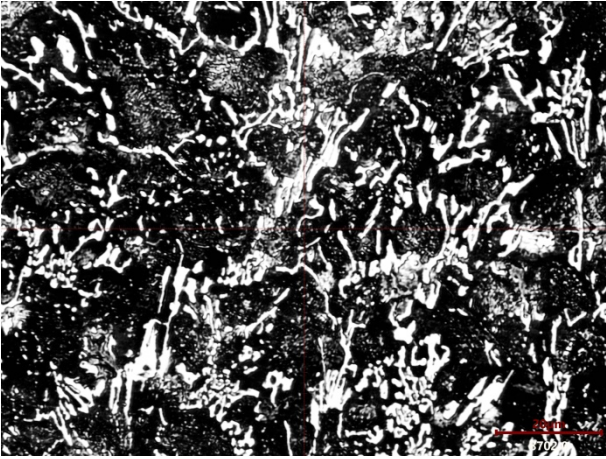
x1000, დადუღებული



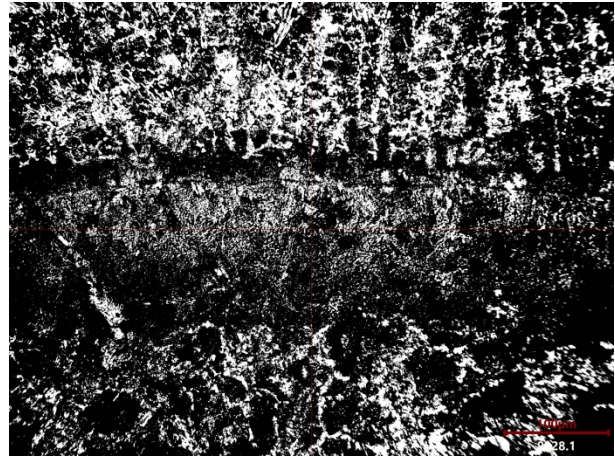
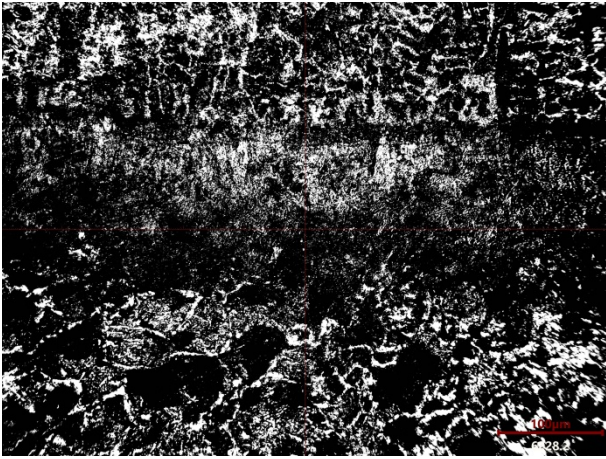
x1000, დადუღებული



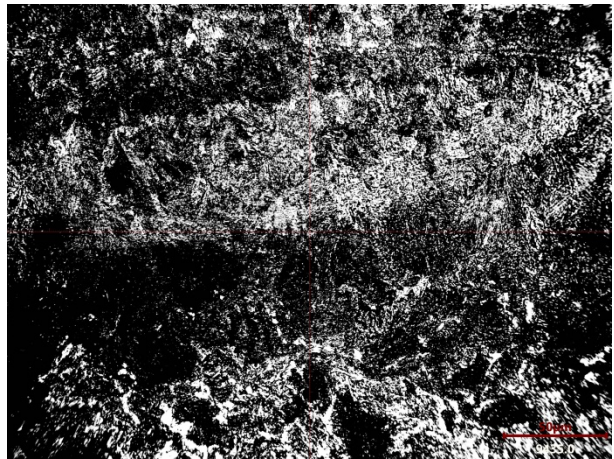
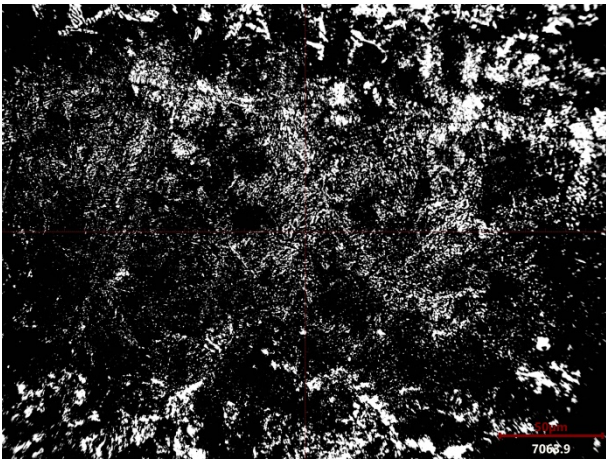
x400, დადუღებული საზღვართან ახლოს



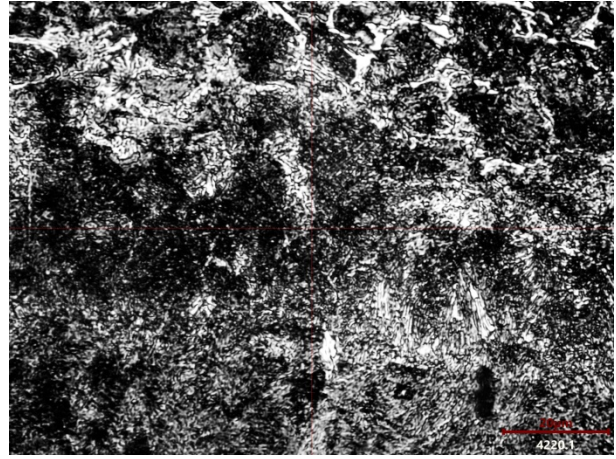
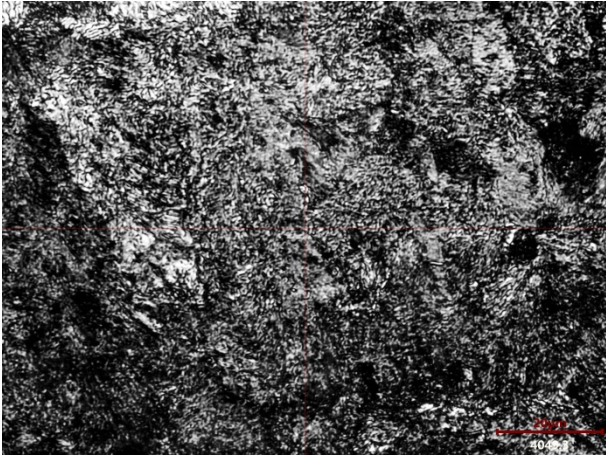
x1000, დადუღებული საზღვართან ახლოს



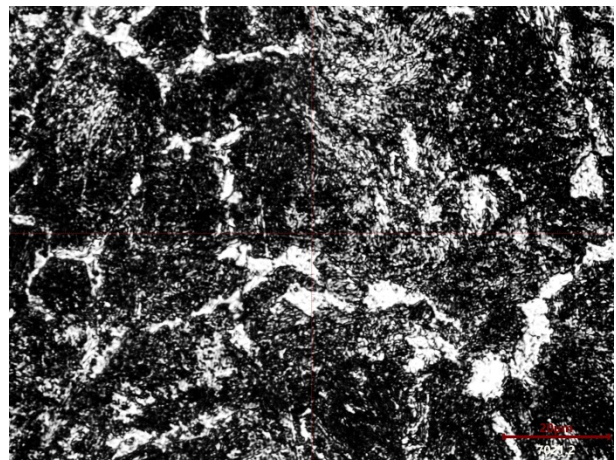
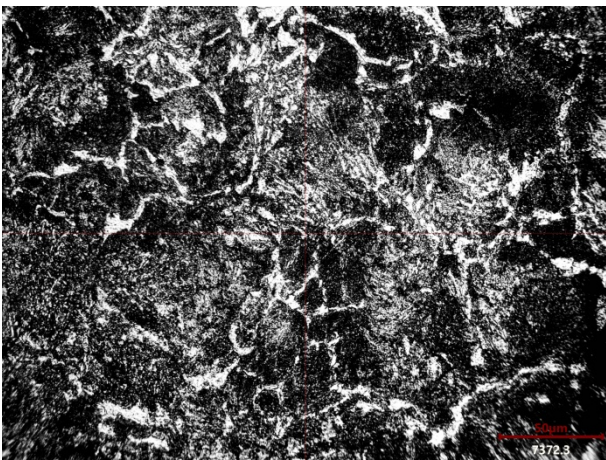
x200, საზღვარი



x400, საზღვარი

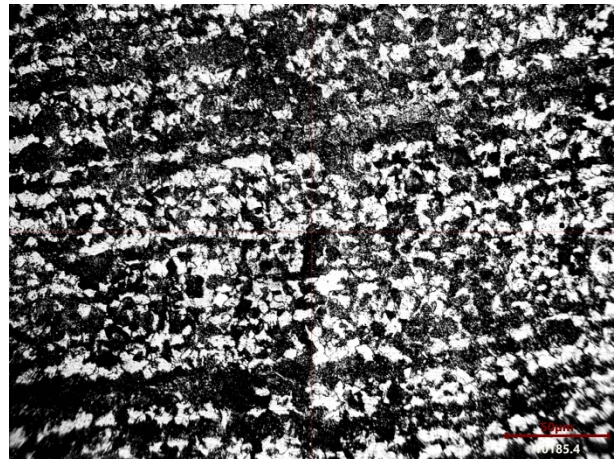
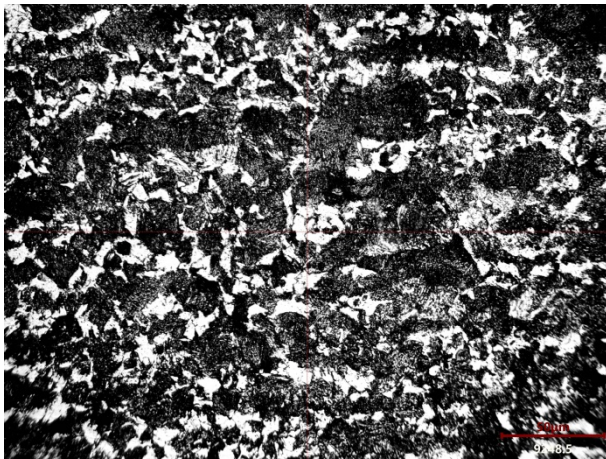


x1000, საზღვარი

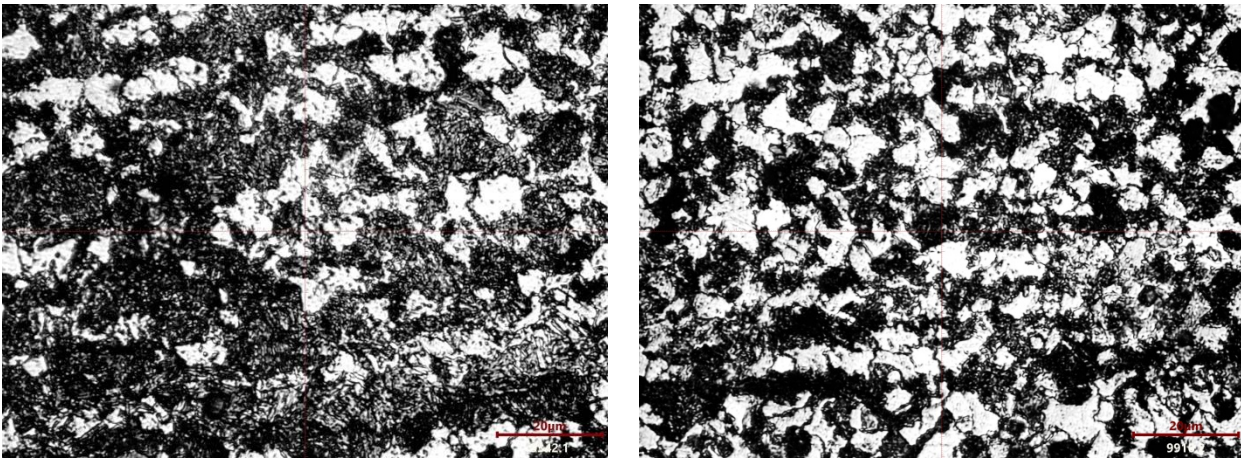


x400 ფუძე საზღვართან ახლოს

x1000



x400, ფუძე



x1000,

სურ. 4. ელექტრორკალური მეთოდით დადუღებული ფრანგული სახნისის მიკროსტრუქტურები

დადუღებული ფრანგული სახნისების მიკროსისალებების გაიზომა მოხდა მიკროსკოპ ПМТ-3-ზე 100 გრ დატვირთვით. შესაბამისად შეადგინა დადუღების ფენა - თეთრი ადგილები 11370,87 მგპ; მუქი ფერის ნაწილაკები 8304,46 მგპ; საზღვართან ახლოს დადუღების ფენა თეთრი ადგილები 9484,21 მგპ; მუქი ფერის ნაწილაკები 8367,83 მგპ; საზღვარი 3896,34 მგპ; საზღვართან ახლოს ფუძის ფენა ფერიტო-პერლიტური

სტრუქტურა მსხვილი პერლიტის მარცვლებით, ნაკლებ ხაზობრივი სტრუქტურით 2420,61 მგპ; ფუძე წვრილმარცვლოვანი ხაზობრივი ფერიტო-პერლიტური სტრუქტურა ფერიტი 1989,66 მგპ; პერლიტი 2446,22 მგპ. სახნისზე დადუღებული ფენის სისაღე HRC 59; 60; 59.

შემუშავებული მასალით დადუღდა ცვეთაზე გამოსაცდელი ნიმუში, რომელიც მოცემულია ნახ.5-ზე. გამოცდები ჩატარდა ტრიბომეტრზე СМЦ-2-ზე.



ა

ბ

ნახ.5. ცვეთაზე გამოსაცდელი ნიმუშები

ა - ცვეთაზე გამოცდილი დადუღებული ნიმუში,

ბ - საბაზო (სახნისის ნიმუში)

გამოიცადა, როგორც დადუღებული ნიმუში (ნახ.5. ა), ასევე სახნისისაგან დამზადებული საბაზო ნიმუში.

ცვეთამედევობის დასადგენად ფიქსირდებოდა გამოსაცდელი ნიმუშები: საბაზო ნიმუში - 12,46410 გ, დადუღებული ნიმუში - 12,92955 გ.

გამოცდა მიმდინარეობდა უწყვეტი სრიალით (მშრალი ხახუნი). ყოველ 1250 მეტრის შემდეგ ხდებოდა ნიმუშის წონის დანაკარგების დადგენა. დადგინდა, რომ საბაზო სახნისისაგან დამზადებული ნიმუშის წონის დანაკარგია 1,8 მმ/გ, დადუღებულის 1,1მმ/გ.

დასკვნა

შესწავლილი იქნა უკრაინული და ფრანგული სახნისების, დადუღებამდე და დადუღების შემდეგ, ქიმიური შემადგენლობები. ჩატარდა ახალი შემადგენლობის, გრაფიტის, ქრომის, ბორის, და ტიტანის კარბიდების გამოყენებით, დანაფარიანი ელექტროდით დადუღებული მასალის მეტალოგრაფიული კვლევა, გაიზომა მიკრო და მაკრო სისაღეები. დადუღებულ

ზედაპირებზე გაზრდილია სისაღებები. შესაბამისად ტრიბოლოგიურმა კვლევებით დადგინდა ცვეთამდეგობის გაზრდა.

ზემოთ აღნიშნული სახნისები საჭიროებენ პრაქტიკულ გამოცდებს მიწის მოხვნის პროცესში.

Bibliography

1. Restoring+a+worn+plow+share&rlz=1C1GCEA_enGE988GE988&oq=Restoring+a+worn+plow+share&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUqBggAEEUYOzIGCAAQRrg70gEIMjY4NGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8#fpstate=ive&vld=cid:bb588294,vid:b1iuiqzQ4BQ,st:526. Last checked: 30.05.2024
2. Mirijanashvili Z., Khutsishvili M., Dadianidze G., Saralidze B. Treatment of new wear resistant built-up materials. GTU, International scientific and technical conference “Environmental Protection and Sustainable Development”, Proceedings, Tbilisi, 2020, pp. 31-36.
3. Khutsishvili M., Dadianidze G., 1.Mirijanashvili Z., Saralidze B. Modern methods and prospects of wear resistant coating application using arc process. Collection of Scientific Works of the international scientific Conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Academician Givi Tsintsadze. Tbilisi 2023. p. 564 - 575

Restore a worn ploughshare with a new coated electrode

Zurab Mirijanashvili - E-mail: mirijanashvilizura@gmail.com, Academic Doctor of Technical Sciences; Mob: +(995 32) 599 55 11 Organization: Ferdinand Tavadze Metallurgy And Materials Science Institute, 0186 E. Mindelis #8 B, Tbilisi, Georgia. 16.

Guram Dadianidze - Academic Doctor of Technical Sciences; Mob: +(995 32) 593 78 09 laboratory technician; Department of Metallurgy Materials Science and Metal Processing; Georgian Technical University; Georgia Tbilisi. M. 69 of Kostava.

Malkhaz Khutsishvili - E-mail: m_khutsishvili@yahoo.com; candidate of technical sciences; the professor; Mob: +(995 32) 593938890; Department of Metallurgy Materials Science and Metal Processing; Georgian Technical University; Georgia Tbilisi. M. 69 of Kostava.

Besik Saralidze - E-mail: Saralidzebeso.85@gmail.com; Academic Doctor of Technical Sciences; +(995 32) 568223567 laboratory assistant; Department of Metallurgy Materials Science and Metal Processing; Georgian Technical University; Georgia Tbilisi. M. Kostava 69

Tengiz Furtskvanidze - E-mail: Purtskvanidze 10@gmail.com; Academic Doctor of Technical Sciences; Mob: +(995 32) 558 53 11 20; Organization: LSI - Ferdinand Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science, 0186 E. Mindelis #8 B, Tbilisi, Georgia. 16

Reviewers

Zurab Geliashvili, Professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of STU, Candidate of Chemical Sciences E-mail: z.geliashvili@gtu.ge 599-31-64-68

Zurab Sabashvili - candidate of technical sciences, associate professor. Head of the "Metallurgy, Materials Science and Metal Processing" Department. P/N 01005009357. Address: Didi Digomi, Giorgi Brtskinvalis 46, b. 903 e-mail address; z_sabashvili@gtu.ge

Annotation

The purpose of the study was to restore the faded Ukrainian and French ploughshare. For restoration, a new electrode coating composition was developed - using graphite, chromium, boron, titanium carbides. A metallographic study was carried out, micro and macro firmness was measured. The conducted analysis showed us that in the obtained second layer there was a sharp increase of certain elements. For example, carbon C = 3.138-3.613%, chromium Cr = 3.899-4.792%. Boron appeared in the cladding layers, which leads to an increase in micro and macro firmness. Tribological studies showed an increase in wear resistance.

Key words - restoration of soils, coated electrodes, wear-resistant coatings.

კლიმატის გლობალური ცვლილება პრევენცია-შერბილების და ადაპტაციის
მწვანე ტექნოლოგიების ძიება საქართველოში

გივი ლოლაძე - ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ.69, 0192,

E-mail: g.loladze@gtu.ge

ნაზიბროლა კუციავა ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების
დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ.69, 0192,

E-mail: n.kutsiava@gtu.ge

ნინო მუხადვერდელი ს/ც „ნანოდულაბი“, საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ. 69, 0192, თბილისი, საქართველო. E-mail:

ninomukhadgverdeli1@gmail.com

თეიმურაზ ჭეიშვილი ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების
დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ.69, 0192,

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

რაჟდენ სხვიტარიძე ს/ც „ნანოდულაბი“, საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ. 69, 0192, თბილისი, საქართველო. E-mail:

r.skhvitaridze@gtu.ge

ვლადიმერ გორდელაძე ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ. 69, 0192, თბილისი, საქართველო. E-mail:

v.gordeladze@gtu.ge

მანანა კეკელიძე ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ.69, 0192, E-mail:

m.kekelidze@gtu.ge

რეცენზენტები: გ. ტაბატაძე, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის
ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი, E-mail: g.tabatadze@yahoo.com

ი. გიორგაძე - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ს/ც „ნანოდულაბი“,

აკადემიური დოქტორი, E-mail: irakliigiorgadze@gmail.com

ანოტაცია

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ გარემოს დაბინძურების და თბური ეფექტის წარმოქმნის პრობლემის ერთერთი ხელშემწყობია CO₂, რომელიც ბუნებრივი გზების გარდა, გამოიყოფა ანთროპოლოგიური მოქმედებების შედეგადაც, კერძოდ ადამიანის მიერ შემუშავებული ტექნოლოგიების მიერ (საწარმოები, სოფლის მეურნეობა და ა.შ.)

სტატიაში აქცენტს ვაკეთებთ გადამამუშავებელ კერძოდ ცემენტის წარმოებაზე, ვინაიდან ცნობილია, რომ მსოფლიოში CO₂-ის ემისიის 8% მოდის სწორედ აღნიშნულზე. ვინაიდან საქართველოში ცემენტის წარმოება მაღალ დონეზეა განვითარებული, მზადდება 3 მილიონ ტონაზე მეტი ცემენტი, შესაბამისად CO₂-ის ემისია აისახება ჩვენს გარემოზე. CO₂-ის ემისია ხელს უწყობს თბური ეფექტის წარმოქმნას, ეს კი თავის მხრივ იწვევს კატაკლიზმებს, მჟავა წვიმებს, გლობალურ დათბობას და ა.შ.

ჩვენი მიზანია, ცემენტის ქარხნების კლინკერ მწარმოებელი ლუმელებიდან ემისირებული საკვამლე აირების შემადგენლობაში მყოფი CO₂ და SO_x, NO_x აირების დაჭერა - უტილიზაციის მაღალეფექტური ხერხის დამუშავება. აღნიშნული მიდგომა მოიცავს ადსორბენტად კლინოფთილოლითის გამოყენებას და მასში საკვამლე აირების გატარებას.

საკვანძო სიტყვები: ადსორბცია, უტილიზაცია, აირები, ნახშირბადის დიოქსიდი, რეაქცია, ცეოლითი, ადსორბენტი.

შესავალი

1970-იანი წლებიდან საქართველოს ცეოლითური საბადოები პრაქტიკულად უკვე სრულად მოძიებული და გახსნილი იყო. მათ მნიშვნელოვანი უპირატესობა აქვთ კლასიკურ ახალზელანდიურ საბადოებთან, საქართველოში ცეოლითურ ბუდობებს სტატიფორმული მდგომარეობა აქვთ და ხელმისაწვდომებია ღია კარიერული მოპოვებისთვის. ხოლო, კლინოფთილოლითის შემცველობა მათში 60%-ს აჭარბებს, ამიტომ არ საჭიროებს გამდიდრებას. რაც შეეხება, ცეოლითების მარაგს ოც მილიონ ტონას აღემატება [1].

ცეოლითები ალუმინოსილიკატებია, რომელთა კარკასული აღნაგობის ფართობები (სიბრტყეები) გაჯერებულია H₂O-ს მოლეკულებითა და პერიოდული სისტემის პირველი და მეორე ჯგუფის იონებით (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺). მათ ახასიათებთ ძვრადობა, რითაც

იონური მიმოცვლა და დეჰიდრატაცია-ჰიდრატაცია ხდება შესაძლებელი. ბუნებრივი ცეოლიტების კარკასული სტრუქტურა წვერებით დაკავშირებული ტეტრაედრებია, ცენტრებში მოთავსებული სილიციუმით და ალუმინით, ხოლო წვეროებში-ჟანგბადით. თითო ატომი ჟანგბადი ორი ტეტრაედრისთვის არის საერთო.

ტეტრაედრში კარკასის უარყოფითი მუხტი Si^{4+} -ის Al^{3+} -ით ჩანაცვლებით არის გამოწვეული. მათი კომპენსირება, სტრუქტურულ არხებში H_2O -ს მოლეკულებთან ერთად მყოფი 1^+ ან 2^+ მუხტიანი კათიონებით მიმდინარეობს. სხვა კათიონებით ამ კათიონთა ჩანაცვლება ელექტროქიმიური ექვივალენტობის პრინციპის მიხედვით ხდება (მათ მიმოცვლით კათიონებს უწოდებენ). ეს სილიციუმისა და ალუმინის კათიონებს არ ეხებათ. ცეოლიტები ჰიდრატირებულ ალუმინოსილიკატებს წარმოადგენენ. მინერალოგიაში „ცეოლიტურ წყალს“ H_2O -ს იმ ოდენობას უწოდებენ, რომლის ცეოლიტიდან მოცილება მისი სტრუქტურის დაშლის გარეშე არის შესაძლებელი. თუმცა, შესაძლებელია საწყისი მდგომარეობის მთლიანად აღდგენა, იმავე ოდენობის H_2O -ს შთანთქმით. ანუ, მისი ჰიდრატაცია-დეჰიდრატაცია შექცევადი პროცესია. ცეოლიტებში H_2O წარმოდგენილია ასოციატებისა და ცალკეული მოლეკულების სახით [2].

მინერალოგიაში „ცეოლიტურს“ უწოდებენ იმ წყალს, რომელიც შეიძლება მოვამოროთ კრისტალს მაღალი ტემპერატურისა და წნევის ზემოქმედებით, ცეოლიტის სტრუქტურის დაშლის გარეშე და რომელიც ასევე შეიძლება შთანთქმას ცეოლიტის მიერ საწყისი პირობების აღდგენით. ასევე, ცნობილია მისი, როგორც სორბენტის სელექციური უნარი შთანთქმოს, როგორც ორთქლი, ასევე CO_2 და სხვა ნაერთები [3].

ძირითადი ნაწილი

კვლევის მიზანია, ბუნებრივი კლინიფთილოლიტური ცეოლიტური ტუფის საფუძველზე და მასთან ერთად სხვა ბუნებრივი რესურსის გამოყენებით CO_2 -ს მაღალი სორბციული უნარის მქონე ცვეთამედეგი სორბენტების შექმნა. ცემენტის წარმოების კლინკერის ღუმლიდან წარმავალი აირების სრულად გასუფთავება (გარემოს დაბინძურების პრევენცია), განხორციელდება მათში შემავალი CO_2 , SO_x , NO_x ბუნებრივი ცეოლიტით სორბციული დაჭერა, რის შემდეგ, CO_2 , SO_3 , NO_2 ნაერთებით გაჯერებული მოდიფიცირებული ცეოლიტური ტუფი უტილიზირდება ცემენტის შემადგენლობაში - მისი დაფქვის ეტაპზე - შედეგად ცემენტი მოდიფიცირდება. პრობლემის არსი საკვამლე

აირებით CO₂-ს ემისიის სიჭარბით გამოწვეული გლობალური დათბობის პრობლემის პრევენციის ხელშეწყობაა.

ცხრილში 1 მოყვანილია ძეგვის ადგილმდებარეობის ცეოლითის საბადოდან აღებული ნიმუშების ოქსიდური შედგენილობები. ნედლეულის ანალიზები ჩატარებულია კასპის ჰაიდელბერგცემენტის ქარხნის ლაბორატორიაში.

ცხრილი 1.

ცეოლითების ქიმიური შედგენილობა

მასალა	ოქსიდური შედგენილობა (მას.%)									
	ხ.დ.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
ცეოლითი 1	13,92	55,26	13,61	5,37	5,29	1,45	0,10	1,94	2,32	0,74
ცეოლითი 2	–	64,20	15,81	6,24	6,15	1,68	0,11	2,26	2,69	0,86

ცხრილში 1 ცეოლითი-1 ძეგვის ადგილმდებარეობის ცეოლითის საბადოს სხვადასხვა ნაკვეთიდან აღებული ნიმუშების გასაშუალებული ოქსიდური შედგენილობაა; ცეოლითი-2 ნიმუშების გასაშუალებული ოქსიდური შედგენილობა ხურვებითი დანაკარგის გარეშე.

ასევე, კვლევებისათვის, ლაბორატორიაში შექმნილია, საშრობ-საადსორბციო ჰიბრიდული აპარატურის ლაბორატორიული პროტოტიპი, რომელიც აღჭურვილია ცემენტის ქარხნის ინდუსტრიული აპარატურის მცირე მასშტაბებით. LPPA-ის საშუალებით განვახორციელეთ საკვამლე აირების (CO₂, SO_x, NO_x)-ის ცეოლითურ ტუფში სორბციის ექსპერიმენტაცია. ლაბორატორიულ პირობებში მოხდა მიღებული მოდიფიცირებული ტუფის დაფქვა ცემენტის კლინკერთან და თაბაშირთან ერთად (უტილიზაცია), შევადგინეთ ორნაირი კომპოზიცია:

1. CO₂-ით გაჟღენთილი ცეოლითური ტუფი - თაბაშირი და კლინკერი;
2. ნედლი ცეოლითი - თაბაშირი -კლინკერი.

ნიმუშების გამოცდა ტესტირება კი განხორციელდა ალ. თვალჭრელიძის სახელობის მინერალოგიის ინსტიტუტში, სილიკატების და სამშენებლო მასალების ტექნოლოგიის სამეცნიერო კვლევით განყოფილებაში, შედეგები მოცემულია ცხრილში 2.

წარმოდგენილი ცემენტები ჩატარებული ტექსტირების მიხედვით აკმაყოფილებს სსტ ენ 197-1-ის მოთხოვნებს CEM 42.5 კლასის სწრაფად გამყარებად ცემენტებზე.

ამრიგად, მივიღეთ გაუმჯობესებული ცემენტი, თავისი ფიზიკურ-მექანიკური და სამომხმარებლო თვისებებით [4].

ცხრილი 2.

პროდუქტის დასახელება	გამოსაცდელი მაჩვენებლები	გაზომვის ერთეული	ნორმა	ფაქტიურად მიღებული მნიშვნელობა	გამოცდის მეთოდის აღნიშვნა
ცემენტი N1 CO ₂ -ის გარეშე	ნარჩენი 009 საცერზე	%	-	3, 20	EN 196-3:2010
	წყალმოთხოვნა	%	-	28, 8	EN 196-3:2016
	შეკვრის დასაწყისი	წუთი	≥60	165	EN 196-3:2016
	შეკვრის დასასრული	წუთი	-	215	EN 196-3:2016
	სიმტკიცე ღუნვაზე 2 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	-	5,41	EN 196-6:2016
	სიმტკიცე კუმშვაზე 2 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	≥ 20	27,5	EN 196-6:2016
	სიმტკიცე ღუნვაზე 7 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	-	6, 35	EN 196-6:2016
	სიმტკიცე კუმშვაზე 7 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	-	28,1	EN 196-6:2016
	სიმტკიცე ღუნვაზე 28 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	-	8,01	EN 196-1:2016
	სიმტკიცე კუმშვაზე 28 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	≥ 42,5	44,3	EN 196-1:2016
ცემენტი N2 CO ₂ -ით	ნარჩენი 009 საცერზე	%	-	1,75	EN 196-3:2010
	წყალმოთხოვნა	%	-	36, 7	EN 196-3:2016
	შეკვრის დასაწყისი	წუთი	≥60	110	EN 196-3:2016
	შეკვრის დასასრული	წუთი	-	180	EN 196-3:2016
	სიმტკიცე ღუნვაზე 2 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	-	4, 11	EN 196-6:2016
	სიმტკიცე კუმშვაზე 2 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	≥ 20	20,5	EN 196-6:2016
	სიმტკიცე ღუნვაზე 7 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	-	4,83	EN 196-6:2016
	სიმტკიცე კუმშვაზე 7 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	-	25,6	EN 196-6:2016
	სიმტკიცე ღუნვაზე 28 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	-	8,50	EN 196-1:2016
	სიმტკიცე კუმშვაზე 28 დღე-ღამის შემდეგ	მპა	≥ 42,5	47,8	EN 196-1:2016

დასკვნა:

შემუშავებულია უნიკალური ტექნოლოგია: „საკვამლე აირებში მყოფი CO₂ ის დაჭერა ცეოლიტური ტუფით“, რომელიც სხვა ქვეყნებისაგან განსხვავებით ხასიათდება ცირკულარული ეკონომიკით. კერძოდ, დაჭერილი CO₂ და მისი დამჭერი ცეოლიტური ტუფი ბრუნდება (უტილიზაცია) მის წარმომქმნელ (CO₂) წარმოებაშივე და იქმნება ახალი, დამატებითი ღირებულების პროდუქტი.

ლიტერატურა:

1. ა. გ. თვალჭრელიძე. (2006). საქართველოს მინერალური რესურსები და მინერალური საფუძველი. M., გამომცემლობა "საბადო და ლითონები", გვ. (რუსულად);
2. გ. გალოგრე. მანგანუმით მოდიფიცირებული ფილტრის მასალის წარმოება და ტესტირება დიოქსიდი სასმელი წყლის გამწმენდი. დისერტაცია დოქტორის აკადემიური ხარისხისთვის D, თბილისი, GTU, გვ. (ქართულ ენაზე);
3. გ.ვ. ციციშვილი, ნ.ს. სხირტლაძე, თ.გ. ანდრონიკაშვილი, ა.ვ. დოლიძე, ვ.გ. ციციშვილი. საქართველოს ბუნებრივი ცეოლიტები: გამოვლინებები, თვისებები და გამოყენება. კვლევები ზედაპირულ მეცნიერებაში და კატალიზში
4. კვლევა ხორციელდება შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით, გრანტი AR-22-1730, გრანტი AR-22-2017, გრანტი AR-22-3231.

Search for Green Technologies for Prevention, Mitigation and Adaptation to Global Climate Change in Georgia

Givi Loladze Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str. E-mail: g.loladze@gtu.ge

Nazibrola Kutsiava Department of Chemistry, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str. E-mail: n.kutsiava@gtu.ge

Nino Mukhadgverdeli Scientific Center "Nanodughabi", Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str. E-mail: ninomukhadgverdeli@gmail.com

Teimuraz Cheishvili Department of Chemistry, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str. E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

Rajden Skhvitaridze Scientific Center "Nanodughabi", Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str. E-mail: r.skhvitaridze@gtu.ge

Vladimer Gordeladze Department of Chemistry, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str. E-mail: v.gordeladze@gtu.ge

Manana Kekelidze Department of Chemical Technology and Biotechnology, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str. E-mail: .kekelidze@gtu.ge

Reviewers:

G. Tabatadze, Associate Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU E-mail: g.tabatadze@yahoo.com

I. Giorgadze Georgian Technical University, Scientific Center “Nanodughabi”, Academic Ph.D, E-mail: irakliigiorgadze@gmail.com

Abstract

It is widely known that CO₂ is one of the sources of the problem of environmental pollution and the formation of thermal effects, which, in addition to natural pathways, is emitted as a result of anthropological activities, in particular anthropogenic technologies (factories , agriculture, etc.).

In this article we focus on processing, in particular cement production, as it is known that it accounts for 8% of CO₂ emissions in the world. As cement production is very developed in Georgia, more than 3 million tonnes of cement are produced, so CO₂ emissions affect our environment. CO₂ emissions contribute to the heat effect, which in turn causes cataclysms, acid rain, global warming, etc.

Our aim to capture CO₂, SO_x, NO_x gases emitted from clinker kilns of cement plants is to develop a highly efficient utilisation method. The above approach involves using clinofitolite as an adsorbent and passing flue gases into it.

Key words: adsorption, utilization, gases, carbon dioxide, reaction, zeolite, adsorbent

**ბარომემბრანული პროცესების კვლევა აცეტატცელულოზური
მემბრანების ბაზაზე**

გიორგი ბიბილეიშვილი, სტუ მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი, დირექტორი მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, 75bibileishvili@gmail.com 599077575, საქართველო, თბილისი.

ნანა გოგესაშვილი, სტუ მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტის, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, nanagogesashvili@gmail.com, 591 16 84 89 საქართველო, თბილისი.

მზია კეჟერაშვილი , სტუ მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტის, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, kezherashvilimzia@gmail.com, 593 74 13 84 საქართველო, თბილისი.

ლიანა ყუფარაძე, სტუ მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტის, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, lianakuparadze@gmail.com 555362810 საქართველო, თბილისი.

ლიანა ებანოიძე, სტუ მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტის, უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი, l.ebanoidze@gtu.ge 555374772 საქართველო, თბილისი.

მანანა მამულაშვილი, სტუ მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტის, უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი, mananamamula59@gmail.com 558349833 საქართველო, თბილისი.

რეცენზენტი : გიორგი მჭედლიშვილი - სტუ. გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის სრული პროფესორი g_mchedlishvili@mail.ru 599960810

აბსტრაქტი - წყლის დეფიციტის პირობებში, მსოფლიო ცდილობს გამოიკვლიოს და გააუმჯობესოს მტკნარი და ბუნებრივი წყლის გაწმენდის ყველა არსებული ტექნოლოგია. ამ მხრივ სითხეების გასუფთავების მემბრანული სისტემა და ახალი მემბრანების შექმნა დღესდღეობით ითვლება ყველაზე წარმატებულ ტექნოლოგიად. მემბრანული პროცესები გვთავაზობენ უფრო კომპაქტურ დანადგარებს ახალი მოდიფიცირებული მემბრანებით და ოპტიმიზირებული ექსპლუატაციური დანახარჯებით.

აღნიშნულ ნაშრომში შესწავლილია წყლის ფილტრაციის პროცესებში მნიშვნელოვანი მემბრანაწარმოქმნელი პოლიმერის აცეტატცელულოზის (აც) კომპოზიციებიდან [(10%-ინი აც/დმფ, 10%-იანი აც/აცეტონი, 10%-იანი აც/აცეტონი/დმფ (1:1)] ფაზური ინვერსიით ახალი მემბრანების მიღება და მათი გამოყენება წყლის ტესტირებისთვის. შესწავლილია წნევის და პოლიმერული ხსნარების შედგენილობის გავლენა მემბრანების ხვ.წარმადობის და ფორის ზომის მნიშვნელობებზე. მემბრანების ზედაპირული მორფოლოგია შესწავლილია მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპის გამოყენებით, დადგენილია, რომ წნევის ცვლილება გავლენას ახდენს გაფილტრული წყლის ნაკადის რაოდენობაზე სამივე კომპოზიციიდან მიღებული მემბრანის შემთხვევაში. ასევე დადგენილია, რომ ფორის ზომის მნიშვნელობების გათვალისწინებით ისინი წარმოადგენენ მიკროფილტრაციულ მემბრანებს. ხვ. წარმადობის უკეთესი მახასიათებელი გააჩნია M3 მემბრანას, რომელიც მიღებულია 10%-იანი აცეტატცელულოზა/აცეტონი/დმფ პოლიმერული კომპოზიციიდან როცა ხსნარზე მოქმედი წნევა არის 1,5ბარი.

საკვანძო სიტყვები: მიკროფილტრაცია, პოლიმერული მემბრანა, ფაზური ინვერსია წარმადობა, წნევა.

წყლის გაწმენდის მემბრანული სისტემა დღესდღეობით ითვლება ყველაზე წარმატებულ ტექნოლოგიად. გაყოფის ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით მემბრანული პროცესები გვთავაზობენ უფრო კომპაქტურ დანადგარებს

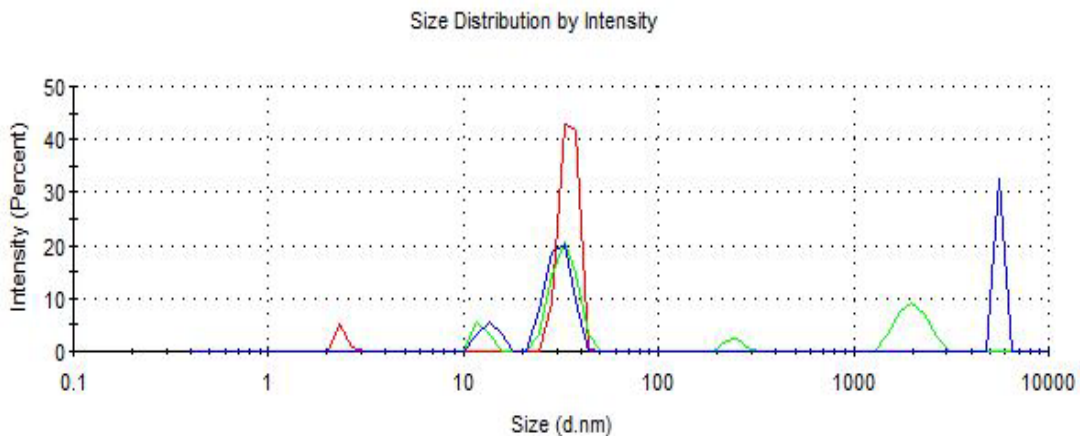
ოპტიმიზირებული ექსპლუატაციური დანახარჯებით. გარდა ამისა მემბრანული პროცესები ხორციელდება ქიმიური დანამატების გარეშე. ამ სისტემის საფუძველი ნახევრადშელწევადი ფოროვანი მემბრანებია, რომელშიც გაივლის წყლის ნაკადი და იწმინდება მინარევებისგან. მემბრანული სისტემები აკავებენ ჭუჭყს და მოქმედებენ როგორც წვრილი საცერი. რაც უფრო წვრილფოროვანია მემბრანა მით მაღალია გასუფთავების ხარისხი და მეტი წნევა საჭირო ფილტრაციისათვის [1,2].

მემბრანულ პროცესებში, ხსნარზე მოქმედი წნევა წარმოადგენს მამოძრავებელ ძალას, ხსნარის პერმეატად და რეტენტეტად დასაყოფად. ასეთ მემბრანებში თანაბრად არის განაწილებული ფორები მემბრანის მთელ ზედაპირზე. პერმეატის ნაკადი მიკროფილტრაციისას დროსთან მიმართებაში მცირდება, მემბრანის ზედაპირზე და მემბრანის შიგნით დაგროვილი დაჭერილი ნაწილაკების რაოდენობის ზრდის შესაბამისად. ამასთანავე წნევებს შორის სხვაობა გავლენას ახდენს როგორც ფილტრატის რაოდენობაზე, ასევე ფილტრაციის პროცესის ხარისხზე. მსოფლიოში წარმოებული მემბრანების დიდი ნაწილი დამზადებულია პოლიმერებისგან. მემბრანა წარმოქმნილი პოლიმერების მნიშვნელოვანი წარმომადგენლებია აცეტატცელულოზები, რომლებიც გამოიყენებიან ფილტრაციის ყველა სფეროში [3].

ბარომემბრანული პროცესები: მიკროფილტრაცია, ულტრაფილტრაცია და უკუოსმოსი განსხვავდებიან დაკავებული ნაწილაკების ზომით და პროცესისათვის საჭირო წნევით. დაყოფის ხარისხი განისაზღვრება ასევე მემბრანის ფორის ზომით. მიკროფილტრაცია გამოიყენება სითხეებიდან კოლოიდური ნაწილაკების და მიკრონაწილაკების ზომით 0,02-10მკმ მოსაცილებლად (წნევა 0,1-1,0მპა). ულტრაფილტრაცია გამოიყენება მაღალ- და დაბალმოლეკულური ნივთიერებების ხსნარების დასაყოფად. მემბრანები აკავებენ 0,001-0,02 მკმ ზომის და 300-300000-მდე მოლეკულური მასის ნაწილაკებს (წნევა 0,1-2,0მპა). უკუოსმოსი ხორციელდება ძირითადად გამხსნელის შეღწევით მემბრანაში და გახსნილი ნივთიერების დაკავებით. მეთოდს საფუძვლად უდევს ოსმოსის მოვლენა და ოსმოსური წნევა რომლის დროსაც მყარდება წონასწორობა. თუ გამოვიყენებთ ოსმოსურ წნევაზე მეტ წნევას წარმოიქმნება უკუპროცესი გამხსნელის გადმოსვლა ხსნარიდან [4].

ექსპერიმენტულ კვლევებში წნევის გავლენის დასადგენად ფილტრაციის პროცესებში გამოიყენებული იყო აცეტატცელულოზას(აც) [10%-იანიაც/დმფ, 10%-იანი აც/აცეტონი,

და 10%-იანი აც/აცეტონი/დმფ (1:1) კომპოზიციებიდან ფაზური ინვერსის სველი მეთოდით მიღებული პოლიმერული მემბრანები. ფაზური ინვერსიული მემბრანები ფართოდ გამოიყენება ქიმიური მრეწველობის მრავალ დარგში, ბიოტექნოლოგიაში და სითხეების ფილტრაციისათვის [5,6]. მათ მიეკუთვნება აცეტატცელულოზური მემბრანები, რომელთა მიღება და გამოყენება წყლის გაწმენდის მემბრანულ სისტემებში დღესდღეობით ითვლება ერთერთ ყველაზე წარმატებულ ტექნოლოგიად. აცეტატცელულოზას გახსნის პროცესი ჩატარებული იყო დიმეთილფორმამიდში, აცეტონში და აცეტონ-დმფ-ის ნარევი(1:1).



სურათი 1. კომპოზიციებში არსებული ნაწილაკების ზომების ინტენსივობის მრუდები.

მწვანე მრუდი შეესაბამება 10%-იანი აც/დმფ კომპოზიციას, წითელი მრუდი-10%-იანი აც/აცეტონის კომპოზიციას, ლურჯი მრუდი - 10%-იანი აც/აცეტონი/დმფ-ის კომპოზიციას.

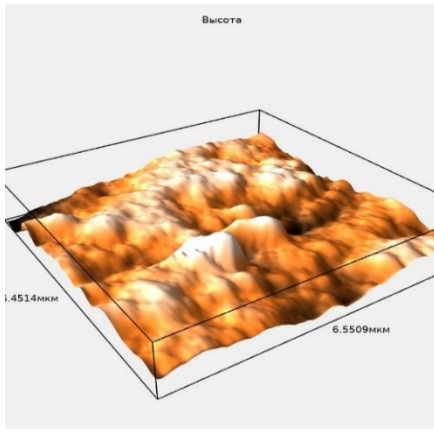
აცეტატცელულოზას სამივე კომპოზიციაში აღმოჩნდა 50ნმ-ის ზომის ნაწილაკი, ხოლო კომპოზიციებიდან ყველაზე დიდი ზომის ნაწილაკი 8000ნმ ზომის დაფიქსირდა 10%-იანი აც/აცეტონი/დმფ-ის ხსნარში. მიღებული ხსნარები გაფილტვრის და ვაკუუმში დეაერაციის შემდეგ დაიტანებოდა ლაბორატორიულ ფილერზე მოთავსებულ მინის ფირფიტაზე. გამოლექვის პროცედურები ჩატარებულია გამოხდილი წყლის საკოაგულაციო აბაზანაში 60°C-ზე. ნიმუშები ირეცხებოდა 60°C-იანი წყლით 6სთ-ის განმავლობაში და ყოვანდებოდა გამრეცხ აბაზანაში წყალში ხსნადი ნივთიერებების მოსაცილებლად. განსაზღვრული იქნა მიღებული მემბრანების M1, M2, M3 ფორის ზომები და შესწავლილია წყლის ტესტირება განსხვავებულ 0,5ბარ, 1 ბარ და 1,5 ბარ წნევებზე. ცხრილში 1. მოცემულია პოლიმერული კომპოზიციების შედგენილობა,

გამოლექილი მემბრანების ფორის ზომები და განსხვავებულ წნევებზე ჩატარებული ხვ. წარმადობის მნიშვნელობები. სამივე პოლიმერული სისტემიდან გამოლექილი მემბრანები ფორის ზომის მნიშვნელობებით წარმოადგენენ მიკროფილტრაციული მემბრანებს. ტესტირების შედეგებმა აჩვენა, რომ აცეტატცელულოზა/აცეტონი/დმფ-დან გამოლექილ მემბრანას გააჩნია ხვ. წარმადობის უკეთესი მნიშვნელობა 1,5 ბარ წნევაზე. ზოგადად აღნიშნულ წნევაზე სამივე მემბრანის ხვ. წარმადობები უფრო მაღალია ვიდრე 0,5ბარ და1 ბარ წნევებზე.

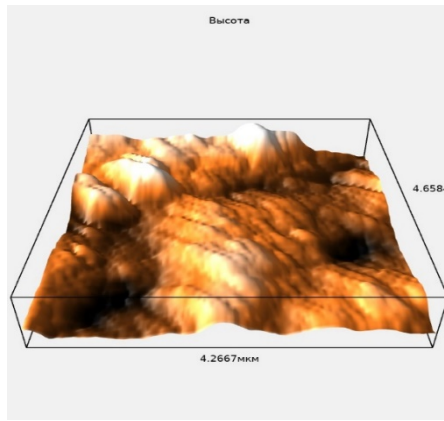
ცხრილი 1. პოლიმერული კომპოზიციების შედგენილობა, გამოლექილი მემბრანების ფორის ზომები და განსხვავებულ წნევებზე ჩატარებული ხვ. წარმადობის მნიშვნელობები.

კომპოზიცია	მემბრანა	წნევა, ბარი	ხვ.წარმადობა, ლ/მ ² სთ	ფორის ზომა
10% აც/დმფ	M1	0,5	205,3	1,2
		1	298,5	
		1,5	301	
10% აც/აცეტონი	M2	0,5	198	0,9
		1	238,6	
		1,5	304,1	
10% აც/აცეტონი/დმფ(1:1)	M3	0,5	248	1,3
		1	305	
		1,5	428	

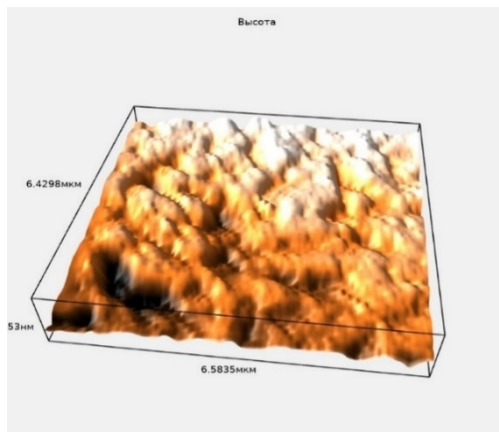
მემბრანების დახასიათება ასევე მოხდა მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპის გამოყენებით. სურათზე 2,3,4 მოცემულია M1, M2, M3 მემბრანების მიკროსურათები



სურათი 2. M1 მემბრანა



სურათი 3. M2 მემბრანა



სურათი 4. M3 მემბრანა

მიკროსურათების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მემბრანების ზედაპირულ მორფოლოგიაზე გავლენას ახდენს დასასხმელი პოლიმერული კომპოზიციის შედგენილობა. M1 და M2 მემბრანების ზედაპირის რელიეფი, რომლებიც მომზადებულია დიმეთილფორმამიდში და აცეტონში, არაერთგვაროვანი ფოროვანი სტრუქტურისაა, დეფექტებით და მიკროღრუებით, მცირე ფორიანობით და ამაღლებებით, ხოლო M3 მემბრანას, რომელიც გამოლექილია აც/აცეტონი/დმფ ხსნარიდან გააჩნია უკეთესი ფოროვანი სტრუქტურა, არ გააჩნია ამაღლებები და დეფექტები.

ამრიგად, მიღებული მემბრანების მახასიათებლების და სტრუქტურას შორის დამოკიდებულებამ აჩვენა, რომ პოლიმერულ კომპოზიციებში განსხვავებული გამხსნელების გამოყენებით იცვლება ხსნარის თერმოდინამიკური და კინეტიკური პარამეტრები, ფაზური დაყოფის და მასაგადატანის პროცესები, რის გამოც მიიღება

განსხვავებული სტრუქტურის და ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლების მქონე მემბრანები.

კვლევებით ასევე დადგინდა, რომ მიღებული მემბრანების მახასიათებლებზე გავლენას ახდენს ფილტრაციისას მოქმედი წნევა. უკეთესი სტრუქტურა და მახასიათებლები გააჩნია M3 მემბრანას, რომელიც მიღებულია 10%-იანი აცეტატცელულოზა/ აცეტონი/დმფ პოლიმერული კომპოზიციიდან, როცა ფილტრაციის წნევა არის 1,5ბარი .

ლიტერატურა

1. Robert Riley, J.O. Gardner, Ulrich Mertena. (1964). Cellulose Acetate Membranes: Electron Microscopy of Structure, SCIENCE, Vol.143, Issue 3608, pp. 801-803.
2. G.J. Gittens, P.A. Hitchcock, G.E. Wakley. (1973). The structure of cellulose acetate membranes for reverse osmosis. Part 2. Transmission and scanning electron microscopy of membranes cast from an acetone-formamide dope, Desalination, v.12, Issue 3, pp.315-332.
3. J.M. Peng, Y.L. Su, W.G. Chen, Q. Shi, Z.Y. Jiang. (2010). Effects of coagulation bath temperature on the separation performance and antifouling property of poly(ether sulfone) ultrafiltration membranes, Ind. Eng. Chem. Res. 49 (2010)4858–4864.
4. Nancy Li, Jackie Zheng, Pejman Hadi, Mengying Yang, Xiangyu Huang, Hongyang Ma, Harold W. Walker, Benjamin S. Hsiao. (2019). Synthesis and Characterization of a High Flux Nanocellulose-Cellulose Acetate Nanocomposite Membrane, Membranes, 9(6) 70.
5. Kutz SM, Bentley DL, Sinclair NA. (1985). Improved Fixation of cellulose-acetate reverse-osmosis membrane for scanning electron microscopy, Applied and Environmental Microbiology, 49(2): 446-450.
6. G. Mocca. (1976). A study of the structure of reverse osmosis membranes by means of the scanning electron microscope, Journal of Microscopy, Volume 107, Issue 1, pp.67-77

Research of baromembrane processes based on cellulose acetate membrane

Giorgi Bibileishvili, Director of Engineering Institute of Membrane Technology of Georgian Technical University, Chief Researcher, 75bibileishvili@gmail.com, 599077575, Georgian, Tbilisi.

Nana Gogesashvili, Chief Researcher of Engineering Institute of Membrane Technology of Georgian Technical University, nanagogesashvili@gmail.com 591 168489, Georgian, Tbilisi.

Mzia Kezherashvili, Chief Researcher of Engineering Institute of Membrane Technology of Georgian Technical University, kezherashvilimzia@gmail.com 593741384 Georgia, Tbilisi.

Liana Kuparadze, Chief Researcher of Engineering Institute of Membrane Technology of Georgian Technical University, lianakuparadze@gmail.com 555362810 Georgia, Tbilisi.

Liana Ebanoidze, Engineering Institute of Membrane Technologies of Technical University of Georgia, senior scientific employee, l.ebanoidze@gtu.ge 555374772 Georgia, Tbilisi.

Mamulashvili Manana, Engineering Institute of Membrane Technologies of Technical University of Georgia, senior scientific employee, mananamamula59@gmail.com 558349833

Reviewer: Giorgi Mchedlishvili - Stu. Full Professor of the Department of Environmental Engineering and Ecology g_mchedlishvili@mail.ru 599960810

Abstract. In the face of water scarcity, the world is trying to research and improve all available technologies for purifying fresh and natural water. In this regard, the membrane system for liquid purification and the creation of new membranes is considered the most successful technology today. Membrane processes offer more compact plants with new modified membranes and optimized operating costs.

In this paper, the preparation of new membranes by phase inversion from the compositions of the important membrane-forming polymer cellulose acetate (CA) [(10% CA/DMF, 10% CA/Acetone, 10% CA/Acetone/DMF (1:1)] in water filtration processes, and their use for water testing are studied. The effect of pressure and the composition of polymer solutions on the performance and pore size of the membranes has been studied. The surface morphology of the membranes was studied using a scanning probe microscope, and it was established that the change in pressure affects the amount of filtered water flow in the case of membranes obtained from all three compositions. It is also established that, taking into account the pore size values, they represent microfiltration membranes. The M3 membrane obtained from a 10% cellulose acetate/acetone/DMF polymer composition has a better productivity characteristic when the solution pressure is 1.5 bar.

Keywords: Microfiltration, polymeric membrane, phase inversion, productivity, pressure.

საქონლის ძვლის ნაცრის გამოყენების არსებული
და პერსპექტიული სფეროები

თეიმურაზ ჭეიშვილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური და
ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი,
მ. კოსტავას ქ. N 69, 0192, თბილისი, საქართველო.
E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

მარინე შავლაყაძე თბილისის ჰუმანიტარული უნივერსიტეტი, ბერი გაბრიელ
სალოსის გამზირი 31, ქ. თბილისი, საქართველო,
E-mail: marishavlakadze@gmail.com

ეკა უჩანეიშვილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური
ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტი,
მ. კოსტავას ქ. N 69, 0192, თბილისი, საქართველო.
E-mail: Uchaneishvili.eka@gmail.com

ვალენტინა კობალაძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და
ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი,
მ. კოსტავას ქ. N 69, 0192, თბილისი, საქართველო.
E-mail: v.kobaladze@gtu.ge

რეცენზენტები:

გივი ლოლაძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური
ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტის ასოც. პროფესორი
E-mail: g.loladze@gtu.ge

გულნაზი ტაბატაძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური
ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტის ასოც. პროფესორი
E-mail: g.tabatadze@gtu.ge

ანოტაცია. სხვადასხვა სახის ტექნოლოგიური ნარჩენების გადამუშავებას უდიდესი ეკოლოგიურ-ეკონომიკური მნიშვნელობა აქვს. გამონაკლისს არც საქონლის ძვლები წარმოადგენენ, რომელთა გადამუშავების ტექნოლოგია საქართველოში არ არის. ამავე დროს, საქონლის კიდურებში არსებული ძვლები წარმოადგენენ ნედლეულს, რომლისაგან მიიღება კალციუმფოსფატური სასუქი - ძვლის ნაცრის სახით. ამავე დროს, ძვლის ნაცარი ფართოდ გამოიყენება სილიკატურ დარგში - მინებისა და ჭიქურებისათვის განსაკუთრებული თვისებების მისანიჭებლად.

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ძვლის ნაცრის, როგორც კომპლექსური კალციუმის და ფოსფორის ოქსიდების შემცველი ნედლეულის, ცნობილი და $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ კომპოზიციაში შექმნილი ბიოაქტიური მინების მისაღებად გამოყენება. გარკვეული შედგენილობის 12 მინისათვის შედგენილი იქნა კაზმები, რომლებშიც ძვლის ნაცრის, როგორც საკაზმე ნედლეულის რაოდენობამ შეადგინა 25 მას.%-მდე. შესაბამისი კაზმებიდან განხორციელდა ბიომინების სინთეზი და შესწავლილი იქნა რიგი მახასიათებელი თვისება.

დადგინდა ძვლის ნაცრის მონაწილეობით შედგენილ კაზმიდან, 1300 – 1340°C ტემპერატურაზე განხორციელებული ხარშით მინის ჰომოგენური ნადნობების მიღების შესაძლებლობა. სინთეზირებული მინების თვისებათა შესწავლით და ბიომასალების მიმართ არსებულ და ISO-სტანდარტში წარმოდგენილ მოთხოვნათა შედარებით კეთდება დასკვნა, რომ მიღებული მინები შეიძლება მიეკუთვნოს ბიოაქტიურ მინამასალებს. შესაბამისად, შესაძლებელი ხდება ბიომინების მისაღებად ძვლის ნაცრის, როგორც ნედლეულის რეკომენდირება.

საკვანძო სიტყვები: საქონლის ძვალი, ძვლის ნაცარი, ბიომინა, მიღება, თვისებები

შესავალი

სხვადასხვა სახის ტექნოლოგიური ნედლეულის მიზნობრივი გამოყენება დღეისათვის ითვლება ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს საკითხად, რომლის გადაწყვეტა უკავშირდება ეკოლოგიური და ეკონომიკური ხასიათის არსებული პრობლემების გადაწყვეტას. სამრეწველო ნარჩენების გამოყენება, მით უფრო ცხოველური წარმოშობის, დღემდე ბოლომდე შესწავლილი არ არის. კონკრეტულ მიმართულებად შეიძლება ჩაითვალოს

ნარჩენი ძვლების გადამუშავება და მისგან სასარგებლო პროდუქტის მიღება. უნდა აღინიშნოს, რომ არსებული ფრიველთა და ცხოველთა ნარჩენების გადამუშავების პრაქტიკა საშუალებას იძლევა დამზადდეს ცხიმოვანი და საკვები პროდუქტები და ასევე სასუქი. მათ მისაღებად დამუშავებულია და პრაქტიკულად მრავალ ქვეყანაში ხორციელდება ხორც-ძვლოვანი და ძვლოვანი ნარჩენების გადამუშავება [1, 2].

არსებულ ტექნოლოგიათა სრულყოფით შესაძლებელი გახდა უცხიმო ძვლის ფქვილის და ძვლის ნაცრის მიღება. ეს უკანასკნელი, ბოლო წლებში, მრავალფუნქციური დანიშნულებით მოსინჯული იქნა სილიკატურ დარგში, მაგრამ განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მისი გამოყენება ე.წ. „სამეფო ფაიფურის“ - ძვლის ფაიფურის მისაღებ ძირითად ნედლეულად [3, 4].

ძვლის ნაცრის სილიკატური მასალების წარმოებაში გამოყენების არსებული პრაქტიკული გამოცდილებიდან გამომდინარე, ჩატარდა სამუშაო, რომელიც მიზნად ისახავდა ბიომინის მისაღებ ნედლეულად ძვლის ნაცრის გამოყენების შესაძლებლობის დადგენას. აღნიშნულს უნდა გაემარტივებინა ბიოაქტიური მინის მიღება, რადგან ძვლის ნაცარი წარმოადგენს კომლექსურ კალციუმფოსფატურ ნედლეულის და აქედან შესაძლებელი ხდება ბიომინაში შემავალი და აუცილებელი კალციუმის და განსაკუთრებით ფოსფორის ოქსიდების შეტანა [5, 6].

ძირითადი ნაწილი

ძვლის ნაცარი ძირითადად მიიღება მსხვილფეხა საქონლის კიდურების შემცველი ძვლების გადამუშავებით, რომელთაგან უპირატესობა მიენიჭება მილა ძვლებს. ასეთი ძვლების გადამუშავების ტექნოლოგია საკმაოდ რთულია, მაგრამ მისი დამუშავების სხვადასხვა ეტაპზე მიიღება არა ერთი დასახელების პროდუქტი [7].

როდესაც საკითხი ეხება ძვლის ნაცრის მიღებას, მაშინ საჭირო ხდება ორსაფეხურიანი ტექნოლოგიის გამოყენება. პირველ საფეხურზე ხდება ძვლის რეცხვა, დანაჭროვნება დაჭრით, ავტოკლავური ხარშვა – სტერილიზაცია და შემდგომ ნახარშის განცალკავება „წყალი-ცხიმი“ ემულსიასა და „წყალი-ძვალი“ ხოხოზიკზე. ემულსიიდან გამოიყოფა ცხიმი (ტექნიკური/საკვები), ხოლო სუსპენზიას აშრობენ და ძვალს წმინდავენ ზედმეტი ნაწილებისაგან. ტექნოლოგიური პროცესის მეორე საფეხური იწყება მოხარშულ-სტერილიზებული და გასუფთავებული ძვლის განმეორებითი ხარშვით, მაგრამ

ცხიმგამხსნელების დამატებით, რადგან პირველი ეტაპის ბოლოს მიღებული ძვალი, როგორც წესი შეიცავს ძვლის შემადგენელ ორგანულ ნაწილს (არა უმეტესი 10 %). შემდგომ ხდება ნახარშის გაფილტვრა და ძვლის ნარჩენის გარეცხვა. მომდევნო ოპერაციას წარმოადგენს ძვლის ნაჭრების მოთავსება ღუმელში და დაახლოებით 1000°C-ზე მათი გამოწვა, რის შედეგად მიიღება ე.წ. „მწვარი ძვალი“. მიღებული გამომწვარი ძვალი იმსხვრევა და დაიფუჭევა, ხოლო საჭიროების შემთხვევაში, იცრება და იფუთება. საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს ძვლის ნაცარი, რომელიც ფართოდ მოიხმარება სილიკატურ მრეწველობაში ტექნოგენური ნედლეულის სახით ან პირდაპირი დანიშნულებით – გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში სასუქის სახით. ორივე შემთხვევაში მნიშვნელობას იძენს ძვლის ნაცრის ქიმიურ-მინერალური შედგენილობა. ძვლის ნაცარში შემავალი ძირითადი ნაერთებია (მას. %): CaO დაახლოებით 53, ხოლო P_2O_5 -40,4-მდე და MgO – 3-მდე). მათ გარდა ძვლის ნაცარი შეიცავს დაახლოებით 0,35% SiO_2 , 0,25% Al_2O_3 ; 0,1% Fe_2O_3 და რიგ ესენციალურ მიკროელემენტებს. რაც შეეხება ძვლის ნაცრის მინერალოგიურ შედგენილობას - ძირითად მინერალს წარმოადგენს ჰიდროქსიაპატიტი - $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ (დაახლოებით 95 %). მის გარდა ის შეიცავს: $Mg(OH)_2$ - 4%-ზე მეტი, მცირე ოდენობით $Ca(OH)_2$ - 0,22 %-მდე და არაორგანული ბუნების სხვა მინარევებს (0,7%-ზე ნაკლები). ძვლის ნაცრის ქიმიურ-მინერალური შედგენილობა განსაზღვრავს მის სასუქად და ასევე რიგი სილიკატური მასალების მისაღებ ნედლეულად ფართო გამოყენებას [8].

ძვლის ნაცარი, სხვადასხვა რაოდენობით სილიკატური მასალების მისაღებ ნედლეულად გამოყენებისას, უზრუნველყოფს:

- 1 – 3 % - დაბალ ტემპერატურებზე მინის დამრქალებას;
- 6 %-მდე -ჭიქურების ბზინვარებას და თერმულ სტაბილურობას;
- 8-15 % - აჩქარებს ნადნობების ღლობას;
- 25 – 50 % - ძვლის ფაიფურის მასებში, რადგან თიხებთან ნარევის სახით - ამცირებს

კერამიკული მასების ღლობის ტემპერატურას და კერამიკულ კეცს ანიჭებს ნახევარ-გამჭვირვალობას.

დღეისათვის ცოცხალი ძვლის ქსოვილის აღდგენა – მკურნალობის არსებულმა გამოცდილებამ აჩვენა, რომ ძალზე პერსპექტიული მასალაა ე.წ. ბიოკერამიკა, რომელშიც გაერთიანებულია როგორც კრისტალური (შეცხობით მიღებული) მასალები, ასევე

ამორფული ბუნების ბიომინა. პრაქტიკულად („in vivo”) გამოიყენება ჰიდროქსიაპატიტური და β-ტრიკალციუმფოსფატური კერამიკა, 45S5, S45PZ და სხვა შედგენილობის მინები, „ceravital”, „Cerabone”, „Bioverit” და სხვა დასახელებით ცნობილი მინაკერამიკა. აღნიშნულ ჩამონათვალში გამორჩეული ბიოაქტიურობით ხასიათდება ბიოაქტიური მინა, რომელთა აქტიურობას განაპირობებს „ძვალი - ბიომინა“ ურთიერთშერწყმის მრავალსაფეხურიანი მექანიზმის თავისებურება. აღნიშნულს განსაზღვრავს ბიომინის თავსებადობა ძვლის ქსოვილთან და ამასთან გამოირიცხება იმუნური ხასიათის რეაქციები და ფიბროზული ინკაპსულაცია [9, 10].

ბიოაქტიურობით გამორჩეული მინების კვლევა დღემდე ინტესიურად მიმდინარეობს და ორი მიმართულებით ხორციელდება: ახალი შედგენილობის ბიომინების მიღება და მათი სანედლეულო ბაზის გაფართოება. ჩატარებული სამუშაოს სანედლეულო ბაზაზე – მსხვილფეხა საქონლის ძვლის ნაცრის საფუძველზე. ჩატარებული სამუშაოს ძირითად ამოცანას წარმოადგენდა ცნობილი შედგენილობის „კლასიკური“ ბიომინების მირება ახალ სანედლეულო ბაზაზე - საქონლის ძვლის ნაცრის საფუძველზე. შერჩეული მასალა გამოირჩევა ჰიდროქსიაპატიტის მაღალი შემცველობით. აქედან, ასეთ ნედლეულს უნდა ახასიათებდეს ბუნებრივი ძვლისათვის (ქსენომვალი) ცნობილი ბიოაქტიურობა, რამაც საბოლოო პროდუქტში უნდა ჰპოვოს გამოვლინება.

ფოსფორის ანჰიდრიდის შემცველი ძვლის ნაცრის საფუძველზე შედგენილი იქნა $Na_2O \cdot CaO - SiO_2 - P_2O_5$ სისტემის მინების კაზმი, რომელშიც ძვლის ნაცრის რაოდენობა 10 – 25 მას.%-ს შეადგენდა. სხვა ნედლეული იყო: კალციუმის კარბონატი, კალციონირებული სოდა და სუფთა კვარცის ქვიშა. მინების სინთეზი განხორციელდა $1320 \pm 20^{\circ}C$ -ზე; მაქსიმალურ ტემპერატურაზე დაყოვნების დრო შეადგენდა 2-3 სთ. სინთეზირებული იქნა 12 განსხვავებული შედგენილობის მინა, რომლებშიც შემავალი ოქსიდების რაოდენობა იყო (მას. %): (5 – 10) P_2O_5 ; (45 – 60) SiO_2 ; (20 – 25) Na_2O და (15 – 25) CaO . მიღებულ მინებში ბიოაქტიურობის მახასიათებელი Ca/P ფარდობა 1,5-დან 5,0%-მდე ზღვრებში განლაგდა.

შესწავლილი იქნა მიღებული მინების მახასიათებელი თვისებები და დადგინდა, რომ ისინი ხასიათდებიან:

- სიმტკიცე კუმშვაზე (მპა) 470 – 510

- ქიმიური მდგრადობა პირობები: ($37\pm 1^{\circ}\text{C}$; რეაგენტი - ფიზიოლოგიური ხსნარი)
წონის დანაკარგებით (%) 1,3 – 1,5
- სიმკვრივე (ჰიდროსტატიკური აწონვით), კგ/მ³ 2,66 – 2,69
- წყალშთანთქმა (ოთახის ტემპერატურა) 0,05 – 0.06.

დასკვნა

ჩატარებული კვლევით დადასტურდა, რომ ტრადიციული შედგენილობის ბიომინერალის მიღება შესაძლებელია კაზმებიდან, რომლის შედგენილობაში შეიყვანება მსხვილფეხა საქონლის ძვლის ნაცარი. ძვლის ნაცრით შესაძლებელია მინის შედგენილობაში, შემავალი P_2O_5 -ის რაოდენობის სრულად, ხოლო CaO -ს შემცველობის ნაწილობრივ დაკმაყოფილება. ამავე დროს, კაზმში ძვლის ნაცრის რაოდენობა 25 %-მდე შეიძლება იყოს წარმოდგენილი, რაც უზრუნველყოფს ჰომოგენიზერებული მინების მიღებას $1300 - 1340^{\circ}\text{C}$ ინტერვალში.

ძვლის ნაცრის საფუძველზე მიღებული მინების მთელი რიგი ძირითადი მახასიათებელი თვისებების (სიმტკიცე კუმშვაზე, სიმკვრივე, ქიმიური მდგრადობა ფიზიოლოგიურ ხსნარში და წყალშთანთქმა შესატყვისობაშია იმ მონაცემებთან, რომელიც რეგულირდება ქირურგიულ იმპლანტების (ძვლის ჩამნაცვლებლები) მიმართებაში არსებული ISO-სტანდარტით [11].

ლიტერატურა

1. V.F. Federenko, N.P. Mishurov, L.Y. Kovalenko. , L.A Nemenushckava. Technological process and equipment used for slaughtering of livestock at meat processing plants, refrigerated slaughterhouses and when processing of by product raw material: scientific and a nalitical reviw. (2016) M.FGPNU „Rosinformagrotekn” (in Russian)
2. Animal bone processing. (2024). avigan.com.ua/page/perabotka-kostey-Zhivotnyh/-mp/23798 (in Russian)
3. Dz. Korotcova. Bone China. (2022) Nayka I jizn. N4, april. nkjru/article/articles/1734/(in Russian)
4. Bone China. Wikipedia. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
5. Biomaterials: problems and perspectives. Chemnet. ru/rus/ teaching/materials/biomaterials.pdf (in Russian)

6. M. Vallet-Regi, F. Balas. Silica Materials for Medical Application (2008). The Open Biomedical Engineering journal N2.
7. Bone processing methods. utilizatsiya-othodov.ru/utilizatsiya-biologichesk-othodov/kostej/ (in Russian)
8. Bone Ash. glazy.org/materials/248253
9. L.L. Hench. Chronology of Bioactive Glass Development and Clinical Applications (2013). New Journal of Glass and Ceramic, N3
10. I.D. Xynos, A.J. Edgar, L.D. Buttery. K Gene Expression Profiling of Human Osteoblasts Following Treatment with the Ionic Dissolution Products of Bioglass 45S5 (2021). Dissolution Journal of Biomedical. Materials Research. Journal of Biomedical. Materials Research. N 55(2).
11. ISO 13175-3:2012. Implant for surgery – Calcium phosphate. Part3: Hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate bone substitutes. M. Standartinform (in Russian)

Existing and Prospective Directions of Utilisation of Cattle Bone Ash

Teimuraz Cheishvili - Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Georgia, Tbilisi. E-mail:

t.cheishvili@gtu.ge

Marine Shavlakadze - Tbilisi Humanitarian University, Georgia, Tbilisi,

E-mail: marishavlakadze@gmail.com

Eka Uchaneishvili Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy Georgia, Tbilisi. Uchaneishvili.eka@gmail.com

Valentina Kobaladze Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Georgia, Tbilisi. v.kobaladze@gtu.ge

Reviewers:

Givi Loladze Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Associate Professor, E-mail: g.loladze@gtu.ge

Gulnazi Tabatadze Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Associate Professor, g.tabatadze@yahoo.com

Abstract. Processing of various types of technological wastes is of great ecological and economic importance. Beef bones are not an exception, the technology of processing of which is absent in Georgia. At the same time bones of cattle limbs are the raw material from which calcium-phosphate fertiliser is obtained - in the form of bone ash. At the same time bone ash is widely used in silicate industry - for giving special properties to glass and glaze.

The aim of the study was to use bone ash as a raw material containing complex oxides of calcium and phosphorus to produce bioactive glasses created in the known composition of $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$. For 12 glass compositions of a certain composition, where the amount of bone ash as charge raw material was up to 25 % by weight. Synthesis of biominerals was carried out from the corresponding charges and a number of their characteristic properties were studied.

The possibility of obtaining homogeneous glass melts from the charge consisting of bone ash at temperature 1300-1340°C was established. By studying the properties of the synthesised glasses and comparing the requirements for biomaterials and those presented in the ISO standard, it was concluded that the obtained glasses can be referred to bioactive glass materials. Consequently, it becomes possible to recommend bone ash as a raw material for the production of bioglasses.

Keywords: Beef bone, Bone ash, Bioglass, Obtained, Properties.

თბოსაიზოლაციო მინისებრი მასალები ტექნოგენური ნედლეულის საფუძველზე

თეიმურაზ ჭეიშვილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, ი, კოსტავას ქ. N 69, 0192, თბილისი, საქართველო. E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

ანა გურასპაშვილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი. E-mail: A.guraspashvili89@gmail.com

მაია მშვილდაძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, კოსტავას ქ. N 69, 0192, თბილისი, საქართველო. E-mail: maia_mshvildadze@gtu.ge

რეცენზენტები:

ნათელა ნიჟარაძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი E-mail: n.nizharadze@gtu.ge

გივი ლოლაძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტის ასოც. პროფესორი
E-mail: g.loladze@gtu.ge

ანოტაცია. თბოსაიზოლაციო ფორიანი მასალები ფართოდ გამოიყენება ენერგო-დამზოგავი ტექნიკურ-ტექნოლოგიური პროცესების სრულფასოვანი განხორციელები-სათვის. კერძოდ ცნობილია მათი განსაკუთრებული ეფექტურობა სამშენებლო საქმეში, თბოტექნიკაში და სხვ. ცნობილი თბოსაიზოლაციო მასალებიდან პერსპექტიულად მი-იჩნევა მათი არაორგანული სახეობა, რომელთა მიღება არაერთი სახეობის თიხოვანი (თიხები, თიხაფიქალები, არგილიტები) და სხვა სახის ქანებიდან ხდება. ასეთი სახის ნედლეულის გარდაქმნა ფორიან თბოსაიზოლაციო მასალაში (კერამიტი, ვერმიკუ-ლიტი, თბოსაიზოლაციო მინაბოჭკო და რიგი სხვა სახეობა) მაღალტემპერატურული აფუების პროცესის წარ-მართვის ხარჯზე ხდება.

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ფოროვანი მინისებრი მასალის, კერძოდ ქაფმინის მიღება არატრადიციული ნედლეულის საფუძველზე. ასეთ ნედლეულად გამოყენებული იქნა ვულკანური მინა-ობსიდიანი, რომელიც საქართველოში მოიპოვება. ობსიდიანის მინისებრ ფორიან მასალაში გარდაქმნის განსახორციელებლად გამოყენებული იქნა შემდეგი მიდგომა: საწყის ეტაპზე ობსიდიანის ბელტების და ნატეხების -მსხვრევა -

დაქუცმაცებით მიიღებოდა ერთკომპონენტიანი, მაგრამ მრავალფრაქციული სანედლეული ნარევი - კაზმი. ობსიდიანის მარცვლების ფრაქციებად დაყოფის შემდეგ, ცალკეულ ულუფებს ჩაუტარდათ თერმული დამუშავება ფართო (700 – 1200°C) ტემპერატურულ ინტერვალში და დადგინდა ქაფმანის მისაღებად საჭირო ტემპერატურული ინტერვალი. მიღებულ ქაფმინას განესაზღვრა რიგი მახასიათებელი თვისება.

დადგინდა, რომ ქაფმინის მისაღებად შერჩეული ბუნებრივი ვულკანური წარმოშობის მინის-ობსიდიანის ფოროვან მასალაში – ქაფმინაში გადასვლის შესაძლებლობა დამოკიდებულია რიგ ტექნოლოგიურ პარამეტრზე. მათ შორის მნიშვნელობას იძენს მარცვლების გრანულომეტრია და მათი ლღობა-აფუების ტემპერატურა, ანუ ქაფმინის უჯრედოვანი სტრუქტურის ჩამოსაყალბლად საჭირო ოპტიმალური პარამეტრები. ობსიდიანის სხვადასხვა ზომის მარცვლებისაგან შემდგარი მონოკაზმიდან მიღებულია ქაფმინის ნიმუშები, რომელთა მოცულობითი მასა (კგ/გ) თერმული დამუშავების პირობებიდან გამომდინარე 150-დან 650-მდე შეიძლება იცვლებოდეს.

საკვანძო სიტყვები: ობსიდიანი, ფრაქციულობა, თერმოდამუშავება, თვისებები.

შესავალი

ფორიან თბოსაიზოლაციო მასალათა მრავალ სახეობათა შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია ქაფმინას, რომელიც გამოირჩევა უჯრედოვანი დახურულფორიანი სტრუქტურით და ძალზე დაბალი თბო- და ბგერგამტარობით. ადვილად ექვემდებარება მექანიკურად დამუშავებას, არ იწვის და იძირება წყალში. მნიშვნელოვანია, რომ აღნიშნულ თვისებას ქაფმინა ხანგრძლივად ინარჩუნებს. ჩამოთვლილი და კიდევ სხვა ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების გათვალისწინებით, ქაფმინა მიიჩნევა უნივერსალურ და მრავალფუნქციურ მასალად. მაგრამ მისი მიღება ტექნიკურად მარტივი არ არის, განსაკუთრებით როდესაც საჭირო ხდება არა გრანულების, არამედ ბლოკების და ფილების ფორმის მქონე ნაწარმის მიღება. აღნიშნულს მიზეზიც გააჩნია, რაც უკავშირდება გამდნარი აფუებელი მინამასისათვის საჭირო ფორმის მინიჭებას და შემდგომ მის შენარჩუნებას [1-3].

ქაფმინსა და მისგან დამზადებული ნაწარმის მისაღები ძირითადი ტექნოლოგია ეფუძნება ე.წ. „ფხვნილოვან“ ხერხს, როდესაც ძირითად ნედლეულად აიღება ტექნოგენური მინის ლეწი ან სპეციალური თვისებების მატარებელი მინის ფრიტა, რომელიც

წინასწარ მოხარშული მინიდან არის მიღებული. ორივე მასალა - ნედლეულის შემთხვევაში საჭირო ხდება მათი წმინდად დაფქვა და მიღებული მინის ფხვნილის აირწარმომქმნელ (ამაქაფებელ) დანამატთან შერევა ერთგვაროვანი კაზმის მიღებამდე. შემდეგ ეტაპზე საჭირო ხდება ყალიბებში მოთავსებული ორკომპონენტური ნარევის გაღობა და აფუება/აქაფება, რაც გარდა მაღალი ტემპერატურებისა მოითხოვს მთელი ტექნოლოგიური ციკლის (აქაფება-ფორმის შენარჩუნება-მოწვა) წარმართვისას მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების უნაკლოდ ჩატარებას. ქაფმინის არსებული „კლასიკური“ ტექნოლოგია ძალზე ენერგოტევადია, რაც აძვირებს საბოლოო პროდუქტს და აძვირებს მის კონკურენტუნარიანობას [3-5].

ქაფმინის მიღების ტექნოლოგიური პროცესის გამარტივების უზრუნველსაყოფად, ასევე ეკონომიკური და ეკოლოგიური ხასიათის საკითხის გადაწყვეტის მიზნით დაიგეგმა ქაფმინის მისაღებ ძირითად ნედლეულად ბუნებრივი მინის-ობსიდიანის გამოყენების შესაძლებლობის დადგენა. ობსიდიანის საბადო არსებობს საქართველოში და განლაგებულია ფარვანის ტბის მიდამოებში.

ძირითადი ნაწილი

ქაფმინის მისაღებად შერჩეული ობსიდიანი წარმოადგენს მჟავა ხასიათის და ბუნებრივი წარმოშობის ამორფულ/მინისებურ ვულკანურ ქანს. ბუნებაში ის იშვიათ მასალას წარმოადგენს, რადგან წარმოიქმნა ამოფრქვეული მდნარი მთის ქანების ჩქარი გაცივებით. აღსანიშნავია, რომ ერთგვაროვანი ვულკანურ მინა - ობსიდიანი წარმოიქმნება ისეთი ნაღობებიდან, რომლებშიც წყლის შემცველობა არ აღემატება 1 %-ს. სხვა შემთხვევაში, როდესაც ამოფრქვეულ ვულკანურ მინებში წყლის შემცველობა მეტია (შეიძლება 5 %-ზე მეტიც იყოს) ადგილი აქვს ნაღობის ლავის გაცივებისას აფუების პროცესის წარმართვის, რის შედეგად მიიღება შედგენილობით და აღნაგობით (მინისებრი) მსგავსი ქანი - პერლიტი [7, 8].

ქაფმინის მისაღებად შერჩეული ნედლეული-ობსიდიანი ჩამოტანილი იქნა ფარვანის საბადოდან და წარმოადგენს „ჭიქაგორას“ ნაშალ, ფერით შავ მასიურ ბელტებს. ყბებიან მსხვრევანაში გატარებული ობსიდიანი საცრითი ანალიზით დაიყო ფრაქციებად: A – (15 ÷ 20) მმ; B – (10 ÷ 15) მმ; C – (5 ÷ 10) მმ; D – (< 5) მმ. შემდგომი კვლევა, რომელიც მიზნად ისახავდა საწყისი სანედლეულო მასალის ძირითადი მახასიათებელი

ტექნოლოგიური თვისობრივი პარამეტრების დადგენას ჩაუტარდა A, B და C ფრაქციულობის მასალებს. კერძოდ, დადგინდა ბუნებრივი ობსიდიანის მოცულობის მასა (A, B და C ფრაქციულობის მარცვლები), გარბილების და ლლობის ტემპერატურები (ფრაქცია A). ფიზიკური თვისებებიდან განისაზღვრა ობსიდიანის ნატეხების სიმკვრივე ჰიდროსტატიკური აწონვის მეთოდით. საკვლევ თვისებათა შესწავლით მიღებული შედეგები წარმოდგენილი ცხრილი - 1 სახით.

ცხრილი 1.

ობსიდიანის მახასიათებელი თვისებები

N	თვისების დასახელება	განზ. ერთ.	მასალის ნიმუში ან ფრაქციულობის ინდექსი	თვისობრივი მახასიათებლის მნიშვნელობა	
				ექსპერიმენტის მიხედვით	საშუალო
1	სიმკვრივე	კგ/მ ³	1	2468	2463
			2	2460	
			3	2462	
2	მოცულობითი სიმკვრივე	კგ/მ ³	A	2060	2207
			B	2220	
			C	2340	
	გარბილების ტემპერატურა	°C	A	1100 ± 20 ⁰	–
	ლობის ტემპერატურა	°C	A	1250 ± 20 ⁰	–

ჩატარებული კვლევების თავისებურებიდან აღსანიშნავია გარბილების ტემპერატურის და ლლობის ტემპერატურის დადგენის მეთოდური თავისებურებანი. საწყის ნიმუშად ორ შემთხვევაში აღებული იქნა 15 – 20 მმ ზომის წახნაგოვანი ნატეხები (ფრაქცია A), რომელიც თავსდებოდა კერამიკულ სადებზე და ასეთი სახით იდგმებოდა მუფელის ელექტროლუმელში. გარბილების ტემპერატურის დასადგენ პირობით ნიშანს წარმოადგენდა ნატეხის წახნაგის „ჩამოდნობა“, ხოლო ლლობის ტემპერატურა შეფასდა ნატეხის ფილაზე წვეთის სახით გაშლა.

პირველ ცხრილში წარმოდგენილი შედეგების მიხედვით - ობსიდიანი ხასიათდება სამრეწველო სილიკატურ მინებისათვის ცნობილი სიმკვრივით (2420 – 2500 კგ/მ³), მაგრამ მათთან შედარებით მაღალი გარბილების (1100°C) და ლლობის (1250°C) ტემპერატურებით (სილიკატური მინებისათვის, შესაბამისად დაახლოებით 750 და 900°C).

ექსპერიმენტით დადგინდა საკვლევ ობსიდიანის ნიმუშის თერმული დამუშავებით გამოწვეული წონის დანაკარგები. ამისათვის მასალის 5-10 მმ ზომის მარცვლები

(ფრაქცია C) აიღებოდა დაახლოებით 5 გ ოდენობით, თავსდებოდა კორუნდის 1200°C-ზე გამომწვარ ქოთნებში და იდგმებოდა მუფელის ელექტროლუმელში. თერმული დამუშავების ბიჯი შეადგენდა 100°C-ს, ხოლო ფხვნილების თერმული დამუშავება განხორციელდა 100 - 1000°C ტემპერატურულ ინტერვალში. ცალკეულ ტემპერატურებზე დაყოვნების დრო - 3 სთ. საწყისი და თერმული დამუშავების ფხვნილები აიწონებოდა ± 0,0001 გ სიზუსტით. თერმულად დამუშავებული გამოწვეულინიმუმების წონის ცვლილება მოყვანილია მე-2 ცხრილში, სადაც წარმოდგენილი წონის დანაკარგები (Δm , %) მატებაა დაფიქსირებული მთელი თერმოდამუშავების ინტერვალისათვის, მაგრამ Δm -ის მნიშვნელობის საგრძნობი უწყვეტი ცვლილება შეიმჩნევა 500°C უფრო მაღალ ტემპერატურებზე. მაქსიმალური დანაკარგი (დაახლოებით 0,6 % დაფიქსირდა 900 - 1000°C).

ცხრილი 2.

დამუშავებით გამოწვეული ობსიდიანის (C- ფრაქცია) წონის დანაკარგები (Δm %) და მოცულობითი სიმკვრივის (γ , კგ/მ³) ცვლილება

თვისება	ტ ე მ პ ე რ ა ტ უ რ ა, °C									
Δm , %	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
	0,08	0,13	0,15	0,19	0,26	0,34	0,38	0,41	0,57	0,61
თვისება	ტ ე მ პ ე რ ა ტ უ რ ა, °C									
γ , კგ/მ ³	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
	2200	985	670	475	370	290	235	205	380	440

ობსიდიონის იგივე C ფრაქციის ფხვნილებს ჩატარდა აფუებისადმი მიდრეკილების დადგენა, რაც განხორციელდა მათი თერმული დამუშავებით 750 - 1200°C ტემპერატურულ ინტერვალში. თერმული დამუშავების ტემპერატურული ბიჯი აღებული იქნა 50°C. აფუება ჩატარდა მუფელის ელექტროლუმელში, დაახლოებით 100 გ C- ფრაქციის ულუფისათვის, რომელიც განთავსდებოდა 120 მლ ტევადობის ფაიფურის ქოთანში. თერმული დამუშავების შედეგად მიღებულ მასალას დაუდგინდა მოცულობითი სიმკვრივე (γ , კგ/მ³). მიღებული შედეგები წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში, კერძოდ მაქსიმალურ ტემპერატურაზე 15 წუთის განმავლობაში დაყოვნებით მიღებული მასალების γ -ს სიდიდეები. მიღებული შედეგები უჩვენებს, რომ თერმული დამუშავების ტემპერატურის ზრდა გარკვეულ ზღვრამდე უზრუნველყოფს ობსიდიანის ფხვნილების გარდაქმნას ფოროვან მასალაში, რაც დასტურდება მოცულობითი სიმკვრივის სიდიდეთა კლებით 2200 კგ/მ³ (750 °C) 205 კგ/მ³ (1100°C) ინტერვალისათვის. ტემპერატურის

შემდგომი ზრდა (1150-1200°C) ზრდის ფოროვან მასალათა γ -ს მნიშვნელობებს, რაც გამოწვეული უნდა იყოს აფუებული ობსიდიანის უჯრედოვანი სტრუქტურის ჩაჯდომით, რისი მიზეზი მინის ნადნობის სიბლანტის მკვეთრი შემცირება უნდა იყოს.

დასკვნა

ტექნოგენური ნედლეულის საფუძველზე ქაფმინის, როგორც ეფექტური თბოსაი-ზოლაციო მასალის, მიღების შესაძლებლობის დასადგენად შესწავლილი იქნა ბუნებრივი მინის-ობსიდიანის გამოყენების შესაძლებლობა. ამისათვის საკვლევ ობიექტად აღებული იქნა ფარავნის ტბის სიახლოვეს მდებარე „ჭიქაგორის“ ბუნებრივი ვულკანური მინა - ობსიდიანი. სანედლეულო მასალის მსხვრევისა და ფრაქციებად დაყოფის შემდეგ შესწავლილი იქნა ობსიდიანის სიმკვრივე, სხვადასხვა ფრაქციებისათვის მოცულობითი სიმკვრივე, ნატეხებისათვის - გარბილების და ღლობის ტემპერატურები. საწყისი ნედლეულის შესწავლით დადგინდა, რომ სიმკვრივე და მოცულობითი სიმკვრივე ცნობილ სილიკატურ მინების ანალოგიურია, მაგრამ ბუნებრივი ობსიდიანი ხასიათდება უფრო მაღალი გარბილების და ღლობის ტემპერატურებით.

ობსიდიანის მონოკაზმების თერმული დამუშავებით დადგინდა მისი წონითი და-ნაკარგები ფართო ტემპერატურულ ინტერვალში (100 - 1000°C) და გამოვლინდა მასში აქროლადი (ძირითად წყლის მოლეკულები) შემადგენლის მცირე ოდენობა (ნაკლებია 1%-ზე). მიზნობრივად ჩატარებული ობსიდიანის მონოკაზმის თერმული დამუშავებით (750-1200°C) გაირკვა, რომ აფუების პროცესის ინტესიურობა შეიმჩნევა 950-1100°C ტემპერატურულ ინტერვალში (მოცულობითი), როდესაც ნაყარი სიმკვრივე 370-დან 215 კგ/მ³-მდე მცირდება), ხოლო ტემპერატურის შემდგომი ზრდა (1150, 1200°C) იწვევს აფუების ხარისხის შემცირებას და შესაბამისად მოცულობით სიმკვრივეთა მნიშვნელობების ზრდას (205-დან 440 კგ/მ³-მდე).

მიღებული შედეგების შეჯერებით შესაძლებელია ზოგადი ხასიათის დასკვნის გაკეთება - საქართველოს ობსიდიანი შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც შედგენილობით კომპლექსური, წარმომავლობით ტექნოგენური, საწყისი ნედლეული ქაფმინის წარმოების პროცესში.

ლიტერატურა

1. B.K.Demidovich. Foamglass. Minsk. Nayka u Technica. 1975 (in Russian)
2. Foamglass/insulation. Thermal conductivity. Porous. <https://www.britanica.com/science/foam-glass>.
3. Foamglass Technology. <https://sacmi.com/en-US>
4. Foamglass-my new favorite Insulation material. <https://www.buildinggreen.com>
5. Foamglass/Cellular Glass Insulation. <https://www.byinsulationproductstore.com>
6. Foamglass. ru. Wikipedia.org/wiki
7. Vitro volcanino. ru. Wikipedia.org/wiki (in Russian)
8. Vulkanicheckie stekla. Krugosvet ru/enc/Eart-scienses/geologia/html (in Russian)

Thermal insulating glass materials - based on technogenic raw materials

Teimuraz Cheishvili Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str. E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

Ana Guraspashvili Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, E-mail: A.guraspashvili89@gmail.com

Maia Mshvildadze Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str. E-mail: maia_mshvildadze@gtu.ge

Reviewers:

Natela Nizharadze Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Professor, E-mail: n.nizharadze@gtu.ge

Givi Loladze Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Associate Professor, E-mail: g.loladze@gtu.ge

Abstract. Porous heat-insulating materials are widely used for full realisation of energy-saving technical and technological processes. In particular, their special efficiency in construction works, heating technology, etc. is known. Among the known thermal insulating materials, their inorganic type, which can be obtained from several types of clays (clays, shales, argillites) and other types of rocks, is considered promising. The transformation of this type of raw material into porous thermal insulation material

(expanded clay, vermiculite, insulating glass fibre and a number of other types) takes place by carrying out the process of high-temperature blowing.

The purpose of research was to obtain porous vitreous material, in particular foam glass on the basis of non-traditional raw materials. Volcanic obsidian glass, which is mined in Georgia, was used as such raw material. To transform obsidian into vitreous porous material the following approach was used: at the initial stage by crushing obsidian belts and debris a single-component but multifractional grain mixture - charge was obtained. After separation of obsidian grains into fractions, individual portions were heat-treated over a wide (700-1200C) temperature range and the temperature range required to obtain Kaufmann's was determined. A number of characteristic properties were determined for the obtained foamed glass.

It was established that the possibility of transition of the selected natural volcanic rock into glass-obsidian porous material - foam glass depends on a number of technological parameters. Among them granulometry of grains and temperature of their melting-melting, i.e. optimal parameters necessary for formation of cellular structure of foam glass, acquire significance. From mono charge consisting of obsidian grains of different sizes, samples of foam glass were obtained, the volume mass of which (kg/g) can vary from 150 to 650 depending on the conditions of thermal treatment.

Key words: obsidian, fractionation, heat treatment, properties.

UDC 621.35

Scopus code 1603

Chemical stability of manganese-doped titanium electrode

Maia Gabrichidze - Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Chemical and Biological Engineering Department Associate Professor;

m.gabrichidze@gtu.ge ; mob: 593971563

Anastasia Manjavidze - Landau, Germany, University of Kaiserslautern-Landau (RPTU);

Master of Science in Environmental Pollution Management;

Anastasia.manjavidze@edu.rptu.de

Mob. +4917684755290

Ketevan Qaquchaia - Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, Bachelor's student;

Ketto.kakuchaia@gmail.com , Mob: 577770121.

Reviewer:

Jemal Shengelia. Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Engineering. Professor J.shengelia@gtu.ge, Mob. 599589794.

Khutsishvili Spartak. R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry (Ivane Javakhishvili Tbilisi State University); Senior Scientist; khutsishvili_sp@yahoo.com , Mob: 599-025-363

Keywords

Anodic dissolution, Corrosion, Electrochemical Activity, Electrosynthesis, Selective dissolution.

Abstract

In hydrometallurgical and galvanic processes, titanium is used as the anode base, which is characterized by high corrosion resistance. However, the use of this metal for anodes is limited by titanium's tendency to be passive.

To increase the electrochemical activity of the anode with respect to the oxygen evolution reaction in acidic electrolytes, a thin layer of mixed manganese and titanium oxides is formed on the titanium surface.

The relationship between the conditions of titanium alloying with manganese and the catalytic activity for electrochemical oxygen evolution and the corrosion resistance of the anode, on the other hand, was investigated.

It has been established that during cathodic alloying of titanium with manganese and subsequent anodic treatment in acidic aqueous electrolytes, a layer of manganese and titanium oxides is formed on the surface of titanium, providing relatively high reaction rates of anodic oxygen evolution.

Introduction

Efficiency of the electrochemical production is determined by a number of factors which for given electrochemical system refer to the electrochemical reactor design and electrode material choice. Average Space Time Yield which is measure of the process rate at the solution unit volume.

At given current density and bath composition parameter K mainly refers to the electrochemical reactor design. In modern electrochemical productions electrode performance condition are extremely tough (aggressive media, high overvoltage, elevated temperature etc.). In case of the anode, optimal electrode materials should meet a number of requirements often controversial:

- High electronic conductivity;
- Chemical stability;
- Catalytic activity and selectivity;
- High mechanical strength;
- Acceptable cost.

The precious metals or valve metals activated by precious metals (oxides) display superb electrode performance in a majority of electrosynthesis and galvanic baths as well as in impressed current protection environments. However a high cost of such materials simulates the search of more cost effective ones with the adequate performance characteristics.

Substitution of the precious metals by more cost effective materials is the most perspective approach to the problem. Well know examples of such approach are valve or graphite electrodes coated by a layer of lead oxide, which display low (compare to metallic) resistance of the order 5 to $6 \cdot 10^{-5}$ ohm·cm, acceptable chemical stability in the majority of electrolytes and low, comparable with platinum, overvoltage in respect of oxygen evolution reaction (OER). These anodes were successfully implemented in the chlorate- perchlorate electrosynthesis. However they have limited use in the productions where the contamination of the products by lead is a critical factor.

Oxide –valve metal electrode consist of a number of units each contributing to the performance characteristics of the electrode [1] (Fig. 1).

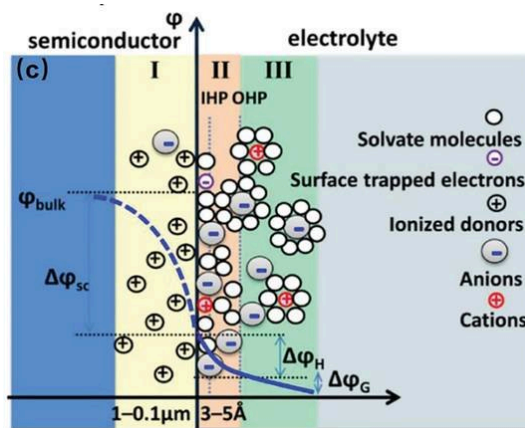


Figure 1. Energy band diagram at the semiconductor/electrolyte interface

The film materials is as active as less the value ΔV_1 , which means a negligible contribution of the ionic component of the conductivity and free flow of the charge carriers through film, providing high anodic current densities at reaction zone. The electrochemical and catalysis activity is actually determined by properties at the film-electrolyte interface. High adsorption ability and low ohmic drop (ΔV_2) in the space charge layer generally contribute to the low overall overvoltage of the electrode process (Fig. 2).

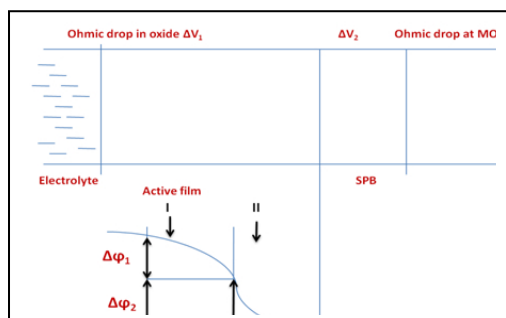


Figure 2. Model of metal oxide valve metal electrode (upper part) and charge distribution at semiconductor – electrolyte interface (lower part); ΔV_1 -Ohmic drop in the oxide film, ΔV_2 – Ohmic drop at solid phase boundary (SPB), I-Helmholtz layer, II-Space charge layer; Potential drop: at Helmholtz layer $\Delta\phi_1$, and at the space charge layer $\Delta\phi_2$.

The oxide film –valve metal solid phase boundary (SPB) is a critical zone of the electrode since it should provide reliable electric contact and good mechanical adhesion of the film to valve metal substrate. It is important that current flow though SPB should not cause any significant change in chemical or phase composition of the boundary [2, 3].

The overall potential of the electrode is determined by the sum:

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \Delta V_1 + \Delta V_2$$

The best performance is expected when ΔV_1 , ΔV_2 and $\Delta\varphi_2$ have extremely low values, at least three to four orders of magnitude lower the measured potential of the electrode.

Manganese Dioxide Activated Valve Electrodes

Attempts were to utilize manganese dioxide coated titanium anodes in a number of hydrometallurgical processes. In spite of the fact that stoichiometric manganese dioxide is a relatively poor conductor (20 times lower than graphite) such electrodes display reasonable electrochemical and catalytic activity in the sulfate electrolytes and can be used for the electrolysis of dilute sulfuric acid to split water with the formation of hydrogen and oxygen. A serious of such electrodes is the susceptibility of the manganese dioxide layer to localized cracking, which provokes the formation of the inner barrier layer of the titanium oxide and a rise of the transition resistance at manganese – titanium dioxide interface, i.e. a rise in ΔV_2 .

Manganese Activated Valve Electrode

Anodes prepared from manganese-titanium alloys are free from above mentioned imperfection and display excellent performance in sulfate electrolytes in respect of both OER and synthesis of manganese oxidizer [2]. However this material is of relatively high cost and suffer from low resistance to mechanical stresses which occur upon hammering out the product deposited at the anode, e.g. electrolytic manganese dioxide (EMD).

The alternative approach consist in the formation of activated mixed manganese –titanium layer at the titanium substrate, the so called Manganese Modified Titanium Anodes (MMTA) [4,5], which are more cost effective and mechanically resistant MMTA were successfully utilized in the EDM production more than 10 years. Promising results were also obtained in respect to the utilization of these anodes in a number of galvanic processes.

Experimental

MMTA were prepared:

- By welding the discrete layer of the manganese –titanium alloy at titanium rod (Fig. 3).

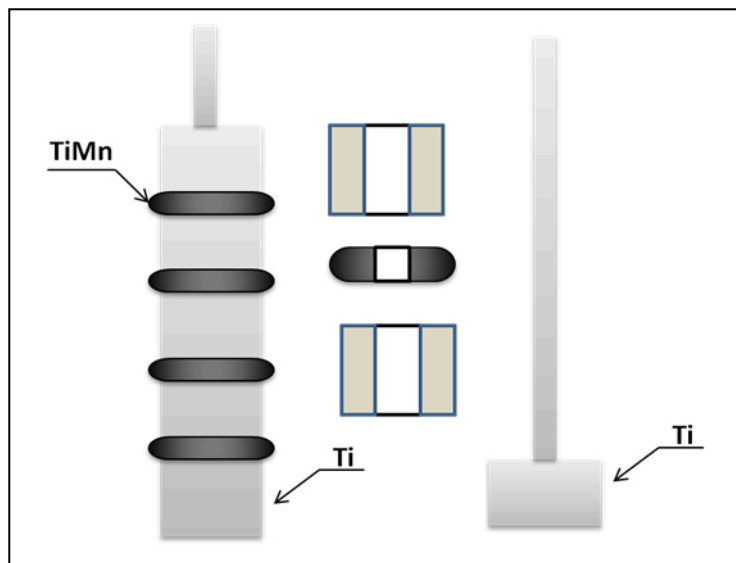


Figure 3. Sketch of the MMTA prepared by welding of manganese –titanium alloy on titanium substrate

- By forming thin (up to 20 μm) layer of mixed manganese –titanium oxides under thermal diffusion of manganese metal previously electrodeposited upon titanium substrate (Fig. 4)



Figure 4. The distribution of manganese in titanium surface layer SEM/EDAX micrograph

The structure and composition of the surface alloys were studied by means of SEM and Auger Electron Spectroscopy. The distribution of the elements in the surface layer was analyzed by means of ion sputtering technique and SEM/EDAX technique. Partial corrosion and dissolution rates of

manganese and titanium were calculated on the basis of the solution analysis provided by Atomic Absorption Spectrometer. Electrochemical performance characteristics were evaluated from polarization and cell voltage measurements as well as on the basis of photocurrent curves.

Electrochemical Activity

It is well now that titanium is subject to passivation under anodic polarization conditions. Under anodic oxidation the formation of barrier-type titanium dioxide layer takes place (Fig. 5).

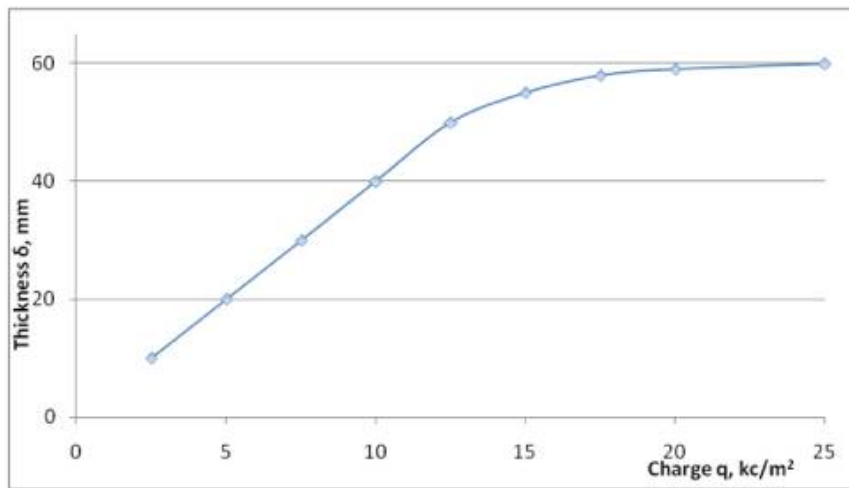


Figure 5. Variation of the thickness of the titanium oxide with the amount of electricity passing through the anode

Alloying of titanium by manganese results in enhancement of the oxygen evolution reaction – OER. At manganese content up to 16% the overvoltage of the OER is close to that, which is characteristic for platinum electrode (Fig. 6).

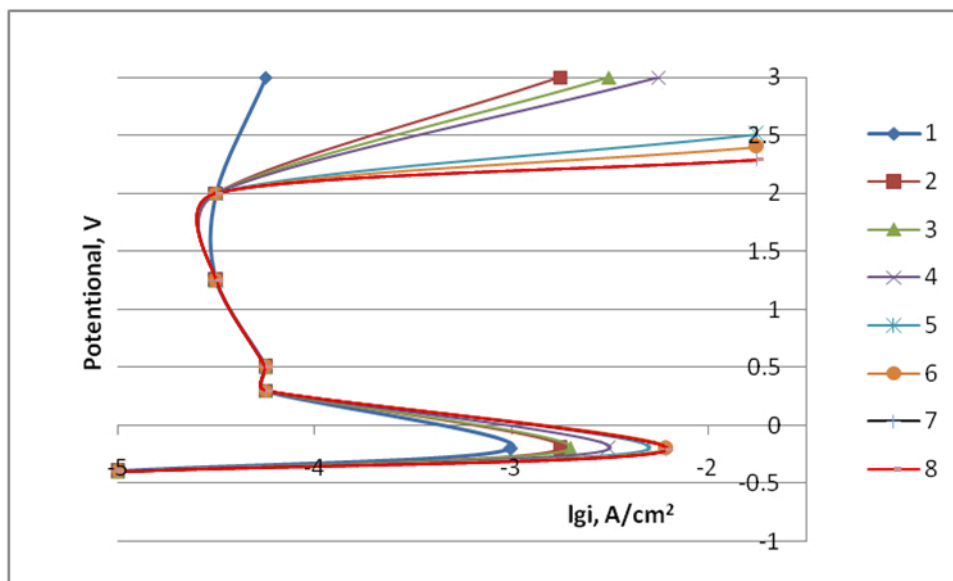


Figure 6. Anodic polarization curves of titanium (1) and manganese-titanium alloy with various content of manganese in 0.3 MH₂SO₄ at 25°C; manganese in wt%: 3(2), 5(3), 7(4), 9(5), 11(6), 13(7), 16(8)

Corrosion Stability

Corrosion rate of the alloy in sulphuric acid varies strongly with the variation in manganese content (Fig. 7). It is clear that alloys with optimal content of manganese (14 to 16wt %) is subject to corrosion with the rate about 63 mmpy, which is quite high and means that caution should be taken to avoid prolonged contact of the electrolyte with a nonpolarized MMT anode.

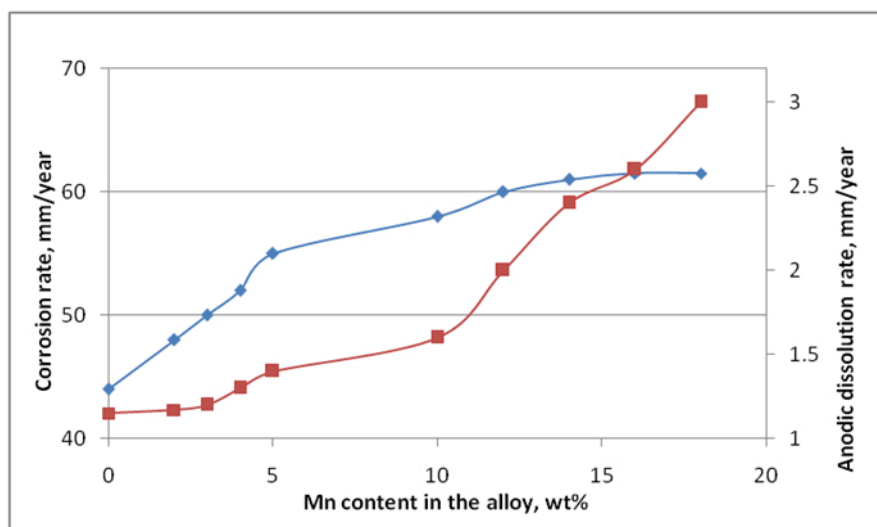


Figure 7. The dependence of corrosion rate and anodic dissolution rate on manganese content in manganese-titanium alloy

Dissolution rate increases rapidly with an increase in manganese content higher than 12wt%. It follows from these data that in case of 3mm thickness of the activated layer and at manganese content in the layer of 14 wt% anode performance periods of 5 to 8 years can be predicted. These terms turn to become longer particularly in case of the EMD electrosynthesis, where anode is covered by a corrosion stable MnO₂ layer soon after imposing anodic polarization.

Further information on chemical stability of the anode was obtained from the analysis of partial dissolution rates of manganese and titanium. A partial dissolution rate of manganese as well as selectivity coefficient (K_s) strongly varies with anode potential. In passive region dissolution rates of both components are relatively low and maximal value of K_s does not exceed 4. The dissolution rate of the component considerably increases with a shift of the potential in the region of the OER (Fig. 8).

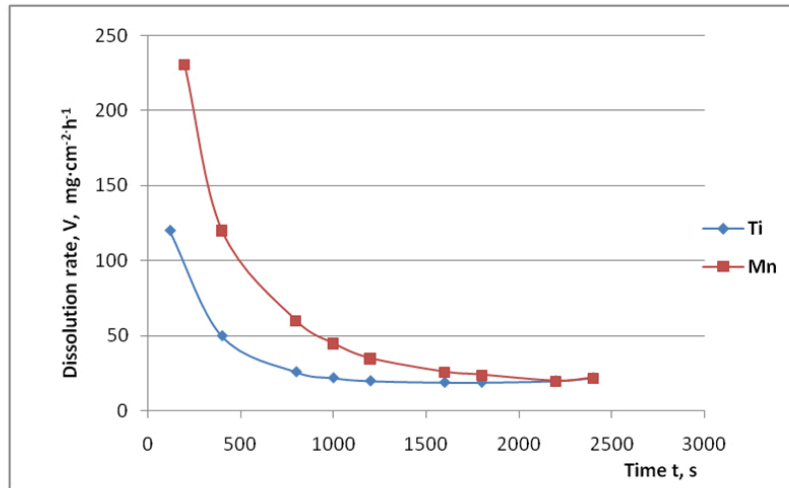


Figure 8. The variation of partial dissolution rates of titanium and manganese in time; Ti14Mn alloy in 60g/l H₂SO₄ at 90°C, E=2.3V

Under these conditions the high initial value of K_s (about 35) decreases in time. However even after one hour of anodic polarization predominant dissolution of electronegative component still takes place (Fig. 9).

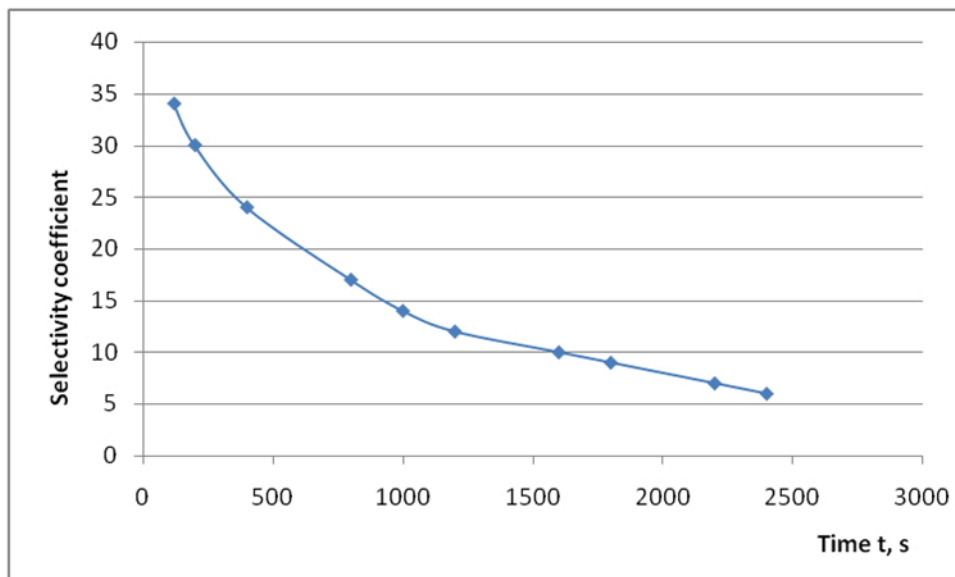


Figure 9. The variation of selectivity coefficient of manganese in time; Ti14Mn alloy in 60g/l H₂SO₄ at 90°C, E=2.3V

Photoelectrochemical Properties

Figure 10 shows the variation of real component of the photocurrent of titanium and titanium-manganese electrodes with potential. The $\text{Re}(i)-\phi$ curves measured at titanium deviate from linearity only at potentials close to that of the appearance of photocurrent, which is in agreement with data obtained earlier for Ti [6]. However in case of manganese-titanium alloys $\text{Re}(j) - \phi$ curves are quite different. Stronger hysteresis between curves measured in direct and opposite direction takes place and photocurrent maxima appears at cathodic branch of the curve. With a decrease in manganese content the photocurrent curves become closer to that characteristic of titanium electrode.

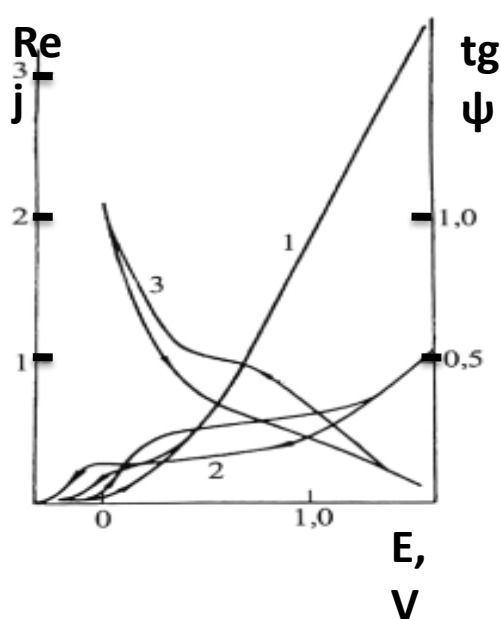


Figure 10. Variation of the real component of the photocurrent (1, 2) and phase (3) at titanium (1) an manganese-titanium alloy (2, 3) in $1\text{NH}_2\text{SO}_4$, 360 nm Frequency 30 Hz; photocurrents are given in arbitrary units [8]

It is known that photoprocess under anodic oxidation of titanium refers to photooxidation of water molecules [7]. However in case of manganese-titanium alloy the photocurrent curves (Fig 11) indicate more complex behavior.

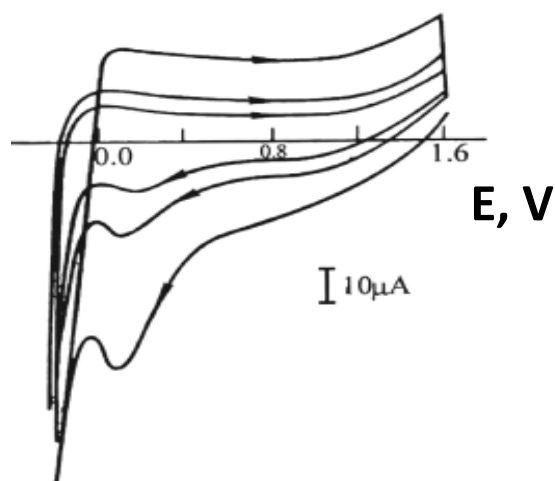


Figure 11. Variation of the amplitude of the photocurrent with potential for manganese-titanium alloy; modulation frequency between 2 and 9 Hz

A shift of the potential to positive values is accompanied by the oxidation of manganese both under dark and illuminate conditions and the formation of surface species which are reduced at cathodic scan of the potential (Fig. 12).

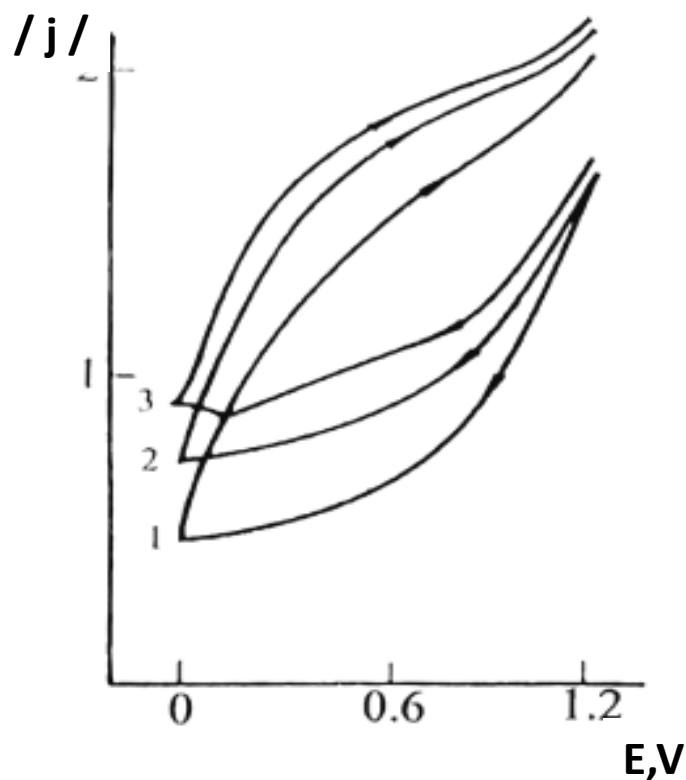


Figure 12. Potentiodynamic charging curve for manganese-titanium alloy; scan rate 0,1(1), 0,2(2) and 0,5 (3) V/sec

It is reasonable to assume that these species correspond to manganese oxide and that surface coverage by these oxides is less than monolayer. Such small amount of the oxide will not cause significant decrease in light absorbance in the TiO₂ layer; however it can result in the redistribution of the potential between the TiO₂ film and the Helmholtz layer, which is accompanied by a decrease in the electric field in the film and thus the separation of the photogenerated charge. This particularly can be the reason for a decrease in the photocurrent at manganese-titanium alloy in comparison with pure titanium. It seems that hysteresis of the photocurrent indicates a change in the concentration of the manganese oxide with the potential.

Depth Profiles

Further information on the state of the surface layers was obtained from depth profile analysis provided by the Scanning Auger Analysis after electrode immersion in the H₂SO₄ solution at 2.4V (Fig. 13).

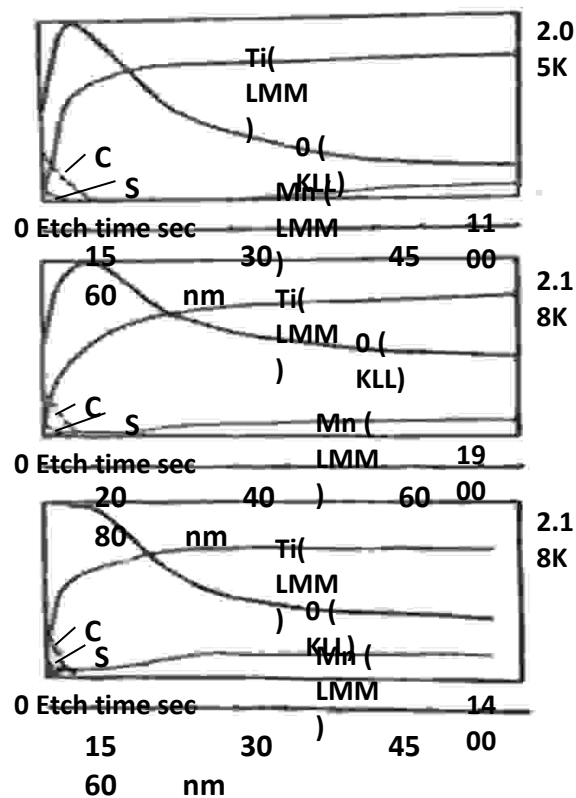


Figure 13. SAM argon ion sputtering profiles at manganese –titanium alloys after 1 hour polarization at 2,4V (N.H.E.) and 300K in 0,5N H₂SO₄; Ti-Mn5% (above), Ti-Mn10% (middle), Ti-Mn15%(below)

In general agreement with corrosion and photoelectrochemical data these patterns indicate the formation of thin surface layer consisting of mixture of manganese and titanium oxides and the

selective dissolution of manganese from this layer. The thickness of the depleted zone change with manganese content in the surface layer and under given condition varies from 30 μm (Ti-Mn 5%) to 20 μm (Ti-Mn 15%). A conclusion can be drawn that under steady state condition selective dissolution of the leads to the formation of layer depleted by manganese and enriched by defect. The conductivity of such layer which presumable possesses anataz structure is much higher than the conductivity of pure titanium electrode [8].

Conclusion

MMTA displays high electrochemical activity and reasonable chemical stability in acidic sulfate environment. Anodes is free from failures caused by the existence of transition resistance at manganese oxide-titanium SPB. Formation of the defect surface layer of mixed oxides depleted with manganese and presumable of anataz structure provides the concentration of charge carries in the surface layer of the anode close to that which is characteristic of metal electrode.

References

- [1] Tang R. Zhou S., Zhang Z., Zheng R., Huang Z. (2021) Engineering Nanostructure–Interface of Photoanode Materials Toward Photoelectrochemical Water Oxidation. *Advance Materials* 33 (17) DOI: [10.1002/adma.202005389](https://doi.org/10.1002/adma.202005389).
- [2] Mandula T. R., Ranjith Punathil Meethal R.P., Amrutha M. S., Srinivasan R. (2020) Studies on Group IV and V Valve Metal Corrosion in Acidic Fluoride Media. *Journal of The Electrochemical Society*, 167 (8) 1-16.
- [3] Chen S., Kim C.J. (2019) Counterbalanced Valve Metal Oxide as a Reliable Dielectric Layer for Electrowetting-on-dielectric Devices. *Sensors and Materials*. 31(9) 2861–2872.
- [4] Opra P., Gnedenkov S. L., Sinebryukhov A. B., Podgorbunsky A., Sokolov A.Yu., Ustinov V.G., Kuryavyi V.Yu., Mayorov, V.V., Zheleznov A., Sokolov A.Yu., Ustinov V.G. (2020) Doping of titania with manganese for improving cycling and rate performances in lithium-ion batteries. *Chemical Physics* 538 (1) 110864
- [5] Michalska-Domańska M. , Prabucka K., Czerwiński M. (2023) Modification of Anodic Titanium Oxide Bandgap Energy by Incorporation of Tungsten, Molybdenum, and Manganese In Situ during Anodization. *Materials* 16 (2707) <https://doi.org/10.3390/ma16072707>
- [6] Mansoor M. A., Munawar K., Lim S. P., Huang N.-M., Mazhar M., Akhtare M. J., Siddiquee M.(2017) Iron-Manganese-Titanium (1:1:2) Oxide Composite Thin Films for Improved Photocurrent Efficiency, *New Journal of Chemistry* 41(15) 7322. DOI:[10.1039/C7NJ00513J](https://doi.org/10.1039/C7NJ00513J).

[7] Nosaka Y. (2022) Water Photo-Oxidation over TiO₂—History and Reaction Mechanism, *Catalysts* 12(12), 1557; <https://doi.org/10.3390/catal12121557>.

[8] Onyia C. W., Nnuka E. E, Nwambu C. N., Ekwedigwe C. M. (2023) Effect of Titanium Content on the Structure, Electrical Conductivity and Mechanical Properties of Cu-3wt%Si Alloys. *Open Access Library Journal*, 10, 1-14. doi: [10.4236/oalib.1110902](https://doi.org/10.4236/oalib.1110902).

მანგანუმის დოპირებული ტიტანის ელექტროდის ქიმიური სტაბილურობა

მაია გაბრიჩიძე - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი; m.gabrichidze@gtu.ge ; მობ: 593971563

ანასტასია მანჯავიძე - ლანდაუ, გერმანია, კაიზერლაუტერნ-ლანდაუს უნივერსიტეტი (RPTU); მეცნიერებათა მაგისტრი გარემოს დაბინძურების მართვის მიმართულებით; anasstasia.manjavidze@edu.rptu.de მობ. +4917684755290

ქეთევან ქაქუჩაია - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო, ბაკალავრიატის სტუდენტი; Ketto.kakuchaia@gmail.com , მობ: 577770121

რეცენზენტი:

ჯემალ შენგელია. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დეპარტამენტი. J.shengelia@gtu.ge , მობ. 599589794.

სპარტაკ ხუციშვილი. რ. აგლაძის სახ. არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი (ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი); უფროსი მეცნიერი; khutsishvili_sp@yahoo.com , მობ: 599-025-363

ანოტაცია

ჰიდრომეტალურგიულ და გალვანურ პროცესებში საანოდე მასალად გამოიყენება ტიტანი, რომელიც ხასიათდება მაღალი კოროზიული მდგრადობით. თუმცა, ამ ლითონის გამოყენება საანოდე მასალად შეზღუდულია ტიტანის მიდრეკილებით პასივაციისკენ. ანოდის ელექტროქიმიური აქტივობის გასაზლიერებლად მჟავა ელექტროლიტებში ჟანგბადის გამოყოფის რეაქციასთან მიმართებაში, ტიტანის ზედაპირზე იქმნება მანგანუმის და ტიტანის შერეული ოქსიდების თხელი ფენა.

გამოკვლეულია კავშირი ტიტანის მანგანუმით ლეგირების პირობებსა და ჟანგბადის ელექტროქიმიური გამოყოფის კატალიზურ აქტივობასა და ანოდის კოროზიულ მდგრადობას შორის. დადგენილია, რომ ტიტანის მანგანუმით ლეგირების შემთხვევაში შემდგომი ანოდური დამუშავებით, მყავა ელექტროლიტებში ტიტანის ზედაპირზე წარმოიქმნება მანგანუმის და ტიტანის ოქსიდების ფენა, რაც უზრუნველყოფს ჟანგბადის ანოდური გამოყოფის სიჩქარის შედარებით მაღალ მაჩვენებლებს.

საკვანძო სიტყვები

ანოდური გახსნა, ელექტროქიმიური აქტივობა, ელექტროსინთეზი, კოროზია, სელექტიური გახსნა.

UDC 663.2

ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების გამოყენება აგრარულ სექტორში

- თამარ ჯიბლაძე Jibladze.tamar@gtu.ge დოქტორანტი. 577-338-131. ქიმიის დეპარტამენტი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. საქართველო, 0171, თბილისი, მ. კოსტავას გამზირი №77.
- თამარ ფალავანდიშვილი t.palavandishvili@gtu.ge აკადემიური დოქტორი. 593-22-50-78. ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. საქართველო, 0171, თბილისი, მ. კოსტავას გამზირი №77.
- რამაზ ქაცარავა Kats.ram@yahoo.com დოქტორი. 599-159-209. ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. საქართველო, 0171, თბილისი, მ. კოსტავას გამზირი №77.

რეცენზენტები: მაია ქავთარაძე m.kavtaradze@gtu.ge აკადემიური დოქტორი; საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი ტელ.:+995 599360110; საქართველო, თბილისი

გიორგი მჭედლიშვილი (PhD), სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი. საქართველო, თბილისი ტელ.:+995 599960810 g.mchedlishvili@gtu.ge

ანოტაცია. ბიოდეგრადირებადი საკვები საფარი მასალების გამოყენება გარემოს დაცვის ინტერესების გათვალისწინებით აგროპროდუქტების შენახვის მიზნით განაპირობებს, ერთის მხრივ, სოფლის მეურნეობის პროდუქტთა ნარჩენების შემცირებას, მეორეს მხრივ, საკვები საფარების გარემოში ბიოდეგრადაციას, ეს კი თავის მხრივ უზრუნველყოფს მომავალი თაობების უფლებას ისარგებლოს შექცევადი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილებებისაგან მაქსიმალურად დაცული ბუნებრივი რესურსებითა და გარემოთი. დღეისათვის აგროპროდუქტების შენახვის ტრადიციული მეთოდები ჩაანაცვლა ინოვაციურმა მეთოდმა - საკვები პროდუქტების თხელი პოლიმერული აფსკით დაფარვამ. ყოველდღიურად იზრდება ინტერესი ბიოდეგრადირებადი საკვები აფსკების მიმართ, რადგან არადეგრადირებადი მასალები დიდ ზიანს აყენებს გარემოს და ადამიანის ჯანმრთელობას.

ჩვენს ექსპერიმენტებში ბანანის შენახვის უნარიანობის შესასწავლად გამოყენებულია მონოკომპონენტური, ამინომჟავური ბიოდეგრადირებადი ფსევდო-პროტეინული საკვები საფარი. საკვები საფარის ნიმუშებზე დასატანად გამოვიყენეთ ჩაყურსვის მეთოდი და 7% კონცენტრაციის პოლიმერის სპირტხსნარი. საოპტიმიზაციო პარამეტრად შერჩეულია წყალში ხსნადი მშრალი ნივთიერება (%), სატიტრავი მჟავიანობა (%) და pH, ხოლო მათზე მოქმედ ფაქტორებად - ტემპერატურა და შენახვის დრო. ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე გამოიკვეთა, რომ პოლიმერული საფარი ბანანის საკვლევ ნიმუშებს უნარჩუნებს არა მხოლოდ ხარისხობრივ მაჩვენებლებს, არამედ გავლენას ახდენს საგემოვნო თვისებების შენარჩუნებაზეც.

საკვანძო სიტყვები : აგროპროდუქტი, პოლიმერული ბიომიმეტიკი, საკვები საფარი, ფსევდოპროტეინი, შენახვა.

შესავალი

ბიოდეგრადირებადი საკვები საფარი მასალების გამოყენება, გარემოს დაცვის ინტერესების გათვალისწინებით, აგროპროდუქტების შენახვის მიზნით განაპირობებს, ერთის მხრივ, სოფლის მეურნეობის პროდუქტთა ნარჩენების შემცირებას, მეორეს მხრივ, საკვები საფარების გარემოში ბიოდეგრადაციას, ეს კი თავის მხრივ უზრუნველყოფს მომავალი თაობების უფლებას ისარგებლოს შექცევადი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილებებისაგან მაქსიმალურად დაცული ბუნებრივი რესურსებითა და გარემოთი. ჩვენს მიერ შესწავლილია ბანანის შენახვისუნარიანობა ფსევდოპროტეინული საკვები საფარით რომელიც წარმოადგენს სინთეზურ ბიომიმეტიკს.

სინთეზური პოლიმერების საკვებ საფარებად გამოყენების იდეის რეალიზაცია დაიწყო ჯერ კიდევ 80-იან წლებში. ამერიკულ პატენტში ამ მიზნისათვის გამოიყენეს სინთეზური პოლიმერები - მეთაკრილის მჟავას ესტერების ლატექსები, რომლებსაც ამატებდნენ 45%-მდე წყალში ხსნად ბუნებრივ (კაზეინს ან ჟელატინს) ან სინთეზურ (პოლივინილის სპირტს, პოლიცინილპიროლიდონს ან ოქსიეთილირებულ სახამებელს) პოლიმერს. მაგრამ აკრილის ლატექსები, ისევე როგორც შემდგომში გამოყენებული სხვა კარბოჯაჭვური პოლიმერები [1-5] არ ექვემდებარებიან ბიოდაშლას და მოხმარების წინ აუცილებელია პროდუქტის ზედაპირიდან მათი მოშორება, რის სრულფასოვნად განხორციელება პრაქტუკულად შეუძლებელია, ხოლო საფარის დარჩენილი ნაწილი წარმოადგენს საფრთხეს ჯანმრთელობისთვის. ამიტომ უკანასკნელ პერიოდში უპირატესობა ენიჭება საკვებად ვარგის საფარს [3]. საკვებ საფარებად გამოიყენება პოლისაქარიდები, ალგინატები, ცილები, ბუნებრივი ფისები, მაგალითად, ალოე ვერას გელი და სხვ. ასეთი საფარების საკვებთან ერთად მიღების უნარი გარანტირებული უნდა იყოს მათი უსაფრთხოებით, ისინი უნდა ინარჩუნებდნენ პროდუქტის ორგანოლეპტიკურ თვისებებს (მისთვის დამახასიათებელ გემოს, ტექსტურას და გარეგნულ სახეს), სხვაგვარად, შეუმჩნეველი უნდა იყვნენ მოხმარებლისთვის (მათი სისქე არ უნდა აღემატებოდეს 100-200 მკმ-ს). ასევე აღსანიშნავია, რომ თხელი და შეუმჩნეველი პოლიმერული საფარი აფსკები პერსპექტულია სხვა ორგანული პროდუქტების, მაგალითად, ყვავილების პრეზერვაციისთვისაც [3]. უკანასკნელ წლებში უპირატესია საკვები საფარი, რომელიც უწყობს რა ხელს მოსავლის ადების შემდგომ ხილისა და ბოსტნეულის ხარისხის შენარჩუნებას, მიზნად ისახავს არასაკვები (არაბიოდეგრადირებადი) შესაფუთი მასალების ჩანაცვლებასა და ამ სფეროდან განდევნას.

ამ კვლევის ფარგლებში პოლიმერულ საფარ მასალად გამოყენებულია საქართველოში შექმნილი, ორიგინალური ინოვაციური მასალა - ფსევდოპროტეინი, რომელიც წარმოადგენს ბიომიმეტიკს - სინთეზურ პოლიმერს, მიღებულს ბუნებრივი α -ამინომჟავების საფუძველზე.

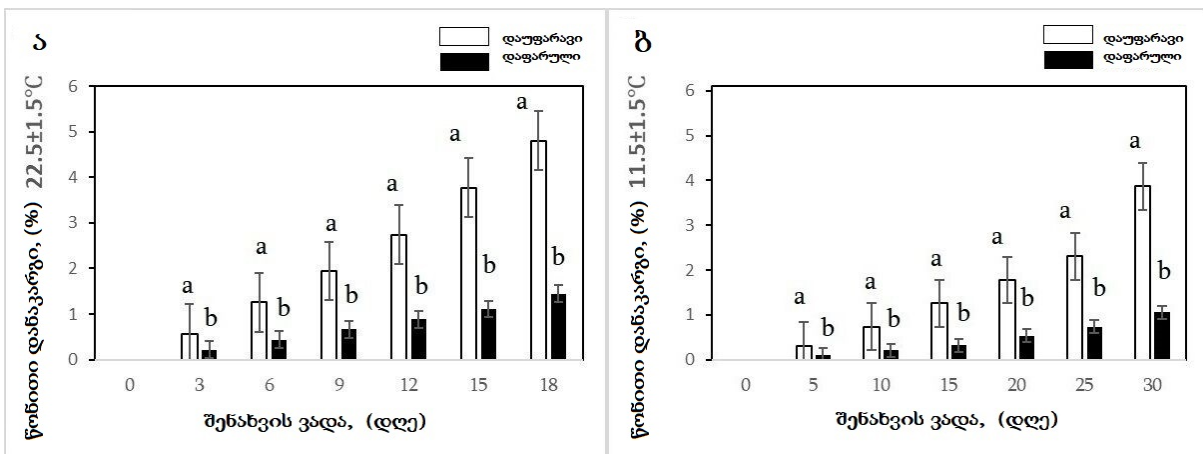
აღნიშნული მასალების შექმნა და პრაქტიკაში დანერგვა (ავტორთა ჯგუფი -რ.ქაცარავა, დ.ტულუში, ვ.ბერიძე) აღინიშნა 2021 წლის საქართველოს ეროვნული პრემიით მეცნიერების დარგში (ნაშრომთა ციკლი - "პოლიმერული ბიომიმეტიკები - ცილების ანალოგები მრავალპროფილიანი გამოყენებისათვის - დიზაინიდან კომერციალიზაციამდე"). ფსევდოპროტეინები დაინერგა ძირითადად მედიცინაში წამლების მატარებლების და ქირურგიული იმპლანტების სახით, შესაბამისად ნაჩვენებია მათი მაღალი ბიოთავსებადობა და რიგი უპირატესობებისა ბუნებრივ პოლიმერებთან - პროტეინებთან (ცილებთან) შედარებით. მიღებული შედეგები საშუალებას იძლევა მკვეთრად გავაფართოვოთ ფსევდოპროტეინების გამოყენების არეალი, დავნერგოთ იგი სხვა დარგებშიც, კერძოდ საქართველოსათვის ტრადიციულ კვების მრეწველობასა და სოფლის მეურნეობაში. მოცემულ ეტაპზე ჩვენი მიზანია გამოვიყენოთ ფსევდოპროტეინები ბანანის პრეზერვაციისათვის. ფსევდოპროტეინის თვისებების გათვალისწინებით ჩატარებულია კვლევები ბანანის შენახვის პირობების დასადგენად.

ძირითადი ნაწილი

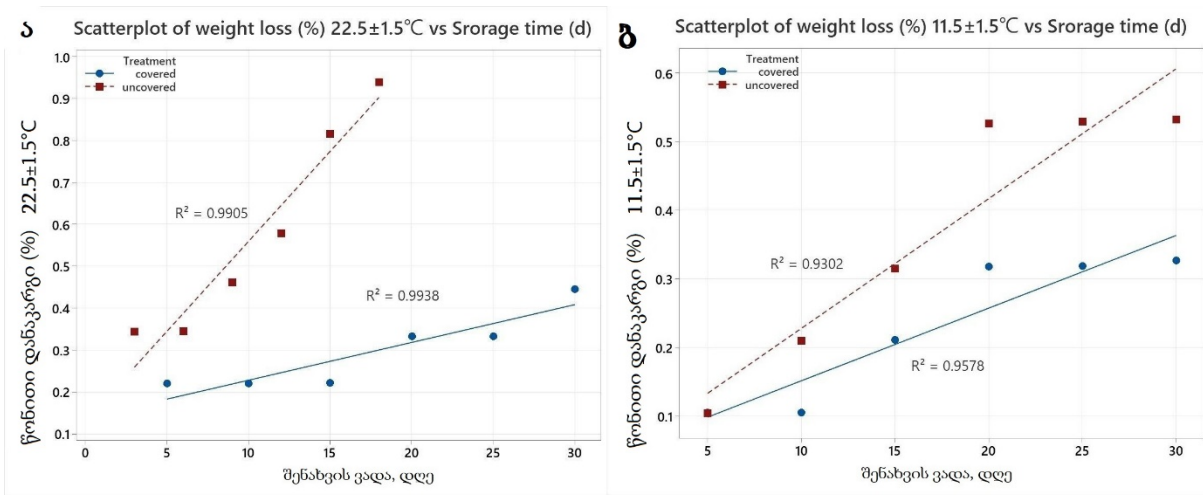
ჩვენს მიერ შესწავლილია და ექსპერიმენტების მათემატიკური დაგეგმარების გზით [6-8] დადგენილია, რომ ფსევდოპროტეინის 7%-იანი ხსნარი იძლევა საუკეთესო შედეგებს აგროპროდუქტების (ვაშლი, სტაფილო) შენახვის ვადის გასაზრდელად. ვაშლისა და სტაფილოს მოდელირების მიდგომა გამოყენებულია სუბტოპიკული ხილის ბანანის საკვები საფარით დასაფარად. ექსპერიმენტების ჩასატარებლად შერჩეულია საქართველოში შემოტანილი კავენდიშის ჯიშის ბანანი. საკვლევი ნიმუშები (ბანანის კონები ყუნწების ჩათვლით) ჩაყურსვის მეთოდით დაფარულია ფსევდოპროტეინის 7% ეთანოლის ხსნარით. საკვლევ პარამეტრებად შერჩეულია წონითი დანაკარგები, წყალში ხსნადი მშრალი ნივთიერება (Brix%), სატიტრაჟი მჟავიანობა (%) და pH. პარამეტრებზე მოქმედ ფაქტორებად შერჩეულია ტემპერატურა და შენახვის დრო. საკვლევი ბანანის ნიმუშების ბიოქიმიური ცვლილებების შესასწავლად და შენახვის ვადის დასადგენად, ექსპერიმენტები ჩატარებულია ორ სხვადასხვა ტემპერატურაზე: $22.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ (ღია სივრცე) და $11.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ (მაცივარი, ფარდობითი ტენიანობა $70 \pm 18\%$). საკვლევი პარამეტრების ანალიზები ჩატარებულია ყოველ მე-3 ($22.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$) და მე-5 ($11.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$) დღეს. კვლევის შედეგები გამოსახულია როგორც ორი გამეორების საშუალო არითმეტიკული (\pm სტანდარტული გადახრა). ნახაზებზე მოცემული განსხვავებული ლათინური ასოები

განსაზღვრავს დამუშავების მეთოდების განსხვავებულობას (One way ANOVA: Research parameters vs Time&Treatment).

ბანანში წონითი დანაკარგების დადგენის მიზნით, ჩატარებულია მარტივი ექსპერტიმენტი, რომლის შედეგადაც დადგენილია, რომ წონის დაკლება შედარებით მაღალია დაუფარავ ნიმუშებში, მათ საკონტროლო ნიმუშებთან შედარებით. საკვები საფარი [9] მოქმედებს როგორც ბარიერი წყლის აორთლების საწინააღმდეგოდ და ხელს უშლის წყლის დაკარგვას, შესაბამისად, იწვევს წონის დაკლების სიჩქარის შემცირებას. საკვები საფარი ამცირებს წყლის დაკარგვას ნაყოფის ზედაპირიდან თხელი აფსკის წარმოქმნის გზით [10]. წონის დაკლების მსგავსი შედარებითი ეფექტები ნაჩვენებია იყო სხვადასხვა საკვები საფარისთვის მანდარინში [11], ატამში [12], მოცვი [13].



ნახაზი 1. საკვები საფარით დაფარულ და დაუფარავ ბანანის ნიმუშებში წონითი დანაკარგების(%) ცვლილება დინამიკაში: (ა) 22.5 ± 1.5 °C; (ბ) - 11.5 ± 1.5 °C

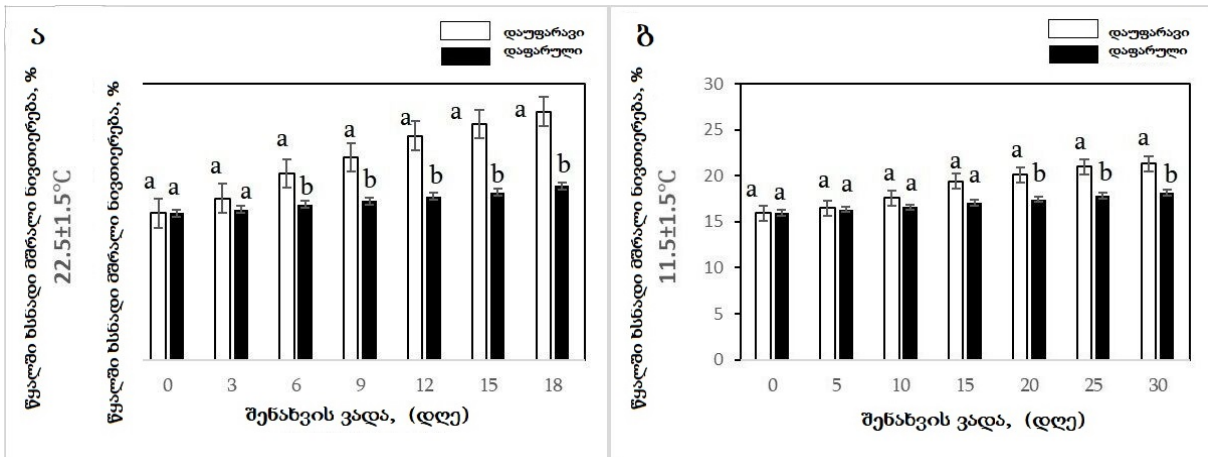


ნახაზი 2. საკვები საფარით დაფარულ და დაუფარავ ბანანის ნიმუშებში წონითი დანაკარგების (%) ცვლილებების მრუდები: (ა) $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$; (ბ) $11.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$

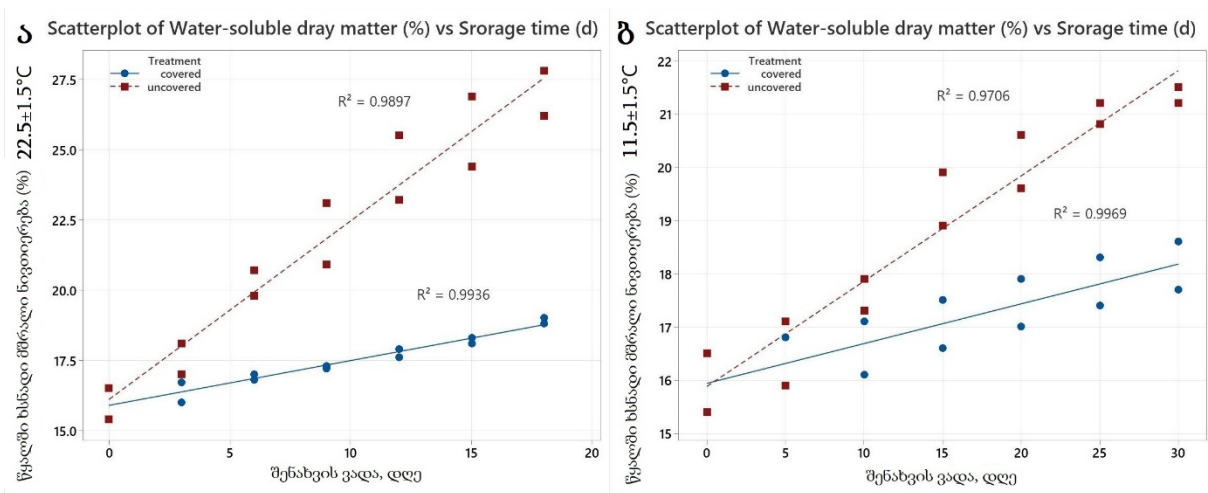
ექსპერიმენტის შედეგებით დადგენილია, რომ ბანანის წონითი დანაკარგების ზრდა დაიწყო როგორც დაუფარავ ისე დაფარულ ნიმუშებში: შენახვის მესამე დღიდან $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ (ნახაზი 1ა) და შენახვის მეხუთე დღიდან $11.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ (ნახაზი 1ბ). თუმცა, როგორც ნახაზებიდან ჩანს (ნახაზი 2ა და ბ), მნიშვნელოვანი განსხვავებაა ზრდის სიჩქარის მიხედვით დაუფარავსა და დაფარულ ნიმუშებს შორის. ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, რომ წონითმა დანაკარგებმა დაუფარავ ნიმუშებში მე-18 დღეს $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ შეადგინა 4.81%, ხოლო დაფარულ ნიმუშებში - 1.44% (3.37%-ით ნაკლები); 30-ე დღეს $11.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ დაუფარავ ნიმუშებში 3.87%, ხოლო დაფარულ ნიმუშებში - 1,05% (2.82%-ით ნაკლები). წონითი დანაკარგი მნიშვნელოვანი მახასიათებელი სიდიდეა, რომელიც ამცირებს აგროპროდუქტების ღირსებას. მოცემულ შემთხვევაში, საკვები საფარი ხელს უშლის წყლის დაკარგვას ნიმუშების ზედაპირზე უხილავი ნახევრადგამტარი თხელი ფენის წარმოქმნით, რაც იწვევს წონითი დანაკარგების შემცირებას [11]. Ali-სა და თანამშრომლების ექსპერიმენტებში, წონითი დანაკარგების ყველაზე დაბალი მაჩვენებელია 2%, ხოლო ყველაზე მაღალი - 14% შენახვის 12 დღის განმავლობაში.

ბანანის ნაყოფის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელი პარამეტრია **წყალში ხსნადი მშრალი ნივთიერება**, იგივე შაქრები (Brix%), რომელიც მნიშვნელოვანი სიდიდეა სიმწიფისა და მოსავლის აღების დროის დასადგენად; ის განაპირობებს ხილის ტკბილ გემოს. ბანანის საწყის ნიმუშებში შაქრების მინიმალური შემცველობაა და შეადგენს

15.95%. დინამიკაში მათი მნიშვნელობები ძირითადად გაიზარდა და მაქსიმალური შედეგი დაფიქსირდა დაუფარავ ნიმუშებში $22 \pm 2^\circ\text{C}$ - 27.00% (ნახაზი 3).



ნახაზი 3. საკვები საფარით დაფარულ და დაუფარავ ბანანის ნიმუშებში წყალში ხსნადი მშრალი ნივთიერების (%) ცვლილება დინამიკაში: (ა) $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$; (ბ) - $11.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$



ნახაზი 4. საკვები საფარით დაფარულ და დაუფარავ ბანანის ნიმუშებში წყალში ხსნადი მშრალი ნივთიერების (%) ცვლილებების მრუდები: (ა) $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$; (ბ) - $11.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$

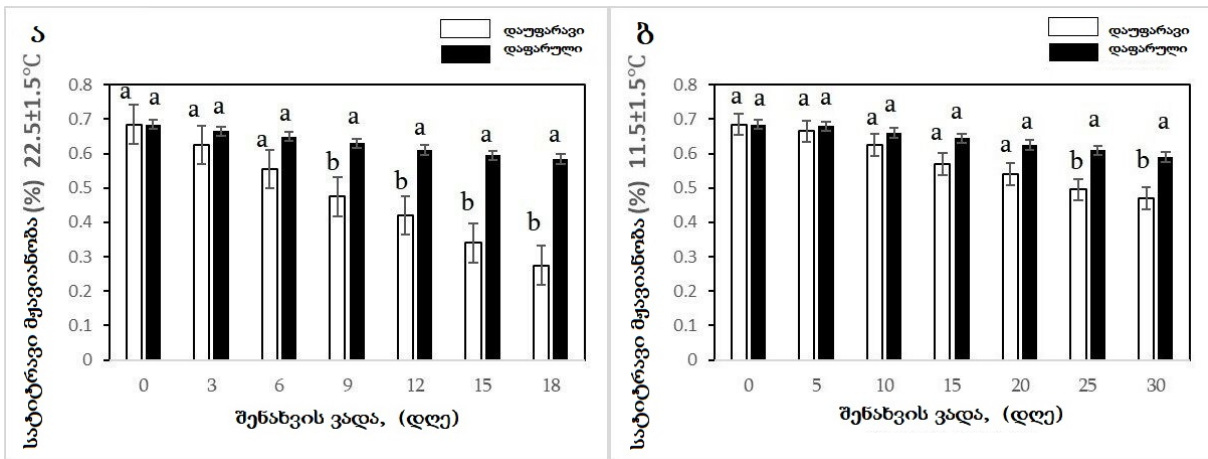
სტატისტიკური ანალიზით დადგენილია შექრების ცვლილებების სიჩქარე დაუფარავი (საკონტროლო) და დაფარული ნიმუშებისათვის შენახვის ორ სხვადასხვა ტემპერატურაზე დღეების რაოდენობის ზრდის მიხედვით (ნახაზი 4). წყალში ხსნადი მშრალი ნივთიერება დაუფარავ ბანანში $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 21 დღის განმავლობაში გაიზარდა 15.95% -დან 27.00% -მდე (ნახაზი 3ა), ხოლო დაფარულ ნიმუშში 15.95% -დან 18.15% -მდე (8.1% -ით მეტია საკონტროლოსთან შედარებით); $11.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 32 დღის განმავლობაში

დაუფარავ ნიმუშებში 15.95%-იდან 21.35%-მდე (ნახაზი 3ბ), ხოლო დაფარულ ნიმუშებში - 15.95%-დან 18.90%-მდე (3.2%-ით მეტია საკონტროლოსთან შედარებით). ამრიგად, წყალში ხსნადი მშრალი ნივთიერების შემცველობის ზრდა დაფარულ ბანანებში უფრო დაბალი იყო, ვიდრე დაუფარავ ნიმუშებში. აღსანიშნავია, რომ საკვლევ ნიმუშებში შაქრების ზრდა მოსავლის შემდგომი მომწიფების პროცესში სახამებლის ჰიდროლიზმა და შესაბამისად შაქრების დაგროვებამ გამოიწვია. ლიტერატურიდან ცნობილია, ბანანში ხსნადი მშრალი ნივთიერება ჯერ იზრდება, საბოლოოდ მცირდება.

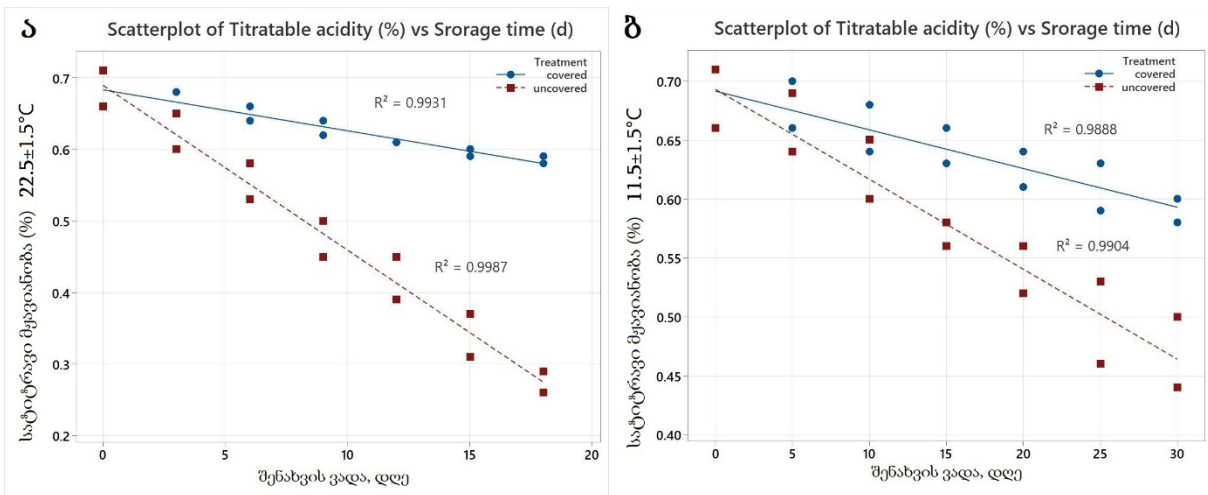
ბანანსა [14] და ქლიავზე [15] ჩატარებულ კვლევებში მიმოხილულია, რომ შაქრების შემცველობის აშკარა ზრდის მიზეზი შესაძლებელია იყოს ბანანის ნაყოფის შენახვის დროს მიმდინარე დეჰიდრატაციის პროცესი. უფრო მეტიც, მიზეზი შეიძლება იყოს აგრეთვე შენახვის პერიოდში სახამებლის გაძლიერებული დეგრადაცია მარტივ შაქრებად. Zomo-სა და თანამშრომლების მიხედვით [16], ნიმუშებში შაქრის მატება გამოწვეული იყო სახამებლის ჰიდროლიზით. ბანანის ნაყოფის მოსავლის შემდგომ მომწიფების პერიოდში, ყველაზე მნიშვნელოვანი ბიოქიმიური ცვლილება არის სახამებლის ჰიდროლიზი და შაქრების დაგროვება. დაუმწიფებელ ბანანში დაახლოებით 21% სახამებელია, სრულად მწიფე ბანანში - 1%-მდე მცირდება. ვაშლში სახამებლის შემცველობა 1%-ზე ნაკლებია და თანდათან მცირდება ვაშლის მომწიფებისას.

სატიტრავი მჟავიანობა და pH (შაქრებთან ერთად), მნიშვნელოვანი ბიოქიმიური პარამეტრებია ბანანის საგემოვნო თვისებების ჩამოყალიბებისა და შეფასებისათვის. ბანანის ნაყოფს ხეზე მომწიფების თავისებურება აქვს, ხოლო მოსავლის შემდგომი მომწიფების დროს რბილობის სატიტრავი მჟავიანობა და pH კვლავ იცვლება მოხმარებამდე. მჟავე გემო განისაზღვრება ორი პარამეტრით: სატიტრავი მჟავიანობა და pH. ბანანში ორგანული მჟავების შემცველობის ქვეშ იგულისხმება ციტრატი, მალატი, ოქსალატი და ფოსფატი [17].

საკვლევ ნიმუშებში საწყისი სატიტრავი მჟავიანობა 0.69%-ს შეადგენდა, რომლის ცვლილება სხვადასხვა ტემპერატურაზე განსხვავებულია დაუფარავ და დაფარულ ნიმუშებში (ნახაზი 5, 6). სატიტრავი მჟავიანობის მინიმალური მნიშვნელობა $22.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ -ზე შენახვის მე-18 დღეს დაუფარავ ნიმუშებში 0.28%-ია (ნახაზი 5ა), ხოლო $11.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ -ზე შენახვის 30-ე დღეს დაფარულ ნიმუშში 0.1%-ით შემცირდა 0.69-დან 0.59%-მდე (ნახაზი 5ბ).

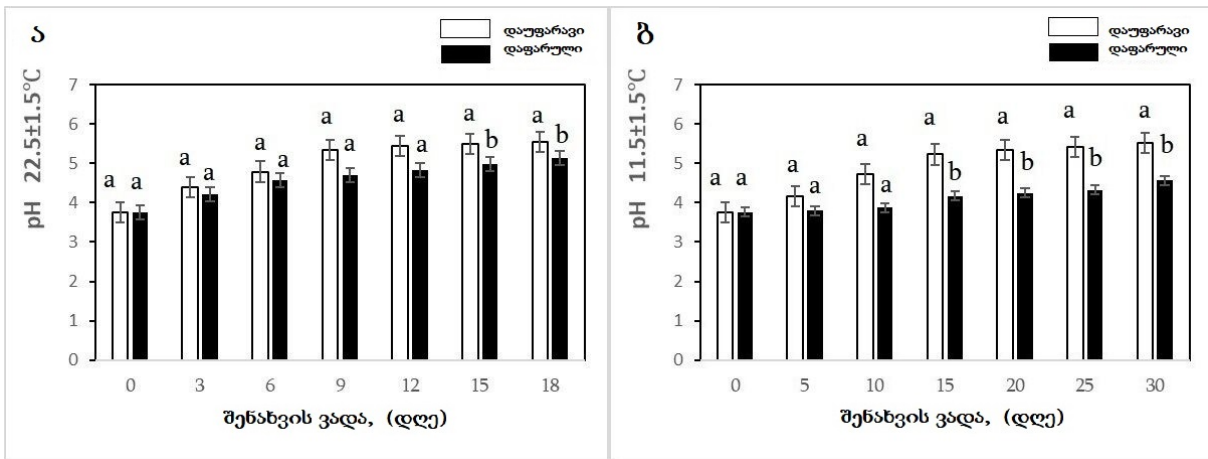


ნახაზი 5. საკვები საფარით დაფარულ და დაუფარავ ბანანის ნიმუშებში სატიტრავი მჟავიანობის (%) ცვლილება დინამიკაში: (ა) 22.5 ± 1.5 °C; (ბ) - 11.5 ± 1.5 °C

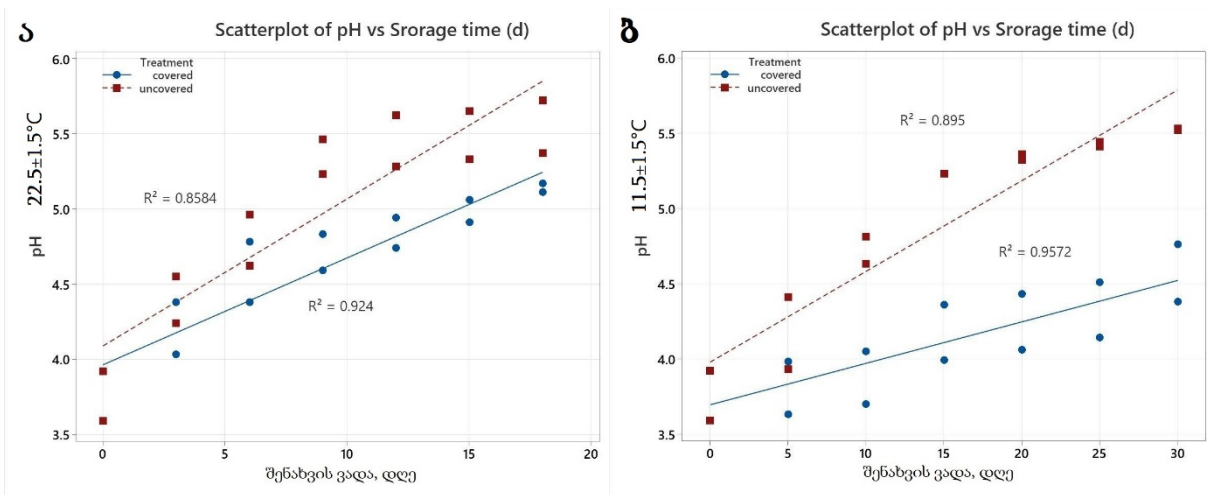


ნახაზი 6. საკვები საფარით დაფარულ და დაუფარავ ბანანის ნიმუშებში სატიტრავი მჟავიანობის (%) ცვლილებების მრუდები: (ა) 22.5 ± 1.5 °C ; (ბ) - 11.5 ± 1.5 °C

Zomo-ს და თანამშრომლების მიერ [16] შენახვის მე-3, მე-6, მე-9 და მე-12 დღეს ჩატარებული ქიმიური ანალიზებიდან (იკვლევდნენ ბანანის ორ ჯიშს - ამრიტასაგარი და საბრი) ირკვევა, რომ სატიტრავი მჟავიანობა თანდათან მცირდებოდა სხვადასხვანაირად დამუშავებულ ნიმუშებში [16]. ერთდროულად, სატიტრავი მჟავიანობის შემცირება, ხოლო pH-ის ზრდა ნაჩვენებია Nguen-ისა და თანამშრომლების შრომებში [18], რომლებიც ბანანის რბილობში ორგანული მჟავების შემცირებას ესტერიფიკაციის რეაქციებსა და/ან ტუტე ნეიტრალიზაციაში მონაწილეობით ხსნიან.



ნახაზი 7. საკვები საფარით დაფარულ და დაუფარავ ბანანის ნიმუშებში pH-ის ცვლილება დინამიკაში: (ა) $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$; (ბ) - $11.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ ($70 \pm 18\%$ ფარ. ტენ.)



ნახაზი 8. საკვები საფარით დაფარულ და დაუფარავ ბანანის ნიმუშებში pH-ის ცვლილებების მრუდები: (ა) $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$; (ბ) - $11.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ ($70 \pm 18\%$ ფარ. ტენ.)

ჩვენს მიერ ნაჩვენებია ფსევდოპროტეინული საკვები საფარის დადებითი ეფექტი ბანანის რბილობის pH-ზე (ნახაზი 7, 8). რბილობის მაქსიმალური pH (5.55) დაფიქსირდა დაუფარავ ნიმუშში შენახვის მე-18 დღეს $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ ტემპერატურაზე და მინიმალური pH (3.76) საწყის ნიმუშებში. $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ -ზე შენახულ ბანანებში დაუფარავ ნიმუშებში pH 3.76-დან გაიზარდა 5.55-მდე, ხოლო დაფარულ ნიმუშებში 3.76-დან 5.14-მდე. $11.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ -ზე შენახულ ბანანებში დაუფარავ ნიმუშებში pH 3.76-დან გაიზარდა 5.53-მდე, ხოლო დაფარულ ნიმუშებში 3.92-დან 4.57-მდე.

ყველა ნიმუშში აღინიშნებოდა pH-ის მატების ტენდენცია, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს სიმწიფის დროს მჟავიანობის მუდმივი შემცირებით. დადგენილია,

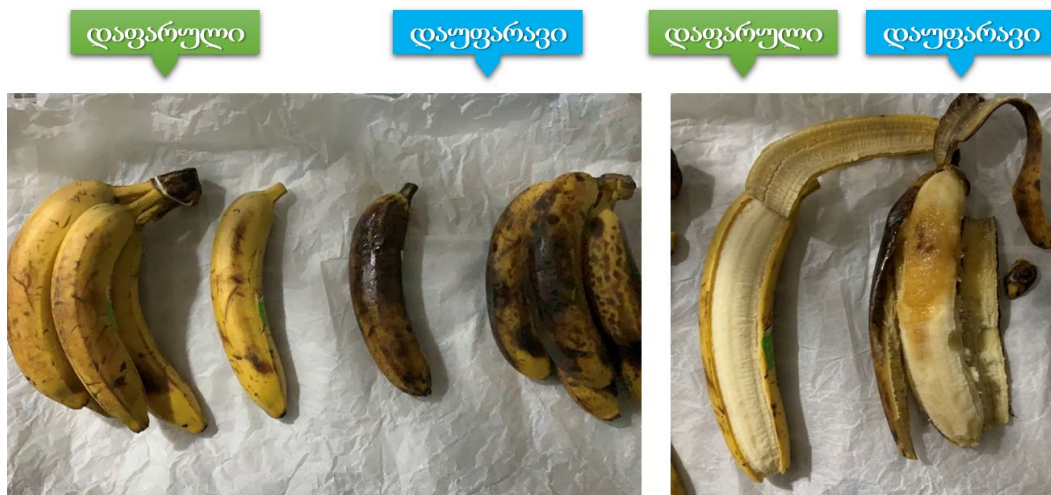
რომ ფსევდოპროტეინული საკვები საფარი უნარჩუნებდა უფრო მაღალ სატიტრავ მჟავიანობას და შესაბამისად ანელებდა ნაყოფში ორგანული მჟავების შემცირებას მათი შენახვის დროს. pH-ის მატება ბანანის შენახვის დროს დაფიქსირებულია და მსგავსი შედეგი გამოქვეყნებულია Zomo-სა და თანამშრომლების (2014) დასკვნებში [16].

შენახვის ხანგრძლივობის თვალსაზრისით ორ სხვადასხვა ტემპერატურაზე ჩატარებულ ექსპერიმენტებში ორგანოლექტიკური შეფასებით ფსევდოპროტეინული საკვები საფარით დაფარულ და დაუფარავ ბანანის ნიმუშებში ნაჩვენებია განსხვავებული შედეგები: $11.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ -ზე შეადგინა 32 დღე, ხოლო $22.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ -ზე - 21 დღე.

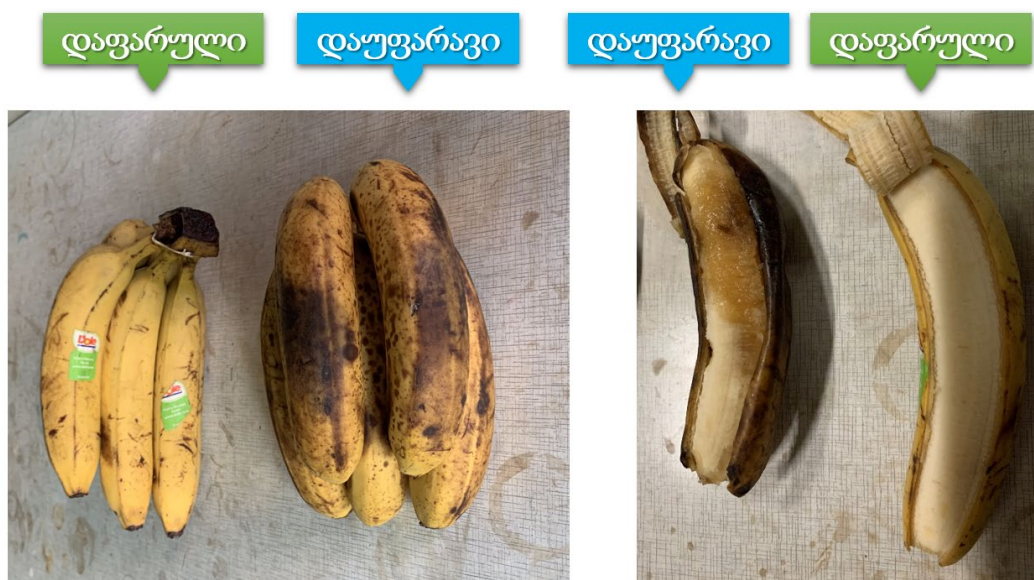
ამრიგად, კვლევამ აჩვენა, რომ ფსევდოპროტეინული საკვები საფარი აუმჯობესებდა ბანანის ნაყოფის ხარისხსა და შენახვის ვადას. სურათი 1-2 გვიჩვენებს დაუფარავი და დაფარული ბანანის საწყის და საბოლოო ნიმუშებს განსხვავებულ ტემპერატურაზე. როგორც ჩანს, საკვები საფარი იწვევს ქსოვილის გამტარიანობის შემცირებას, რითაც ამცირებს წყლის დაკარგვის სიჩქარეს და თავის მხრივ იწვევს ნაყოფის დამწიფების შეფერხებას. ეს აღმოჩენა ასევე ეთანხმება Zomo-სა და თანამშრომლების კვლევებს [16].



სურათი 1. დაუფარავი და დაფარული ბანანის ნიმუშები და შენახვის დასაწყისში (მარცხნივ $22.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ -ზე, მარჯვნივ $11.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ -ზე)



სურათი 2. დაუფარავი და დაფარული ბანანის ნიმუშები 22.5 ± 1.5 °C-ზე შენახვის ვადის ბოლოს (21 დღე)



სურათი 3. დაუფარავი და დაფარული ბანანის ნიმუშები 11.5 ± 1.5 °C-ზე ($70 \pm 18\%$ ფარ. ტენ.) შენახვის ვადის ბოლოს (32 დღე)

დასკვნა

პოლიმერული საფარი ბანანის საკვლევ ნიმუშებს უნარჩუნებს არა მხოლოდ ხარისხობრივ მაჩვენებლებს, არამედ გავლენას ახდენს საგემოვნო თვისებების შენარჩუნებაზეც. წონითი დანაკარგები, წყალში ხსნადი მშრალი ნივთიერება (Brix) და რბილობის pH გაიზარდა, ხოლო სატიტრავი მჟავიანობა შემცირდა, მაგრამ გაცილებით ნაკლებად დაუფარავ (საკონტროლო) ნიმუშებთან შედარებით. პოლიმერული საკვები

საფარის გამოყენება უზრუნველყოფს ბანანის ხილის ეფექტურ შენახვასა და შენარჩუნებას კვების სექტორში.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Yahia, Elhadi M., Pablo García-Solís, and María Elena MaldonadoCelis. 2018. "Contribution of Fruits and Vegetables to Human Nutrition and Health." In *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, doi:10.1016/B978-0-12-813278-4.00002-6.
2. Salihoglu, Guray, Nezih Kamil Salihoglu, Selnur Ucaroglu, and Mufide Banar. 2018. "Food Loss and Waste Management in Turkey." *Bioresource Technology* 248. doi:10.1016/j.biortech.2017.06.083.
3. Pratap Singh, Dravin, and Gopinath Packirisamy. 2022. "Biopolymer Based Edible Coating for Enhancing the Shelf Life of Horticulture Products." *Food Chemistry: Molecular Sciences* 4. doi:10.1016/j.fochms.2022.100085.
4. Polovina, W. (1988). *U.S. Patent No. 4,783,342*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
5. Felicia, W. X. L., Rovina, K., Nur'Aqilah, M. N., Vonnie, J. M., Erna, K. H., Misson, M., & Halid, N. F. A. (2022). Recent advancements of polysaccharides to enhance quality and delay ripening of fresh produce: A review. *Polymers*, 14(7), 1341.
6. Jibladze, T., Palavandishvili, T., & Katsarava, R. (2023). Preservation of agricultural products by polymer biomimetics: mathematical planning of the process. In *Collection of Scientific Works of the International Scientific Conference dedicated to the 90th anniversary of Givi Tsinstadze. Chemistry-achievements and perspectives, Georgian Technical University, Tbilisi* (pp. 190-198).
7. Jibladze, T., Palavandishvili, T., Katsarava, R. 2024. "Study of Sugar-Acid Index Changes in Apple and Banana Fruits Coated with Pseudoprotein Edible Coating." *ქართველი მეცნიერები*, 6(2). doi:doi.org/10.52340/g.2024.06.02.01.
8. Jibladze, T. (2024). Biochemical changes in agro-products coated with pseudoprotein food coating: *Georgian Scientists*, 6(1), 212-226. <https://doi.org/10.52340/g.2024.06.01.27>
9. Techavuthiporn, Chairat, Hataitip Nimitkeatkai, Manasikan Thammawong, and Kohei Nakano. 2024. "A Coating Made from Carboxymethyl Cellulose Derived from Commercial Nata de Coco Reduces Postharvest Changes in 'Hom Thong' Banana Fruit during Ambient Storage." *Postharvest Biology and Technology* 208. doi:10.1016/j.postharvbio.2023.112650. 97

10. Shakir, Muhammad Saleem, Shaghef Ejaz, Sajjad Hussain, Sajid Ali, Hasan Sardar, Muhammad Azam, Sami Ullah, et al. 2022. "Synergistic Effect of Gum Arabic and Carboxymethyl Cellulose as Biocomposite Coating Delays Senescence in Stored Tomatoes by Regulating Antioxidants and Cell Wall Degradation." *International Journal of Biological Macromolecules* 201. doi:10.1016/j.ijbiomac.2022.01.073. 98
11. Ali, Sajid, Muhammad Akbar Anjum, Shaghef Ejaz, Sajjad Hussain, Sezai Ercisli, Muhammad Shahzad Saleem, and Hasan Sardar. 2021. "Carboxymethyl Cellulose Coating Delays Chilling Injury Development and Maintains Eating Quality of 'Kinnow' Mandarin Fruits during Low Temperature Storage." *International Journal of Biological Macromolecules* 168. doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.12.028. 99
12. Hussain, Peerzada R., Prashant P. Suradkar, Ali M. Wani, and Mohd A. Dar. 2016. "Potential of Carboxymethyl Cellulose and γ -Irradiation to Maintain Quality and Control Disease of Peach Fruit." *International Journal of Biological Macromolecules* 82. doi:10.1016/j.ijbiomac.2015.09.047. 100
13. Totad, Monika G., R. R. Sharma, Shruti Sethi, and M. K. Verma. 2019. "Effect of Edible Coatings on 'Misty' Blueberry (*Vaccinium Corymbosum*) Fruits Stored at Low Temperature." *Acta Physiologiae Plantarum* 41(12). doi:10.1007/s11738-019-2973-z. 101
14. Thakur, Rahul, Penta Pristijono, Michael Bowyer, Sukhvinder P. Singh, Christopher J. Scarlett, Costas E. Stathopoulos, and Quan V. Vuong. 2019. "A Starch Edible Surface Coating Delays Banana Fruit Ripening." *LWT* 100. doi:10.1016/j.lwt.2018.10.055.
15. Panahirad, Sima, Rahim Naghshiband-Hassani, Sara Bergin, Ramesh Katam, and Nasser Mahna. 2020. "Improvement of Postharvest Quality of Plum (*Prunus Domestica* L.) Using Polysaccharide-Based Edible Coatings." *Plants* 9(9). doi:10.3390/plants9091148.
16. Zomo, S A, S M Ismail, M Shah Jahan, K Kabir, and M H Kabir. 2015. "Chemical Properties and Shelf Life of Banana (*Musa Sapientum* L.) as Influenced by Different Postharvest Treatments." *The Agriculturists* 12(2). doi:10.3329/agric.v12i2.21725.
17. Etienne, A., M. Génard, D. Bancel, S. Benoit, M. Nonone, F. Barre, and C. Bugaud. 2015. "Modeling Changes in Ph and Titratable Acidity during the Maturation of Dessert Banana." In *Acta Horticulturae*, doi:10.17660/ActaHortic.2015.1099.102.
18. Nguyen, Thuong Thi, Thuy Tien Huynh Nguyen, Bao Tran Tran Pham, Thuan Van Tran, Long Giang Bach, Phuong Quynh Bui Thi, and C. N. Ha Thuc. 2021. "Development of Poly (Vinyl Alcohol)/Agar/Maltodextrin Coating Containing Silver Nanoparticles for Banana (*Musa Acuminata*) Preservation." *Food Packaging and Shelf Life* 29. doi:10.1016/j.fpsl.2021.100740.

Use of Biodegradable Polymers in the Agricultural Sector

Tamar Jibladze jibladze.tamar@gtu.ge PhD student. 577-338-131. Department of Chemistry. Technical University of Georgia. Georgia, 0171, Tbilisi, m. 77 Kostava Ave.

Tamar Palavandishvili t.palavandishvili@gtu.ge Academic Doctor. 593-22-50-78. Department of Chemical and Biological Technologies. Technical University of Georgia. Georgia, 0171, Tbilisi, m. 77 Kostava Ave.

Ramaz Katsarava Kats.ram@yahoo.com Ph.D. 599-159-209. Department of Chemical and Biological Technologies. Georgia Technical University. Georgia, 0171, Tbilisi, m. 77 Kostava Ave.

Reviewers: Maya Kavtaradze m.kavtaradze@gtu.ge Academic Doctor; Technical University of Georgia Tel.:+995 599360110;, Georgia, Tbilisi

Giorgi Mchedlishvili (PhD), professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Stu. Georgia, Tbilisi Tel.: +995 599960810 g.mchedlishvili@gtu.ge

Annotation. Taking into account the interests of environmental protection, the use of biodegradable edible coating to preserve agri-products leads, on the one hand, to the reduction of agri-product waste, on the other hand, the biodegradation of edible coatings in the environment, and this, in turn, ensures the right of future generations to benefit from the environment and natural resources protected as much as possible from irreversible quantitative and qualitative changes. Today, the traditional methods of preservation of agri-products have been replaced by an innovative method - covering food products with a thin edible coating. Interest in biodegradable edible coating is increasing every day, as non-degradable materials cause great harm to the environment and human health.

In our experiments, we used a monocomponent, amino acid biodegradable pseudoprotein edible coating to study the shelf life of bananas. We applied the dipping method and a 7% polymer alcohol solution to cover the samples with an edible coating. Water soluble dry matter (%), titratable acidity (%), and pH are selected as optimization parameters, while temperature and storage time were selected as effecting factors on optimization parameters. Based on the conducted experiments, it was revealed that the polymer coating of the research samples of bananas preserves not only quality but also affects the preservation of taste properties.

Keywords Agriproduct, Edible coating, Polymeric biomimetic, Preservation, Pse-udoprotein.

**წვეთოვანი მორწყვის რეჟიმზე , ნიადაგობრივ კლიმატური პირობების
გავლენა, წვეთოვანი მორწყვის ეკონომიკური ეფექტურობა.**

შორენა კუპრეიშვილი- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც.მირცხულავას სახელობის წყალთამეურნეობის ინსტიტუტის ირიგაციისა და დრენაჟის განყოფილების უფროსი ტექნიკურ მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი, მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი ,ამავე უნივერსიტეტის სააამშენებლო ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი E-mail sh.kupreishvili@gtu.ge

ირაკლი კერხიშვილი-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალეკოლოგიის კვლევითი ინსტიტუტის ირიგაციისა და დრენაჟის განყოფილების უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი

ნინო მებონია-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ტექნიკის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი ას.პროფესორ E-mail n.mebonia@agruni.edu.ge

ლალი ბაიდაური-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ას.პროფესორი E-mail l.baidauri@gtu.ge

ოლღა ხარაიშვილი - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალეკოლოგიის კვლევითი ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი ,ამავე უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი ასოც.პროფესორი E-mail karaishviliolga@gmail.com

დალი ბაიდაური საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ას.პროფესორი E-mail d.baidauri@gtu.ge

ნატო კაკაბაძე -საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ასოც.პროფესორი E-mail nato_kakabadze@yahoo.comkakabadzenato10@gtu.ge

ლაურა ტოკლიკიშვილი - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალეკოლოგიის კვლევითი ინსტიტუტის მეცნიერ თანამშრომელი

რეცენზენტები: მაია გუგეშიძე - ასოცირებული პროფესორი, სტუ-ს გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი. საქართველო, თბილისი. Gugeshidzemaia04@gtu.ge

დიმიტრი ერისთვი - პროფესორი, სტუ-ს სტუ-ს გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის უფროსი. საქართველო, თბილისი. D.eristavi@gtu.ge

რეზიუმე

სტატიაში განიხილება წვეთოვანი მორწყვის რეჟიმზე კასპის რეგიონის სარწყავი მასივების ნიადაგობრივ კლიმატური პირობების გავლენა. ამ მიზნით კასპის მუნიციპალიტეტში, შერჩეული იყო ორი სოფელი განსხვავებული ნიადაგობრივი პირობებით. კლიმატური მაჩვენებლები განისაზღვრა გადასატანი მინიმეტო სადგურით. საკვლევ პოლიგონებზე აღებული იყო ნიადაგის ნიმუშები, რომლებიც შემოწმდა ლაბორატორიულად. საპილოტე ტერიტორიაზე განსაზღვრული ხარჯის სიდიდე ექსპერიმენტის პროცესში ზუსტდებოდა მიღებული შედეგების გათვალისწინებით. მორწყვის რეჟიმის გასაკონტროლებლად იზომებოდა ნიადაგის ფაქტიური ტენიანობა.

კვლევით დადგინდა რომ წვეთოვანი მორწყვის რეჟიმზე ნიადაგობრივ პირობებთან ერთად დიდ გავლენას ახდენს კლიმატური ფაქტორები. რაც აუცილებელია მიღებული იყოს რეკომენდაციების დამუშავებისას.

საკვანძო სიტყვები: მორწყვის რეჟიმი, წვეთოვანი მორწყვა, კლიმატური პირობები, ნიადაგობრივი პირობები.

შესავალი

საქართველოს მცირემიწიანი ქვეყნისთვის აუცილებელია შერჩეული იქნეს მორწყვის რეჟიმი სწორად. მორწყვის რეჟიმის სწორად შერჩევაზეა დამოკიდებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა. მორწყვის რეჟიმი ითვალისწინებს მორწყვის ვადებს და მორწყვის ნორმას, ანუ ერთი მორიგი რწყვის დროს მისაწოდებელ წყლის მოცულობას.

ერთსა და იმავე კულტურისთვის მორწყვის ვადები დამოკიდებულია სავეგეტაციო პერიოდში ნაკვეთის აგროკლიმატურ მაჩვენებლებზე - ტემპერატურაზე, ატმოსფერულ ნალექებსა და სხვა.

მორწყვის ნორმა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განისაზღვრება ნიადაგის მახასიათებლების-აქტიური ფენის ნიადაგის მოცულობითი მასისა და ზღვრული წყალტევადობის მიხედვით. ტრადიციული მორწყვის დროს საირიგაციო სისტემების დაპროექტება ხდება სარწყავი ნორმების მიხედვით, პრაქტიკულ საქმიანობაში კი შესაძლებელია მორწყვის ნორმების კორექტირება მეურნეობის კონკრეტული

ნიადაგების შესაბამისად. რესურსდამზოგავი(წვეთოვანი მორწყვის მეთოდი) ღონისძიებების დროს წყალი უშუალო მიეწოდება მცენარის ფესვთა სისტემას მორწყვის რეჟიმის დაცვით.

ძირითადი ნაწილი

წვეთური მორწყვის დროს მცენარის მოთხოვნილება სარწყავ წყალზე განისაზღვრება ევაპოტრანსპირაციის მეთოდით.

ჩატარებული კვლევის მიზანს შეადგენდა ნიადაგობრივი და კლიმატური პირობების გავლენის შესწავლა წვეთური მორწყვის რეჟიმზე. ექსპერიმენტისთვის შერჩეული იყო ორი რეგიონის ქვემო ქართლის და შიდა ქართლის მუნიციპალიტეტის ორი სოფელი. ქვემო ქართლის სოფელი თამარისი და შიდა ქართლის სოფელი ახალქალაქი სოფლის მეურნეობის პროდუქციის წარმოებისთვის ქვემო ქართლის კლიმატური პირობები განსაკუთრებით ხელსაყრელია. რეგიონში არის მრავალფეროვანი სპექტრი როგორც ნიადაგების, ისე ვერტიკალური ზონალობის, რაც სოფლის მეურნეობის მნიშვნელოვანი განვითარების საშუალებას იძლევა.

მრავალი ფერმერული მეურნეობის განვითარებაში შიდა ქართლის კლიმატი ძალიან კარგ პირობებს ქმნის სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობისათვის რაც ხელს უწყობს . მცენარეთა წყლით უზრუნველყოფა მიღებულია როგორც ტრადიციული, ისე თანამედროვე, რესურსდამზოგავი მეთოდებით. ნიადაგების ტიპი აქ მრავალფეროვანია. რეგიონი სოფლის მეურნეობის განვითარების მხრივ ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესია საქართველოს მასშტაბით და გამორჩეულია მეხილეობის თვალსაზრისით, განსაკუთრებულად ვაშლის მოყვანით. ხილის უმეტესი სახეობების წარმოების მოცულობის მიხედვით შიდა ქართლის რეგიონი საქართველოში პირველ ადგილზეა, ასევე წარმატებულია მინდვრის და ბოსტნეული კულტურების წარმოება.

მცხეთა-მთიანეთის რეგიონი ხასიათდება საკმაოდ რთული რელიეფური პირობებით [2,3]. აქ მდებარე სოფლებში სოფლის მეურნეობის შემდგომი განვითარება აუცილებელია სოციალური და ეკონომიკური დონის ამაღლების მიზნით. სადაც დიდი წვლილი უნდა შეიტანონ კერძო მიწათმოქმედებმა, ფერმერულმა მეურნეობებმა, რომელთა რენტაბელობისათვის, საჭიროა მეცნიერულად დასაბუთებული აგროკლიმატური რესურსების შეფასება და მათი ეფექტურად გამოყენება,

ექსპერიმენტი ტარდებოდა 5 წლის განმავლობაში

ავტორების მიერ აღნიშნულ სოფლებში კლიმატური მაჩვენებლები განისაზღვრა გადასატანი მინიმეტო სადგურით. ცხრილი 1-ში მოყვანილია ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების წლიური და სავეგეტაციო პერიოდის გასაშუალებული მნიშვნელობები

აგროკლიმატური მაჩვენებლები

ცხრილი 1

ზონა	სოფელი	ტემპერატურა °C		ნალექები მმ	
		საშუალო წლიური	სავეგეტაციო პერიოდი IV-X	საშუალო წლიური	სავეგეტაციო პერიოდი IV-X
ქვემო ქართლი	კიზილაჯლო	19.50	23,29	437	306
	თამარისი	17.00	22,00	449	321
შიდა ქართლი	დოესი	16.83	25,71	532	288
	ახალქალაქი	16.17	22,00	603	333

რეგიონების მიხედვით დაწყვილებული სოფლების ცხრილში მოყვანილი აგროკლიმატური მახასიათებლები უმნიშვნელოდ განსხვავდება ერთმანეთისაგან და შესაძლო ცდომილებების მხედველობაში მიღებით, ეთანადება აღნიშნული სარწყავი ზონების ოფიციალურად მიღებულ მონაცემებს.

ყოველ სოფელში საკვლევ ნაკვეთებზე აღებული იყო ნიადაგის ნიმუშები, რომელთა ლაბორატორიული გამოცდა ჩატარდა ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოინჟინერინგის ფაკულტეტის სამელიორაციო ლაბორატორიაში. კვლევის შედეგები მოყვანილია ცხრილი 2-ის სახით.

ნიადაგის ჰიდროფიზიკური მაჩვენებლები

ცხრილი 2

სოფელი	კუთვნილება	ნიადაგის დასახელება	ნიმუშის ალების სიღრმე სმ-ით	მოცულობითი მასა	სიმკვრივე	ფორიანობა%	ზღვრული წყალტევადობა	მაქსიმალური მოლექულორი ტენიანობა
კიზილაჯლო	საკარმიდამო	შავმიწა	0-16	1.17	2.37	51.00	41.11	16.76
			16-32	1.26	2.39	47.00	41.77	16.90
			32-48	1.53	2.40	36.00	34.89	17.01
			48-64	1.51	2.44	38.00	34.60	17.33
			64-80	1.48	2.47	27.00	34.40	17.39
			80-96	1.44	2.49	42.00	33.98	17.67
			96-112	1.40	2.50	44.00	33.61	17.99
	საშუალო	0-112	1.42	2.35	41.00	36,33	14.88	
თამარისი	საკარმიდამო	თიხა თიხნარი	0-16	1.06	2.36	55.00	45.54	18.05
			16-32	1.26	2.39	47.00	45.88	17.00
			32-48	1.33	2.43	45.00	38.36	16.68
			48-64	1.38	2.46	44.00	37.40	16.77
			64-80	1,44	2.48	42.00	34.26	16.88
			80-96	1.46	2.49	41.00	33.89	16.92
			96-112	1.50	2.50	40.00	30.12	15.89
	საშუალო	0-112	1.35	2.44	44.86	32.44	16,88	
დოეხი	საკარმიდამო	რუხი ყავისფერი კარბონატული მიმე თიხნარი	0-16	1.04	2.27	54.00	40.16	13.48
			16-32	1.18	2.29	48.00	37.24	14.57
			32-48	1.24	2.34	47.00	36.61	13.69
			48-64	1.29	2.40	46.00	35.79	13.82
			64-80	1.33	2.41	45.00	34.68	13.89
			80-96	1.37	2.45	44.00	33.52	13.94
			96-112	1.49	2.48	40.00	33.40	13.99
	საშუალო	0-112	1.26	2.38	46.29	35.91	13.91	

ახალქალაქი	საკარმიდამო	ყავისფერი კარბონატული მსუბუქი თიხნარი	0-16	1.09	2.40	58.00	45.34	14.66
			16-32	1.31	2.43	46.00	42.99	14.97
			32-48	1.35	2.46	45.00	38.76	15.10
			48-64	1.38	2.48	44.00	39.44	15.58
			64-80	1.45	2.50	42.00	37,89	15.99
			80-96	1.47	2.51	41.00	36.66	16.34
			96-112	1.50	2.52	40.00	34.99	16.42
		საშუალო	0-112	1,36	2.47	45.14	39.44	15.58

აგროკლიმატური მონაცემებისაგან განსხვავებით, საკვლევი ნაკვეთების ნიადაგები ერთმანეთისგან განსხვავებულია. ასე მაგალითად, აქტიური ფენის მთლიან ჰორიზონტში (0-112 სმ) მოცულობითი მასა იცვლება 1,26 გ/სმ³-დან (დოესი) 1,42 გ/სმ³-მდე (თამარისი), მაშინ, როდესაც სიმკვრივე - 2,35 გ/სმ³-დან (თამარისი) 2,47 გ/სმ³-მდე (ახალქალაქი).

საცდელი ნაკვეთების სრული ფართობი შეადგენდა 0,14 - 0,15 ჰა-ს, რომელიც ათვისებული იყო ბაღით, ვენახით, ბოსტნით და მინდვრის კულტურით. ფართობის განაწილება კულტურების მიხედვით ყველა სოფელში იყო განსხვავებული (ცხრ 3).

საკვლევი ნაკვეთების ფართობის განაწილება

ცხრილი 3

ზონა	სოფელი	ფართობი ჰა				
		სრული	მ.შ. კულტურების მიხედვით			
			ბაღი	ვენახი	ბოსტანი	მინ.კულ.
ქვემო ქართლი	კიზილაჯლო	0,14	0,02	0,04	0,05	0,03
	თამარისი	0,15	0,035	0,04	0,04	0,035
შიდა ქართლი	დოესი	0,15	0,08	0,02	0,035	0,015
	ახალქალაქი	0,15	0,09	0,03	0,018	0,012

ოთხივე სოფელში სავეგეტაციო პერიოდი შეადგენდა შვიდ თვეს - აპრილიდან ოქტომბრის ჩათვლით.

ვინაიდან ექსპერიმენტი ტარდებოდა მოსახლეების კუთვნილ საკარმიდამო ნაკვეთებზე, კვების წყაროდ მიღებული იყო ჭაბურღილები, რომლებიც მოწყობილია ნაკვეთების ტერიტორიაზე. კულტურით დაკავებულ მთელ ფართობზე მისაწოდებელი წყლის რაოდენობა გამოთვლილი იყო მცენარეთა რაოდენობის და ერთი საწვეთურით ნიადაგის გასატენიანებლად საჭირო წყლის მოცულობის მიხედვით. ანალიტიკურად

განსაზღვრული ხარჯის სიდიდე ექსპერიმენტის პროცესში ზუსტდებოდა მიღებული შედეგის - მცენარის განვითარების გათვალისწინებით. მორწყვის დაწყების ვადისა და მიწოდებული წყლის საკმარისობის გასაკონტროლებლად იზომებოდა ნიადაგის ფაქტიური ტენიანობა.

ბალები-ბალის კულტურებიდან ქვემო ქართლში ექსპერიმენტი ტარდებოდა ალუჩის ბალებში, ხოლო შიდა ქართლში - ვაშლის ბალებში. ქვემო ქართლის სოფლებში ალუჩისა და ვაშლის ბალები გაშენებული იყო ნახევრად ინტენსიური ბალების, ხოლო შიდა ქართლში - ინტენსიური ბალების სქემით.

ქვემო ქართლის სოფლებში ალუჩა გაშენებული იყო შემდეგი მანძილის დაცვით: რიგებს შორის მანძილი - 5,0 მ. რიგში მცენარეებს შორის - 4,0 მ. შიდა ქართლში ვაშლი - შესაბამისად 3,0 მ და 1,5 მ; მცხეთა-მთიანეთის სოფლებში კი - 5,0 მ და 3,0 მ.

ვაშლისა და ალუჩის ბალებში თითოეულ რიგში, ნიადაგის წყალგამტარობის მიხედვით დამონტაჟებული იყო ორი ზოლი წვეთოვანი მილი, ინტეგრირებული საწვეთურებით (ორ-ორი საწვეთური თითო მცენარეზე), მიწის ზედაპირზე ხეების ძირში. ინტეგრირებული წვეთოვანი მილებით წყალი მცენარეებს მიეწოდებოდათ ერთდროულად მთელ რიგში ფესვთა სისტემის ძირითადი გავრცელების ზონით. მიწოდებული წყლის რაოდენობა და რწყვის რეჟიმი იცვლებოდა მცენარის ვეგეტაციის ფაზების მიხედვით, ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მწიფობის ფაზა (მაის-აგვისტოს თვეები).

ნიადაგების ზღვრული წყალტევადობის გათვალისწინებითა და რაიონების აგროკლიმატური პირობების მიხედვით, ივლისი-აგვისტოს პერიოდში, მიწოდებული წყლის რაოდენობა საკმარისი იყო 6 - 14 დღის განმავლობაში.

ვენახი -ვენახი გაშენებული იყო შემდეგი მანძილის დაცვით: ქვემო ქართლის სოფლებში რიგებს შორის მანძილი - 2,0 მ. რიგში მცენარეებს შორის - 1,5 მ; შიდა ქართლის სოფლებში: შესაბამისად - 2,2 და 1,5 მ, ოთხივე სოფელში ვენახი გაშენებული იყო შპალერზე.

წვეთოვანი მილები, ინტეგრირებული საწვეთურებით, დამაგრებული იყო მიწის ზევით შპალერების ქვედა მავთულებზე, ამდენად, სარწყავი სეზონის დასასრულს მილსადენებს დემონტაჟი არ სჭირდებოდა. ინტეგრირებული წვეთოვანი მილებით წყალი მცენარეებს მიეწოდებოდა რიგებში მთელ სიგრძეზე ფესვთა სისტემის გასწვრივ. მიწოდებული

წყლის რაოდენობა და რწყვის რეჟიმი იცვლებოდა მცენარის ვეგეტაციის ფაზების მიხედვით, ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მწიფობის ფაზა (ივლისი-აგვისტოს თვეები).

ნიადაგების ზღვრული წყალტევადობის გათვალისწინებითა და რაიონების აგროკლიმატური პირობების მიხედვით, ივლისი-აგვისტოს პერიოდში, მიწოდებული წყლის რაოდენობა საკმარისი იყო 3 - 9 დღის განმავლობაში.

ბოსტანი- ბოსტნეული კულტურებიდან ექსპერიმენტი ოტხივე სოფელში ტარდებოდა პომიდორზე. მცენარეები დარგული იყო შემდეგი მანძილის დაცვით: რიგებს შორის მანძილი - 1,0 მ. რიგში მცენარეებს შორის - 0,5 მ.

რიგში, უშუალოდ მიწის ზედაპირზე დამონტაჟებული იყო ერთი ზოლი წვეთოვანი მილი, ინტეგრირებული საწვეთურებით. ინტეგრირებული წვეთოვანი მილებით წყალი მცენარეების ძირში მიეწოდებოდა ერთდროულად მთელ რიგში ფესვთა სისტემის ძირითადი გავრცელების ზონაში. მიწოდებული წყლის რაოდენობა და რწყვის რეჟიმი იცვლებოდა მცენარის ვეგეტაციის ფაზების მიხედვით, ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მწიფობის ფაზა (ივნისი -სექტემბერის თვეები).

ნიადაგების ზღვრული წყალტევადობის გათვალისწინებითა და რაიონების აგროკლიმატური პირობების მიხედვით, ივლისი-აგვისტოს პერიოდში, მიწოდებული წყლის რაოდენობა საკმარისი იყო 2 - 3 დღის განმავლობაში.

მინდვრის კულტურები-ოთხივე სოფელში ექსპერიმენტი ტარდებოდა სამარცვლე სიმინდზე, რომელიც დათესილი იყო შემდეგი მანძილის დაცვით : რიგებს შორის მანძილი - 0,7 მ. რიგში მცენარეებს შორის - 0,15 მ.

რიგში, უშუალოდ მიწაზე დამონტაჟებული იყო ერთი ზოლი წვეთოვანი მილი, ინტეგრირებული საწვეთურებით. ინტეგრირებული წვეთოვანი მილებით წყალი მცენარეების ძირში მიეწოდებოდა ერთდროულად მთელ რიგში ფესვთა სისტემის ძირითადი გავრცელების ზონაში. მიწოდებული წყლის რაოდენობა და რწყვის რეჟიმი იცვლებოდა მცენარის ვეგეტაციის ფაზების მიხედვით, ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მწიფობის ფაზა (ივლისი-აგვისტოს თვეები).

ნიადაგების ზღვრული წყალტევადობის გათვალისწინებითა და რაიონების აგროკლიმატური პირობების მიხედვით, ივლისი-აგვისტოს პერიოდში, მიწოდებული წყლის რაოდენობა საკმარისი იყო 4 - 10 დღის განმავლობაში.

ზემომოყვანილი დებულებების გათვალისწინები, მაგალითის სახით მოყვანილია სოფ. თამარისში ვენახის წვეთოვანი მორწყვის გაანგარიშება [4].

- დაკავებული ფართობი: 0,04 ჰა
- მცენარეთა შორის მანძილი: 2 x 1,5
- რიგების რაოდენობა: $20 \div 2 = 10$ რიგი
- რიგის საშუალო სიგრძე: 20 მ.
- რიგში მცენარეების რაოდენობა : $20 \div 1,5 = 13$ ძირი
- სულ მცენარეების რაოდენობა : $10 \times 13 = 130$
- ერთი მცენარის მიერ დაკავებული ფართი : $(2 \times 1,5) \times 50\% = 1,5 \text{ მ}^2$
- სულ მცენარეების მიერ დაკავებული ფართი: $130 \times 1,5 = 195 \text{ მ}^2$
- წვეთოვანი მილის მოდელი: 16.09.50.3,5 ლ/სთ
- ნიადაგის მექანიკური შემადგენლობა : ლამიანი თიხნარი
- ნიადაგის ტიპი გაბატონებული ჯგუფის მიხედვით: შავმიწა

ნიადაგის ზღვრული წყალტევადობის მიხედვით, მცენარისათვის ხელმისაწვდომი წყლის რაოდენობა 1 მ^2 -ზე, 60 სმ სიღრმეზე -96 ლიტრი.

ერთი, სრული ციკლისას მისაწოდებელი წყლის რაოდენობა 1 მ^2 -ზე უნდა იყოს მცენარისათვის ხელმისაწვდომი ტენის 70-80%, ანუ $96 \times 70\% \approx 67$ ლიტრი.

რაიონის აგროკლიმატური რესურსების; ნიადაგის მექანიკური შემადგენლობისა და მცენარის წყალმოთხოვნილების გათვალისწინებით მოხდა წვეთოვანი მილისა (მოდელი 16.09.50.3,5 ლ/სთ) და გასარწყავიანების ციკლის შერჩევა.

მცენარის მიერ დაკავებული ფართისა და ნიადაგის მექანიკური შემადგენლობის მიხედვით ერთი მცენარისთვის მისაწოდებელი წყლის რაოდენობა გაანგარიშებული იქნა : 1 მ^2 -ზე მისაწოდებელი წყლის რაოდენობა $96 \times 70\% \approx 67$ ლიტრი;

1 რიგში 1 ზოლი წვეთოვანი მილით მორწყული მიწის ფართი $0,5 \times 20 = 10 \text{ მ}^2$;

1 რიგში (10 მ^2 -ზე) მისაწოდებელი წყლის რაოდენობა $10 \times 67 = 670$ ლ;

რიგში მიწოდებული წყლის რაოდენობა ერთ საათში

$(20 \div 0,5) \times 3,50 \div 0,5 \times 3,5 \approx 140 \text{ ლ/სთ}$

გამოყენებული წვეთოვანი მილის (მოდ: 16.09.50.3,5 ლ/სთ) საშუალებით 1 რიგის ნორწყვის ხანგრძლივობა ტოლი იქნება $670 \div 140 \approx 4,8$ საათს .

მიწოდებული წყლის რაოდენობა და რწყვის რეჟიმი იცვლებოდა მცენარის ვეგეტაციის ფაზების მიხედვით, მეტად საყურადღებოა მწიფობის ფაზა (ივლისი-აგვისტოს თვეები). ნიადაგის ზღვრული წყალტევადობის გათვალისწინებითა და რაიონის აგროკლიმატური პირობების მიხედვით, ივლისი-აგვისტოს პერიოდში, მიწოდებული წყლის რაოდენობა საკმარისი იყო 7-9 დღის განმავლობაში.

ზემოთ ხსენებული რწყვის რეჟიმისა და მიწოდებული წყლის რაოდენობიდან გამომდინარე, ნიადაგში ტენის რაოდენობა არ დაცემულა ჰკნობის წერტილამდე და შესაბამისად მცენარეს არ შეჰქმნია ტენის დეფიციტით გამოწვეული სტრესული პირობები. მიწოდებული წყლის რაოდენობიდან გამომდინარე მცენარეს მიეცა საშუალება აეთვისებინა, როგორც ტრანსპირაციისათვის საჭირო წყლის რაოდენობა, ასევე ნაყოფის სრულფასოვანი ჩამოყალიბებისათვის საჭირო ტენი.

დანარჩენ სოფლებში სხვა კულტურებისთვის ანალოგიური გაანგარიშების შედეგები მოცემულია ცხრილში 4 აქვე შედარებისთვის ნაჩვენებია ნიადაგის ჰიდროფიზიკური მაჩვენებლების მიხედვით განსაზღვრული მორწყვის ნორმის სიდიდე თვითდინებითი რწყვისთვის.

ირიგაციული მახასიათებლები

ცხრილი 4

მაჩვენებელი	სოფელი			
	კიზილჯიცი	თამარისი	დოესი	ახალქალაქი
ბაღი				
აქტიური ფენის სიღრმე (სმ)	1,12	1,12	1,12	1,12
ნიადაგის მოცულობითი მასა (გ/სმ ³)	1,42	1,35	1,26	1,36
ზღვრული წყალტევადობა (%)	31,48	32,44	39,91	39,44
მცენარეთა რაოდენობა (ცალი)	10	17	174	198
გატენიანების ლაქა (მ ²)	0,20	0,28	0,34	0,32
გატენიანების კონტური (მ ³)	0,12	0,17	0,17	0,20
ერთ მორწყვაზე, ერთ მცენარეზე დახარჯული წყლის მოცულობა (ლ)	317	282	71	76
გასატენიანებელი ფართობის წილი (%)	24	24	23	23

სულ დახარჯული წყლის მოცულობა (მ ³)	44,4	57,5	192,0	255,1
მორწყვის ხანგრძლივობა (სთ)	9	8	11	9
წვეთური მორწყვის ნორმა(მ ³ /ჰა):	158	141	160	166
თვითდინებითი მორწყვის ნორმა(მ ³ /ჰა):	1002	982	1126	1180
ვენახი				
აქტიური ფენის სიღრმე (სმ)	1,12	1,12	1,12	1,12
ნიადაგის მოცულობითი მასა (გ/სმ ³)	1.42	1.35	1.26	1.36
ზღვრული წყალტევადობა (%)	31.48	32.44	39.91	39.44
მცენარეთა რაოდენობა (ცალი)	130	130	60	90
გატენიანების ლაქა (მ ²)	0,20	0,28	0,34	0,32
გატენიანების კონტური (მ ³)	0,12	0,17	0,17	0,20
ერთ მორწყვაზე, ერთ მცენარეზე დახარჯული წყლის მოცულობა (ლ)	53	48	51	61
გასატენიანებელი ფართობის წილი (%)	25	28	30	29
სულ დახარჯული წყლის მოცულობა (მ ³)	117,1	118,6	64,26	98,82
მორწყვის ხანგრძლივობა (სთ)	5	6	7	6
წვეთური მორწყვის ნორმა (მ ³ /ჰა):	172	156	153	183
თვითდინებითი მორწყვის ნორმა(მ ³ /ჰა):	1002	982	1126	1180
ბოსტანი				
აქტიური ფენის სიღრმე (სმ)	0.5	0.5	0.5	0.5
ნიადაგის მოცულობითი მასა (გ/სმ ³)	1.53	1.38	1.21	1,37
ზღვრული წყალტევადობა (%)	34.89	35.83	36.20	39.67
მცენარეთა რაოდენობა (ცალი)	1000	800	700	360
გატენიანების ლაქა (მ ²)	0,07	0,07	0,085	0,08
გატენიანების კონტური (მ ³)	0,02	0,03	0,03	0,04
ერთ მორწყვაზე, ერთ მცენარეზე დახარჯული წყლის მოცულობა (ლ)	8	11	9	13
გასატენიანებელი ფართობის წილი (%)	30	30	34	32
სულ დახარჯული წყლის მოცულობა (მ ³)	720	704	567	374,4
მორწყვის ხანგრძლივობა (სთ)	3	3	4	4
წვეთური მორწყვის ნორმა(მ ³ /ჰა):	160	220	180	249
თვითდინებითი მორწყვის ნორმა(მ ³ /ჰა):	534	355	438	543
სიმინდი				
აქტიური ფენის სიღრმე (სმ)	0.7	0.7	0.7	0.7

ნიადაგის მოცულობითი მასა (გ/სმ ³)	1.48	1,41	1.31	1.42
ზღვრული წყალტევადობა (%)	34.40	35.83	35.24	38.67
მცენარეთა რაოდენობა (ცალი)	2857	3333	1429	1143
გატენიანების ლაქა (მ ²)	0,07	0,07	0,085	0,08
გატენიანების კონტური (მ ³)	0,03	0,03	0,025	0,036
ერთ მორწყვაზე, ერთ მცენარეზე დახარჯული წყლის მოცულობა (ლ)	2,6	3,3	2,3	3,5
გასატენიანებელი ფართობის წილი (%)	42	42	46	45
სულ დახარჯული წყლის მოცულობა (მ ³)	905,6	108,9	56,3	48,6
მორწყვის ხანგრძლივობა (სთ)	3	4	3	4
წვეთური მორწყვის ნორმა(მ ³ /ჰა)	252	311	221	337
თვითდინებითი მორწყვის ნორმა(მ ³ /ჰა)	713	723	646	769

მორწყვა მიღებულია წყვეტილად დღეების მიხედვით, სასოფლო-სამეურნეო კულტურაზე დამოკიდებულებით 2-დან 8-10 დღემდე. ცხრილში 5 მოცემულია რწყვათა რაოდენობა თოთოეული სოფლის და კულტურის მიხედვით

რწყვების რაოდენობა სავეგეტაციო პერიოდში

ცხრილი 5

კულტურა	რწყვების რაოდენობა სავეგეტაციო პერიოდში							
	სულ	მ.შ. თვეების მიხედვით						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
კიზილაჯლო								
ბალი	14	1	3	4	3	2	1	0
ვენახი	17	1	2	3	3	4	3	1
პომიდორი	90	0	10	13	16	20	17	14
სიმინდი	12	1	2	2	3	3	1	0
თამარისი								
ბალი	12	1	3	3	2	2	1	0
ვენახი	19	1	2	4	4	4	3	1
პომიდორი	80	0	9	10	14	17	16	14
სიმინდი	10	0	1	2	3	3	1	0
დოესი								
ბალი	15	2	1	3	3	4	2	0
ვენახი	21	2	2	4	4	5	3	1
პომიდორი	90	0	9	14	17	19	17	14

სიმინდი	17	0	2	3	5	5	2	0
ახალქალაქი								
ბალი	17	2	1	3	4	5	2	0
ვენახი	18	2	2	3	3	4	3	1
პომიდორი	80	0	8	12	16	19	15	10
სიმინდი	12	0	2	2	4	3	1	0

ცხრილების 4 და 5 ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ერთი და იგივე კულტურისთვის ნიადაგობრივი და კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე რწყვის რეჟიმი განსხვავებულია. ეს ეხება როგორც მორწყვის ნორმას, ასევე რწყვათა რაოდენობას და მათ ვადებს სხვა კულტურებთან შედარებით თვალშისაცემია ბოსტნის (პომიდვრის) გახშირებული რწყვები ოთხივე სოფელში. ეს შეიძლება აიხსნას ამ და საერთოდ ბოსტნეული კულტურების დიდი წყალმოთხოვნილებით .

ვინაიდან რწყვა ხდებოდა ჭაბურღილების სუფთა წყლით, წვეთოვანი სისტემების ფილტრების გაწმენდა ხდებოდა საშუალოდ სავეგეტაციო პერიოდში 3 -4-ჯერ, რწყვათა ინტენსივობისა და შესაბამისად ფილტრებში შემსვლელ და გამსვლელ მანომეტრებს შორის წნევათა ცვალებადობის მიხედვით. ხოლო სავეგეტაციო პერიოდის დასრულების შემდეგ მთლიანი საფილტრაციო სისტემა იცლებოდა წყლისაგან.

აგროკლიმატურ და ნიადაგობრივ პირობებზე დამოკიდებულებით წვეთოვანი მორწყვის პარამეტრების განსაზღვრა საშუალებას იძლევა დადგინდეს მორწყვის ეფექტურობის ზრდის ეკონომიკური ასპექტი. საკვლევ ნაკვეთებზე მეზობელ ნაკვეთებთან შედარებით ოთხივე სოფელში გაიზარდა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა საშუალოდ 30 -35 %, რაც კულტურების მიხედვით, ჰექტარზე გადაყვანით შეადგენს 1.5 - 2,0 ათას ლარ მოგებას. ეფექტურობის კრიტერიუმებად მიღებულია სუფთა დაყვანილი ეფექტი (*NPV*, ათასი ლარი) და მოგების შიდა ნორმა (*IRR*, %), რომლებიც გამოითვლება ფორმულებით:

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+r)^k} - \sum_{j=1}^m \frac{IC_j}{(1+i)^j}, \text{ და } \sum_{k=0}^n \frac{CF_k}{(1+IRR)^k} = 0$$

სადაც: *P* არის მოსავლიანობის ზრდით დანპირობებული შემოსავალი (ათასი ლარი/ჰა);

IC - კაპდაბანდება წვეთოვანი მორწყვის სისტემაში (ათასი ლარი/ჰა);

r - დისკონტირების ინდექსი;

i - ინფლაციის საშუალო საპროგნოზო დონე.

მოყვანილი ფორმულებით გამოანგარიშებამ აჩვენა წვეთოვანი მორწყვის ეფექტურობის საკმად მაღალი დონე: ასე, სუფთა დაყვანილი ეფექტის სიდიდემ (*NPV*) ჰქტარზე გადაყვანით შეადგინა 3,48 ათასი ლარი, შიდა მოგების ნორმით (*IRR*) 30 %.

უნდა აღინიშნოს შემდეგ მოვლენები, რომელთაც ადგილი ჰქონდა ექსპერიმენტის ჩატარების დროს:

- სოფელ თამარისში. ექსპერიმენტის დაწყებიდან მეორე-მესამე წელიწადს ვენახში მიწის ზედაპირის დონემ დაიწია 1 – 2 სმ-ით მეზობელ ნაკვეთთან შედარებით. ვინაიდან ამას ადგილი ჰქონდა მხოლოდ ერთ სოფელში და ერთ კულტურაზე, ცალსახად მისი ახსნა წვეთოვანი მორწყვის თავისებურებით შეუძლებელია და აუცილებელია დამატებითი კვლევების ჩატარება;
- სოფელ კიზილაჯლოში პომიდვრის რწყვის დროს რამდენჯერმე მორწყვის შემდეგ შემოწმებული ფაქტიური ტენიანობა აღმოჩნდა სასურველზე ნაკლები, რამაც გამოიწვია რწყვების გახანგრძლივების აუცილებლობა.

დასკვნა

1. წვეთოვანი მორწყვის დროს რწყვის რეჟიმზე აგროკლიმატურ ფაქტორებთან ერთად დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგობრივი პირობები. ამდენად, წვეთოვანი მორწყვის რეჟიმების რეკომენდაციების დამუშავების დროს ეს ფაქტორი მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული;
2. წვეთოვანი მორწყვის დროს დახარჯული წყლის შემცირების განსასაზღვრავად თვითდინებით რწყვასთან შედარებით, რწყვების რაოდენობის განსხვავების გამო უნდა ვისარგებლოთ არა მორწყვის, არამედ სარწყვი ნორმით. ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგად, სოფლების და კულტურების მიხედვით წყლის ეკონომიამ შეადგინა 25 -30 %. აქვე აღსანიშნავია კვების წყაროში წყლის დეფიციტის პერიოდში მოხმარებული წყლის მოცულობის შემცირება თვითდინებით რწყვასთან შედარებით;
3. მცირე ფართობებზე (1 -2 ჰა-მდე) წვეთოვანი მორწყვისთვის კვების წყაროდ სასურველია გამოყენებული იყოს ჭაბურღილები ან ჭები შედარებით ნაკლები ნატანის მქონე წყლით. უფრო დიდი ფართობების მოსარწყავად წყლის მიღებით არხებიდან აუცილებელია მორიგი რწყვისთვის რეზერვუარში წყლის საკმარისი

მარაგის შექმნა წინა რწყვის დამთავრების შემდეგ, რათა დანდგარ წყალში ნატანი შემდგომისდაგვარად დაილექოს.საჭიროების მიხედვით რეზერვუარი უნდა გამოირეცხოს;

4. სავეგეტაციო პერიდში, ყოველი რწყვის დამთავრების შემდეგ უნდა მოხდეს ნიადაგის ფაქტიური ტენიანობის შემინება და აუცილებლობის შემთხვევაში მორწყვის გახანგრძლივება.

ლიტერატურა

1. Richard G. ALLEN, Luis S. PEREIRA, Dirk RAES, Martin SMITH. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements) FAO Irrigation and drainage paper 56 1998;
2. დ.გუბელაძე, ო.ხარაიშვილი სასოფლო სამეურნეო ჰიდროტექნიკური მელიორაცია თბილისი 2020;
3. ო.ხარაიშვილი, ლ.ბაიდაური სასოფლო სამეურნეო კულტურების მოყვანის აგრომელიორაციული ღონისძიებები თბილისი 2022;
4. დ.გუბელაძე, ო. ხარაიშვილი სასოფლო სამეურნეო მელიორაციის პრაქტიკუმი თბილისი 2018;

On the Drip Irrigation Regime, Soil and Climatic Conditions

Impact, Economic Efficiency of Drip Irrigation.

Shorena Kupreishvili - senior academic doctor of technical sciences of the Department of Irrigation and Drainage of the Institute of Water Management named after T. Mirtskhulava of the Technical University of Georgia, the main scientific worker, associate professor of the Faculty of Construction of the same university E-mail sh.kupreishvili@gtu.ge

Irakli Kechkhoshvili, Senior Researcher, Department of Irrigation and Drainage, Research Institute of Water Ecology, Technical University of Georgia, Doctor of Technical Sciences

Nino Mebonia - Academic Doctor of Technical Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, Technical University of Georgia E-mail n.mebonia@agr.uni.edu.ge

Lali Baidauri - Associate Professor of the Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering of the Technical University of Georgia E-mail l.baidauri@gtu.ge

Olgha Kharaishvili Senior Researcher of the Water Ecology Research Institute of the Technical University of Georgia Academic Doctor of Agricultural Sciences Associate Professor of the Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering of the same university E-mail karaishviliolga@gmail.com

Olgha Kharaishvili Senior Researcher of the Water Ecology Research Institute of the Technical University of Georgia Academic Doctor of Agricultural Sciences Associate Professor of the Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering of the same university E-mail karaishviliolga@gmail.com

Dali Baidauri Associate Professor of the Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering of the Technical University of Georgia E-mail d.baidauri@gtu.ge

Nato Kakabadze - Associate Professor of the Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering of the Technical University of Georgia E-mail nato_kakabadze@yahoo.com
kakabadzenato10@gtu.ge

Laura Toklikishvili is a researcher at the Tsotne Mirtskhulava Research Institute of Water Ecology of the Technical University of Georgia.

Reviewers: Maya Gugeshidze - Associate Professor, Department of Environmental Engineering and Ecology of GTU. Georgia Tbilisi. Gugeshidzemaia04@gtu.ge

Dimitri Eristvi - Professor, Head of the Department of Environmental Engineering and Ecology of GTU. Georgia Tbilisi. d.eristavi@gtu.ge

Resume

The article discusses the influence of the soil and climatic conditions of the irrigation arrays of the Caspian region on the drip irrigation regime. For this purpose, two villages with different soil conditions were selected in the municipality of Kaspi. Soil samples were taken at the research sites and tested in the laboratory. The amount of expenditure determined in the pilot area was specified during the experiment taking into account the obtained results. Actual soil moisture was measured to control the irrigation regime.

The research has established that the drip irrigation regime is greatly influenced by climatic factors along with soil conditions. which must be accepted when making recommendations.

Key words: irrigation mode, drip irrigation, climatic conditions, soil conditions.

შპს „ჯორჯიან მანგანუზის“ წარმოების ნარჩენების გამოყენების შესაძლებლობის
შესწავლა სილიკომანგანუმის დნობის პროცესში

ირაკლი მაისურაძე - ასისტენტ პროფესორი, მასალათმცოდნეობისა და
ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: maisuradzeirakli04@gtu.ge

ბადრი მაისურაძე - ასოცირებული პროფესორი, მასალათმცოდნეობისა და
ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: badri.maisuradze@gtu.ge

ზურაბ სიმონგულაშვილი - პროფესორი, მასალათმცოდნეობისა და
ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: z.simongulashvili@gtu.ge

ომარ მიქაძე - პროფესორი, მასალათმცოდნეობისა და
ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 69
E-mail: omikadze@gtu.ge

რეცენზენტები:

თ. ბუჩუკური, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის
ასოცირებული პროფესორი

E-mail: t.buchukuri@gtu.ge

ვ. გორდელაძე, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: v.gordeladze@gtu.ge

ანოტაცია: სამუშაოს მიზანია შპს „ჯორჯიან მანგანუზის“ სამრეწველო ნარჩენების ხელახალი გამოყენება ფეროშენადნობთა დნობის პროცესში, ახალი ტექნოლოგიური სქემის გამოყენებით.

დავადგინეთ, რომ შესაძლებელია გარკვეული ნარჩენების გამოყენებით მიღებულ იქნას მექანიკურად მტკიცე ბრიკეტები ყოველგვარი შემკვრელის გამოყენების გარეშე.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგენილ იქნა ბრიკეტების მისაღები წნევის ოპტიმალური სიდიდე, რაც შეადგენს 60-80მპა-ს, შრობის ხანგრძლივობა 20-24სთ, თერმულად დამუშავებული 900°C.

ლაბორატორიული დნობების შედეგად მიღებული შედეგების მიხედვით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ შპს „ჯორჯიან მანგანუზის“ სამრეწველო ნარჩენებიდან მიღებული ბრიკეტები თავისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით სრულად შეესაბამება ელექტროფეროშენადნობთა წარმოებაში წაყენებულ მოთხოვნებს, რაც საშუალებას გვაძლევს დავზოგოთ ძვირადღირებული საკაზმე მასალები (მანგანუმის მადანი) და გავაუმჯობესოთ რეგიონის ეკოლოგიური მდგომარეობა.

საკვანძო სიტყვები: მანგანუმის მტვერი, კონცენტრატი, ბრიკეტი, სილიკომანგანუმი, ჰიდრაულიკური წნევა, მექანიკური სიმტკიცე.

შესავალი

სამთო-მეტალურგიული ნარჩენების გამოყენება მნიშვნელოვანია რეგიონის და საწარმოთა ეკოლოგიური და ეკონომიკური მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად.

მიმდინარე ეტაპზე ჭიათურის ახალ გამამდიდრებელ დანადგარზე, მიიღება 0-1 მმ (40%), 1-5 მმ (40%) და 5-20 მმ (20%) ფრაქციის კონცენტრატები, წარმადობა შეადგენს ≈ 600 ტონა/დღეღამეში. მათი უმეტესი ნაწილი შერეული სახით,

გამოყენება ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანაში სილიკომანგანუმის წარმოებაში;

წვრილფრაქციულობის გამო 0-1 მმ ფრაქციის კონცენტრატის 70-80% რჩება გამოყენებლი, რაც დღელამეში შეადგენს ≈ 180 ტონას. მასში მანგანუმის შემცველობა მერყეობს 24-26%-ის ფარგლებში;

ამავდროულად, ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანის მწარმოებლურ საამქროებში დღელამეში საშუალოდ მიიღება 90-110 ტონა. აირგამწმენდ დანადგარზე დაჭრილი მტვერი, რომელშიც მანგანუმის შემცველობა საშუალოდ შეადგენს 22-24%-ს;

ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, ჩვენს ინტერესშია ორივე ამ კომპონენტის მაქსიმალურად მისი რაოდენობით გამოყენება მანგანუმშემცველი ბრიკეტის წარმოებაში;

სილიკომანგანუმის წარმოებისას მანგანუმის შემცველობა მანგანუმშემცველ ბრიკეტში სასურველია $36\% \pm 1\%$ -ის ფარგლებში;

ამდენად, წამყვანი ელემენტის მანგანუმის შემცველობის გაზრდის მიზნით, საჭიროა მოცემული ნედლი მასალების სეპარირება-გამდიდრებისთვის, შეზღუდული რაოდენობით ასევე შესაძლებელია, ჭიათურის 1-5 მმ ფრაქციის კონცენტრატის გამოყენება, რომელიც განაწილების გარეთ რჩება. საერთო მოცულობის 1/8; 1/10 წილი და მასში მანგანუმის შემცველობა 38-39%-ია.

შ.პ.ს. „ჯორჯიან მანგანეზის“ წარმოების ნარჩენების გამოყენება წინასწარი დამუშავების გარეშე არ არის მიზანშეწონილი, რადგან მისი ფრაქციული შემადგენლობა ვერ პასუხობს დნობის ტექნოლოგიური პროცესის პირობებს, კერძოდ წარმოადგენს წვრილფრაქციულ მასალას, ამიტომ საჭიროა მისი დანაჭროვნება(დაუნდავება, აგლომერაცია, დაბრიკეტება). [1-6]

ძირითადი ნაწილი

ნარჩენების თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევების (ქიმიური, მინერალოგიური, თერმოდინამიკური, ფიზიკო-მექანიკური, კინეტიკური და ელექტრული) საფუძველზე შემუშავებულ იქნა სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგია კაზმში ნარჩენებისგან დამზადებული ბრიკეტების გამოყენებით.

ჩატარებულ იქნა დაბრიკეტებისა და დნობის ლაბორატორიული სამუშაოები. ბრიკეტების მისაღები საკაზმე მასალების (წარმოების ნარჩენების) ქიმიური შედგენილობა მოცემულია პირველ ცხრილში.

ლაბორატორიულ კვლევებში გამოყენებულ იქნა შ.პ.ს. „ჯორჯიან მანგანეზის“ საწარმოო ნარჩენების გარკვეული ნაწილი ძირითადად ჭიათურის მანგანუმის მადნის კონცენტრატი (მ/მ) ფრაქცია 0-1 მმ 30-35%, 1-5მმ 35-40% და აირგამწმენდის მტვერი 30-35%, რომელიც მტვრისებურ მასალას წარმოადგენს და მისი ფრაქციულობა მილიმიკრონობით იზომება.

აღსანიშნავია, რომ დაბრიკეტების პროცესში არ იქნა გამოყენებული შემკვრელი ნივთიერებები, რადგან აირგამწმენდ მტვერს თვითონვე გააჩნია შემკვრელის თვისებები. ბრიკეტების მასალების დაწნეხვას ვახდენდით ლაბორატორიულ ჰიდრავლიკურ წნეხზე ПСУ-10-ზე. დაწნეხის სიდიდეს ვახდენდით 40მპა წნევის ზევით, რადგან უფრო დაბალ წნევაზე ბრიკეტების სიმტკიცე იყო ძალიან დაბალი და იშლებოდა წნეხფორმიდან გამოგდების დროს.

დაბრიკეტების ოპტიმალური პარამეტრების დადგენის მიზნით, ლაბორატორიულ პირობებში ხდებოდა ბრიკეტების მექანიკური სიმტკიცის მახასიათებლებზე კაზმის სინესტის, დაწნეხის კუთრი წნევის გავლენის შესწავლა და სხვა.

ლაბორატორიულ დანადგარზე ბრიკეტები მიიღებოდა d=25-26მმ დიამეტრის და h=27-28მმ სიმაღლის ცილინდრული ფორმის ბრიკეტები, მანგანუმის შემცველობით 30,5-32%.

ბრიკეტების მისაღები საკაზმე მასალების ქიმიური შედგენილობა ცხრილი 1.

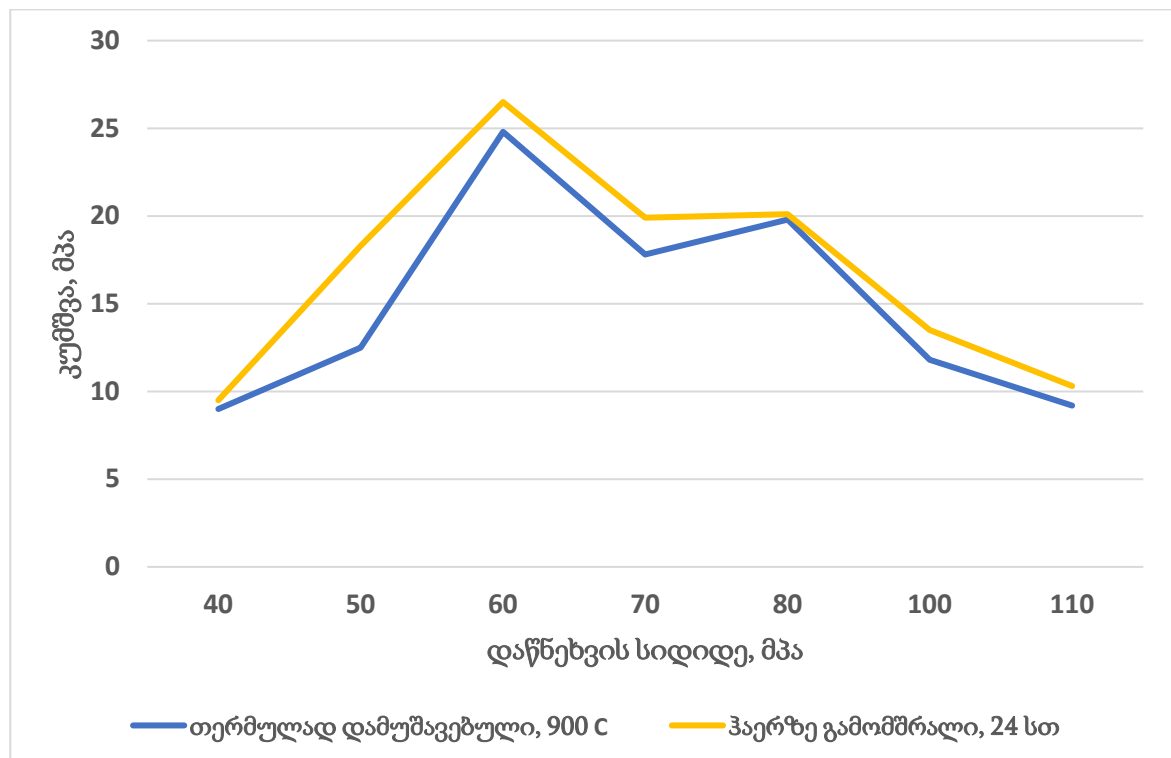
დასახელება	ქიმიური შემადგენლობა % ჭიათურა					ქიმიური შემადგენლობა % ზ.ფ.ქ				
	Mn	SiO2	P	CaO	Al2O3	Mn%	SiO2	P	CaO	Al2O3
მ/მ კონცენტრატი ფრ 0-1 მმ	30.12	22.95	0.220	6.12	0.147	29.80	21.50	0.190	4.50	3.30
მ/მ კონცენტრატი ფრ 1-5 მმ	37.04	18.30	0.160	5.20	0.85	38.90	21.70	0.170	3.50	3.30
შლამი	12.02	43.69	0.200	6.27	0.173	10.90	55.80	0.180	9.00	10.50
აირგამწმენდის მტვერი						22.10	20.10	0.100	3.30	3.40

სეპარაციის შლამი						14.90	37.70		21.10	10.80
						აქროლ	ნაცარი	S	მე/ნახშ	
კოქსის ანაცერი						1.20	14.00	1.00	83.80	
						Mn	Si	P	C	Fe
SiMn ასპირაციის მტვერი						49.10	12.60	0.26	3.80	4.30

ნედლი (ახლადმიღებული) და მშრალი (ჰაერზე გამომშრალი 24სთ-ის განმავლობაში) და თერმულად დამუშავებული 900°C ბრიკეტების მექანიკური მახასიათებლების განსაზღვრა ხდებოდა კამშვის (გაჭყლეთის) და ჩამოყრის მეთოდით.

თვითოეული სერიიდან ხდებოდა 20-20 ბრიკეტის გამოცდა კუმშვაზე (გაჭყლეთაზე) რის შედეგადაც მიიღებოდა სიმტკიცის საშუალო მაჩვენებელი. წინაღობა დარტყმაზე განისაზღვრებოდა 2მ სიმაღლიდან ბრიკეტების ოთხჯერადი ჩამოყრით თუჯის ფილაზე და შემდეგ ფრაქციებად გაყოფით.

ბრიკეტების სიმტკიცის მახასიათებლებზე გამოცდის შედეგები ნაჩვენებია მე-2 ცხრილში.



სურ. 1. ბრიკეტების სიმტკიცის დამოკიდებულება დაწნევის სიდიდეზე

№	დაწნევის სიდიდე*, მპა	ბრიკეტების სიმტკიცე					
		ახლადმიღებული, ნედლი		თერმულად დამუშავებული, 900°C		ჰაერზე გამომშრალი, 24სთ	
		ჩამოყრა, % +5 მმ	კუმშვა, მპა	ჩამოყრა, % +5 მმ	კუმშვა, მპა	ჩამოყრა, % +5 მმ	კუმშვა, მპა
1	40	100	არ იმსხვრევა, იჭყლიტება	95	9,0	80	9,5
2	50	100		98	12,5	85	18,3
3	60	100		100	24,8	100	26,5
4	70	100		98	17,8	98	19,9
5	80	100		100	19,8	98	20,1
6	100	90		80	11,8	70	13,5
7	110	90		75	9,2	65	10,3

. ბრიკეტების ფიზიკო-მექანიკური თვისებები

ცხრილი 2.

დასაბრიკეტებელი ნარევის ოპტიმალური სინესტის განსაზღვრის მიზნით დაწნევის ნარევის სინესტე იცვლებოდა 3-12%-ის ინტერვალში. დავადგინეთ, რომ კაზმის ოპტიმალური სინესტე ბრიკეტების მისაღებად შეადგენს 10-12%-ს, მეტი ან ნაკლები სინესტის შემთხვევაში ბრიკეტების სიმტკიცე და დაბრიკეტების პროცესი უარესდებოდა.

დაწნევის ხვედრითი წნევის ოპტიმალური სიდიდის განსაზღვრის მიზნით დაწნევის სიდიდე იცვლებოდა 20-110მპა-ის ფარგლებში, რის შედეგადაც დავადგინეთ დაწნევის ოპტიმალური სიდიდე, რომელიც შეადგენს 60-80მპა-ს.

როგორც კვლევებმა გვიჩვენა, (ცხრ. 2.) ახლად მიღებული ნედლი ბრიკეტები ჩამოყრაზე არ იშლება, ხდება მისი გაჭყლეტა იმ ადგილზე რითიც დაეცა, ხოლო კუმშვაზე (გაჭყლეტაზე) არ იმსხვრევა იჭყლიტება.

ჰაერზე გამომშრალი ბრიკეტების ყველაზე კარგი შედეგია 500-დან 800კგ/სმ²-ის(50-80მპა) ჩათვლით, როგორც ჰაერზე გამომშრალი ისე თერმულად დამუშავებული. ამ შედეგიდან საუკეთესოა 600კგ/სმ²(60მპა)-ზე მიღებული ბრიკეტები.

სილიკომანგანუმის დნობის ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლები ცხრილი 3.

მაჩვენებლები	ცვლადი დენის ღუმელი, 80კვა	მუდმივი დენის ღუმელი, 250კვა	
დნობების რაოდენობა	3	3	
მიღებულია, კგ:			
ლითონი	3,5	4	
წიდის ჯერადობა	1,2	1,0	
წიდის ფუძიანობა CaO/SiO ₂	0,5	0,45	
ლითონის ქიმ. შედგენილობა, %:			
Mn	70,6	70,8	
Si	16,4	16,2	
P	0,35	0,35	
მანგანუმის შემცველობა წიდაში, %	15,1	15,2	
ძირითადი ელემენტების განაწილება, %			
ლითონში	Mn	73,5	73,8
	Si	47,3	46,5
	P	65,7	65,7
წიდაში	Mn	17,1	17,1
	Si	49,2	48,9
	P	3,5	3,5
ელ. ენერგიის ხვედრითი ხარჯი კვტ.სთ./ტ.	3950	3898	

ლაბორატორიული დნობები ჩატარებულ იქნა ცვლადი დენის 80 კვა სიმძლავრის და 250კვა სიმძლავრის მუდმივი დენის ერთ ელექტროდიან ღუმელებში

მუდმივი დენის ღუმელის მუშაობის რეჟიმი შემდეგია:

- დენის ძალა ელექტროდზე - 2500-3000 ამპერი;
- ძაბვა კი - 25-30 ვოლტი.

ცვლად დენზე მომუშავე ღუმელის პარამეტრებია:

- დენის ძალა - 2000 ამპერი;
- ძაბვა - 40 ვოლტი.

ლითონისა და წიდის გამოშვება ხდებოდა ყოველ 25-30 წთ-ში. გამოშვების შემდეგ ლითონს და წიდას ვწონიდით, კეთდებოდა მათი ქიმიური ანალიზი.

სილიკომანგანუმის დნობის პროცესში ბრიკეტების გამოყენებით მიღწეულ იქნა ღუმელის მუშაობის თანაბარი სვლა, ელექტროდები ღრმად იჯდა კაზმში. ღუმელიდან ლითონი და წიდა გამოდიოდა თავისუფლად და საკმარისად

გახურებული. მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით შედგა დნობის მატერიალური ბალანსი, რომლის ძირითადი ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლები მოყვანილია მე-3 ცხრილში.

დასკვნა

ამრიგად ჩატარებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე დადგენილ იქნა, დაწნეხვის ოპტიმალური სიდიდეა 60-80მპა, შრომის ხანგრძლივობა 20-24სთ, რომლის დროსაც ბრიკეტების სიმტკიცე აკმაყოფილებს მისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს. გარდა ამისა ჩატარებულ იქნა დნობები აღნიშნული ბრიკეტების გამოყენებით, რაც საშუალებას გვაძლევს და შემუსშავებელი იქნა შ.პ.ს. „ჯორჯიან მანგანუზის“ მანგანუმშემცველი ნარჩენების გამოყენების ყველაზე რაციონალური და პერსპექტიული ტექნოლოგიური სქემა, რაც საწინდარია იმისა, რომ დავზოგოთ ძვირადღირებული საკაზმე მასალები (მანგანუმის კონცენტრატის შევამციროთ, მის საფუძველზე გამოდნობილი პროდუქციის თვითღირებულება და გავაუმჯობესოთ რეგიონის ეკოლოგიური მდგომარეობა.

ლიტერატურა:

1. B. Maisuradze, Z. Simongulashvili. A method of briquetting fine-grained coals. Geo. Patent P4522, 2009
2. B. Maisuradze, Z. Simongulashvili. A way to get formed coke. Geo. Patent utility model U1584Y, 2009
3. B. Maisuradze, Z. Simongulashvili, I. Maisuradze. Obtaining a special type of reductant from non-coking coals. Stu works, 2006, No. 4 (462) p. 89-93.
4. B. Maisuradze, Z. Simongulashvili, I. Maisuradze, T. Maisuradze. Learning the possibilities of using ferroalloy remnants in melting process of silicomanganese. „Ceramics”. 2017. p. 38-43
5. Z. Simongulashvili, I. Maisuradze, B. Maisuradze. Improvement of technical economic data of receiving silica-manganese using manganese containing remnants. Works of international scientific-practical conference, 2013, p. 220-223
6. Z. Simongulashvili, I. Maisuradze, B. Maisuradze. The study of physical-chemical and metallurgical characteristics of manganese-containing wastes of ferroalloy production. Georgia chemical journal. 2013. Vol.2, p.78-81

Studying the possibility of using production wastes of Georgian Manganese LLC in the process of silicomanganese smelting

Irakli Maisuradze Assistant Professor Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing Technical University of Georgia, Georgia, 0175, Tbilisi, m. 69 of Kostava. E-mail: maisuradzeirakli04@gtu.ge

Badri Maisuradze Associate Professor, Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Technical University of Georgia, Georgia, 0175, Tbilisi, m. 69 of Kostava E-mail: badri.maisuradze@gtu.ge

Zurab Simongulashvili Professor, Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Technical University of Georgia, Georgia, 0175, Tbilisi, m. 69 of Kostava E-mail: z.simongulashvili@gtu.ge

Omar Mikadze Professor, Department of Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Technical University of Georgia, Georgia, Tbilisi. E-mail: omikadze@gtu.ge

Abstract: The purpose of the work is to reuse the industrial waste of "Georgian Manganese" LLC in the process of melting ferroalloys, using a new technological scheme.

We found that it is possible to obtain mechanically strong briquettes without the use of any binders using certain wastes.

Based on the conducted studies, the optimal value of acceptable pressure of briquettes was established, which is 60-80 MPa, duration of drying is 20-24 hours, thermally treated at 900°C.

According to the results of the laboratory smelting, we can conclude that the briquettes obtained from the industrial waste of Georgian Manganese LLC, with their physical and chemical properties, fully comply with the requirements for the production of electroferroalloys, which allows us to save expensive slag materials (manganese ore) and improve the ecological condition of the region.

Keywords: Manganese dust, concentrate, briquette, silicomanganese, hydraulic pressure, mechanical strength

REDUCING OF GREENHOUSE EMISSIONS USING BIODIESEL FUELS

Natela Khetsuriani, TSU, Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry,
Tbilisi, Georgia

Kakha Karchkhadze, TSU, Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry,
Tbilisi, Georgia

Irina Mchedlishvili, TSU, Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry,
Tbilisi, Georgia

Madlena Chkhaidze TSU, Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry,
Tbilisi, Georgia

TSU, Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Tbilisi, Georgia

E-mail: natixeco@yahoo.com

Abstract. Biodiesel, as one of the most effective, environmentally friendly and carbon-neutral, alternative to petroleum biofuel, can be especially useful in urban areas, where concentration of vehicles is high and the air is polluted with harmful emissions from internal combustion engines. Present work is focused on analysis of the most important characteristics of both biodiesel and conventional (petroleum based) diesel fuels; based on the results of the research, the article gives recommendations how to improve the nano-composition of biodiesel so that it could be more widely used in diesel engines. The functional composition of biodiesel fuel have been studied and identified through liquid chromatography and the group composition of the fuel was analyzed using FTIR spectrometer. Based on the results of the research, an improved composition of biodiesel has been identified, which, while meeting the demands of EN 14105, ASTM D 6751 and EN 590 standards, can significantly reduce GHGs and other harmful emissions.

Introduction. Biodiesel is a mono-alkyl esters of long chain fatty acids derived from vegetable oils or animal fats though the process of etherification. The name “Biodiesel” has been given to it as it is a clean burning alternative fuel, made from natural vegetable oils, and/or animal fats, i.e. bio resources. Biodiesel is a high quality fuel, therefore it can be used in any segment of industry where petroleum based diesel fuel is used, including the internal combustion engines.

The greatest advantage of biodiesel, however, is that it is an eco-friendly fuel. Biodiesel is renewable and sustainable fuel and can significantly reduce danger of an environmental disaster.

Biodiesel can sharply reduce - up to 85% - emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons, which are identified as carcinogenic compounds. The physical and chemical characteristics of biodiesel are quite close to those of petroleum based diesel fuel, but at the same time biodiesel is eco-friendly and carbon-neutral. In addition, since biodiesel has a closed carbon cycle, it, unlike petroleum based products, does not add GHG gases to the atmosphere [1, 2, 3]. Biodiesel is especially effective in urban areas, where the number of vehicles is high and the air is more polluted with harmful emissions from internal combustion engines. Biodiesel can also be blended with petroleum diesel. The blend B20 (i.e. mixture of 20% biodiesel with 80% petroleum based diesel) improves parameters of the fuel and better meets the demands in terms of emissions control and, what is most important, B20 does not require any modification of engine. B20 can be used in almost every type of vehicles.

The present article is focused on analysis of the most important characteristics of both biodiesel and conventional (petroleum based) diesel fuels; based on the results of the research the article gives recommendations how to improve the nano-composition of biodiesel so that it could be more widely used in diesel engines without any modification of the engines.

Materials and methodology of research. The well adopted method for production of biodiesel is biochemical process that consists of etherification of triglycerides (TGs), usually those of plant oils. TGs react with alcohol in the presence of the acid or alkaline catalysts and the outcome is alkyl esters of fat acids and glycerin (Freedman et al., 1986). Reactions are consecutive and reversible. From the pure chemical point of view biodiesel is methyl ester, if methanol is used in the process of etherification, and consequently, ethyl ester, if ethanol is applied. The whole process is comprised of three reversible reactions when di- and monoglycerides are obtained as intermediate products [6]. The reaction needs 1 mol of triglycerides and 3 mols of alcohol and after the reaction, alongside the esters, glycerin as a by-product is obtained. It has been proved that methyl ester and ethyl esters are almost similar from the point of view of thermal content. Therefore obtaining of esters using ethanol can bring extra advantages related to the extra carbon atom of the molecule of ethanol, which increases thermal content and cetane number. And in addition, ethanol as an alcohol of organic origin can make the production of biodiesel completely based on bio resources [5]. The process of etherification in the presence of alkaline catalysts such as NaOH or KOH implies removal of glycerin from fat acids and its replacement with alcohol,

usually methanol. The by product, glycerin is used in the industry for production of soap, and, after refining, in cosmetic and perfumery industry [6].

The heterogenic (solid) catalysts have the advantage that they can be removed from the area of reaction and reutilized. Process of etherification with solid catalysts is considered as the most “green” process of etherification. This process does not require neither recovery of the catalyst, nor the phase of water treatment (washing), thus ensuring the high outcome of the methyl esters, which is very close to the theoretical values [7], as per the glycerin it will be produced with the highest purity, 98% and more. As per the method of supercritical area of alcohol, it has only one phase for etherification, which provides many advantages for the industry [8, 9].

Results and discussion. The present work is focused on analysis of the most important characteristics of both biodiesel and conventional (petroleum based) diesel fuels and based on its research and findings, the article gives the recommendations how to improve the nano-composition of biodiesel so that it could be more widely used in diesel engines.

We have studied and analyzed biodiesel obtained from the fresh oil of rapeseeds (*Brassica napus*), as well as secondary (cooking) oil from food industry, which served as raw materials for biodiesel production. From these bio resources, through the process of etherification with methanol we obtained pure biodiesel fuel i.e. B100 and free glycerin. Alongside we obtained several composites of biodiesel (B10 and B20) and analyzed their physical and chemical characteristics.

Chromatographic analysis of the B100 fuel revealed the following substances: hexane, octane, nonane, decane, and the mono methyl esters. The test showed that biodiesel B100 produced in the laboratory of the Ilia State University met the existed standard defined as ASTM D 6751. The analysis of biodiesel obtained from both plant oil and the secondary cooking oil, have shown that the characteristics of biodiesel are quite similar to those of the conventional, petroleum based diesel fuel.

Biodiesel can also be blended with conventional diesel fuel. The blend B20 (i.e. mixture of 20% biodiesel with 80% petroleum based diesel fuel) improves the parameters of the fuel and meets better the demands in terms of emissions control and what is most important, B20 does not require any engine modification. B20 can be used in almost every type of vehicles, including the

municipality buses, i.e. public transport. As per B100, which is a pure biodiesel, it can be successfully used in any tracks and tractors and other farming machinery having diesel engines.

Since biodiesel is intended to be used in internal combustion engines, the physical and chemical parameters and characteristics of the blend B20 and pure biodiesel B100 were carefully analyzed and compared to those of a conventional petroleum diesel fuel. Each characteristic was analyzed according to the existing standards (Table 1).

Table 1. Chemical and physical properties of biodiesel B100, B20 and petroleum based diesel fuel

Physical and chemical parameters	Petroleum based diesel fuel B0, pure biodiesel fuel B100, and the blends B10, and B20			
	B0	B10	B20	B100
Density at 15°C, kg/m ³	828.0	838.0	849.0	884,0
Density °API	39.39	37.35	35.16	24,76
Viscosity at 40°C, mm ² /c	1,8	2.0	2.2	2.9
Flash point, °C	53	58	65	126.0
Acid number, mg KOH/g	0.0038	0.0038	0.004	0.052
Cetane number	51	52,2	54.0	67
Sulfur content, mg/kg	10.0	7.5	3.9	-
Ash content, %	0.015	0.015	0.017	0.24
Copper strip corrosion (3 hours 50°C)	1b	1b	1b	1b
Water content, ppm	200	200	200	300

The compositions of fatty acids in biodiesel were defined by using a liquid chromatograph and the functional groups by Spectrum Two spectrometer. The conducted analyses have clearly demonstrated that the physical and chemical parameters of both B100 and B20 were well within the standards of EN 14214, ASTM D6751 and EN 590 (Li et al., 2008).

On figure 1 are shown spectra of B20 and conventional (petroleum based) diesel fuels. When comparing these two spectra we can see that B20 characteristics are similar to those of the conventional diesel fuel, however, biodiesel and its blends are much more eco-friendly, reducing harmful emissions [10].

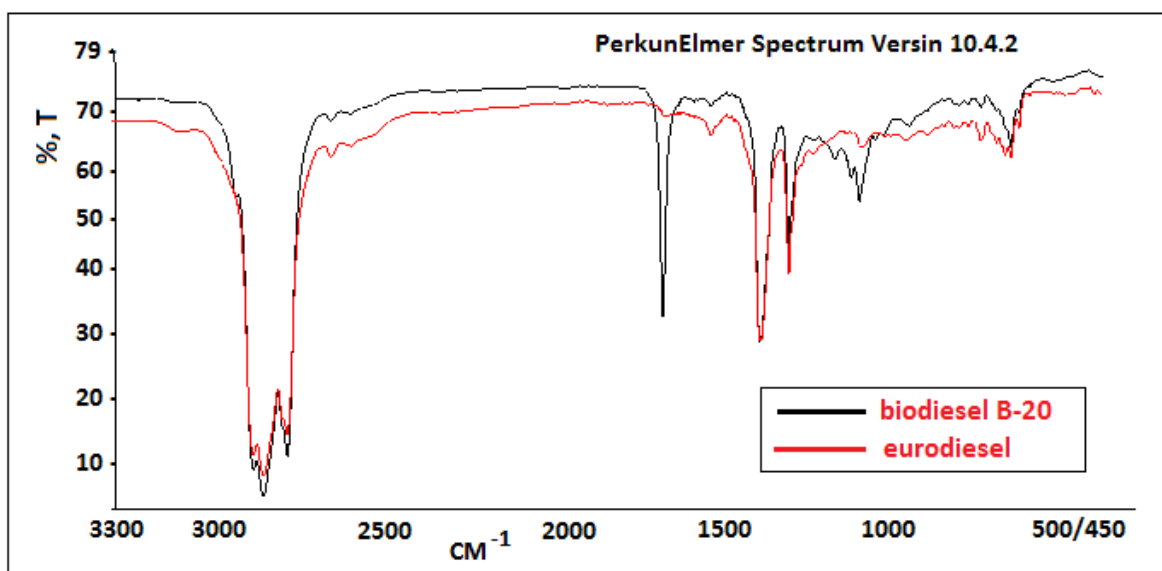


Fig. 1. Spectra of petroleum based diesel and B20 biodiesel

With the aim to improve the parameters of biodiesel and make it suitable for wider spectrum of engines without any modification we have identified a new nano-composition of Biodiesel. Having defined a new composition of biodiesel we have compared the physical and chemical characteristics of this new composition with the standards of B100 ASTM D6751-07a. We have analyzed the structural groups using infrared spectrometer. We have compared the spectrum of B100 and that of newly defined nano-composition of biodiesel.

On figure 2 are shown spectra of both B100 and newly defined nano-composition of biodiesel. When comparing the physical and chemical parameters of conventional biodiesel and nano-diesel, and their spectra, it becomes obvious that several major parameters of biodiesel have been improved and what is important, their structural compositions remained stable.

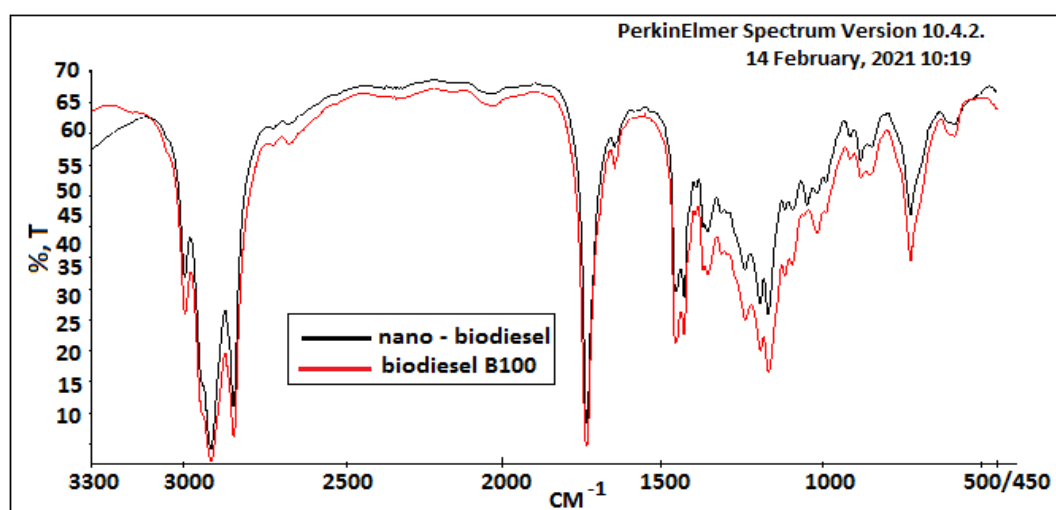


Fig 2. Spectra of B100 biodiesel and nano-biodiesel

Conclusions

- We have found that acid number was reduced 3 times, which means that the corrosion resistance index has been significantly improved. The other main parameters also were improved, namely the flash point became closer to the optimal point, as defined by the standards; density at 15°C, kg/m³, as well as, ash content, and carbon residue characteristics have been also improved.
- All these improvements give the biodiesel fuel possibility to be used in wide range of engines, the improved nano-composition allows biodiesel to be used both in pure i.e. B100, and/or in blended with petroleum based diesel fuel forms. Based on the parameters of the newly defined nano-composition of biodiesel, the performance of the engine powered by this type of biofuel will be improved.
- On the basis of our research, a new biodiesel production plant was founded in Tbilisi, Georgia and it became fully operational in July 2018. The plant will provide the city transport with clean, eco-friendly fuel – biodiesel, thus improving air quality and ensuring sustainable development of the city transport.
- The improved physical and chemical parameters of biodiesel will allow usage of this eco-friendly fuel and its blends in almost all kinds of internal combustion diesel type engines without their any modification, thus serving as a reliable, alternative fuel for sustainable city transport and reducing GHG emissions.

REFERENCES

1. Antolin G., Tinaut F., Briceno Y., Castano V., Perez C., Ramirez A. (2002) **Optimization of biodiesel production by sunflower oil transesterification** Bioresource Technology, (83), pp. 111-114.
2. Vicent G., Martinez M., Aracil J. (2004) **Integrated biodiesel production: A comparison of different homogeneous catalysts systems.** Journal of Bioresource Technology, (92), pp. 297-305. DOI: [10.1016/j.biortech.2003.08.014](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.08.014)
3. Khan N., Warith M., Luk G. (2007) **A comparison of acute toxicity of biodiesel, biodiesel blends, and diesel fuel on aquatic organisms.** Journal of the Air & Waste Management Association, 57, pp. 286-296. doi.org/10.1080/10473289.2007.10465333
4. Freedman B., Butterfield R., Pryde E. (1986) **Transesterification kinetics of soybean oil.** Journal American Oil Chemists' Society, (63), pp. 1375-1380. doi.org/10.1007/BF02679606

5. Tyson K.S. (2001) **Biodiesel Handling and Use Guidelines, National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-580-30004**. Golden (September 2001)
6. Knothe G., Gerpen J., Krahl J. (2010) **The Biodiesel Handbook** AOCS Press, Champaign, IL, USA, 494p.
7. Cao F., Chen Y., Zhai F., Wang J., Wang X., Wang S., Zhu W. (2008) **Biodiesel production from high acid value waste frying oil catalyzed by superacid heteropolyacid**. *Biotechnology and Bioengineering*, (101), pp. 93-100. doi.org/10.1002/bit.21879
8. Kusidiana D., Saka S. (2001) **Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol**. *Fuel*, (80), pp. 225-231.
9. Dermidas **Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol**. *Energy Conversion and Management*, (2002), 43, pp. 2349-2356
10. Khetsuriani N., Karchkhadze K., Tsitsishvili V., Goderdishvili K. (2017) **Production of Biodiesel using Supercritical Fluids Production**. *Journal of Chemical Problems, Baku, Azerbaijan*, #1, p. 21-25. ISSN 2221 – 8688. DOI: [10.32737/2221-8688-2017-1-21-25](https://doi.org/10.32737/2221-8688-2017-1-21-25)

UDC 621-436

თბური აირების ემისიების შემცირება ბიოსაწვავების გამოყენებით

ნათელა ხეცურიანი, კახა ქარჩხაძე, ირინა მჭედლიშვილი, მადლენა ჩხაიძე

თსუ, პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, თბილისი

E-mail: natixeco@yahoo.com

ანოტაცია. ბიოდიზელი, როგორც ეფექტური, ეკოლოგიური და კარბო-ნეიტრალური, ალტერნატიული საწვავი შეიძლება გამოყენებული იყოს ქალაქის ტიპის დასახლებებში, სადაც ავტომობილების კონცენტრაცია მაღალია და ჰაერი დაბინძურებულია შიდაწვის ძრავებიდან გამონაბოლქვი მავნე აირებით. სტატიაში განხილულია ბიოდიზელის და ნავთობიდან მიღებული დიზელის საწვავის მნიშვნელოვანი მახასიათებლები. ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ ნანო-ბიოდიზელის გამოყენება შესაძლებელია შიგა წვის ძრავების მქონე სატრანსპორტო საშუალებებში. ბიოდიზელის საწვავის ფუნქციონალური შედგენილობა შესწავლილია თხევად ქრომატოგრაფზე, ხოლო ჯგუფური შედგენილობა – ინფრაწითელ სპექტრომეტრზე. კვლევის შედეგების საფუძველზე იდენტიფიცირებულია ბიოდიზელის გაუმჯობესებული კომპოზიცია - ნანო-ბიოდიზელი, რომელიც EN 14105, ASTM D 6751 და EN 590 სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისია და მნიშვნელოვნად ამცირებს თბურ აირებს და სხვა მავნე ემისიებს ატმოსფეროში.

UDK 504.663.6.613.66.

**Measures to reduce emissions of harmful substances from the industry sector and their impact
on the ambient air quality of the city of Rustavi**

Noe Megrelishvili, Department of Environmental Engineering and Ecology, PhD
Student in chemical and biological engineering, Technical University of Georgia,
Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostava 69.

mail: noe.megrelishvili@gmail.com

Leila Gverdtsiteli, Department of Environmental Engineering and Ecology, Technical
University of Georgia, Professor. Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostavas 69.

E-mail: l.gverdtsiteli@gtu.ge

Alexander Surmava, Department of Environmental Engineering and Ecology, GTY,
Hydrometeorological Institute, Monitoring and Prognostication Department, Doctor
Of Physics and Mathematics, Senior Research Fellow. Georgia, 0160, Tbilisi,
M. Kostavas 69.

E-mail: asurmava@yahoo.com

Reviewers:

Dimitri Eristavi, Head of the Environmental Engineering and Ecology Department, Professor,
Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostava 69.

E-mail: d.eristavi@gtu.ge

Maia Gugeshidze, Environmental Engineering and Ecology Department, Associate Professor,
Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostavas 69.

E-mail: m.gugeshidze@gtu.ge

Summary

The measures taken in recent years aimed at reducing the emission of harmful substances polluting the ambient air from the industrial facilities in the city of Rustavi and the results of the implementation of these measures in relation to the quality of the ambient air of the city are discussed.

Keywords: City Rustavi, air quality, emission reduction.

Introduction

The Law of Georgia "On Ambient Air Protection" regulates the issues of ambient air quality management at the national level. It should be noted that in accordance with the changes made in the law in 2020, the management of atmospheric air quality in the country is gradually moving to European principles. One of the modern European principles, which was introduced within the framework of the above-mentioned change, is the management of ambient air quality at the local level, i.e. at the level of cities, municipalities and regions.

In particular, according to Article 44¹ of the Law of Georgia "On Ambient Air Protection" and the Air Framework Directive 2008/50/EC, air quality management plans need to be developed in those zones and agglomerations where the limit values of ambient air quality are exceeded [1-2].

Ambient air quality monitoring in the city of Rustavi, by means of a modern European automatic station, has been carried out since February 2019. The mentioned station is located in the so-called Old Rustavi and due to its location, it belongs to the urban background station. Consequently, its results provide us with information about the background state of air quality in Old Rustavi. It should be noted that this settlement is the largest relatively densely populated urban type settlement located closest to the Rustavi industrial zone.

The data of the automatic air quality monitoring station located in the city of Rustavi clearly showed the problem of high concentrations of particulate matter in the air of this city. In particular, the data of Rustavi significantly exceeded the national limit values updated in 2018 and aligned with European norms, as well as the monitoring results of stations located in hot spots (roadside) in other largest cities of Georgia.

In order to improve this situation, based on the above-mentioned legislative changes, in 2020, with the joint work of various government agencies, local municipalities and civil society, the Government of Georgia approved the "Action Plan to Improve Ambient Air Quality of the City of Rustavi 2020-2023". The plan included a number of measures to reduce the emission of air pollutants. Most of them were aimed at reducing emissions from the industrial sector [3].

Main part

“Action Plan to Improve Ambient Air Quality of the City of Rustavi 2020-2023”, aimed at reducing air pollution from industrial facilities, included the following main measures:

- Establishment of continuous automatic monitoring of emissions in large enterprises;
- Significant increase in fines for excessive emissions from industrial facilities;
- Granting the Environmental Supervision Department the right to stop the enterprise in case of significantly exceeding the emissions;
- Development of a modern European legal framework for the regulation of industrial sector emissions;
- Implementation of more active environmental supervision [3].

The most important of these measures was the obligation of continuous instrumental self-monitoring for the facilities carrying out activities that are the largest and most dangerous to the environment and human health. The mentioned obligation was extended to the facilities implementing specific activities in Table 1.

Table 1. Activities where continuous instrumental self-monitoring is mandatory

№	Activity
1	Crude oil (lubricant) processing
2	Operation of a 10 megawatt thermal power plant with a capacity of more than 10 megawatts
3	Production of iron, steel and/or ferroalloys, including primary and/or secondary smelting
4	Smelting iron or steel to produce products
5	Ferrous metal processing: hot metal processing, forging, coating with a protective metal layer with a production of 50 tons to more than 50 tons per year
6	Smelting of non-ferrous metal (except precious silicon) with an overproduction of 20 tons or 20 tons per year
7	Sintering of metal-bearing ore

8	Manufacture of non-ferrous metals from ores, concentrates or secondary raw materials by metallurgical, chemical or electrochemical processes, except for the manufacture of jewelery
9	Production of basic organic compounds
10	Production of basic inorganic compounds
11	Simple/integrated production of phosphorus, nitrogen/potassium fertilizers
12	Production of chemical substances by chemical processing of intermediate products
13	Production of pharmaceutical products, paints, varnishes, peroxide, elastomeric/plastic materials
14	Production of cement, lime, plaster and gypsum
15	Production of glass/glass products (including fiberglass).

In order to effectively implement this obligation, amendments were made to the Resolution No. 413 of the Government of Georgia dated December 31, 2014 "On the approval of the technical regulations for self-monitoring and reporting of the release of harmful substances from stationary sources of pollution", where the technical requirements that must be met by the continuous self-monitoring system were written. In particular, those harmful substances whose continuous instrumental monitoring is mandatory, as well as the location of the instrument's sampler and the requirements for providing and disseminating the obtained data to the control body were determined [4].

In addition, the Resolution determined for each activity the source of release of harmful substances that should be self-monitored by a continuous instrumental method.

Table 2. List of activities and sources of atmospheric air pollutant emissions, for which self-monitoring by continuous instrumental method is mandatory

Nº	Activity	A source of release of harmful substances into the ambient air
1	Crude oil (except oil-lubricants) processing	Oil Refinery/pressing plant

2	Operation of a 10 megawatt thermal power plant with a capacity of more than 10 megawatts	10 MW or more combustion plant (boiler, air turbine)
3	Production of iron, steel and/or ferroalloys, including primary and/or secondary smelting	Metal ore, concentrate and/or scrap furnace
4	Smelting iron or steel to produce products	Iron and/or steel furnace
5	Ferrous metal processing: hot metal processing, forging, coating with a protective metal layer with a production of 50 tons to more than 50 tons per year	Welding stands, forging wheels, protective metal coating equipment
6	Smelting of non-ferrous metal (except precious silicon) with an overproduction of 20 tons or 20 tons per year	Non-ferrous metal melting furnace
7	Sintering of metal-bearing ore	Roasting furnace, sintering furnace/device
8	Manufacture of non-ferrous metals from ores, concentrates or secondary raw materials by metallurgical, chemical or electrochemical processes, except for the manufacture of jewelery	Metal ore, concentrate, ingot and/or scrap furnace; A device in which chemical and/or electrochemical processes related to the production of non-ferrous metals are carried out
9	Production of basic organic compounds	Appliance in which organic compounds are produced
10	Production of basic inorganic compounds	Appliance in which inorganic compounds are produced
11	Simple/integrated production of phosphorus, nitrogen/potassium fertilizers	Appliance in which inorganic and organic compounds are produced
12	Production of chemical substances by chemical processing of intermediate products	A device in which a chemical (chemical synthesis and/or substance transformation) technological process takes place

13	Production of pharmaceutical products, paints, varnishes, peroxide, elastomeric/plastic materials	A device in which a thermal and/or chemical (chemical synthesis and/or substance transformation) technological process takes place
14	Production of cement, lime, plaster and gypsum	Kiln for burning cement clinker, lime, plaster and/or gypsum, grinding mill for cement clinker, lime, plaster, gypsum and/or additives
15	Production of glass/glass products (including fiberglass).	Glass melting furnace

By the same resolution, the continuous instrumental monitoring measurement ranges, recommended methods and recommended standards were defined, which helped the entrepreneurs to determine exactly what parameter equipment they should purchase.

Table 3. Continuous instrumental monitoring methods, measurement ranges and recommended standards

Parameter/ substance ISO standard methods	Monitoring method	Measurement ranges	Recommended standards for certification and calibration	Recommended EN and ISO standard methods
Carbon dioxide (CO)	FTIR, NDIR	50 mg/m ³ -10 g/m ³	General standards	EN 15058:2017
Dust (TSP)	Extinction or scattering of light, triboelectric method	1.5 mg/m ³ (given as 5 scattered light units)-300 mg/m ³ (given as 20,000 scattered light units)	General standards and EN 13284- 2:2017	EN 13284- 1:2017

Nitrogen Oxides (NO _x)	chemiluminescence, FTIR, NDIR, NDUV, DOAS	20 mg/m ³ -7.5 g/m ³	General standards	EN 14792:2017
Sulfur Dioxide (SO ₂)	FTIR, NDIR, NDUV, DOAS	10 mg/m ³ -8.0 g/m ³	General standards	EN 14791:2017
Temperature	Thermocouples, pyrometry	400 °C-1300 °C	General standards	No specific EN or ISO standard for measurement in air is available

Along with the aforementioned legislative changes, taking into account the modern European principle that the sanction should be proportionate, fair and effective, changes were made to the Code of Administrative Offenses. As a result, the sanctions for lack of emission abatement devices, failure and non-use have increased dramatically (in some cases, the sanction has increased from 5,000 to 45,000 GEL). Fines have also been increased for excessive emissions and the corresponding documentation. The Environmental Supervision Department was granted the right to stop the enterprise. The capacity of the supervisory body has increased and the intensity of inspection of industrial facilities has also increased unprecedentedly [5].

The implementation of the above-mentioned measures ensured the presence of emission abatement systems at the largest facilities carrying out the most dangerous activities for the environment and people and their proper functioning in continuous mode. As a result of this, in the City of Rustavi, in particular, in its part closest to the Rustavi industrial zone, the air quality has significantly improved. Specifically, the concentration of problematic particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) in the ambient air has decreased.

Figure 1. Average annual concentrations of PM₁₀ in Rustavi (2019-2023 years)

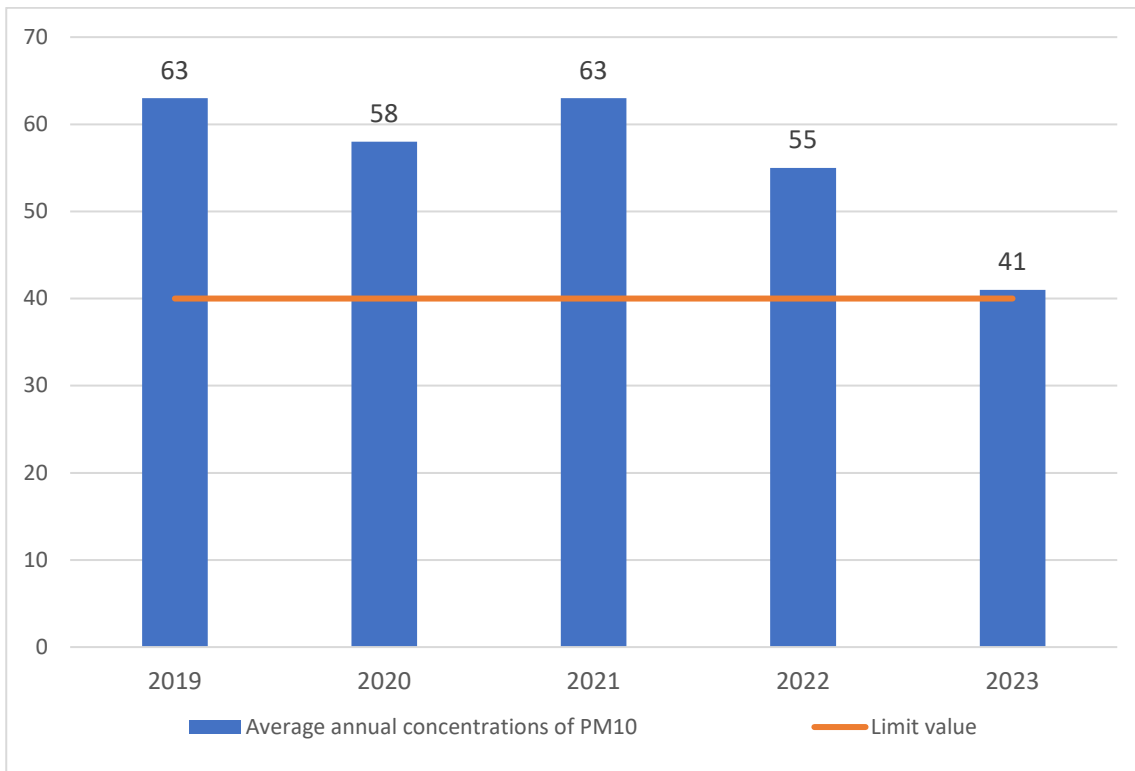
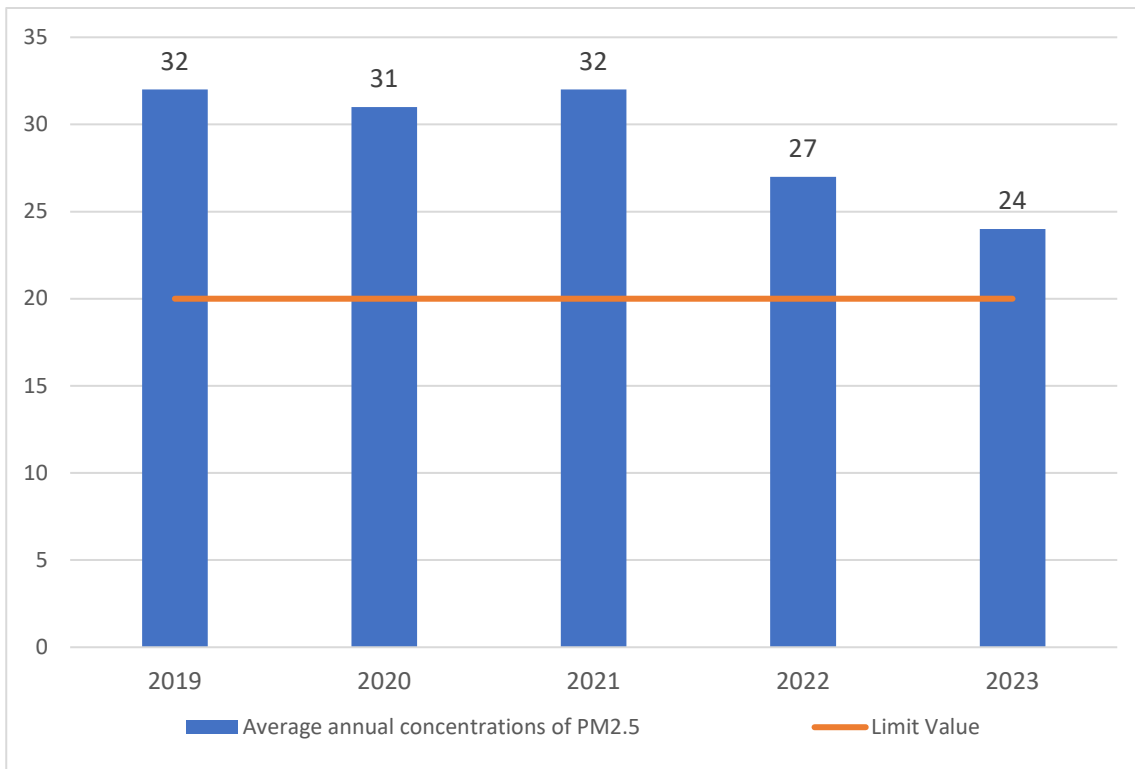


Figure 2. Average annual concentrations of PM_{2.5} in Rustavi (2019-2023 years)



As can be seen from the diagrams, in 2023, compared to 2019, the average annual concentration of PM₁₀ decreased by 35% and almost equaled the national and European limit, while in the same period, the similar indicator of PM_{2.5} decreased by 25% and approached the limit value.

Conclusion

Thus, the emission of harmful substances from the enterprises located in the city of Rustavi gradually decreased. In particular, if in 2019 Rustavi enterprises emitted 14,151 tons of solid particles, in 2021 this figure decreased by 9% and amounted to 12,921 tons, and in 2022 this figure decreased by 40% (5,705 tons) compared to the figure of 2019 and amounted to 8,446 tons. The intensity of inspections has also increased sharply, and 165 inspections of 108 enterprises were carried out in 2020-2022, which is a much higher rate compared to previous years [6].

Despite the mentioned progress, the pollution of ambient air quality with the particulate matter in the city of Rustavi still remains an important challenge.

References

1. Law of Georgia "On Ambient Air Protection", 1999; Consolidated version (final) 16/06/2023;
2. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe;
3. Decree of the Government of Georgia of October 22, 2020 No. 2059 on the 2020-2022 on the approval of the action plan for improving the atmospheric air quality of Rustavi;
4. Resolution No. 413 of the Government of Georgia dated December 31, 2014 "On the approval of the technical regulations for the self-monitoring and reporting of the release of harmful substances from stationary sources of pollution";
5. Administrative Offenses Code of Georgia, 1984; Consolidated version (final) 14/06/2024;
6. Assessment Report of the Action Plan to Improve Ambient Air Quality of the City of Rustavi 2020-2023.

მრეწველობის სექტორიდან მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევების შემცირების
ღონისძიებები და მათი ზეგავლენა ქ. რუსთავის ატმოსფერული ჰაერის ხარისხზე
ნოე მეგრელიშვილი გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი,
ქიმიური და ბიოლოგიის ინჟინერიის დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69,
E-mail: noe.megrelishvili@gmail.com

ლეილა გვერდწითელი გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის
დეპარტამენტი, აკ. დოქტ, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69,
E-mail: l.gverdtsiteli@gtu.ge

ალექსანდრე სურმავა გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი,
სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის მონიტორინგისა და პრონგოზირების
განყოფილება, ფიზ.-მათემ. მეცნ. დოქტორი, უფრ. მეცნ. თან., საქართველო, 0160
თბილისი, მ. კოსტავას 69,
E-mail: asurmava@yahoo.com

რეცეზენტები:

დომიტრი ერისთავი, გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის
ხელმძღვანელი, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო,
0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69.
E-mail: d.eristavi@gtu.ge

მაია გუგეშიძე, გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი,
ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო,
0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69.
E-mail: gugeshidzemaia04@gtu.ge

ანოტაცია: განხილულია ბოლო წლებში ქალაქ რუსთავში სამრეწველო ობიექტებიდან
ატმოსფერული ჰაერის დამაბინძურებელი მავნე ნივთიერებების გაფრქვევების
შემცირებისკენ მიმართული ღონისძიებები და მათი განხორციელების შედეგები.

საკვანძო სიტყვები: ქ. რუსთავი, ატმოსფერული ჰაერის ხარისხი,
გაფრქვევების შემცირება.

Electrochemical synthesis of polyvinylpyrrolidone-stabilized nanomagnetite in water/ethanol environment

Marine Donadze GTU, Department of Chemical and Biological engineering, Associate Prof.,
-E-mail: m.donadze@gtu.ge , tel.:+995 598235587, Georgia, Tbilisi.

Nino Makhaldiani, GTU Academic Doctor of Chemical and Biological engineering,
E-mail: makhaldianinino@gmail.com , tel.:+995 599456700; Georgia, Tbilisi.

Elene Burduladze master student of GTU, of Faculty Chemical Technology and Metallurgy, Department of Chemical and Biological engineering,
E-mail: elena. burduladze@gmail.com , tel.:+995 555966980; Georgia, Tbilisi.

Reviewers: Mamuka Maisuradze - professor, head of the quality assurance department of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Stu. Georgia Tbilisi. M.maisuradze@gtu.ge

Jemal Shengelia - Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Stu. Georgia Tbilisi. J. Sengelia@gtu.ge

Abstract

To obtain magnetite nanoparticles, we used the method of electrochemical synthesis. In our previous studies, to obtain magnetite nanoparticles, we used a two-layer bath with a rotating cathode, an iron sulfate solution as an electrolyte, and oleic acid (surfactant) dispersed in hexane as an organic solution. The optimal temperature for the synthesis of magnetite nanoparticles is 55°C; at this temperature, most of the hexane evaporates, which is unjustified from an economic and environmental point of view. Some of the newly formed magnetite nanoparticles are not stabilized by oleic acid and the nanoparticles are polydisperse. To replace the organic solution, we used a mixture of water and ethanol in different ratios, and polyvinylpyrrolidone as a surfactant (disperses well in water and alcohol). By varying the electrolysis parameters (current density) and water-to-ethanol ratio, we determined the size and zeta potential of polyvinylpyrrolidone-stabilized magnetite nanoparticles.

Key words: Electrochemical synthesis, Magnetite, Nanoparticles, Polyvinylpyrrolidone.

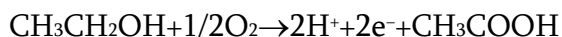
Introduction

Due to their good biocompatibility and low toxicity, magnetite nanoparticles are used in the biomedical field - magnetic fluids, hyperthermia, targeted drug-gene transfer, magnetic resonance imaging (contrast agent), biosensors and others, as well as in computer technology (information recording and storage systems, quantum computers, memory cards) and in ecology. In the ecological direction, nanomagnetite is used in the field of cleaning water and soil from organic pollutants, it is a good adsorbent, separator and catalyst. Through it, it is possible to purify water from bacteria and such toxic, heavy metals as Mn^{2+} , Hg, Pb, Cd, Tl and others. Due to the coexistence of Fe^{2+} and Fe^{3+} ions, it participates in Fenton-like reactions and mineralizes such heavy organic compounds as phenol and its derivatives [1-9].

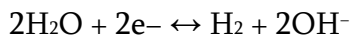
There are physical, chemical and biosynthesis methods for the synthesis of magnetic nanoparticles. Chemical synthesis, namely co-precipitation, hydrothermal, high-temperature decomposition, electrochemical deposition and laser ablation methods are used more often. Due to their small size, the particles are characterized by a large surface-to-volume ratio, high surface energy and, accordingly, a tendency to aggregation. Metallic oxides, precious metals, small organic molecules (citric acid, oleic acid), organic polymers (chitosan, dextran, polyethyleneimine and polyethyleneglycol) are used as stabilizers. Surface modification not only increases the stability of magnetic nanoparticles, but also ensures their further functionalization. Obtaining magnetite by electrosynthesis is described in many articles, where both simple and complex electrolytes are used as electrolytes [10-31].

Using an innovative method of electrosynthesis (on a rotating cathode in a two-layer bath), we obtained nanoparticles of silver, zinc and magnetite. The method allows for predictable tuning of the size and shape of nanoparticles by changing electrosynthesis parameters. In the process, the oxidation products formed at the anode are recovered at the cathode and stabilized by the modifier present in the solution. Magnetite obtained by electrochemical synthesis was tested to purify water contaminated with phenol. Based on the determination of the chemical consumption of oxygen, we studied the kinetics of cleaning phenol-contaminated water with magnetite. When using Al_2O_3 -impregnated calcined magnetite, the concentration of phenol in water decreased from 400 mg/l to 80 mg.l [29-32].

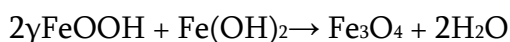
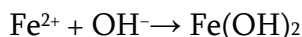
In the studies of Lozano, Cabrera, Montoya and others, the mechanism of magnetite formation by electrolysis is described:



cathode



In the volume of the solution:



Finally, the topotactic transformation of iron divalent hydroxide and lepidocrocite into magnetite [15-18].

Experimental

Magnetic nanoparticles were obtained by electrolysis on a rotating cathode in an electrochemical bath. To obtain magnetite nanoparticles, we used a solution of iron sulfate, and replaced the organic solvent - hexane with a mixture of ethanol and water. We used polyvinyl pyrrolidone (PVP 30) as a surfactant. PVP is a non-toxic, non-ionic, amphiphilic polymer with functional groups C=O, C-N and CH₂ (12), which has long been used in the synthesis of nanoparticles. It has both a hydrophilic (pyrrolidone group) and a hydrophobic part (alkyl group), so it is well dispersed in water and other apolar solvents. The hydrocarbon tail of PVP protects the particles from aggregation with a steric factor [33] (Fig. 1).

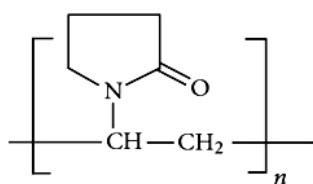


Fig. 1 Polyvinyl pyrrolidone molecule (PVP)

For electrochemical synthesis was prepared, a solution of iron sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) with a concentration of 0.08 M, an iron anode (99.19% Fe, 0.75% Mn; 0.053% Cu) and an aluminum cathode-arc (the working surface area of the cathode is $S=0,0015 \text{ dm}^2$, cathode rotation speed 600 rpm, the duration of electrochemical synthesis is 15 min). Before electrolysis, electrodes are subjected to cleaning with sandpaper, degreasing with ethanol, washing with distilled water, drying at 100°C and weighing before and after electrolysis. After 10 min of centrifugation (8000 rpm) of the obtained zole, the particle size and zeta potential of the samples were determined by

the dynamic beam light scattering method (DLS Malvern). The electrochemical synthesis unit is shown in the picture 1.



Picture 1. Electrochemical synthesis device for obtaining magnetic nanoparticles

We studied the effect of water and alcohol ratio and electrolysis parameters on the particle size. Based on our research, water/ethanol ratio 50/50 gives better results than water/ethanol ratio (50/50; 40/60; 30/70) in terms of dissolution, particle size and band stability of both ferric sulfate and PVP.

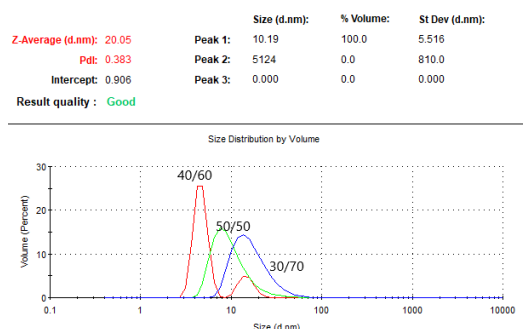


Fig. 2 Magnetite particle size at different ratios of water/ethanol (50/50; 40/60;30/70; T=55°C; $i=40 \text{ a/dm}^2$; $C_{\text{FeSO}_4}=0,08\text{M}$; PVP 1 %)

As can be seen from the figure, the particle size varies within 10÷17 nm. At 60% alcohol content, two peaks appeared, peaks corresponding to 15 and 5 nm were obtained, at 70% ethanol content, the particle size increased to 17 nm, although the band remained monodisperse.

We studied the effect of current density on particle size at different water/ethanol ratios. We changed the current density to 20÷60 A/dm².

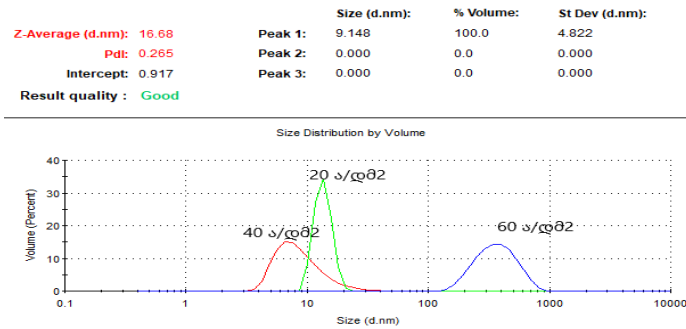


Fig. 3 Dependence of magnetite particle size on current density at 1% polyvinylpyrrolidone content ($T=55^{\circ}\text{C}$; $i=20\div 60\text{ A/dm}^2$; $C_{\text{FeSO}_4}=0.08\text{M}$; ratio water/ethanol 50/50)

As can be seen from the results (Fig. 3-5), the particles obtained at high current density are larger than 100 nm. A high current density increases the nucleation rate and stabilizes the particles before the aggregation process. The particle sizes obtained at current densities of 20 and 40 A/dm² are up to 20 nm, and at 60 A/dm² they increase to 500 nm.

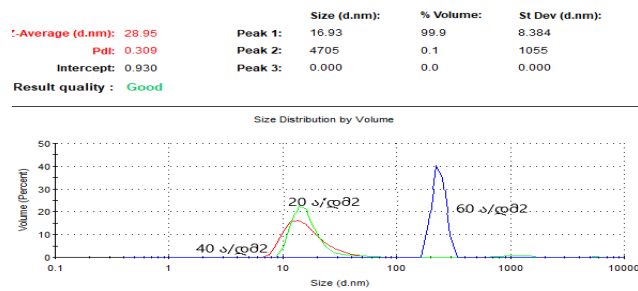


Fig. 4 Dependence of magnetite particle size on current density with 1% polyvinylpyrrolidone content ($T=55^{\circ}\text{C}$; $i=20\div 60\text{ A/dm}^2$; $C_{\text{FeSO}_4}=0.08\text{M}$; ratio water/ethanol 40/60)

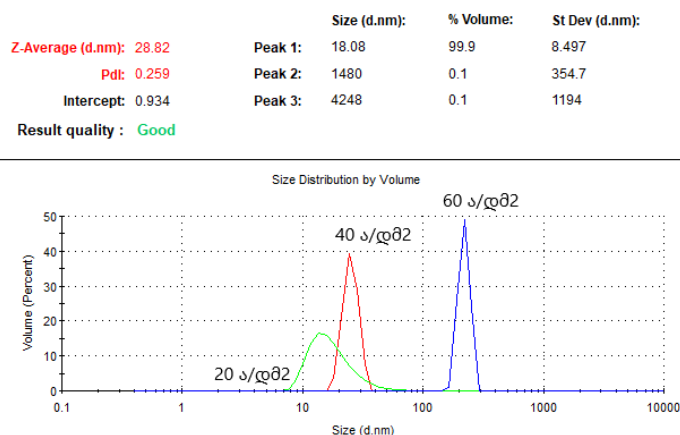


Fig. 5 Dependence of magnetite particle size on current density with 1% polyvinylpyrrolidone content ($T=55^{\circ}\text{C}$; $i=20\div 60\text{ A/dm}^2$; $C_{\text{FeSO}_4}=0.08\text{M}$; ratio water/ethanol 30/70)

A water/ethanol ratio of 50/50 gives better results in terms of band stability as confirmed by the zeta potential measured in the resulting band.

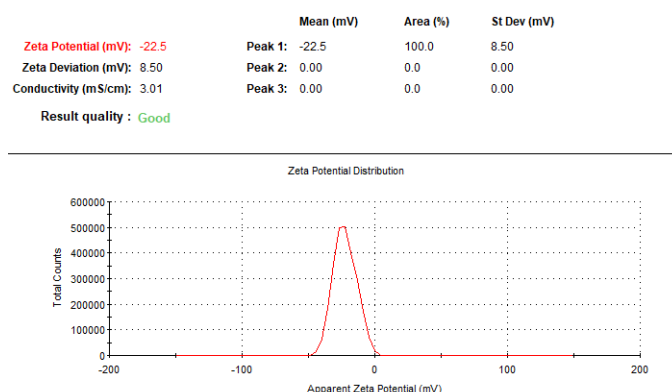


Fig. 6 Zeta potential of magnetite stable zole (water/ethanol ratio 50/50; current density 20 A/dm²)

As can be seen from the measured zeta potential, the magnetic nanoparticles synthesized in the water-ethanol mixture maintain stability at pH=6÷8. The zeta potential is negative (-20-23 mV) and the Magnetite zole is stable.

Conclusion

In the process of electrochemical synthesis, the particles obtained in the water/ethanol environment (50/50; 40/60; 30/70) at a current density of 20, 40 A/dm² are smaller in size and monodisperse (10÷20 nm). At a current density of 60 A/dm², polydisperse particles with a size of up to 500 nm are obtained, which is an indication that the surfactant cannot protect the particles from aggregation. It is possible that polyvinylpyrrolidone with a higher molecular weight (PVP 50), has the ability to sterically protect the particles under the given conditions.

literature

1. Duguet E., Vasseur S., Mornet S. &Devoisselle J.M. Magnetic nanoparticles and their applications in medicine, *J.Nanomedicine*, 2006, 1, 157-168.
2. Pop, D.; Buzatu, R.; Moaca, E.A.; Watz, C.G.; Pinzaru, S.C.; Tudoran, L.B.; Nekvapil, F.; Avram, S.; Dehelean, C.A.; Cretu, M.O.; et al. Development and Characterization of Fe₃O₄@Carbon Nanoparticles and Their Biological Screening Related to Oral Administration. *Materials* 2021, 14, 3556.

3. Huang J, Zhong X, Wang L, Yang L, Mao H, Improving the magnetic resonance imaging contrast and detection methods with engineered magnetic nanoparticles. *Theranostics* 2012,2:86–102
4. Gallo J, Long NJ, Aboagye EO, Magnetic nanoparticles as contrast agents in the diagnosis and treatment of cancer. *Chem Soc Rev*, 2013, 42, 7816–7833.
5. Lee H, Shin T, Cheon J, Weissleder, Recent developments in magnetic diagnostic systems. *Chem Rev*, 2015, 115,10690–10724.
6. Liu Y., Li T., Zhou M., Heterogeneous Fenton catalytic degradation of phenol based on controlled release of magnetic nanoparticles, *Chemical Engineering Journal*, 2014, 242,1-9
7. Zhuang J., Gao L., Zhan Y., Gu N., Feng J., Yang D., Zhu J., Yan X.,Zhang J., Decomposing phenol by the hidden talent of ferromagnetic nanoparticles, *J.Chemosphere*, 2008, 73, 1524–1528.
8. Wenhui Ling, Mingyu Wang, Chunxia Xiong, Dengfeng Xie, Qiyu Chen, Xinyue Chu, Xiaoyan Qiu, Yuemin Li, Xiong Xiao, Synthesis, surface modification, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles, *Journal of Materials Research*, 1-17,2019. DOI: 10.1557/jmr.2019.129.
9. Orimolade B. O., Adekola, F. A. , Adebayo G. B. , Adsorptive removal of bisphenol A using synthesized magnetite nanoparticles, *J.Applied Water Science* ,2018, 1-8.
10. Setyawan H., Fajaroh F., Pusfitasari M.D., Yuwana M., Affandi S., A facile method to prepare high-purity magnetite nanoparticles by electro-oxidation of iron in water using pulsed direct current, *Asia-pacific Journal of Chemical Engineering*, 9 **2014** 258–261. DOI: 10.1002/apj.1828
11. Naim M.N., Iijima M., Sasaki K., Kuwata M., Kamiya H., Lenggono I.W., Electrical-driven disaggregation of the two-dimensional assembly of colloidal polymer particles under pulse DC charging, *Advanced Powder Technology*, 21 **2010** 534–541. DOI: 10.1016/j.appt.2010.02.004
12. Rodriguez-Lopez A., Paredes-Arroyo A., Mojica-Gomez J., Estrada-Arteaga C., Cruz-Rivera J.J., Elias Alfaro C.G., Antano-Lopez R., Electrochemical synthesis of magnetite

- and maghemite nanoparticles using dissymmetric potential pulses, *Journal of Nanoparticle Research*, 14 **2012** 993. DOI: 10.1007/s11051-012-0993-3
13. Karami H., Chidar E., Pulsed-electrochemical synthesis and characterizations of magnetite nanorods, *International Journal of Electrochemical Science*, 7 (2012) 2077–2090.
 14. Fajaroh F., Setyawan H., Widiyastuti W., Winardi S., Synthesis of magnetite nanoparticles by surfactant-free electrochemical method in an aqueous system, *J. Advanced Powder Technology* 23 **2012** 328–333, <https://doi.org/10.1016/j.appt.2011.04.007>
 15. Cabrera, L.; Gutierrez, S.; Menendez, N.; Morales, M. P.; Herrasti, P. Magnetite Nanoparticles: Electrochemical Synthesis and Characterization. *Electrochim. Acta* **2008**, 53, 3436–3441.
 16. Pascal C., Pascal J. L., Favier F., Elidrissi Moubtassim M. L., Payen C., Electrochemical Synthesis for the Control of γ -Fe₂O₃ Nanoparticle Size. Morphology, Microstructure, and Magnetic Behavior, *Chem. Mater.* 11, **1999**, 141-147.
 17. Lozano, I.; Casillas, N.; de León, C. P.; Walsh, F. C.; Herrasti, P. New Insights into the Electrochemical Formation of Magnetite Nanoparticles. *J. Electrochem. Soc.* **2017**, 164, 184–191.
 18. Montoya, P.; Marín, T.; Mejía, S.; Arnache, O.; Calderón, J. A. Elucidation of the Mechanism of Electrochemical Formation of Magnetite Nanoparticles by In Situ Raman Spectroscopy. *J. Electrochem. Soc.* **2017**, 164, 1056–1065.
 19. Zhang W., Jia S., Wu Q., Ran J., Wu S., Convenient synthesis of anisotropic Fe₃O₄ nanorods by reverse co-precipitation method with magnetic field-assisted, *Materials Letter*, 65 (2011) 1973–1975. DOI: 10.1016/j.matlet.2011.03.101
 20. Starowicz M., Starowicz P., Zukrowski J. Przewoznik J., Lemanski A. Czesław A., Kapusta C., Bana J., Electrochemical synthesis of magnetic iron oxide nanoparticles with controlled size, *J Nanopart Res.*, **2011** 13:7167–7176 DOI 10.1007/s11051-011-0631-5
 21. Franger S., Berthet P., Berthon J., Electrochemical synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles in alkaline aqueous solutions containing complexing agents, *J Solid State Electrochem* , **2004** 8: 218–223, DOI 10.1007/s10008-003-0469-6.

22. Manrique-Julio J., MacHuca-Martinez F., Marriaga-Cabrales N., Pinzon-Cardenas M., Production of magnetite by electrolytic reduction of ferric oxyhydroxide, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 401 **2016** 81–85. DOI: 10.1016/j.jmmm.2015.10.018
23. Karimzadeh I., Aghazadeh M., Doroudi T., Ganjali M. R.eza, and Kolivand P. H., Superparamagnetic Iron Oxide (Fe₃O₄) Nanoparticles Coated with PEG/PEI for Biomedical Applications: A Facile and Scalable Preparation Route Based on the Cathodic Electrochemical Deposition Method, *Advances in Physical Chemistry*, Volume **2017**, Article ID 9437487, 7 pages <https://doi.org/10.1155/2017/9437487>.
24. Marques R.F.C., Garcia C., Lecante P., Ribeiro S.J.L., Noé L.,Silva N.J.O., Amaral V.S., Millán A., Verelst M., Electro-precipitation of Fe₃O₄ nanoparticles in ethanol, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 320 (2008) 2311–2315.
DOI: 10.1016/j.jmmm.2008.04.165
25. Rahimdad N., Khalaj A., Azarian Gh. and Nematollahi D., Electrochemical Device for the Synthesis of Fe₃O₄ Magnetic Nanoparticles, *Journal of The Electrochemical Society*, 166 (2) E1-E6, **2019** E1 0013-4651. <http://dx.doi.org/10.1149/2.0231902jes>
26. Gopi D., Ansari M.Th. , Kavitha L., Electrochemical synthesis and characterization of cubic magnetite nanoparticle in aqueous ferrous perchlorate medium, *Arabian Journal of Chemistry*, **2011**, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.08.005>
27. Mazario E. Sanchez-Marcos J., Menendez N., Herrasti P., Garcia-Hernandez Mar and Munoz-Bonilla A., One-pot electrochemical synthesis of polydopamine coated magnetite nanoparticles, *RSC Adv.*, **2014**, 4, 48353–48361, DOI: 10.1039/c4ra08065c
28. Aghazadeh M., Karimzadeh I., One-step Cathodic Electrochemical Synthesis and Characterization of Dextran Coated Magnetite Nanoparticles, *J. Nanoanalysis.*, **2017**, 4(3): 228-238
29. Donadze M., Makhaldiani N., Electrosynthesis of Nanomagnetite and Application for Purification of Phenol Previously Contaminated Water, *Advanced Polymer Structures Chemistry for Engineering Applications*, Pub. Location New York, Apple Academic Press. 25.
30. Donadze M., Makhaldiani N., Electrosynthesis of nanomagnetite and use for cleaning water contaminated with phenol, *Ceramics Journal*, 22,1(43),2020,14-23

31. Khutsishvili S., Toidze P., Donadze M., Gabrichidze M., Makhaldiani N., Agladze T., Structural Surface Features of Paramagnetic Multifunctional Nanohybrids Based on Silver Oleic Acid, Journal of Cluster Science, (<https://doi.org/10.1007/s10876-020-01904-6>).
32. Khutsishvili S., Toidze P., Donadze M., Gabrichidze M., Agladze T., Makhaldiani N., Structural and Magnetic Properties of Silver Oleic Acid Multifunctional Nanohybrids, Agricultural University of Georgia. Production and hosting by Elsevier B.V ANNALS OF AGRARIAN SCIENCE, 2019,ISSN: 1512-1887
33. Kallum M. Koczur, Stefanos Mourdikoudis, Lakshminarayana Polavarapu, Sara E. Skrabalak. Polyvinylpyrrolidone (PVP) in nanoparticle synthesis. Dalton Transactions, 2015, 44 (41), pp.17883- 17905. ff10.1039/C5DT02964Cff. fhal-01217114.

რეზიუმე

მაგნეტიტის ნანონაწილაკების მისაღებად გამოვიყენეთ ელექტროქიმიური სინთეზის მეთოდი. ჩვენს ადრინდელ კვლევაში მაგნეტიტის ნანონაწილაკების მისაღებად ვიყენებდით ორშრიან აბაზანას მბრუნავი კათოდით, ელექტროლიტის სახით რკინის სულფატის ხსნარს, ხოლო ორგანული ხსნარის სახით ჰექსანში დისპერგირებულ ოლეინმჟავას. მაგნეტიტის ნანონაწილაკების სინთეზისთვის ოპტიმალური ტემპერატურაა 55°C, აღნიშნულ ტემპერატურაზე ჰექსანის დიდი ნაწილი ორთქლდება, რაც გაუმართლებელია ეკონომიკური და ეკოლოგიური თვალსაზრისით. ახლად წარმოქმნილი მაგნეტიტის ნანონაწილაკების ნაწილი არ არის სტაბილიზებული ოლეინმჟავით და პოლიდისპერსულია. ორგანული ხსნარის ჩასანაცვლებლად გამოვიყენეთ სხვადასხვა თანაფარდობის წყალი ეთანოლის ნარევი, ხოლო ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების სახით პოლივინილ პიროლიდონი (წყალში და სპირტში კარგად დისპერგირდება). ელექტროლიზის პარამეტრებისა (დენის სიმკვრივე) და წყალი ეთანოლის თანაფარდობის ცვლილებით დავადგინეთ პოლივინილპიროლიდონით სტაბილიზებული მაგნეტიტის ნანონაწილაკების ზომა და ძეგა პოტენციალი.

საკვანძო სიტყვები: ელექტროქიმიური სინთეზი, მაგნეტიტი, ნანონაწილაკები, პოლივინილპიროლიდონი.

გარემოს დაცვის სოციალურ-ეკონომიკური ასპექტები და ეკოლოგიური უსაფრთხოება.
Socio-economic Aspects of Environmental Protection and Ecological Safety.

UDC 539.538

მდგრადი განვითარების გლობალური გარემოსდაცვითი აქტუალური სოციალურ-
ეკონომიკური პრობლემები და პერსპექტივები

ლავრენტი (ზურაბ) გუდავაძე, z.gudavadze@gtu.ge, პროფესორი, მობ.: +995 599 50 12 12
სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
საქართველო, თბილისი

ნოდარ ფოფორაძე, n.poporadze@gtu.ge, პროფესორი, მობ.: +995 577 42 83 47
გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
საქართველო, თბილისი

გელა მაჩაიძე, g.machaidze@gtu.ge, ასოცირებული პროფესორი, მობ.: +995 592 66 89 97
სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
საქართველო, თბილისი

გელა ლობჯანიძე, g.lobjanidze@gtu.ge, ასოცირებული პროფესორი, მობ.: +995 595 77 66
97 გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი

რეცენზენტები:

1. ბეჟან კახაძე, ეკონომიკის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი, საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტი, ასოცირებული პროფესორი;
2. თემურ ბუტულაშვილი, გეოლოგია-მინერალოგიის მეცნიერებათა აკადემიური
დოქტორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ასოცირებული პროფესორი.

ანოტაცია

ბოლო ათწლეულების განმავლობაში მნიშვნელოვანი გახდა გაძლიერებული
გლობალური გარემოსდაცვითი ეფექტიანი ღონისძიებების განხორციელება, რათა
გადაიჭრას კლიმატის ცვლილების ეგზისტენციალური გამოწვევები და გლობალური
ბიომრავალფეროვნების საფრთხეები. ამ თვალსაზრისით, მნიშვნელოვანია
საერთაშორისო ძალისხმევა, რათა გაძლიერდეს გლობალური მიდგომა ბუნებრივი
რესურსების სამართლიანი და მდგრადი მართვისთვის, გაფართოვდეს სახიფათო
ქიმიკატების გლობალური რეგულაცია და კონტროლის ქვეშ მოექცეს ჰაერის, ნიადაგის,
წყლის, ზღვების და ოკეანეების ტრანსსასაზღვრო დაბინძურება, რისთვისაც საჭიროა
ინტეგრირებული მიდგომა, ვინაიდან ყველა გარემოსდაცვითი პრობლემა
ურთიერთდაკავშირებულია და კატასტროფული ეკოლოგიური კოლაფსის რისკები
იზრდება. ამიტომ, მდგრადობისთვის დიდი მნიშვნელობის პრაქტიკებს შორის

აუცილებელია ბუნებრივი რესურსების, მ. შ. წყლის, ნიადაგის, ტყეების, ველური ბუნებისა და ბუნებრივი ჰაბიტატების დაცვა და მდგრადი მართვა, რათა უზრუნველყოფილ იქნას პლანეტის ეკოლოგიური წონასწორობა და ამ რესურსების ხელმისაწვდომობა მომავალი თაობებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: გარემოს დაცვა, ეკოლოგიური წონასწორობა, ESG პრინციპები, მდგრადი განვითარება, მწვანე და წრიული ეკონომიკა.

სტატიის საგანი, თემა, მიზანი. კვლევა მიზნად ისახავს თანამედროვე პერიოდსა და პირობებში მდგრადი განვითარების გლობალური გარემოსდაცვითი აქტუალური სოციალურ-ეკონომიკური პრობლემების შესწავლას, ანალიზს და შეფასებას.

XXI საუკუნის დასაწყისისთვის, გარემოსდაცვითი და ეკოლოგიური წონასწორობის სტაბილურობა თითქმის შეუქცევადი გახდა, სადაც გარემოსთან ფრთხილი დამოკიდებულება, ატმოსფეროში მავნე გამონახოლქვის შემცირება და რესურსების დაზოგვის ტექნოლოგიების გამოყენება, მისი ყველაზე ნათელი გამოვლინება გახდა. ნაშრომში წარმოდგენილია გლობალური გარემოსდაცვითი ეკონომიკის სისტემური ხედვა კლიმატის ცვლილების პირობებში.

მესამე ათასწლეულის მიჯნაზე გლობალური და რეგიონული სოციალურ-ეკოლოგიური წინააღმდეგობების ადეკვატური გადაწყვეტა ასოცირდება „მდგრად განვითარებასთან“, რომლის სტრატეგიის ეფექტიანი განხორციელება უზრუნველყოფს ცივილიზაციის მიღწევებში ადამიანის, საზოგადოების, ბუნებრივ და სოციალურ გარემოს შორის ურთიერთობების რაციონალიზაციის, ოპტიმიზაციისა და ჰარმონიზაციის ოპტიმალურ დონეს. ამ თვალსაზრისით, განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა გარემოსდაცვითი სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების პროგნოზებს, მ. შ. საქართველოს პირობებში.

ნაშრომში **კვლევითი თემის** სახით, განხილულია მდგრადი განვითარების მრავალმხრივი კონცეფციის ის ძირითადი თანამედროვე გლობალური საკითხები, რაც დაკავშირებულია გარემოს დეგრადაციასთან და კლიმატის ცვლილებებთან. შესწავლილია მდგრადი განვითარების მნიშვნელობა და მასში შემავალი ფაქტორების ურთიერთდაკავშირებული ხასიათი, სადაც განსაკუთრებულია სოციალური მმართველობითი, გარემოს დაცვისა და ეკონომიკური ზრდის ეფექტიანი სინერგიზმი, რაც სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია სამყარო უკეთესობისკენ შეცვლისათვის, ყველასთვის უფრო სამართლიანი და მდგრადი მომავლისათვის, რათა მოხდეს გარემოს

გაუმჯობესება და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური ათვისება, დაცულ იქნას ადამიანის ჯანმრთელობა და დაიძლიოს სიღარიბე და უთანასწორობა.

კვლევის მიზანია ჰოლისტური, ინტერდისციპლინური მიდგომით მდგრადი განვითარების გარემოსდაცვითი პრინციპების სოციალურ-ეკონომიკურ პროცესებთან დაკავშირება ისეთი მნიშვნელოვან საკითხებთან, როგორცა – კორპორაციული და გარემოსდაცვითი სოციალური პასუხისმგებლობა, ეკო-ინოვაციები, მწვანე ფინანსები, პროეკოლოგიური და ციფრული ტრანსფორმაცია, მწვანე და წრიული ეკონომიკა. ამ თვალსაზრისით, განხილულია სოციალური, ეკონომიკური და გარემოსდაცვითი პრობლემების გამწვავების მიზეზები და ადამიანისა და ბუნების ურთიერთქმედების ჰარმონიზაციის გზები; წარმოდგენილია გარემოსდაცვითი პოლიტიკის განხორციელების ორგანიზაციული, სამართლებრივი და ეკონომიკური მექანიზმები; ნაჩვენებია გარემოსდაცვითი რისკის შემცირებისა და საზოგადოების მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფის ფინანსური, საინვესტიციო და ტექნიკური შესაძლებლობები, თანამედროვე გარემოსდაცვითი კრიზისის ამოცნობის და სხვადასხვა დონეზე გარემოსდაცვითი პრობლემების გადაჭრის გზები. შემოთავაზებულია ტექნოლოგიური გადასვლა, რაც საშუალებას იძლევა დაბალანსდეს გარემო, სოციალური და ეკონომიკური ცვლილებები.

ჩატარებული კვლევის მეთოდი და მეთოდოლოგია. კვლევის ფარგლებში გამოყენებული იქნა შემდეგი მეთოდები – ეკონომიკური, შედარებითი, რაოდენობრივი, თვისობრივი ანალიზის და სტატისტიკის მეთოდები. ამასთან, კვლევის თეორიულ და მეთოდოლოგიურ საგანს შეადგენს ბეჭდური და ონლაინ ლიტერატურა.

კვლევის შედეგების გამოყენების არეალი. კვლევა წარმოადგენს უცხოურ და შიგა კვლევებზე დაფუძნებულ ანალიზს, სისტემურად წარმოაჩინოს გარემოსდაცვითი, სოციალური და ეკონომიკური მდგომარეობა გლობალურ და ეროვნულ დონეზე – მსოფლიოსა და საქართველოს თვალსაზრისით.

კვლევის შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც სახელმწიფო ასევე, არასახელმწიფო სექტორში მდგრადი განვითარების გარემოსდაცვითი პროექტების შემუშავებისა და განხორციელებისას. იგი, ასევე, საინტერესო და სასარგებლო იქნება გარემოსდაცვითი პრობლემების ეკონომიკურ ასპექტებში ჩართული სპეციალისტებისთვის, პედაგოგებისათვის, სტუდენტებისა და „მწვანე მოძრაობების“

მონაწილეებისთვის, საინჟინრო-ეკონომიკური პროფილის და მასთან დაკავშირებული კომპანიებისა და აღნიშნული თემატიკით დაინტერესებული ნებისმიერი მკითხველისათვის.

ძირითადი ნაწილი

მსოფლიოში საერთო გარემოსდაცვითი და ეკოლოგიური მდგომარეობა ყოველდღიურად უარესდება და სულ უფრო ნაკლები დრო რჩება გადაწყვეტილებებისა და მოქმედებებისათვის. წარმოებისა და მოხმარების არამდგრადი მოდელები და ტენდენციები, უთანასწორობა, მოსახლეობის ზრდისა და ურბანიზაციის შედეგად გამოწვეული რესურსების მოხმარებასთან ერთად, საფრთხეს უქმნის პლანეტის ეკოლოგიურ წონასწორობას და მდგრადი განვითარების მიზნების მიღწევას.

ჩვენი პლანეტა ფუნქციონირებს როგორც ერთიანი გლობალური სისტემა, ხოლო ბიოსფერო მრავალი ურთიერთქმედების კომპონენტით და მასალების ციკლოზობით ატმოსფეროში, ხმელეთსა და ოკეანეებში, სადაც ეროვნულ საზღვრებთან ერთად მნიშვნელოვანია პლანეტარული საზღვრების ეფექტიანი დაცვა.

თანამედროვე დროსა და პირობებში, გლობალური გარემოს გამოწვევებს შორის აღსანიშნავია ჰაერის დაბინძურება, ბიომრავალფეროვნების დაკარგვა, ბუნებრივი რესურსების გადაჭარბებული ექსპლუატაცია, ველური ბუნებით უკანონო ვაჭრობა, წყლის გარემოში პლასტიკური დაბინძურება, მიწის დეგრადაცია, ანტიბიოტიკებისადმი რეზისტენტული ინფექციების გავრცელება და ა.შ., რომლებიც მჭიდროდ არის დაკავშირებული ეკონომიკურ კეთილდღეობასთან, მდგრად ეკოსისტემასთან, რესურსების დაცვასთან და პოლიტიკური სტაბილურობის საკითხთან. ამასთან, არსანიშნავია, რომ უმოქმედობის სოციალური და ეკონომიკური ხარჯები ხშირად აღემატება ქმედების ხარჯებს და ნაწილდება არათანაბრად, რაც ხშირად ეკისრება საზოგადოების ყველაზე ღარიბ და დაუცველ ფენებს, მ. შ. ადგილობრივ თემებს, განსაკუთრებით განვითარებად ქვეყნებში, სადაც მიმდინარე გარემოსდაცვითი პოლიტიკის ძალისხმევა არასაკმარისია ამ პრობლემების გადასაჭრელად.

დღესდღეობით მსოფლიოში არსებული სხვადასხვა ტიპის გარემოსდაცვითი გამოწვევებიდან და მასშტაბებიდან გამომდინარე, ერთ-ერთი მნიშვნელოვან გამოწვევას გარემოსთვის წარმოადგენს საკვების ნარჩენები. მსოფლიოში საკვების მესამედი, ანუ 1.3

მლრდ ტონა, რაც ადამიანებისთვის არის განკუთვნილი იკარგება. ამ მოცულობის საკვები საკმარისია 3 მლრდ ადამიანის გამოსაკვებად. საკვების ნარჩენები ყოველწლიურად 4.4 გიგატონა სათბური გაზების ემისიას ახდენს. მათი გამოყოფა განვითარებულ და განვითარებად ქვეყნებში სხვადასხვა ეტაპზე ხდება. განვითარებად ქვეყნებში საკვების ნარჩენების 40 %-ის გამოყოფა ხდება მოსავლის აღების ან გადამამუშავების პერიოდში, ხოლო განვითარებულ ქვეყნებში ნარჩენების 40 % გამოიყოფა საცალო გაყიდვის ან მოხმარების დროს. ამასთან, საცალო ვაჭრობის დროს საკვების ნარჩენების გამოყოფა ხდება საკვების ესთეტიკიდან გამომდინარე. ამერიკაში საკვების 50 %-ზე მეტის გადაყრა ხდება მხოლოდ იმ მიზეზით რომ მომხმარებლისთვის ნაკლებად ესთეტიკურად შეიძლება გამოიყურებოდეს. ჯამში კი, ეს პროცესი იწვევს მილიარდობით ტონა ნარჩენის დაგროვებას გარემოში, რაც სერიოზულ პრობლემას უქმნის ეკოსისტემას.

გლობალურად გარემოსთან დაკავშირებული მნიშვნელოვანი გამოწვევაა ბიომრავალფეროვნების შემცირება. ბუნების მსოფლიო ფონდის მონაცემებით ძუძუმწოვრების, თევზების, ფრინველების, ქვეწარმავლების და ამფიბიების პოპულაციის ზომა 1970-2016 წლებში საშუალოდ 68 %-ით შემცირდა. ხმელეთის ცხოველის 500-ზე მეტი სახეობა გადაშენების პირასაა და სავარაუდოდ დაიკარგება 20 წლის განმავლობაში, თუმცა როგორც კვლევებიდან გამომდინარეობს, რომ არა ადამიანების მხრიდან ბუნების არაგეგმიური და არარაციონალური გამოყენება, ცხოველების ასეთი სისწრაფით გადაშენებას არა 20, არამედ ათასობით წელი დასჭირდებოდა. ასევე, მნიშვნელოვან გამოწვევად რჩება პლასტმასის ნარჩენები. ამჟამად, დაახლოებით 11 მლნ ტონა პლასტმასი ყოველწლიურად აღწევს ოკეანეებში, რაც ზიანს აყენებს ველურ ბუნებას და მათში მცხოვრებ ცხოველებს. დარგის სპეციალისტები ვარაუდობენ, რომ პლასტმასის ნარჩენების ზემოაღნიშნული მდგომარეობა 2040 წლისთვის გაიზრდება 29 მლნ ტონამდე წელიწადში. აღსანიშნავია, რომ გადაუმუშავებელი პლასტმასის ნარჩენის დაშლას 400 წელი სჭირდება. შესაბამისად, პლასტმასის ნარჩენები საკმაოდ მასშტაბური გამოწვევაა. ასევე, გარემოსთვის აქტუალურ პრობლემად რჩება ტყეების გაჩეხვა და ჰაერის დაბინძურება. ყოველ წუთს იჩეხება 20 ფეხბურთის მოედნის ოდენობის ტყე და ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის (WHO/World Health Organization) ცნობით, ყოველწლიურად 4,2-დან 7 მლნ-მდე ადამიანი იღუპება ჰაერის დაბინძურებისაგან. ამასთან, 21-ე საუკუნის ყველაზე მნიშვნელოვან

გამოწვევად ითვლება გლობალური დათბობა, ვინაიდან იგი დაკავშირებულია ისეთ საკითხებთან, როგორცაა: სოციო-ეკონომიკური, გარემოსდაცვითი, ადამიანის ჯანმრთელობა და სიცოცხლე. თავის მხრივ, გლობალური დათბობა დაკავშირებულია ატმოსფეროში სათბურის აირების გამოყოფასთან. როგორც ცნობილია, დედამიწის ატმოსფერო ძირითადად ჟანგბადის და აზოტის აირებისაგან შედგება, რომლებიც სათბურის აირებს არ განეკუთვნება. სათბურის ეფექტს ატმოსფეროს სხვა დანამატები იწვევს. სითბური გამოსხივების ძირითადი შთანთქმელები დედამიწის ატმოსფეროში არიან: წყლის ორთქლი (H_2O), ნახშირორჟანგი (CO_2) და ოზონი (O_3). მნიშვნელოვანი შთანთქმის უნარი აქვთ აგრეთვე მეთანს (CH_4), აზოტის ჟანგს (NO_2) და ქლორფტორნახშირწყალბადებს, თუმცა მათი კონცენტრაცია ატმოსფეროში ნაკლებია. [1]

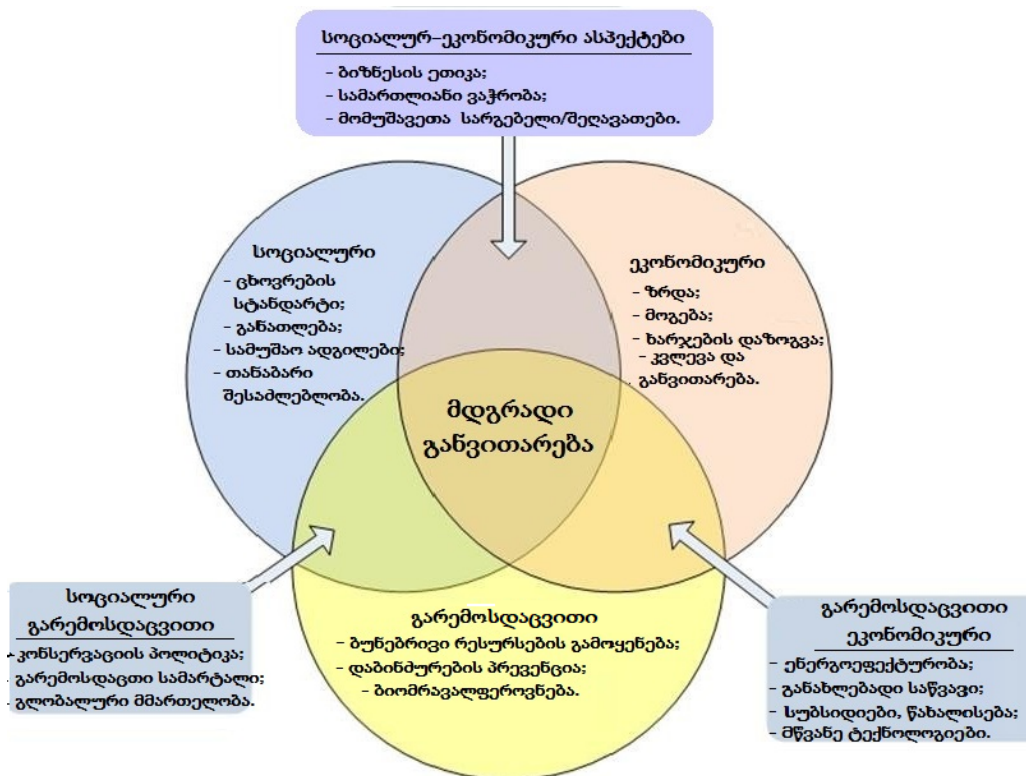
ჰაერის დაბინძურებაში მნიშვნელოვანი როლი აქვს სატრანსპორტო საშუალებებს. ამასთან დაკავშირებით, აღსანიშნავია, რომ, 2022 წლის მონაცემებით, მსოფლიოში დაახლოებით 1,446 მლრდ მანქანაა, ხოლო, 2030 წლისთვის მსოფლიოში 2,6 მლრდ მანქანა იქნება, რაც იმას ნიშნავს, რომ დაბინძურების დონე გაორმაგდება.

საერთოდ, დაბინძურება მსოფლიოში ნომერ პირველი მკვლეელია, რაც იწვევს უფრო მეტ ნაადრევ სიკვდილს, ვიდრე სიგარეტი, ტერორიზმი და სტიქიური უბედურებები. მიუხედავად იმისა, რომ მსოფლიოს მნიშვნელოვანი ნაწილი დიდ გამოწვევებს აწყდება მტკნარი წყლის შეზღუდული ხელმისაწვდომობის გამო, მსოფლიოში მტკნარი წყლის შეზღუდული რესურსების მნიშვნელოვანი რაოდენობა დაბინძურებულია მრეწველობის, მეურნეობის, ენერჯის გამომუშავებისა და სხვა საქმიანობების დამაბინძურებლებით. ამასთან, მდინარე მისისიპი ყოველწლიურად ატარებს დაახლოებით 1,5 მლნ ტონა აზოტის დაბინძურებას მექსიკის ყურეში, რაც ყოველ ზაფხულს ქმნის „მკვდარ ზონას“ ყურეში, რომელიც დაახლოებით ნიუ ჯერსის ზომისაა და ყოველდღიურად, 2 მლნ ტონა კანალიზაცია, სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენები ჩაედინება მსოფლიოს წყალში, რაც უდრის 6,8 მლრდ ადამიანის მთლიანი მოსახლეობის მასას. ყოველწლიურად 1,2 ტრლნ გალონი სამრეწველო ნარჩენები, დაუმუშავებელი კანალიზაცია და ქარიშხალი იყრება აშშ-ის წყალში. განვითარებად ქვეყნებში სამრეწველო ნარჩენების 70 % გადაუმუშავებლად იყრება წყლებში, რაც აბინძურებს გამოსაყენებელ წყალს. განვითარებად ქვეყნებში კანალიზაციის 80 %-ზე მეტი ჩაედინება დაუმუშავებელი, რაც აბინძურებს მდინარეებს, ტბებს და სანაპირო

ზონებს. ასევე, საგულისხმოა, რომ მსოფლიოს მასშტაბით მიწისქვეშა წყლების ყველაზე გავრცელებული ქიმიური დამაბინძურებელია სოფლის მეურნეობის ნიტრატები.

აღსანიშნავია, რომ ადამიანის მიერ წარმოქმნილი CO₂-ის 30 %-ს შთანთქავს ოკეანე. შედეგად, ოკეანის წყალი უფრო მჟავე ხდება, რაც გავლენას ახდენს საზღვაო ცხოვრებაზე, როგორცაა პლანქტონი და მარჯანი და ანადგურებს პატარა თევზის ჰაბიტატს. CO₂-ის ატმოსფეროში გაფრქვევის სიჩქარის მიხედვით, გლობალური ტემპერატურა მოსალოდნელია 1,1⁰-დან 6,4⁰-მდე ზრდა ამ საუკუნის ბოლოსთვის. ხოლო, თუ სათბურის გაზების ემისიები განაგრძობს მატებას ამჟამინდელი ტემპით, დედამიწის საშუალო ტემპერატურა მოსალოდნელია 2050 წლისთვის 1,5–5,5°C-ით გაიზრდოს. ასევე, ყურადსაღებია კლიმატის ცვლილების შედეგად გამოწვეული ისეთი ბუნებრივი კატასტროფები, როგორცაა ქარიშხალი, წყალდიდობა, გვალვა, ქარიშხალი, ტყის ხანძარი და სიციხის/თბური ტალღები. აღნიშნულის გარდა, გლობალური დათბობის შედეგებია ზღვის დონის აწევა, ადამიანის ჯანმრთელობის გაუარესება და სოფლის მეურნეობაზე მოქმედი უარყოფითი ეფექტები. [2, 3]

როდესაც ვსაუბრობთ მდგრადობაზე, ჩვენ ვსაუბრობთ განვითარების მოდელზე, რომელსაც შეუძლია დააკმაყოფილოს აწმყოს მოთხოვნილებები ისე, რომ საფრთხე არ შეექმნას მომავალ თაობებს, სადაც გაითვალისწინება ჰოლისტიკური მიდგომა, რომელიც მოიცავს დღეს მიღებული ქმედებებისა და გადაწყვეტილებების სოციალურ, გარემოსდაცვით და ეკონომიკური ზემოქმედებას, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს საზოგადოების კეთილდღეობა როგორც მოკლე და საშუალო, ასევე ხანგრძლივი ვადით. [3] ანუ იმისთვის, რომ კონკრეტული პროცესი იყოს მდგრადი, მან არ უნდა გამოიწვიოს გარემოს შეუქცევადი ცვლილება, უნდა იყოს ეკონომიკურად მომგებიანი და სარგებელი მოუტანოს საზოგადოებას. ამ სამ სფეროს (ეკონომიკური, სოციალური და გარემოსდაცვითი) შორის ურთიერთქმედების ილუსტრაცია სქემატურად მოყვანილია ნახ. 1-ელში, სადაც მდგრადობა წარმოდგენილია როგორც საზოგადოებას, ეკონომიკასა და გარემოს შორის სინერგიული კავშირით.



ნახ.1. მდგრადი განვითარების გარემოსდაცვითი, ეკონომიკური და სოციალური ასპექტების ურთიერთკავშირი [4]

აქ გარემოსდაცვითი ასპექტები მოიცავს ბუნებრივი რესურსების რაციონალურ გამოყენებას, დაბინძურების პრევენციას, ბიომრავალფეროვნებას, ხოლო, სოციალური ასპექტები მოიცავს ცხოვრების სტანდარტს, განათლებისა და სამუშაოს ხელმისაწვდომობას და თანაბარ შესაძლებლობებს საზოგადოების ყველა წევრისათვის და ეკონომიკური ფაქტორები არის ზრდის, მოგების, ხარჯების შემცირების მამოძრავებელი ძალა და ინვესტიციები კვლევასა და განვითარებაში და ა.შ. ასევე, მნიშვნელოვანია, მდგრადობის კიდევ ერთ საყრდენად წარმოვადგინოთ, ე. წ. „სამკუთხედის შუა წერტილი“, რომელიც აკავშირებს დანარჩენ სამს და გაითვალისწინება ადამიანის უფლებების პატივისცემა და სოციალური პასუხისმგებლობის ხელშეწყობა. ანუ, ეთიკური საყრდენი შედგება ფუნდამენტური სახელმძღვანელო პრინციპებისგან, რომლებიც ემყარება დანარჩენ სამში გათვალისწინებულ პრაქტიკულ ქმედებებს და მოიცავს მთლიანობას, გამჭვირვალობას, სამართლიანობას, მრავალფეროვნების პატივისცემას და კოლექტიური კეთილდღეობის ხელშეწყობას.

ცხადია, მდგრადობის საყრდენები ერთმანეთთან მჭიდრო კავშირშია, რადგან თითოეულ სფეროში განხორციელებულ ყოველ ქმედებას აქვს გადამდები ეფექტი

სხვებზე. არსებობს ძლიერი ურთიერთკავშირი გარემოსა და ეკონომიკურ სფეროებს შორის, სადაც ეფექტიანი გარემოსდაცვითი პრაქტიკა და რესურსების პასუხისმგებელი მართვა აუცილებელია ეკონომიკის სტაბილურობისათვის. ამასთან, მდგრადობის ზოგიერთ სტრატეგიას, როგორცაა დაბალ ნახშირბადის ეკონომიკაზე გადასვლას და მდგრადი პრაქტიკის მიღებას, შეუძლია შექმნას ის ეკონომიკური შესაძლებლობები, რომლებიც ხელს უწყობს ინოვაციებს და ბიზნესის კონკურენტუნარიანობის ზრდას.

სოციალური სფერო ასევე, დაკავშირებულია როგორც გარემოსდაცვით, ასევე ეკონომიკურ სფეროებთან. როგორც დადგენილია, სამართლიან და ინკლუზიურ საზოგადოებაში, სადაც უთანასწორობა მცირდება, ხელი ეწყობა სოციალურ ერთიანობას, აქტიური მოქალაქეების ჩართულობას, მდგრად ეკონომიკას, ადამიანების ჯანმრთელობას, კეთილდღეობას, გარემოს ხარისხს, რომელშიც ისინი ცხოვრობენ.

მდგრად განვითარებაზე გადასვლა, უპირველეს ყოვლისა, ეფუძნება იმ საერთაშორისო შეთანხმებებს და მიზნებს, რომლებიც შემდგომ განხორციელდება ცალკეული სახელმწიფოებისა და თემების დონეზე, მ. შ. ყველაზე ცნობილია:

- ✚ გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენცია და მისი პროტოკოლები, რომლებიც ადგენენ ვალდებულებებს სათბურის გაზების ემისიების შემცირების შესახებ;
- ✚ ბიოლოგიური მრავალფეროვნების კონვენცია (CBD), რომელიც ხელს უწყობს ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებას;
- ✚ გაეროს მდგრადი განვითარების მიზნები (SDGs), რომელიც მოიცავს მდგრადობის საკითხების ფართო სპექტრს. ამ მიზნების ირგვლივ აგებულია გაეროს 2030 წლის დღის წესრიგი, სამოქმედო გეგმა ადამიანებისთვის, პლანეტისთვის და კეთილდღეობისთვის, რომელიც კანონის სახით მიიღო გაეროს გენერალურმა ასამბლეამ 2015 წლის 25 სექტემბერს.

გარემოსდაცვითი უსაფრთხოებისა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების უზრუნველსაყოფად, მნიშვნელოვანია გამოყენებულ იყოს საუკეთესო უცხოური პრაქტიკა კომპანიების საქმიანობის განხორციელებისას, მ. შ. საერთაშორისო პრინციპებისა და სტანდარტების საფუძველზე, ეკოლოგიურად პასუხისმგებელიანი ბიზნეს საქმიანობის თვალსაზრისით. ასეთი „მწვანე“ სტანდარტების დანერგვის საფუძველია ე. წ. ESG (ESG/ ESG/Environmental, Social and Governance) ანუ

გარემოსდაცვითი (ბუნებრივი რესურსების შენარჩუნებისა და პლანეტის დაბინძურების შემცირებისაკენ სწრაფვა), სოციალური (პერსონალსა და მათ უფლებებზე ზრუნვა, შრომის დაცვასთან დაკავშირებული სტანდარტების შესაბამისობა), მმართველობა (მართვის ობიექტური კრიტერიუმები, ხარისხიანი აუდიტი და მენეჯერული ეფექტურობა)) და ბიზნეს საქმიანობის წარმართვის პრინციპები და საფუძვლები კორპორაციული მართვის საუკეთესო არსებული პრაქტიკის შესაბამისად, მათი ფაქტორების გარემოსა და საზოგადოებაზე გავლენის გათვალისწინებით.

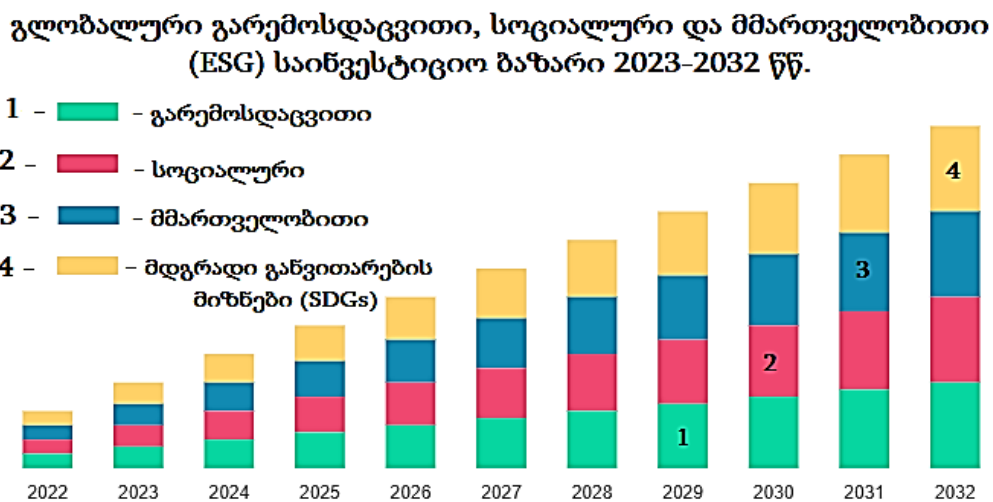
ჩვენი სამყარო მრავალი გლობალური გამოწვევებიდან (კლიმატის ცვლილება, ხაზოვანი ეკონომიკიდან წრიულზე გადასვლა, უთანასწორობის ზრდა, ეკონომიკის და საზოგადოების საჭიროებების დაბალანსება) გამომდინარე, ინვესტორები, მარეგულირებლები, ასევე მომხმარებლები და თანამშრომლები ახლა სულ უფრო მეტად ითხოვენ, რომ კომპანიები იყვნენ არა მხოლოდ საკუთრივ კაპიტალის, არამედ ბუნებრივი და სოციალური კაპიტალის კარგი მეურვეები და ჰქონდეთ საჭირო მმართველობითი ჩარჩო ყოველივე ამის მხარდასაჭერად. აქ გაითვალისწინება გარემოსდაცვითი, სოციალური და მმართველობითი (ESG), სამი ცენტრალური ფაქტორი ორგანიზაციის მდგრადობისა და სოციალური გავლენის გაზომვისას, სადაც უფრო და უფრო მეტი ინვესტორი აერთიანებს ESG ელემენტებს საინვესტიციო გადაწყვეტილების მიღების პროცესში.

თანამედროვე პირობებსა და პერიოდში, კომპანიებისთვის მდგრადობის პოლიტიკის მიღება, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რათა ხელი შეეწყოს გამჭვირვალობას და ანგარიშვალდებულებას ყველა დაინტერესებული მხარის წინაშე - აქციონერებიდან დაწყებული თანამშრომლებით, მომწოდებლებით და ადგილობრივი თემების ჩართულობით, იმის უზრუნველსაყოფად, რომ მიღებულ ზომებს ნამდვილად ექნება გავლენა. ამ თვალსაზრისით, მნიშვნელოვანია გლობალური გარემოსდაცვითი, სოციალური და მმართველობითი (ESG) საინვესტიციო ბაზრის დინამიკა 2023-2032 წწ. (იხ. ნახ. 2), რომელიც მოიცავს იმ საინვესტიციო სტრატეგიებს, რომლებიც ითვალისწინებენ კომპანიების მდგრად პრაქტიკას, სოციალურ გავლენას, კორპორაციული მმართველობის შესრულებას ფინანსურ შემოსავლებთან ერთად და ცდილობს დააკავშიროს ინვესტორების ღირებულებები პასუხისმგებლიან და ეთიკურ

საინვესტიციო არჩევანთან, რაც ხელს უწყობს პოზიტიურ გარემოსდაცვით და სოციალურ შედეგებს. [5]

კვლევის თანახმად, გლობალური გარემოსდაცვითი, სოციალური და მმართველობითი საინვესტიციო ბაზარი შეფასდა 17.2 ტრლნ აშშ \$-ად 2023 წელს და მოსალოდნელია, რომ მიაღწევს დაახლოებით 46.5 ტრლნ აშშ \$-ს 2032 წლისთვის და იზრდება CAGR (Compound Annual Growth Rate/რთული წლიური ზრდის ტემპი)-ით დაახლოებით 9.4 %-ით 2023-დან 2032 წლამდე. [5, 6, 7]

გარემოსდაცვითი, სოციალური და მმართველობითი (ESG) საინვესტიციო ბაზრის ზრდის ფაქტორებსა და დინამიკაში გათვალისწინებულია შემდეგი მნიშვნელოვანი მიმართულებები: ინფორმირებულობისა და მოთხოვნის ამაღლება, მარეგულირებელი მხარდაჭერა და წახალისება, კორპორატიული მდგრადობის ინიციატივები, ფინანსური ეფექტურობის მოსაზრებები, ESG მეტრიკის ინტეგრაცია, ჩართულობა და აქციონერთა აქტივიზმი, გლობალური გამოწვევების გავლენა, ინსტიტუციური მხარდაჭერა და ინტეგრაცია. [8]



ნახ. 2. გლობალური გარემოსდაცვითი, სოციალური და მმართველობითი (ESG) საინვესტიციო ბაზარი 2023-2032 წწ. [5, 8]

ძალზე მნიშვნელოვანია მწვანე ეკონომიკის მოთხოვნების შესაბამისად მდგრადი პროეკოლოგიური განვითარების პრინციპების დანერგვის გავრცელების აუცილებლობა, რათა საზოგადოებამ გააცნობიეროს ამ საკითხის უმთავრესი პრიორიტეტი. ამ თვალსაზრისით, საგულისხმოა ზოგად და უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებების სასწავლო გეგმებში გათვალისწინებული იყოს მდგრადი და ეკოლოგიურად სუფთა განვითარების პრინციპების დანერგვის საკითხები, ასევე, მესამე

სექტორი, საჯარო დაწესებულებები და კომერციულად მოქმედი კომპანიები ჩაერთონ მდგრადი პროეკოლოგიური განვითარების პრინციპების პოპულარიზაციაში მწვანე ეკონომიკის მოთხოვნების შესაბამისად, პროეკოლოგიური პროექტების განხორციელების ჩათვლით, რათა გააუმჯობესონ თავიანთი იმიჯი პარასოციალური მარკეტინგული კამპანიებისა და საზოგადოებასთან ურთიერთობის კონფერენციების ჩატარებით.

ცივილიზაციის მომავალი განვითარება, ბიომრავალფეროვნების დაცვა და კლიმატის ცვლილების არახელსაყრელი პროცესების შენელების მასშტაბები, დამოკიდებულია ეკონომიკის პროეკოლოგიური ტრანსფორმაციის მასშტაბებზე, რომელიც უნდა მოხდეს მომდევნო 2-3 ათწლეულში. თუ უახლოეს წლებში განახლებადი ენერჯის წყაროები მასიური მასშტაბით განვითარდება, რომელიც წიაღისეულ საწვავზე დაფუძნებულ ტრადიციულ ენერჯიას ჩაანაცვლებს, შესაძლოა კაცობრიობამ შეძლოს 21-ე საუკუნეში კლიმატური კატასტროფის თავიდან აცილება. ამიტომ, თითოეულ ქვეყანაში უნდა განვითარდეს სხვადასხვა სახის განახლებადი ენერჯის წყაროები, ელექტრომობილურობა საავტომობილო ინდუსტრიაში, ეკოლოგიური ინოვაციები, განვითარების დონის, ფინანსური შესაძლებლობების, კლიმატისა და ეკონომიკური პირობების მიხედვით. აქ მნიშვნელოვანია, ეკონომიკის სისტემური ცვლილება მდგრადი პროეკოლოგიური განვითარებისკენ, თუ მომდევნო ათწლეულებში დედამიწის კლიმატის დათბობის პროცესი დაჩქარდება. ამიტომ, გარემოსდაცვითმა პოლიტიკამ, რომელიც გულისხმობს გარკვეულ ვალდებულებას კანონების, წესების და პოლიტიკის სხვა მექანიზმების წინაშე გარემოსდაცვით და მდგრად განვითარებასთან დაკავშირებულ საკითხებში (ჰაერის და წყლის დაბინძურება, მყარი ნარჩენების მართვა, ეკოსისტემების მართვა, ბიომრავალფეროვნების დაცვა, ბუნებრივი რესურსების დაცვა, ველურ და გადაშენების პირას მყოფი სახეობები) უნდა გაითვალისწინოს ადამიანების და კომპანიების ქმედებები ეფექტიანი თვალყურის დევნებით და მონიტორინგით, რათა თავიდან ავიცილოთ მავნე ზემოქმედება ბიოფიზიკურ გარემოსა და ბუნებრივ რესურსებზე, რათა დავრწმუნდეთ, რომ ცვლილებები არ ახდენს მავნე ზეგავლენას გარემოზე.

გლობალურ გარემოსდაცვით განვითარებაში მნიშვნელოვანია მდგრადი ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენება და ციფრული საჯარო ინფრასტრუქტურის შექმნა, სადაც

გაითვალისწინება სისტემური მიდგომა, მდგრადობაზე ორიენტირებული ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებების ხელშეწყობა რთული გარემოსდაცვითი გამოწვევებისთვის, რათა შეიქმნას ხელმისაწვდომი გარემოსდაცვითი მონაცემები, დამტკიცდეს მდგრადი ნორმები, ტრანსფორმირებადი ტექნოლოგიები და ხელი შეეწყოს გლობალური ციფრული წიგნიერების განვითარებას ჩვენს საკეთილდღეოდ და არსებული პრობლემების მოგვარების პერსპექტივებს სამომავლოდ.

წრიული ეკონომიკას, რომელიც გულისხმობს ნედლეულის ხელახლა გამოყენებას, შეუძლია შეამციროს კაცობრიობის მიერ წარმოებული ნარჩენების რაოდენობა 80 %-ით. მისი ძირითადი მიმართულებებია: ნარჩენების დახარისხება და გადამუშავება გადამუშავებადი მასალების შემდგომი გამოყენებით, პროდუქციის მომსახურების ვადის გახანგრძლივება და მათი გაზიარება, ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტების განვითარება და პასუხისმგებლიანი მოხმარება.

ასევე, აღსანიშნავია, რომ 2035 წლიდან ევროკავშირში შიდაწვის ძრავებით ახალი მანქანები აღარ გაიყიდება. მათ ჩაანაცვლებენ ელექტრომობილებით და იგეგმება 120 მლრდ ევროს გამოყოფა მათთვის ბენზინგასამართი სადგურების ქსელის შესაქმნელად, საერთაშორისო ენერგეტიკის სააგენტოს მიერ შემოთავაზებული მდგრადი განვითარების სცენარის მიხედვით, 2025 წლისთვის დაახლოებით 70 მლნ ბატარეა ძრავიანი მანქანები მსოფლიოს გზებზე იმოდრავებენ. ხოლო 2030 წლისთვის მათი რიცხვი 230 მლნ-ს მიაღწევს. [9]

მსოფლიო ოკეანის გლობალური ეკოლოგიური პრობლემის გადასაჭრელად აუცილებელია საზღვაო ეკოსისტემების აღდგენა, რომელიც მოიცავს, კერძოდ, მარილიან ჭაობებს, ზღვის მცენარეებს, მანგროს, მარჯნის რიფებს, მეგაფაუნას (ზვიგენების, ვეშაპების და სხვა დიდი ცხოველების პოპულაციები). ასევე, საჭიროა უფრო აქტიურად შეგროვდეს ოკეანეში არსებული ე. წ. „მცურავი“ ნაგავი და შევზღუდოთ თევზაობა. მეცნიერთა შეფასებით, ამ მიზნის მისაღწევად მთავრობებს წელიწადში დაახლოებით 20 მლრდ \$-ის დახარჯვა მოუწევთ. [9, 10]

გლობალური დათბობის უარყოფითი შედეგების შესაჩერებლად აღსანიშნავია ტყეების არარაციონალური გაჩეხვის შეჩერება და მეტი ხის დარგვა, ნარჩენების შემცირება, ხელახალი გამოყენება და გადამუშავება ანუ ე. წ. სამი R-ის (Reduce, Reuse, and

Recycle) დაცვა, ორგანული საკვების გამოყენების წახალისება, სატრანსპორტო საშუალებების ეფექტურად და ენერჯის ალტერნატიული წყაროების გამოყენება. [11]

გარემოსდაცვითი პოლიტიკის ფორმირება საქართველოში მრავალი საერთაშორისო ვალდებულებითაც ხდება. იმისათვის, რომ მოხდეს საქართველოს მიახლოება განვითარებულ საერთაშორისო საზოგადოებასთან, საქართველო ცდილობს დაწეროს საერთაშორისო დონეზე აღიარებული გარემოსდაცვითი მიდგომები და რეგულაციები, სადაც ეს შესაძლებელია. საქართველოს კონსტიტუციის მე-6 მუხლის თანახმად, „საქართველოს საერთაშორისო ხელშეკრულებას ან შეთანხმებას, თუ იგი არ ეწინააღმდეგება საქართველოს კონსტიტუციას, კონსტიტუციურ შეთანხმებას აქვს უპირატესი იურიდიული ძალა შიდა სახელმწიფოებრივი ნორმატიული აქტების მიმართ“. ამის მიუხედავად, ვერ ხერხდება ყველა საერთაშორისო ვალდებულების სრულყოფილად განხორციელება. ევროკავშირი-საქართველოს სამეზობლო პოლიტიკის სამოქმედო გეგმა, რომელიც ეფუძნება ევროპის სამეზობლო პოლიტიკის დოკუმენტს, საქართველოსა და ევროკავშირს შორის თანამშრომლობის სტრატეგიულ მიზნებს სახავს. სამოქმედო გეგმა დამტკიცდა 2006 წლის ნოემბერში ევროკომისიისა და საქართველოს მთავრობის მიერ და მისი განხორციელება მნიშვნელოვანი წინგადადგმული ნაბიჯი იქნება საქართველოსათვის ევროპის ეკონომიკურ და სოციალურ სტრუქტურებში ინტეგრაციის თვალსაზრისით.

ევროკავშირსა და საქართველოს შორის ხელი მოეწერა ასოცირებულ შეთანხმებას, რომლის ერთ-ერთ საკითხს გარემოს დაცვის სფერო წარმოადგენს. ხელშეკრულება ითვალისწინებს მთელ რიგ ღონისძიებებს გარემოს დაცვის სფეროში, რომელთა განხორციელებაც ხელს შეუწყობს არა მარტო ადამიანისა და ეკოსისტემებისათვის შესაბამისი გარემო პირობების უზრუნველყოფას, არამედ გარემოსდაცვითი მმართველობისა და ეფექტიანი გადაწყვეტილებების მიღების პროცედურების გაუმჯობესებას. [13]

საქართველო, როგორც გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის, კიოტოს ოქმის და პარიზის შეთანხმების მონაწილე მხარე-სახელმწიფო, ვალდებულია, გაითვალისწინოს აღნიშნული საერთაშორისო ხელშეკრულებებით განსაზღვრული პრინციპები და განახორციელოს ეროვნულ დონისთვის განკუთვნილი წვლილით (NDC/Nationally Determined Contribution) ნაკისრი ვალდებულებები.

კლიმატური სისტემის კომპონენტების სიღრმისეულ ცვლილებას სათბურის აირების შეუფერხებელი გაფრქვევები იწვევს. გლობალური კლიმატის ცვლილების შესახებ ადგილობრივად ჩატარებული კვლევებით, გამოწვეული შედეგების ანალიზი აჩვენებს, რომ გასული საუკუნის ბოლოდან დასავლეთ საქართველოში საშუალო ტემპერატურის მატებამ და ნალექების რეჟიმის ცვლილებამ ტყის ეკოსისტემაზე გარკვეული გავლენა იქონია. აღმოსავლეთ საქართველოში კი სითბური ტალღებისა და განსაკუთრებით, ცხელი დღეების ფონზე გაზრდილია ტყის ხანძრების ინტენსივობა და მავნებლების გავრცელება. კლიმატის ცვლილების ერთ-ერთი ყველაზე ნეგატიური ზეგავლენა გამოიხატება გვალვის გახშირებაში, წყლის რესურსების კლებასა და მიწის დეგრადაციაში (ფიზიკური და ქიმიური გამოფიტვა, ეროზია, დამლაშება და სხვ.). საქართველოში კლიმატის ცვლილების გამოვლინება განსაკუთრებით მწვავედ აისახება სოფლის მეურნეობის, ჯანდაცვის, ენერგეტიკის და ეკონომიკის სექტორებზე. ცხადია, ასეთ პირობებში კლიმატის ცვლილება საფრთხეა ქვეყნის მდგრადი განვითარებისთვის. [14, 15] ამ თვალსაზრისით, საინტერესოა ცხრილში 1 მოცემული საქართველოს გარემოსდაცვითი ზოგიერთი ძირითადი მაჩვენებელი, საიდანაც ჩანს, რომ ქვეყანაში ჯერ კიდევ რჩება გარემოსდაცვითი გამოწვევები საერთაშორისო ორგანიზაციების მიერ დაწესებულ დასაშვებ სტანდარტებთან მიმართებაში.

ასევე, მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ საქართველოს კლიმატის ცვლილების 2030 წლის სტრატეგია და 2021-2023 წლების სამოქმედო გეგმა („კლიმატის სტრატეგია და სამოქმედო გეგმა“ – CSAP, „კლიმატის სამოქმედო გეგმა“ – CAP) წარმოადგენს კლიმატის ცვლილების შერბილების მიმართულებით, ეროვნულ დონეზე განსაზღვრული წვლილის მიღწევის კოორდინირებული დაგეგმვისა და განხორციელების მექანიზმს. კლიმატის ცვლილების სტრატეგია და სამოქმედო გეგმა არის სტრატეგიულ ჩარჩო დოკუმენტი, რომელიც მოიცავს სათბურის აირების ემისიების შემცირების სახელმწიფო პოლიტიკასა და დეტალურ ღონისძიებებს შემდეგი სექტორების მიხედვით:

საქართველოს გარემოსდაცვითი მდგომარეობის ზოგიერთი ძირითადი მაჩვენებელი
[12, 13, 16]

მაჩვენებელი	წლები							
	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016
გარემოსდაცვითი ეფექტიანობის ინდექსი	-	39.1	-	41.3	-	55.69	-	64.96
ჰაერის დაბინძურების ინდექსი	16.4	17	21	20.4	20.1	-	-	19.7
გარემოს დაბინძურების ინდექსი	-	69.3	69.7	71.1	72.5	73.4	72.7	69.9
CO ₂ -ის გამონაბოლქვი ერთ სულ მოსახლეზე (ტ)	-	3.099	3.068	2.914	3.005	2.793	2.807	2.741
აირების გამონაბოლქვი	-	11.09	11.65	11.24	10.11	9.57	11.558	10.65

- ✚ **მიზანი 1.** ენერჯის გენერაციისა და გადაცემის სექტორში სათბურის აირების ემისიების შემცირება, 2030 წლისთვის 15 %-ით, საბაზისო სცენარით გათვალისწინებულ პროგნოზებთან მიმართებით;
- ✚ **მიზანი 2.** ტრანსპორტის სექტორში სათბურის აირების ემისიების შემცირება, 2030 წლისთვის 15 %-ით, საბაზისო სცენარით გათვალისწინებულ პროგნოზებთან მიმართებით;
- ✚ **მიზანი 3.** შენობების სექტორში დაბალნახშირბადიანი მიდგომების განვითარების ხელშეწყობა კლიმატგონივრული და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებისა და მომსახურებების წახალისების გზით;
- ✚ **მიზანი 4.** მრეწველობის სექტორის დაბალნახშირბადიანი მიდგომების განვითარების ხელშეწყობა კლიმატგონივრული და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებისა და მომსახურებების წახალისების გზით, 2030 წლისთვის ემისიების 5%-ით შესამცირებლად, საბაზისო სცენარით გათვალისწინებულ პროგნოზებთან მიმართებით;

- ✚ მიზანი 5. სოფლის მეურნეობის სექტორის დაბალნახშირბადიანი განვითარების ხელშეწყობა კლიმატგონივრული და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებისა და მომსახურებების წახალისების გზით;
- ✚ მიზანი 6. ნარჩენების სექტორის დაბალნახშირბადიანი განვითარების ხელშეწყობა კლიმატგონივრული და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებისა და მომსახურებების წახალისების გზით;
- ✚ მიზანი 7. სატყეო სექტორის მიერ ნახშირბადის შთანთქმის შესაძლებლობის გაზრდა, 2030 წლისთვის 10%-ით, 2015 წელს დაფიქსირებულ დონესთან შედარებით.

შესაბამისად, კლიმატის სტრატეგია და სამოქმედო გეგმა ხელს შეუწყობს კლიმატმეგობრული, კლიმატგონიერი, დაბალნახშირბადიანი საზოგადოებისა და ეკონომიკის ჩამოყალიბებას. [17]

ამ თვალსაზრისით, საქართველოს მთავრობამ 3.7 მლრდ ლარის ბიუჯეტით კლიმატის ცვლილების 2024-2025 წლების სამოქმედო გეგმა დაამტკიცა, რომლის მიხედვით უახლოეს 2 წელში კლიმატის ცვლილების შერბილების კუთხით ქვეყანაში დაგეგმილი ღონისძიებები ეკონომიკის იმ შვიდ სექტორში უნდა წარიმართოს, როგორცაა ენერგეტიკა, ტრანსპორტი, შენობები, მრეწველობა, სოფლის მეურნეობა, ნარჩენები და სატყეო მეურნეობა. ამასთან, გეგმა ითვალისწინებს განახლებადი ენერჯის სადგურების მშენებლობას, ახალი ნაგავსაყრელების მოწყობას, მეტროს მოდერნიზაციას და საბაგრო გზების მშენებლობას, რითაც ქვეყნის კლიმატის ცვლილების გამომწვევი აირების ემისიის დონე უნდა შემცირდეს. [17]

აღსანიშნავია, რომ გარდამავალ პერიოდში საქართველომ შეიძლება უფრო მეტად ისარგებლოს, რადგანაც შესაძლებელი გახდება დაბალნახშირბადიანი განვითარების ახალი სფეროების გამოვლენა და სტრატეგიული შესაძლებლობების გამოყენება გლობალურ ტექნოლოგიურ ბაზარზე; ამის მაგალითია, თხევადი წყალბადის ტექნოლოგია, რომელიც, სავარაუდოდ, გლობალურ ბაზარზე ყოველწლიურად 50 მლრდ აშშ \$-ს მიაღწევს 2027 წლისთვის. საგულისხმოა, რომ საქართველოს მიზანი, რომ ნახშირბადნეიტრალური ქვეყანა გახდეს, ახალი და ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვის შესაძლებლობებს გაზრდის და ტრანსფორმაციულ ცვლილებების მოთხოვნას დააყენებს ქვეყნის ეკონომიკურ და სოციალურ სისტემებში, სამართლიანი ტრანზიციის

პრინციპების გათვალისწინებით. მიუხედავად იმისა, რომ ამ ტრანსფორმაციისთვის მნიშვნელოვანი ფინანსური ინვესტიციები გახდება საჭირო, კარგად მართული პროცესებითა და ეფექტური კლიმატზე ორიენტირებული ღონისძიებებით, ის ქვეყანაზე გრძელვადიან დადებით ზეგავლენას მოახდენს. [17, 18, 19]

ამრიგად, გლობალური გარემოსდაცვითი გამოწვევების დასაძლევად მნიშვნელოვანია გარემოსდაცვითი მართვის გლობალური შესაძლებლობების გაძლიერების აუცილებლობა და ინტეგრირებული მიდგომა, რადგან ყველა გარემოსდაცვითი პრობლემა ერთ გლობალურ სისტემაშია დაკავშირებული და ისინი ურთიერთქმედებენ კომპლექსურად, სადაც უნდა გადაიდგას აუცილებელი ნაბიჯები, რათა შეიცვალოს არაგანახლებადი ენერჯის წყაროები ენერჯის მიქსსა და სამრეწველო გადამუშავებაში განახლებადი ენერჯის წყაროება; ასევე, საგულისხმოა გარემოსდაცვითი კანონმდებლობის სრულყოფა, ნახშირბადის გამწმენდი საშუალებების გამოყენება, ინდუსტრიებში მოძველებული და არაეფექტური ტექნოლოგიების შეცვლა უფრო ეკოლოგიურად სუფთა ალტერნატივებით, რომლის შედეგად შეიძლება მოხდეს ენერჯის მოხმარების და წარმოების ხარჯების კიდევ უფრო შემცირება მწვანე ეკონომიკის შენარჩუნების თვალსაზრისით. ცხადია, ასეთ პირობებში, ქვეყნებს შეუძლიათ მიაღწიონ სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების მიზნებს გარემოს ხარისხის დარღვევის გარეშე.

ამასთან, მნიშვნელოვანია ქვეყნებმა ჩამოაყალიბონ სტრატეგიული მიზნები გარემოსდაცვითი საკითხების მოსაგვარებლად და მწვანე ტექნოლოგიების დანერგვისთვის, რათა შემუშავდეს სტანდარტიზების მწვანე და სუფთა წარმოების კრიტერიუმები და დაწესდეს წესები მწვანე ტექნოლოგიების წახალისებისთვის; ასევე, საჭიროა მწვანე ზრდისა და ეკონომიკური მოგების დაბალანსების აუცილებლობა, მთავრობის ეფექტურობის ზრდა ინდუსტრიული სტრუქტურებისა და ეკონომიკური განვითარების ინიციატივებისთვის, მარეგულირებელი ეფექტურობის გაუმჯობესება დაბინძურების შემცირების მიზნების მიღწევისათვის, რათა გლობალურად გაუმჯობესდეს ცალკეულ სახელმწიფოთა და მათში მცხოვრებთა სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობა.

დასკვნა

მდგრადობის პერიოდსა და პირობებში, გლობალური საკითხების გამოწვევების, შესაძლებლობებისა და ურთიერთდაკავშირების გამოკვლევების თვალსაზრისით, გარემოსდაცვითი მდგრადი სამყაროს შექმნა ითვალისწინებს კოლექტიური მოქმედებისა და პასუხისმგებლიანი მმართველობის აუცილებლობას, სადაც კლიმატის ცვლილება და გარემოსდაცვითი წონასწორობა დაცული უნდა იქნას მდგრადი განვითარების მიზნების ეფექტიანი განხორციელებით და ინდივიდების, საზოგადოებებისა და პოლიტიკის შემქმნელების ოპტიმალური ჩართულობით, რათა მოხდეს გამკლავება რთულ, მაგრამ მნიშვნელოვან გარემოსდაცვით გამოწვევებთან და ამოცანებთან.

მართალია, მდგრადი ეკონომიკური განვითარებისათვის ყველაზე კრიტიკულია სოციალური, პოლიტიკური, ეკონომიკური მიმართულებები და ამოცანები, თუმცა, მიუხედავად ამ საკითხების პრიორიტეტულობისა, ეკონომიკური განვითარება გარემოს დაბინძურების ხარჯზე დაუშვებელია. როგორც მრავალი ქვეყნის გამოცდილებით დასტურდება, მწვანე, წრიული და მდგრადი ციფრული ეკონომიკის განვითარება სუფთა ეკოლოგიური გარემოს პირობებში სრულიად შესაძლებელია, რისთვისაც მნიშვნელოვანია თანამიმდევრული და სისტემური მიდგომა და უცხოური მოწინავე ქვეყნების საუკეთესო გარემოსდაცვითი პოლიტიკის გამოცდილების და პრაქტიკის გაზიარება-გამოყენება, სადაც დიდია საერთაშორისო სტანდარტების როლი მსოფლიოს მდგრად განვითარებაში, რომლის მეშვეობითაც ეკონომიკური განვითარება უნდა წარიმართოს იმდაგვარად, რომ გარემოს არ მიადგეს მნიშვნელოვანი ზიანი, მაქსიმალურად რაციონალურად იქნას გამოყენებული რესურსები და მსოფლიო იქცეს უკეთეს საცხოვრებელ ადგილად, ხოლო, მიზანი უნდა იყოს ცხოვრებისათვის ჯანმრთელი და სასიამოვნო ეკოლოგიური გარემოს შექმნა უფრო ნათელი, უსაფრთხო და მდგრადი მომავლისათვის.

Conclusion

In times and conditions of sustainability, in terms of exploring the challenges, opportunities and interconnections of global issues, creating an environmentally sustainable world considers the need for collective action and responsible governance, where climate change and environmental balance must be protected through the effective implementation of the Sustainable Development

Goals and the optimal involvement of individuals, communities and policy makers, to deal with difficult but important environmental challenges and tasks.

It is true that social, political and economic directions and tasks are the most critical for sustainable economic development, however, despite the priority of these issues, economic development at the expense of environmental pollution is not allowed. As the experience of many countries proves, the development of a green, circular and sustainable digital economy in a clean ecological environment is completely possible, for which it is important to have a consistent and systematic approach and to share and use the best environmental policy experience and practices of foreign advanced countries, where the role of international standards in the sustainable development of the world is great, through which economic development should be conducted in such a way that the environment is not significantly damaged, resources are used as rationally as possible and the world becomes a better place to live, while the goal should be to create a healthy and pleasant ecological environment for a brighter, safer and sustainable future.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. გარემოსდაცვითი გამოწვევების საბაზრო გადაწყვეტილება საქართველოსთვის. (2021). „ახალი ეკონომიკური სკოლა-საქართველოს“, თბილისი, 30 გვ.
2. <https://8billiontrees.com/trees/facts-about-the-environment/>
3. <https://www.enel.com/company/stories/articles/2023/06/three-pillars-sustainability>
4. https://www.researchgate.net/figure/Figure-4-relation-of-sustainability-with-environment-society-and-economic_fig1_357555187
5. <https://www.linkedin.com/pulse/latest-global-environmental-social-governance-market-size-wankhade-xpmzf>
6. https://www.custommarketinsights.com/report/environmental-social-governance-investing-market/?trk=article-ssr-frontend-pulse_little-text-block
7. <https://www.enel.com/company/stories/articles/2023/06/three-pillars-sustainability>
8. <https://www.linkedin.com/pulse/environmental-social-governance-esg-investing-market-growth-pachange>
9. <https://plus-one.ru/manual/2022/02/23/globalnye-ekologicheskie-problemy-i-puti-ih-resheniya>
10. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-3/>
11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.870271/full>
12. <https://ourworldindata.org/country/georgia>
13. <https://eu4georgia.eu/ka/partnioroba-sufta-haeristvis-sakartveloshi/>
14. კლიმატის ცვლილება გამოწვევები და პრობლემების დაძლევის გზები. (2021), თბილისი, გვ.91
15. საქართველოს კლიმატის ცვლილების კანონის მწვანე წიგნისაჯარო კონსულტაციებისათვის. საქართველოს პარლამენტის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების კომიტეტი. (2023). თბილისი, გვ. 76.
16. <https://www.eiec.gov.ge/Home.aspx/Topics/OverView/16>

17. საქართველოს დაბალემისიანი განვითარების გრძელვადიანი კონცეფცია. არატექნიკური შეჯამება. (2023). თბილისი, გვ. 15.
18. <https://www.linkedin.com/pulse/liquid-hydrogen-market-growth-shares-future-trends-key-bhattacharya-cdtmf>
19. <https://bm.ge/news/klimatis-tsvlilebis-2024-2025-tslebis-samoqmedo-gegma-ra-unda-gaitvalistsinos-biznesma>

Current Global Environmental Socio-economic Problems and Prospects for Sustainable Development

Lavrenti (Zurab) Gudavadze, z.gudavadze@gtu.ge, professor, mobile: +995 599 50 12 12
Department of Mining Technologies, Technical University of Georgia, Georgia, Tbilisi

Nodar Foforadze, n.poporadze@gtu.ge, Professor, Mobile: +995 577 42 83 47
Department of Applied Geology, Technical University of Georgia, Georgia, Tbilisi

Gela Machaidze, g.machaidze@gtu.ge, Associate Professor, Mobile: +995 592 66 89 97
Department of Mining Technologies, Technical University of Georgia, Georgia, Tbilisi

Gela Lobjanidze, g.lobjanidze@gtu.ge, Associate Professor, Mobile: +995 595 77 66 97
Department of Applied Geology, Technical University of Georgia, Georgia, Tbilisi

Reviewers:

1. **Bezhan Kakhadze**, Academic Doctor of Economic Sciences, Georgian Technical University, Associate Professor;
2. **Temur Butulashvili**, Academic Doctor of Geology-Mineralogy Sciences, Georgian Technical University, Associate Professor.

Annotation

In recent decades, it has become important to implement enhanced global environmental impact measures to address the existential challenges of climate change and threats to global biodiversity. In this sense, international efforts are important to strengthen the global approach to the fair and sustainable management of natural resources, to expand the global regulation of hazardous chemicals and to bring under control the transboundary pollution of air, soil, water, seas and oceans, for which an integrated approach is needed, since all environmental problems are interconnected and The risks of catastrophic ecological collapse are increasing. Therefore, among the practices of great importance for sustainability, it is necessary to conserve natural resources, among them protecting and sustainably managing water, soil, forests, wildlife and natural habitats to ensure the ecological balance of the planet and the availability of these resources for future generations.

Key words: Environmental protection, Ecological balance, ESG principles, Sustainable Development, Green and Circular economy.

Waste-processing problems

Marine Demetradze, associated professor, academic doctor, Environmental Engineering and Ecology Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU. Georgia, Tbilisi. m.demetradze@gtu.ge, tel. 599119993

Irine Geleishvili, assistant professor, academic doctor, Environmental Engineering and Ecology Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU. Georgia, Tbilisi. geleishviliirine@gtu.ge, tel. 599503650

Revaz Zoidze, Master's degree student of the department of environmental engineering and ecology of the faculty of chemical technology and metallurgy of GTU, 2nd year, rezozoidze811@gmail.com, tel. 574002997.

Reviewers:

Andghuladze Shalva, professor, academic doctor, Environmental Engineering and Ecology Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU. Georgia, Tbilisi. Andghuladzeshalva04@gtu.ge

Ekaterine Matsaberidze, associated professor, academic doctor, Environmental Engineering and Ecology Department, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU. Georgia, e.matsaberidze@gtu.ge

Abstract

As a result of the scientific and technical revolution, the development of industry and agriculture in the second half of the 20th century became one of the preconditions of aggravating the waste problem. Waste is an unused material obtained because of production, which cannot be used in a given industry.

Initially, the problem was usually solved by means of waste destruction, their throwing to the sea or burial, as well as waste incineration. Now, with the increase in environmental pollution, ecologically more acceptable methods of waste disposal, in particular, their sorting and reuse-resource recycling have come to the fore.

Implementation of recycling with minimal losses is a tremendous technical task that requires changing the entire engineering and technology. At the same time, complete recycling will lead to reduction of the Earth's surface overloading with waste.

As a result of scientific and technological revolution, development of industry and agriculture turned into one of the preconditions of aggravating a waste problem in the 2nd half of the 20th century.

Waste is an unused material obtained because of production, use of which in the given industry is impossible. Therefore, the volume of wastes is determined by the development level of the given technology. If initially the problem was usually solved by means of waste destruction, their throwing to the sea or burial, as well as waste incineration, nowadays, due to environment pollution increase, ecologically more admissible methods of waste disposal (deactivation), namely their sorting and reuse – resource recycling have come to the fore.

In the 1970s, under conditions of raw materials price increase, the environment protection from pollution was stipulated by the necessity of taking the urgent measures focused on energy- and resource economy. Since that time, the resource recycling problem has become relevant throughout the world.

In 70s the academician B.N. Laskorin expressed the opinion that the waste is not a fatal imminence. Even more, the amount of waste is a precise indicator of technological perfection or imperfection.

P.L. Kapitsa wrote that the world drifts towards the fact that the secondary raw materials – waste will play center stage in the industry circulation, while primary resources will turn into supplement to the secondary ones. Global production has to strive for situation, which takes place in the biosphere: complete recycling of a matter – full use of each atom.

Recycling implementation with minimum losses is a tremendous technical problem, which requires replacement of whole engineering and technology. At the same time, complete recycling will lead us to an increase in processing of useful burials and the Earth less overload with surface waste.

As of today, no more than 10% of raw materials extracted from the earth's depth and surface is converted into the end product using the up-to-date engineering and technology, while 90% remains as a waste, which pollute the biosphere.

Waste use looks as follows: 20 t of raw materials are annually extracted and used per each human, and this amount is processed using 2.5 kWt energy power and 800t of water into the end product with 2 t weight, which is used for direct consumption. During the first year 1 t out of 2 t is thrown, while the second ton is thrown out later. Only the small share of 100 bn tons of ores, mining and construction materials annually extracted from the earth depths, is converted into the product, while the major part (98-99%) becomes a waste.

There is a sharp increase of waste when extracting the low-grade mineral ores, because concentrated ore stocks are depleted and more energy consumption for their processing is needed. Secondary raw materials expenditures are following surveyed geological reserves. Volume of industrial and other solid waste in USA comprises 4.5 bn tons, in the Western Europe – 2 bn tons, in Japan – 1.3 bn tons.

The subject of the work is the current state of things in Georgia in terms of recycling. Approximately 900000 t of domestic waste are currently emerged in Georgia, which are gathered and mainly transported in the large cities by relatively new vehicles, while in small cities and villages the old-fashioned vehicles are used.

The amount of domestic waste emerged every year in Georgia per head is twice smaller compared to the average European indicator, but the waste amount rapidly grows with increase of population welfare. Domestic waste comprises 70-80% of all municipal wastes.

The most important thing is that no separation and accumulation is made at the municipal waste generation sources. There is no complete data on annually generated medical, animal and some other specific waste, such as plastics scrap, residual oils, packaging wastes, which are recycled by private companies in limited quantities only.

There is a poorly developed practice of waste prevention, reuse and recycling. Due to absence of any legal obligations related to compulsory data reporting by the companies and processing facilities, there are only scarce data in this regard.

Such materials, as paper, glass, plastic etc. are processed to a limited extent in Georgia. Recycling is performed only by private companies, which process that waste only, for which the cost of collecting and processing per 1 ton is less than price of a same amount of new raw materials.

Several waste-processing facilities operate in the country and there is still no enterprise on energy generation from waste. There are also no incentive measures and facilitating mechanisms for waste accumulation prevention and their separation, that restricts waste use and recycling in Georgia.

The work objective is processing and destruction of those wastes, which create serious environmental problems, which may be solved through reduction of volumes of raw materials to be processed, waste recycling and establishment of effective and safe systems.

USA population and industry generate much more garbage than any other country worldwide. Each US citizen generates more than 1.5 kg of garbage every day, that comprises 154 mln ton per year on a nationwide scale. Discharge of garbage to the ocean is prohibited by the USA Federal Law. Fresh Kills landfill, which is the largest garbage dump in the world, every day accepts the enormous amount of garbage from New-York. 2/3 of landfills have been closed since the 70s due to overfill. Many cities of USA and Europe have started to take the garbage out of country. Based on the above-mentioned, processing of the secondary raw materials makes it possible to retreat the industrial product cheaper than the original mineral resources.

The similar state-of-the-art is in Germany, Italy and Sweden. 40 mln ton of waste are annually accumulated in Germany, from which 20 mln tons are represented by domestic waste. 250 kg of waste comes per one man a year. Population sorts the waste that is important for garbage separation. In Italy, since 1989 there have been established the ecological benefits for those enterprises, which move

to a clean waste-free production. Sweden accumulates 1.1 mln ton of wastepaper a year that enables the country to produce 53% of annual volume of consumed paper. This is quite high index, in Japan it equals to 52%, in Western Europe – 46%, while in the USA – 45%. Swedish system of wastepaper collecting comprises 70%, and carton collecting – 77% of total annual volume.

1-ton waste paper utilization saves roughly 20 trees from falling, while paper production from waste paper needs only 1/3 of the energy, which should be consumed for paper receipt from original raw materials.

Demand for paper in Japan is 150 kg a year per man. Wastepaper consumption (9 mln t a year) saves 180 mln trees from extraction, and electricity saving enables publication of additional 8-9 tons of books.

In Japan the wastepaper is first of all used for production of some hygienic papers, tobacco paper and magazine paper. The share of wastepaper used for newsprint paper production is 40%, while in the USA and Scandinavian countries a newsprint paper is completely produced from wastepaper. In Japan, the wastepaper is used for manufacturing blank forms, notebooks, albums, and various wrapping materials. The wastepaper is used in construction industry, and 50-70% of wastepaper volume falls on it. The necessary materials are also frequently manufactured via mixing of wastepaper and synthetic resin. Such wares are competitive and characterized by high demand.

The wastepaper frequently replaces wood and iron, particularly in the case of manufacturing separate machine parts, wrapping materials and different goods.

Thus, the problem of domestic waste recycling (disposal) is a global problem for all of mankind and has to be solved if we want to keep our planet beautiful and ecologically safe for future generations.

Scientific and technological progress gives the opportunity of transition to non-waste technologies, when all industrial products will be useful or reusable (e.g., polluted water, after treatment) at the expense of primary material selection and change of technological processes. This will lead to liquidation of environmental polluting sources and allow to obtain the resource saving. That is why non-waste technologies are at the same time the resource-saving ones.

References:

1. Teaching aid – “Industrial production non-waste technology”. Authors: M. Demetradze, I. Geleishvili, N. Bagrationi, Tbilisi, 2022, 199 p.
2. Recycled Fiber and Deinking Paper-making Science and Technology//Book 7, Helsinki, Finland: 2000, p. 635.

UDC: 631.879.25; 54.064.

საქართველოში ჩამდინარე წყლების მართვის არსებული მდგომარეობის შეფასება

ნათელა ძევისაშვილი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, დ. აღმაშენებლის 150 გ, 0112, თბილისი,
საქართველო, e.mail: n.dvalishvili@gtu.ge, ტელ.: 577453215;

ნინო თაყაიშვილი, ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტის, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 3, 0179 თბილისი, საქართველო,
e.mail: nino.takaishvili@tsu.ge, ტელ.: 593348131;

თამარ დავითაია ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტის რაფიელ აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის
ინსტიტუტი, მინდელის ქ. 11, თბილისი, 0189, საქართველო,
e.mail: tamar.davitaia@tsu.ge, ტელ.: 599409812

*კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო
ფონდის მხარდაჭერით [გრანტი #STEM-22-759]*

რეცენზენტები: ლეილა გვერდწითელი - სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და
მეტალურგიის ფაკულტეტის, გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის
დეპარტამენტის პროფესორი. საქართველო, თბილისი. L.gverdtsiteli@gtu.ge
მაია გუგესიძე - სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის,
გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული
პროფესორი. საქართველო, თბილისი. M.gugeshidze@gtu.ge

საკვანძო სიტყვები: წყალგაწმენდის სისტემი, ნარჩენების მართვა.

ანოტაცია

საქართველოში წყალარინების და წყალგაწმენდის სისტემით სარგებლობს მთელი მოსახლეობის მხოლოდ 36%, აქედან, ქალაქის მოსახლეობის - 84%, ხოლო სოფლად მცხოვრები მოსახლეობის - 20%. ამჟამად, ქვეყანაში ფუნქციონირებს რამდენიმე, მათ შორის გარდაბნის (ემსახურება თბილისს, რუსთავს, მცხეთას და გარდაბანს), ადლიის (ემსახურება ბათუმს), საჩხერის (კერძო), თელავის, ურეკის, და

შენდება/დაპროექტებულია წყალარინების სისტემების და ურბანული (საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო) ჩამდინარე (ნახმარი) წყლების გამწმენდი ათობით ნაგებობა. ურბანული ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების (WWTP) მუშაობის ეფექტიანობის ქვემოთ იგულისხმება, როგორც ურბანული ჩამდინარე წყლების თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით სახელმწიფო ნორმატიულ დონემდე გაწმენდა, ასევე გამწმენდი ნაგებობიდან მიღებული ლამის სწორი მართვის სტრატეგია. ამ თვალსაზრისით, ჩვენი კვლევა მოიცავდა გარდაბნის და ადლიის გამწმენდი ნაგებობების მუშაობის ეფექტიანობის შეფასებას ორივე ობიექტზე გენერირებულ ლამში ზოგიერთი ნორმირებული ელემენტების შემცველობის ანალიზის საფუძველზე. კვლევამ აჩვენა, რომ ადლიის WWTP-ზე გენერირებულ ლამში ყველა საკვლევ ელემენტის კონცენტრაცია საშუალოდ 2-ჯერ აღემატება გარდაბნის WWTP-ზე გენერირებულ ლამში მათ კონცენტრაციას, რაც მიუთითებს ადლიის WWTP-ს მეტად ეფექტიან ოპერირებაზე.

შესავალი

დღეისათვის, საქართველოს მთავრობის მიერ ნარჩენების მართვის პროცესის ჰარმონიზება ევროპის ნარჩენების მართვის პოლიტიკასთან ერთ-ერთი პრიორიტეტული საკითხია, რომელიც ორიენტირებული უნდა იყოს ნარჩენების წარმოქმნის შემცირებაზე და მათ მეორად გამოყენებაზე [1, 2]. ეს თავის მხრივ პირდაპირ კავშირშია წრფივი ეკონომიკიდან ცირკულარულ ეკონომიკურ განვითარებაზე გადასვლასთან და მართვის ახალი ეკონომიკური მოდელების გამოყენებასთან. საქართველოში ცირკულარული ეკონომიკის პრინციპების დანერგვა წარმოუდგენელია ისეთი მნიშვნელოვანი ბუნებრივი რესურსის არარაციონალური მართვის პირობებში, როგორცაა ჩვენი ქვეყნის ერთ-ერთი მთავარი სიმდიდრე - წყალი. წყალი უნიკალური და უპირველესი, სასიცოცხლო მნიშვნელობის, ადამიანის, ცხოველთა სამყაროს და მცენარეული საფარის არსებობისათვის აუცილებელი და საქართველოს ეკონომიკის განვითარებისათვის უმნიშვნელოვანესი ბუნებრივი რესურსია [3]. 2018 წლის 29 ივნისს საქართველოს პარლამენტმა „წყლის შესახებ“ საქართველოს კანონში შეიტანა ცვლილება, რომელიც ხაზს უსვამს გამწმენდ ნაგებობათა და მოწყობილობათა მუშაობის ეფექტიანობის უზრუნველყოფას, აგრეთვე საქართველოს მთავრობის დადგენილებით დამტკიცებული

ტექნიკური რეგლამენტით დადგენილი წყალარინების (საკანალიზაციო) სისტემაში ჩამდინარე წყლების ჩაშვების წესებისა და პირობების დაცვას [4].

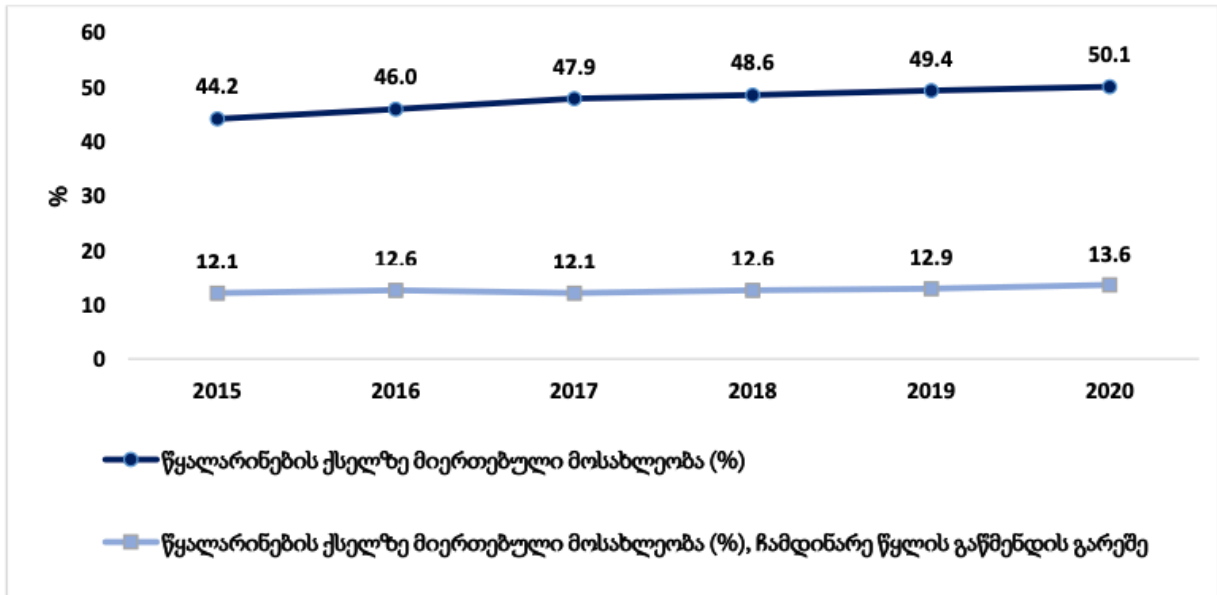
საქართველოს მთავრობის მიერ 2022 წელს მიღებული „2030 ხედვა, საქართველოს განვითარების სტრატეგიის“ თანახმად, საქართველოში გამოწვევად რჩება ანთროპოგენური ზეწოლა ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ხარისხსა და რაოდენობაზე, რაც იწვევს მათ დაბინძურებას, გრძელვადიან პერსპექტივაში წყლის რესურსების შემცირების რისკს და საფრთხის ქვეშ აყენებს ხელმისაწვდომობას. კვლავ პრობლემას წარმოადგენს ზედაპირულ წყლებში გაუწმენდავი ურბანული (საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო) და სასოფლო-სამეურნეო ნახმარი წყლების ჩაშვება, რასაც შედეგად მოყვება ქიმიურ-ბიოლოგიური დაბინძურება. დოკუმენტის თანახმად, 2030 წლისთვის ქვეყანაში დაგეგმილია წყალმომარაგებისა და წყალარინების ინფრასტრუქტურის მოწესრიგება გარემოზე მავნე ზემოქმედების შემცირების მიზნით, რისთვისაც განხორციელდება წყალარინების ქსელისა და ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების მოწყობა მთელი საქართველოს მასშტაბით [5].

მიზნები

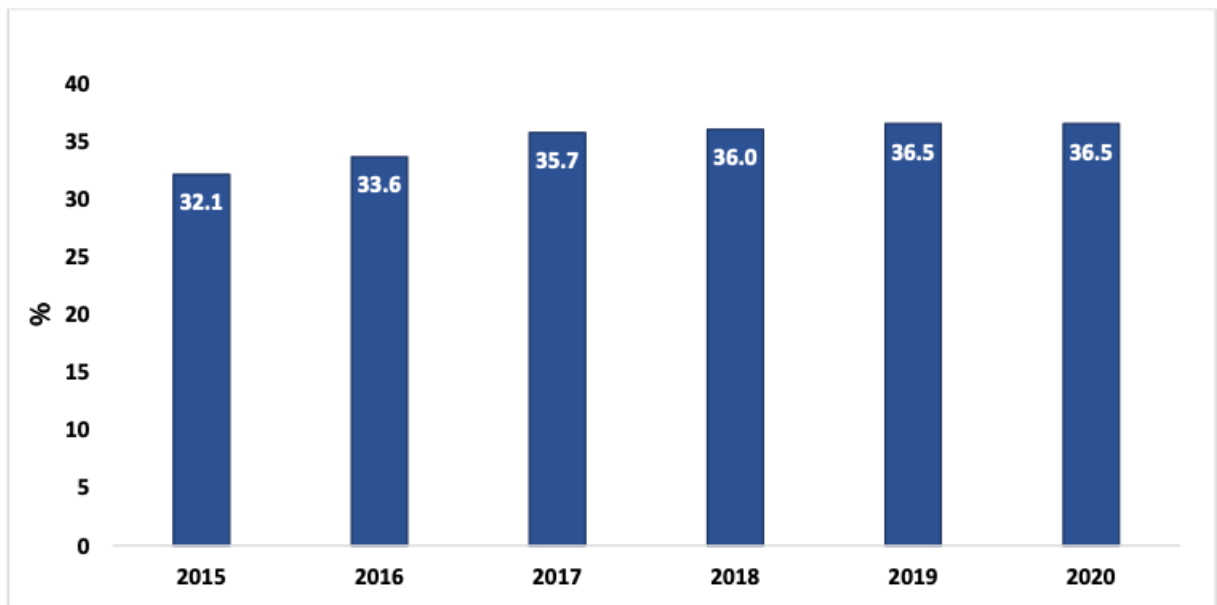
ჩვენი კვლევა დაფუძნებულია მეცნიერების, ტექნოლოგიების, ინჟინერიისა და მათემატიკის მიმართულებით ინტერდისციპლინური კვლევების 2022 წლის სახელმწიფო სამეცნიერო საგრანტო კონკურსში გამარჯვებული პროექტის „ქვეყნის ცირკულარული ეკონომიკის პრინციპების გაძლიერება წყალგამწმენდ ნაგებობაზე წარმოქმნილი ნარჩენების აგროსექტორში გამოყენების მეთოდოლოგიის შემუშავების გზით“ ერთ-ერთი პირველი ამოცანის გადაწყვეტაზე - საქართველოში ჩამდინარე წყლების მართვის არსებული მდგომარეობის შეფასებაზე. კერძოდ, წყალარინების სისტემებისა და ურბანული (საყოფაცხოვრებო და საწარმოო) ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების (WWTP) ფუნქციონირების შეფასება ჩამდინარე წყლების გაწმენდის შედეგად წარმოქმნილ ლამში ზოგიერთი ნორმირებული ელემენტების განსაზღვრის საფუძველზე.

ექსპერიმენტული ნაწილი და კვლევის შედეგები

საქართველოს ფინანსთა სამინისტროს ოფიციალური ინფორმაციით წყალარინების და წყალგაწმენდის სისტემით სარგებლობს საქართველოს მთელი მოსახლეობის მხოლოდ 36%, აქედან, ქალაქის მოსახლეობის - 84%, ხოლო სოფლად მცხოვრები მოსახლეობის - 20% (ნახ.1 და 2) [6].



ნახაზი 1: წყალარინების (კანალიზაციის) ქსელზე მიერთებული მოსახლეობა (%) [7]



ნახაზი 2. ჩამდინარე წყლების გამწმენდ ნაგებობებზე მიერთებული მოსახლეობა (%) [7]

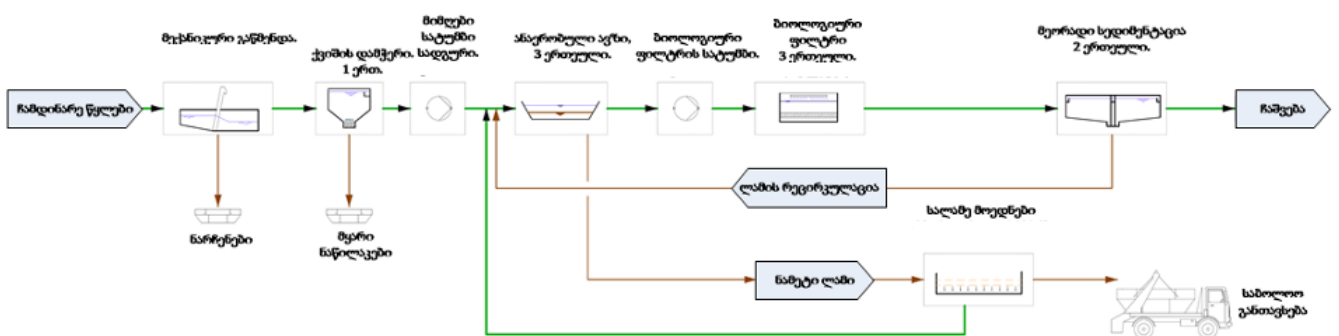
უკანასკნელი ათწლეულის მანძილზე ქვეყნის მამტაბით არინების სისტემისა და ურბანული ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების (WWTP) მართვას

უზრუნველყოფენ შემდეგი ორგანიზაციები: ჯორჯიან უოთერ ენდ ფაუერი GWP (თბილისი და მცხეთა), აჭარის წყლის ალიანსი და ბათუმის წყალი (აჭარის ა/რ), და გაერთიანებული წყლის კომპანია (საქართველოს რეგიონები - თბილისის, მცხეთისა და აჭარის გარდა). საქართველოს რეგიონული განვითარებისა და ინფრასტრუქტურის სამინისტროსთან თანამშრომლობით აღნიშნული კომპანიების ძირითადი საქმიანობა მოიცავს წყლის მოპოვებას, დამუშავებას და აბონენტებისთვის მიწოდებას, ასევე წყალმომარაგების, წყალარინების და გამწმენდი სისტემების პროექტირებას, მშენებლობას, ექსპლუატაციას და ოპერირებას საქართველოს კანონმდებლობის შესაბამისად [8-11].

2023 წლის 30 ივნისს მიღებულმა კანონმა „წყლის რესურსების მართვის შესახებ“ ჩაანაცვლა „საქართველოს კანონი წყლის შესახებ“ (რომელიც ძალაში იყო 1997 წლიდან) და გახდა წყლის რესურსების მართვის ახალი ჩარჩო დოკუმენტი. კანონით განსაზღვრულია სააუზო მართვის სისტემის ჩამოყალიბება და წყლის მოხმარების ეკონომიკური ინსტრუმენტების შემოღება, ის არეგულირებს როგორც წყალარინების სისტემის, ისე წყალგამწმენდი ნაგებობების მართვას [12].

დღეისათვის საქართველოში ფუნქციონირებს რამდენიმე ურბანული ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობა (ნახაზი 3), მათ შორის გარდაბნის (ემსახურება თბილისს, რუსთავს, მცხეთას და გარდაბანს), ადლიის (ემსახურება ბათუმს), საჩხერის (კერძო), თელავის, ურეკის, ზუგდიდის, ანაკლიის და შენდება/დაპროექტებულია ურბანული ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ათობით ნაგებობა [13].

მე-3 ნახაზზე წარმოდგენილია წყალარინების სისტემებისა და ურბანული (საყოფაცხოვრებო და საწარმოო) ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობის (WWTP) ტიპიური სქემა.



ნახაზი 3: ტიპიური WWTP-ს სქემა [9]

საქართველოს ყველაზე დიდი წყალგამწმენდი ნაგებობა - გარდაბნის WWTP - ექსპლუატაციაში შევიდა 1986 წელს. აღნიშნული ობიექტი ექსპლუატაციაში მიღებულ იქნა მნიშვნელოვანი ხარვეზებით. 2018 წლამდე გარდაბნის WWTP-ზე მიმდინარეობდა მხოლოდ წყლის მექანიკური გაწმენდა. 2018 წელს მოხდა გარდაბნის WWTP-ს რეაბილიტაცია და მასზე მექანიკური გაწმენდის გარდა, ამჟამად მიმდინარეობს ტარდება წყლის ბიოლოგიური გაწმენდაც [13]. მეორე მნიშვნელოვანი გამწმენდი ნაგებობა - ადლიის WWTP, რომლის მშენებლობა დაიწყო 2010 წელს და ექსპლუატაციაშია 2012 წლიდან, მოწყობილია ევროპული სტანდარტების შესაბამისად და მასზე მიმდინარეობს წყლების მექანიკური და ბიოლოგიური გაწმენდა საერთაშორისო მოთხოვნების შესაბამისად [11].

ურბანული ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების (WWTP) მუშაობის ეფექტიანობის ქვეშ იგულისხმება, როგორც ურბანული ჩამდინარე წყლების თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით სახელმწიფო ნორმატიულ დონემდე გაწმენდა, ასევე გამწმენდი ნაგებობიდან მიღებული ლამის სწორი მართვის სტრატეგია [4, 14, 15-19]. ამ თვალსაზრისით, ჩვენი კვლევა მოიცავდა გარდაბნის (მოდერნიზებული) და ადლიის (ევროპული სტანდარტების შესაბამისად აშენებული) გამწმენდი ნაგებობების მუშაობის ეფექტიანობის შეფასებას ორივე ობიექტზე გენერირებულ ლამში ზოგიერთი ნორმირებული ელემენტების შემცველობის ანალიზის საფუძველზე. ამ მიზნით 2024 წელს განხორციელდა ორივე WWTP-ზე გენერირებულ ლამების სინჯებში კვლევა მძიმე ლითონების შემცველობაზე. ლამებში მძიმე მეტალების კონცენტრაციის დადგენისათვის ლამის ნიმუშების დამუშავება განხორციელდა მიკროტალღური დამშლელის „Microwave Digestion System MDS-6G“ გამოყენებით. დამუშავებული ლამის ნიმუშებში მიკროტალღური პლაზმის ატომურ-ემისიური სპექტრომეტრის (MP-AES) გამოყენებით განისაზღვრა კადმიუმი (Cd), ტყვია (Pb), დარიშხანი (As), თუთია (Zn), სპილენძი (Cu), ნიკელი (Ni), ქრომი (Cr), მანგანუმი (Mn), რკინა (Fe) და ალუმინი (Al) [20, 21]. ექსპერიმენტული მონაცემები წარმოდგენილია 1 ცხრილში.

ცხრილი 1: გარდაბნის და ადლიის WWTP-ზე გენერირებულ ლამებში მძიმე მეტალთა შემცველობები

მშრალი ლამი 2024 წელი	მგ/კგ								გ/კგ	
	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Mn	As	Fe	Al
გარდაბნის WWTP	1.1	20.5	458.3	155.7	6.8	24.8	193.4	3.26	13.29	10.88
ადლიის WWTP	1.4	54.7	1003.7	225.0	8.7	49.1	524.8	5.06	27.56	19.42

დასკვნა

საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ჩამდინარე წყლების გამწმენდ ნაგებობაზე (WWTP) ლამი წარმოიქმნება ურბანული ჩამდინარე წყლების მექანიკური და ბიოლოგიური დამუშავების შედეგად. ლამში აღმოჩენილი დამაბინძურებელი კომპონენტების შემცველობები განსხვავდება, და ეს ცვლილება დამოკიდებულია როგორც ჩამდინარე წყლების გამწმენდ ნაგებობებში წყალარინების სისტემიდან შესული ნახშირი წყლის რაოდენობასა და მის შედგენილობაზე, ისე WWTP-ს მართვაზე. ცხრილი 1-დან ჩანს, რომ ადლიის WWTP-ზე გენერირებულ ლამში ყველა საკვლევ ელემენტის კონცენტრაცია საშუალოდ 2-ჯერ აღემატება გარდაბნის WWTP-ზე გენერირებულ ლამში მათ კონცენტრაციას, რაც მიუთითებს ადლიის WWTP-ს მეტად ეფექტიან ოპერირებაზე.

ლიტერატურა:

1. Natela Dvalishvili (currently Natela Dzebisashvili), Ana Sikharulidze, Strengthening the capabilities of low-emission development strategies / Clean energy program "Review of the waste sector", Center for Sustainable Development "Remissia", 2017, https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MTJ4.pdf;
2. Resolution of the Government of Georgia No. 160 "On Approval of the National Waste Management Strategy of Georgia for 2016-2030 and the National Waste Management Action Plan" April 1, 2016;
3. "Law of Georgia on Water" regarding amendments to the Law of Georgia <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/4270113?publication=0>;

4. Resolution of the Government of Georgia No. 421 on the approval of the technical regulation "On the arrangement, operation, closure and further maintenance of the landfill". August 11, 2015, Tbilisi;
5. Vision 2030 The development strategy of Georgia, https://www.gov.ge/files/428_85680_321942_khedva-2030-saqarthvelos-ganvitharebis-strategia-1.pdf
6. <http://geostat.ge>
7. 7. Public-Private Dialogue on Water Resources Management Reform, ISET Research Institute, USAID Economic Governance Program Grant: "Reformer Progress Evaluation System Support" April 19, 2022;
8. <http://gwp.ge>;
9. <https://water.gov.ge>;
10. <https://www.awa.ge>;
11. <http://bats.ge>
12. Law of Georgia on Water Resources Management, #3423-XIms-Xmp, 30/06/2023 <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/5846594?publication=0>;
13. Gardabani Wastewater Treatment Plant, Environmental Impact Assessment Report, 2008;
14. N. Takaishvili, N. Dzebisashvili, T. Davitaia, G. Berechikidze, N.Tchanturia, Study of the Potential Use of Waste Generated at the Water Treatment Plant in the Agricultural Sector, Chemical Problems, 2024, (Submitted for printing).
15. Order of the Minister of Labor, Health and Social Protection of Georgia No. 297/N "On Approval of Environmental Quality Standards", <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/52384> ;
16. Law of Georgia, Waste Management Code, 2015 <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2676416?publication=12> ;
17. Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0271> ;
18. Resolution of the Government of Georgia No. 426, 2015 "List of waste groups" (Appendix #1), <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2952265?publication=0> ;

19. K.V. Ladygin, S.I. Stompelb “The problem of treatment facilities - excess sludge”, Journal of Environmental Solutions “ECOENG”, No. 19, 2019, <https://i-pec.ru/utilizaciya-i-pererabotka-ila-osadka-ochistnyx-sooruzhenij> ;
20. Determination of metals in soil by microwave plasma - atomic emission spectrometry (MP-AES) using DTPA extraction. MP-AES e. book Agilent 2021;
21. EPA 200.8 ISO 17294-2:2016/2021 - Water quality - Application of inductively coupled plasma mass spectrometry.

Assessment of the Current State of Wastewater Management in Georgia

Natela Dzebisashvili, Institute of Hydrometeorology of the Technical University of Georgia, 150 D. Agmashenebeli St., 0112, Tbilisi, Georgia, e.mail: n.dvalishvili@gtu.ge, tel.: 577453215;

Nino Takaishvili, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, I. Chavchavadze Ave. 3, 0179 Tbilisi, Georgia, e.mail: nino.takaishvili@tsu.ge, phone: 593348131;

Tamar Davitaia Ivane Javakhishvili Tbilisi State University Rafiel Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry, Mindeli st. 11, Tbilisi, 0189, Georgia, e.mail: tamar.davitaia@tsu.ge, phone: 599409812

The research was carried out with the support of Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia [grant #STEM-22-759]

Reviewers: Leila Hvidtsiteli - Professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Environmental Engineering and Ecology of STU. Georgia Tbilisi.

L.gverdsiteli@gtu.ge

Maya Gugeshidze - associate professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Environmental Engineering and Ecology of STU. Georgia Tbilisi. M.

gugeshidze@gtu.ge

Annotation

In Georgia, only 36% of the entire population uses the sewage and water purification system, of which 84% of the urban population and 20% of the rural population use it. Currently, several are operating in the country, including Gardabani (serving Tbilisi, Rustavi, Mtskheta and Gardabani), Adlii (serving Batumi), Sachkheri (private), Telavi, Ureki, and are under construction/projecting of sewage systems and urban (domestic and industrial) wastewater (used) dozens of water

purification facilities. From this point of view, our study included the evaluation of the performance of Gardban and Adli treatment plants based on the analysis of the content of some standardized elements in the sludge generated at both facilities. The study showed that the concentration of all the investigated elements in the sludge generated at Adliya WWTP is on average 2 times higher than their concentration in the sludge generated at Gardabni WWTP, which indicates the highly efficient operation of Adliya WWTP.

Key words: water purification system, waste management.

UDC 631.85:631.83

ჰავის ცვლილებების გავლენა ბავშვთა ჯანმრთელობაზე

(Scoping review - ზოგადი მიმოხილვა)

ყარამან ფაღავა - მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ბავშვთა და მოზარდთა მედიცინის დეპარტამენტის ემერიტუსი პროფესორი, თბილისი, საქართველო

kpagava@yahoo.com , +995 599575285

რეცენზენტები: დიმიტრი ერისთავი სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგის დეპარტამენტის უფროსი, პროფესორი. საქართველო, თბილისი. D.eristavi@gtu.ge

ჯიმშერ ქერქაძე, სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგის დეპარტამენტი პროფესორი. საქართველო, თბილისი.

J.qerqadze@gtu.ge

ანოტაცია . ზოგადი მიმოხილვის მომზადება მოზარდ ორგანიზმზე ჰავის ცვლილებების ზეგავლენის ეპიდემიოლოგიურ-კლინიკური და პათოგენეზური ასპექტების დასადგენად.

კვლევის მეთოდი. შერჩევითად გაანალიზებულ იქნა PubMed-სა და Scholar.google-ში ასახული ბოლო ხუთი წლის ლიტერატურა ჩვენთვის საინტერესო საკითხებზე. გამოყენებულ იქნა Scoping review-ს პრინციპები.

მიღებული შედეგები. ნაჩვენები იქნა რომ ჰავის ცვლილებები ხელს უწყობს ახალშობილთა პათოლოგიის, ბავშვთა განვითარებისა და ფსიქიატრიულ-ფსიქოლოგიური დარღვევების, კვების ქრონიკული დარღვევების, ინფექციების, რესპირატორული დაავადებებისა და ბრონქული ასთმის არსებით გახშირებას.

დასკვნა. ჰავის ცვლილებების მავნე ზემოქმედების შესარბილებლად ბავშვის ორგანიზმზე საჭიროა გარემოს დაცვის პროფესიონალების, ექიმების, საკანონმდებლო და გადაწყვეტილების მიმღები ორგანოების, მას-მედიის, მთლიანად საზოგადოების ერთობლივი ძალისხმევა.

საკვანძო სიტყვები: ბავშვები, ჰავის ცვლილებები, ჯანმრთელობა

შესავალი.

ჰავა გარემოს ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია. იგი განსაზღვრავს საშუალო ტემპერატურასა და ნალექების დონეს რეგიონში. განსხვავებული ჰავა განაპირობებს ბიომრავალფეროვნებას. ტემპერატურის მატებამ ასევე შეიძლება გავლენა მოახდინოს მიგრაციის მოდელებზე, გამრავლების სეზონებსა და ყვავილობის და ჰიბერნაციის დროზე. გლობალური დათბობა ხელს უწყობს მცინვარებისა და პოლარული ყინულის დნობას, რაც იწვევს ზღვის დონის აწევას. ეს გავლენას ახდენს სანაპირო ეკოსისტემებზე, მათ შორის ჭაობებსა და მარჯნის რიფებზე. ადგილი აქვს სანაპირო ეროზიას. ჰავის ცვლილება ზრდის ექსტრემალური ამინდის მოვლენების სიხშირეს და ინტენსივობას, როგორცაა ქარიშხალი, გვალვა, წყალდიდობა და სიცხე. ჰავა მოქმედებს ოკეანურ დინებებზე შესაბამისი შედეგებით.

გარემოს სხვა ფაქტორებთან ერთად ჰავის ცვლილებები ზეგავლენას ახდენს ყველა ცოცხალი არსების ჯანმრთელობაზე, ადამიანების ჯანმრთელობის ჩათვლით. შესაბამად მას უნდა ჰქონდეს სოციალურ-ეკონომიური ასპექტები.

პროტაგორას, ჩვენს წელთაღრიცხვამდე მეხუთეს აუკუნის ბერძენ ფილოსოფოსს, სოფისტს ეკუთვნის გამოთქმა „ადამიანი არის ყველაფრის საზომი“, ეს ეხება გარემოს

გაუარესების ხარისხის შეფასებასაც (ჰავის ჩათვლით). ეს დებულება კიდევ უფრო აქტუალურია ბავშვებთან მიმართებაში [1,40,41,44]. გარემოს ფაქტორების მიმართ ყველაზე მოწყვლადნი არიან ბავშვები და მოზარდები. ამას განაპირობებს მათი ფიზიოლოგიურ-ანატომიური თავისებურებები. ისიც უნდა იქნას გათვალისწინებული, რომ მოზარდი ორგანიზმის ესა თუ ის დაზიანება არაიშვიათად სიცოცხლის შემდგომ პერიოდებშიც იჩენს თავს [13].

ჰავის ცვლილება (რაც უმთავრესად სათბურის გაზების გამონაბოლქვის ზრდით არის გამოწვეული) ჯანმრთელობის სოციალურ განმსაზღვრელებს შორის [26] განიხილება. იგი აუარესებს ჯანმრთელობას რამდენიმე გზით: გრძელი და ცხელი ზაფხული, ინტენსიური ქარიშხალი, ზღვის დონის აწევა, მძიმე გვალვა და ჰაერის ცუდი ხარისხი. კლიმატის ცვლილება არაპროპორციულად გავლენას ახდენს დაუცველ თემებზე, აძლიერებს არსებულ ჯანმრთელობის უთანასწორობას. იზრდება ჯანდაცვის ხარჯები [32].

ჰავის ცვლილებები და, პირველ რიგში, გლობალური დათბობა თანამედროვეობის ერთ-ერთი ყველაზე აქტუალური გამოწვევაა. დადგენა იმისა, თუ რამდენად მოქმედებს იგი მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე, მრავალრიცხოვანი კვლევის სამიზნეა [33]. ძირითადად, პრობლემის ესა თუ ის კერძო მხარე განიხილება, კომპლექსური კვლევები ძალზედ იშვიათია, ხოლო ისეთი, ბავშვების ჯანმრთელობას რომ ეხებოდეს, საერთოდ თითებზე ჩამოსათვლელია [6,31].

შრომის მიზნად დავისახეთ. Scoping review - ზოგადი მიმოხილვის მომზადება მოზარდ ორგანიზმზე ჰავის ცვლილებების ზეგავლენის ეპიდემიოლოგიურ-კლინიკური და პათოგენეზური ასპექტების.

ძირითადი ნაწილი. შერჩევითად გაანალიზებულ იქნა PubMed-სა და Scholar.google-ში ასახული უპირატესად ბოლო ხუთი წლის ლიტერატურა ჩვენთვის საინტერესო საკითხებზე, გამოყენებულ იქნა Scoping review-ს პრინციპები.

ნაჩვენები იქნა, რომ ჰავის ცვლილებები და, განსაკუთრებით, გლობალური დათბობა, სხვა ეკოლოგიურ ფაქტორებთან კომპლექსში განაპირობებს ბავშვთა სიკვდილიანობისა და დაავადებულობის მატებას, რამაც შეიძლება განაპირობოს უკანასკნელ ათწლეულებში მიღწეული წარმატებების შეფერხება, შესაბამისი ინდიკატორების დადებითი დინამიკის სტაგნაცია და გაუარესებაც კი [14].

გარემოს მავნე ფაქტორების მიმართ ყველაზე მოწყვლადნი არიან ორსული ქალები და ახალშობილები. ჰავის ცვლილებებიც არაა გამონაკლისი. მისი გაუარესებისას ნაჩვენებია სარწმუნო გადახრები, როგორცაა - ორსულ ქალებში არტერიული ჰიპერტენზია, ნაადრევი მშობიარობა, მკვდრადშობადობა, დღენაკლულობა, ნეონატალური სიკვდილიანობის მომატება [3,8,9,25,27,30,35,45].

ორსულობის პერიოდში და ჩვილობასას უარყოფითმა ზეგავლენებმა შეიძლება განაპირობოს სხვადასხვა ორგანოს, პირველ რიგში, ტვინისა და ფილტვების არასრულფასოვანი განვითარება შემდგომი არასახარბიელო შედეგებით. ცნობილია, რომ ადრეულ წლებში ტვინი უფრო სწრაფად ვითარდება, ვიდრე ცხოვრების ნებისმიერ სხვა დროს. ჰაერის დაბალმა ხარისხმა და ექსტრემალურმა სიციხემ შეიძლება გავლენა მოახდინოს ნეიროგანვითარებაზე გრძელვადიანი შედეგებით, სწავლის უნარებსა და ინტელექტუალურ განვითარებაზე. ფილტვები ასევე სწრაფად იზრდება საშვილოსნოში და განაგრძობს განვითარებას ბავშვის დაბადების შემდეგ. სიცოცხლის პირველი წლის განმავლობაში ფილტვების ზრდა ექსპონენტურად სწრაფია და ჰაერის დაბინძურების ზემოქმედება უარყოფითად მოქმედებს მის განვითარებაზე [12].

ჰავის ცვლილებასთან დაკავშირებული კატასტროფები განაპირობებს პოსტრავმატული სტრესის განვითარებას (იგი უფრო გამოხატულია ბავშვებსა და მოზარდებში). თუ ამ ცვლილებებს მუდმივი ხასიათი აქვს, ამან შეიძლება განაპირობოს ეკოშფოთვა, დეპრესია, სევდა, ბრაზი, უმიზეზო შიში. უარესდება ძილის ხარისხის, კოგნიტური ფუნქციების, კონცენტრაციის უნარის დარღვევები, ადგილი აქვს სწავლის სიძნელეებს [7,11,19,20,22,23,24,29,36,39,42].

ჰავის ცვლილებები განაპირობებს იმუნიტეტისა და ბარიერების დაცვითი ფუნქციის შესუსტებას, ამას თავის მხრივ მიყვევართ ინფექციების ზრდამდე, კვების ქრონიკულ დარღვევებამდე. ეს უკანასკნელი განპირობებულია, აგრეთვე, საკვებისა და წყლის ხარისხის გაუარესებით, ასევე ინფექციების გადამტანების - ვექტორების უჩვეულო მატებით [10,17,18,21,38].

კლიმატის ცვლილება არის ძირითადი საფრთხე ალერგიული დარღვევების თვალსაზრისით. მატულობს ალერგენების რიცხვი, როგორცაა მტვერი, მტვრის ტკიპები, ობი, დაბინძურებული ჰაერი, კვების ფაქტორები. ესენი სინერგულად

მოქმედებს ორგანიზმზე, მატულობს ექსპოზიცია მათდამი (ექსპოზი), შესაბამისად ხშირდება და ძლიერდება ალერგიული რეაქციები [2,28,34,37].

ჰაერის დაბინძურებამ, ტყის ხანძრებმა შესაძლოა გააუარესოს ჰაერის ხარისხი და გამოიწვიოს ან დაამძიმოს სასუნთქი სისტემის დაავადებები [4].

ჰავის ცვლილებებსა და გარემოს სხვა მავნე ფაქტორები კომპლექსში (გასათვალისწინებელია გენეტიკური დატვირთვა) მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. ტემპერატურის მატება საფრთხეს უქმნის როგორც საკვების მარაგს, ასევე რესპირატორულ ჯანმრთელობას. გარემო სტრესორები, მათ შორის ქიმიური და პათოგენების ზემოქმედების სპექტრი, ისევე როგორც ფიზიკური და ფსიქოლოგიური ზემოქმედება, ერთობლივად მოქმედებს გენეტიკაზე, მეტაბოლიზმზე და უჯრედულ ფუნქციებზე, რომლებიც გავლენას ახდენს ფიზიკურ და ფსიქიკურ ჯანმრთელობაზე (ალერგიიდან ნეიროდეგენერაციულ დაავადებებამდე). გარემოს სტრესორები იწვევენ მიტოქონდრიების დისფუნქციას, მეტაბოლურ სინდრომს და ოქსიდაციურ სტრესს, პროტეომიკის დარღვევებს. ჰომეოსტაზის დარღვევები - დისლიპიდემია და არასწორად დაგროვებული და აგრევირებული ცილები - ზრდის კიბოს, ინფექციების და აუტოიმუნური დაავადებებისადმი მგრძობელობას [5,15].

ჰავის ცვლილების გავლენის შერბილება შესაძლებელია მთლიანად საზოგადოებისა და საერთაშორისო ძალისხმევით შედეგად [16,40,41,43]. გამოჰყოფენ შემდეგ მეტ-ნაკლებად ეფექტურ სტრატეგიებს:

- ცნობადობის ამაღლება,
- უფრო მეტად ფეხით სიარული, ველოსიპედისა და საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გამოყენება,
- განახლებადი ენერჯის წყაროებზე გადასვლა, წიაღისეული საწვავის (ქვანახშირი, ნავთობი და ბუნებრივი აირი) გამოყენების მინიმალიზაცია,
- ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესება,
- მეტი ხეების დარგვა და დეგრადირებული ტყეების აღდგენა, ყოველგვარი ნარჩენის შემცირება,
- ადაპტაციის სტრატეგიების შემუშავება და დანერგვა.

ვფიქრობთ, მიღებული შედეგები ხელს შეუწყობს ბავშვთა და მოზარდთა ჯანმრთელობაზე ჰავის ცვლილებების ზეგავლენის შესახებ ცნობადობის ამაღლებას და, შესაბამისად, სათანადო ჩარევების მიზანდასახულ დაგეგმვასა და განხორციელებას.

დასკვნა. ჰავის ცვლილებები და, განსაკუთრებით, გლობალური დათბობა მოსახლეობის, პირველ რიგში ბავშვთა და მოზარდთა ჯანმრთელობაზე მრავალმხრივ უარყოფით ზეგავლენას განაპირობებს.

როგორც წესი ზემოქმედება კომპლექსურ ხასიათს ატარებს, სპეციფიური ცვლილებები არ არის.

უარყოფითი ტენდენციების შერბილება, შენელება თხოულობს გარემოს დაცვის პროფესიონალების, ექიმების, საკანონმდებლო და გადაწყვეტილების მიმღები ორგანოების, მას-მედიც, მთლიანად საზოგადოების ერთობლივ ძალისხმევას.

ლიტერატურა

1. ფალავა ყ. (2010) ბავშვთა და მოზარდთა ჯანმრთელობის მაჩვენებლების გამოყენების საკითხისათვის ტერიტორიების ეკოლოგიური მდგომარეობის ინტეგრალური შეფასებისათვის. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება.“ შრომები. – თბილისი.: საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. გვ.182-185.
2. Amini H, Amini M, Wright RO (2024) Climate Change, Exposome Change, and Allergy: A Review. *Immunol Allergy Clin North Am.* Feb;44(1):1-13.
3. Bekkar B, Pacheco S, Basu R, DeNicola N (2024). Association of air pollution and heat exposure with preterm birth, low birth weight, and stillbirth in the US: a systematic review. *JAMA Netw Open.* 3:e208243.
4. Bettiol A, Gelain E, Milanesio E et al. (2021). The first 1000 days of life: traffic-related air pollution and development of wheezing and asthma in childhood. A systematic review of birth cohort studies. *Environ Health.* 20:46.
5. Brown ME, Backer D, Billing T et al. (2020). Empirical studies of factors associated with child malnutrition: highlighting the evidence about climate and conflict shocks. *Food Secur.*12:1241–52.
6. Brumberg HL, Karr CJ, Bole A et al. (2021). Ambient air pollution: health hazards to children. *Pediatrics.* 147:e2021051484.
7. Burke SE, Sanson AV, Hoorn J (2018). The psychological effects of climate change on children. *Curr Psychiatry Rep.* 20:35.

8. Carolan-Olah M, Frankowska D. (2014). High environmental temperature and preterm birth: a review of the evidence. *Midwifery*. 30:50–9.
9. Chersich MF, Pham M, Areal A et al. (2020). Associations between high temperatures in pregnancy and risk of preterm birth, low birth weight, and stillbirths: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 371:m3811.
10. Chua PL, Ng CFS, Tobias A et al. (2022). Associations between ambient temperature and enteric infections by pathogen: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health*. 6:e202.
11. Coffey Y, Bhullar N, Durkin J et al. (2021). Understanding eco-anxiety: A systematic scoping review of current literature and identified knowledge gaps. *J Clim Change Health*. 3:100047.
12. Conway F, Portela A, Filippi V et al. (2024). Climate change, air pollution and maternal and newborn health: An overview of reviews of health outcomes. *J Glob Health*. May 24;14:04128.
13. Etzel RA, Weimann E, Homer C et al. (2024). Climate change impacts on health across the life course. *J Glob Health*, May 24:14:03018.
14. Geruso M, Spears D (2018). Heat, humidity, and infant mortality in the developing world. National Bureau of Economic Research. Available: <https://www.nber.org/papers/w24870>.
15. Heidari H, Lawrence DA (2023). Dysregulations: Mechanistic Connections to Pathologies. *Int J Environ Res Public Health*. Dec 23;21(1):28.
16. Helldén D, Andersson C, Nilsson M et al. (2021). Climate change and child health: a scoping review and an expanded conceptual framework. *Lancet Planet Health*. 5:e164–75.
17. Kraay AN, Man O, Levy MC et al. (2020). Understanding the impact of rainfall on diarrhea: testing the concentration-dilution hypothesis using a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 128:126001.
18. Kulkarni MA, Duguay C, Ost K (2022). Charting the evidence for climate change impacts on the global spread of malaria and dengue and adaptive responses: a scoping review of reviews. *Global Health*. 18:1–18.
19. Lai BS, Lewis R, Livings MS et al. (2017). Posttraumatic stress symptom trajectories among children after disaster exposure: A review. *J Trauma Stress*. 30:571–82.
20. Léger-Goodes T, Malboeuf-Hurtubise C, Mastine T et al. (2022). Eco-anxiety in children: A scoping review of the mental health impacts of the awareness of climate change. *Front Psychol*. 13:872544.
21. Lieber M, Chin-Hong P, Kelly K et al. (2022). A systematic review and meta-analysis assessing the impact of droughts, flooding, and climate variability on malnutrition. *Glob Public Health*. 17:68–82.
22. Ma T, Moore J, Cleary A (2022). Climate change impacts on the mental health and wellbeing of young people: A scoping review of risk and protective factors. *Soc Sci Med*. 301:114888.
23. Maclean JC, Popovici I, French MT (2016). Are natural disasters in early childhood associated with mental health and substance use disorders as an adult? *Soc Sci Med*. 151:78–91.

24. Martin G, Cosma A, Roswell T et al. (2023). Measuring negative emotional responses to climate change among young people in survey research: A systematic review. *Soc Sci Med*. 329:116008.
25. McElroy S, Ilango S, Dimitrova A et al. (2022). Extreme heat, preterm birth, and stillbirth: A global analysis across 14 lower-middle income countries. *Environ Int*. 158:106902.
26. Munyambu, L. (2024). Systematic Review of Social Determinants of Health. *Journal of Medicine, Nursing and Public health*, 4(2), 30-37.
27. Olson DM, Metz GAS (2020). Climate change is a major stressor causing poor pregnancy outcomes and child development. Oct 9;9:F1000.
28. Pacheco SE, Guidos-Fogelbach G, Annesi-Maesano I et al. (2021). Asthma & Immunology Environmental Exposures and Respiratory Health Committee. Climate change and global issues in allergy and immunology. *J Allergy Clin Immunol*. 148:1366–77.
29. Park RJ, Behrer AP, Goodman J (2021). Learning is inhibited by heat exposure, both internationally and within the United States. *Nat Hum Behav*. 5:19–27.
30. Poursafa P, Keikha M, Kelishadi R (2015). Systematic review on adverse birth outcomes of climate change. *J Res Med Sci*. 20:397.
31. Proulx, K., Daelmans, B., Baltag, V., & Banati, P. (2024). Climate change impacts on child and adolescent health and well-being: A narrative review. *Journal of Global Health*, 14.04061
32. Ragavan MI, Marcil LE, Garg A (2020) Climate Change as a Social Determinant of Health. *Pediatrics*. May;145(5):e20193169.
33. Rocque RJ, Beaudoin C, Ndjaboue R et al. (2021). Health effects of climate change: an overview of systematic reviews. *BMJ Open*. 11:e046333.
34. Sampath V, Aguilera J, Prunicki M, Nadeau KC (2023). Mechanisms of climate change and related air pollution on the immune system leading to allergic disease and asthma. *Semin Immunol*. May;67:101765.
35. Schinasi LH, Bloch JR, Melly S et al. (2020). High ambient temperature and infant mortality in Philadelphia, Pennsylvania: a case–crossover study. *Am J Public Health*. 110:189–95.
36. Sharpe I, Davison CM (2022). A Scoping Review of Climate Change, Climate-Related Disasters, and Mental Disorders among Children in Low-and Middle-Income Countries. *Int J Environ Res Public Health*. 19:2896.
37. Shoraka HR, Soodejani MT, Abobakri O, Khanjani N (2019).The Relation between ambient temperature and asthma exacerbation in children: A systematic review. *Journal of Lung Health and Diseases*. 3:1–9.
38. Skevaki C, Nadeau KC, Rothenberg ME et al. (2024). Impact of climate change on immune responses and barrier defense. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. Volume 153, Issue 5, 1194-1205.
39. Tang B, Liu X, Liu Y et al. (2014). A meta-analysis of risk factors for depression in adults and children after natural disasters. *BMC Public Health*. 14:623.

40. United Nations International Children's Emergency Fund (2021). The Climate Crisis Is a Child Rights Crisis: Introducing the Children's Climate Risk Index. Available: <https://knowledge.unicef.org/data/resource/climate-crisis-child-rights-crisis-introducing-childrens-climate-risk-index>.
41. World Health Organization (2021). Investing in our future: a comprehensive agenda for the health and well-being of children and adolescents. Geneva: World Health Organization; Available: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/350239/9789240037793-eng.pdf?sequence=1>.
42. World Health Organization (2022). Mental Health and Climate Change: Policy Brief. Geneva: World Health Organization. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045125>.
43. World Health Organization (2008). The Right to Health. Geneva: World Health Organization. Available: <https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Publications/Factsheet>.
44. Xu Z, Sheffield PE, Su H et al. (2014). The impact of heat waves on children's health: a systematic review. *Int J Biometeorol*. 58:239–47.
45. Zhang Y, Yu C, Wang L (2017). Temperature exposure during pregnancy and birth outcomes: an updated systematic review of epidemiological evidence. *Environ Pollut*. 225:700–12.

Impact of weather changes on children's health

Karaman Paghava - Doctor of Medicine, Professor, Emeritus Professor of the Department of Children and Adolescent Medicine, Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia
kpagava@yahoo.com , +995 599575285

Reviewers: Dimitri Eristavi, head of the Department of Chemical Technology and Metallurgy, Environmental Engineering and Ecology of the Stu, professor. Georgia Tbilisi. d.eristavi@gtu.ge

Jimsher Kerkadze, Professor, Department of Chemical Technology and Metallurgy, Environmental Engineering and Ecology, State Technical University. Georgia Tbilisi.
j.qerqadze@gtu.ge

Abstract. Purpose of work. Preparing a scoping review to determine the epidemiological-clinical and pathogenetic aspects of the impact of climate change on the growing organism.

Research method. The literature of the last five years reflected in PubMed and Google Scholar was selectively analyzed on issues of interest to us, using the principles of Scoping review.

Results. It has been shown that climate changes contribute to the substantial increase in neonatal pathology, child development and psychiatric-psychological disorders, malnutrition, infections, respiratory diseases and bronchial asthma.

Conclusion. In order to mitigate the harmful effects of climate change on the child's body, the joint efforts of environmental protection professionals, physicians, legislative and decision-making bodies, mass media, and society as a whole are needed.

Keywords: children, climate changes, health

გამოყენებული ნარჩენი მცენარეული ზეთების გადამუშავება ბიოსაწვავად

მანანა მამულაშვილი - სტუ გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის ასისტენტ პროფესორი, ტელ: 558 34 98 33 mamulashvilimanana04@gtu.ge საქართველო. თბილისი

ეკატერინე მაცაბერიძე - სტუ გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი, matsaberidzeekaterine@gtu.ge ტელ: 577 51 99 22 საქართველო. თბილისი

გიორგი ლაზარაშვილი - სტუ გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის მაგისტრატურის კურსის სტუდენტი, giorgi.lazarashvili21@gmail.com ტელ: 598 90 77 60 საქართველო. თბილისი.

რეცენზენტი - გიორგი მჭედლიშვილი სტუ. გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის სრული პროფესორი g_mchedlishvili@mail.ru ტელ.: 599960810 საქართველო, თბილისი.

მზია კეჯერაშვილი, თსუ. ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის მოწვეული პროფესორი Kezherashvilimzia@gmail.com ტელ.: 593741384. საქართველო, თბილისი.

აბსტრაქტი - შესწავლილია ეკოლოგიურად სუფთა საწვავი -ბიოდიზელი. ბიოსაწვავი, რომელიც არ შეიცავს ფოსფორს, ტყვიას, სხვა მძიმე მეტალებს და კანცეროგენებით არ აბინძურებს ატმოსფეროს. ბიოდიზელი მზადდება მცენარეული გამოყენებული, ნარჩენი ზეთებისაგან. ბიოდიზელს საქართველოში აწარმოებს შ.პ.ს. "ბიოდიზელი ჯორჯია". გამოკვლეულია წარმოების პროცესში მტვრის ფონური მაჩვენებლები რაიონის მოსახლეობის რაოდენობის მიხედვით და საწარმოდან 80 მეტრით დაშორებული უახლოესი დასახლებული პუნქტიდან მავნე ნივთიერებათა ზღვ-ის მაჩვენებლები. დადგინდა, რომ ატმოსფეროში გაბნეული მავნე ნივთიერებათა ზღვ -ები არ აღემატება ატმოსფეროში გაბნეული მავნე ნივთიერებების ISO სტანდარტით დაშვებულ ნორმებს. საწარმოს "ბიოდიზელი ჯორჯია" მიერ წარმოებული ბიოდიზელის საწვავი არის ეკოლოგიურად სუფთა საწვავი. საკვები ზეთების გადამუშავების შედეგად ბიოდიზელის საწვავის მიღების ტექნოლოგია იძლევა ნარჩენების სწორად მართვის და ბუნებრივი რესურსების დაზოგვის შესაძლებლობას.

საკვანძო სიტყვები: ბიოდიზელის საწვავი, გადამუშავება, ნარჩენი მცენარეული ზეთები.

მსოფლიოში სამომხმარებლო კულტურის ამაღლებასთან ერთად, ჩვენი რესურსები სწრაფად მცირდება და გარემოს დაბინძურება იზრდება მეორადი პროდუქტების ბუნებაში გაუცნობიერებლად გაშვების გამო. კლებასთან ერთად რესურსებში სერიოზულ პრობლემად ჩნდება ნედლეულის მიწოდების საკითხი. გამოყენებულ პროდუქტებს შორის ყველაზე მეტად გარემოსთვის საზიანო პროდუქტებია ზეთები, რომლებსაც ვიყენებთ როგორც ინდუსტრიულად, ასევე ინდივიდუალურად. გამოყენებული ნარჩენი ზეთები უნდა გადამუშავდეს ან განადგურდეს ეკოლოგიურად სუფთა გზით, თუ ისინი არ არის შესაფერისი გადამუშავებისთვის. სამწუხაროდ, 1 ლიტრი ნარჩენი მცენარეული ზეთი აზიანებს ზუსტად 1 მლნ ლიტრ სასმელ წყალს. გამოუსადეგარი ტოქსიკური თვისებების მქონე ნარჩენი მცენარეული ზეთების მიწისქვეშა, სუფთა წყალში შერევის შედეგად რესურსები დაბინძურებულია. მიწისქვეშა წყლები სასმელი წყლის ძალიან მნიშვნელოვანი წყაროა მსოფლიოს ყველა ქვეყნისთვის.

ინდუსტრიალიზაციის ეპოქამ აქტუალური გახადა ატმოსფეროს დაბინძურების პრობლემა. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მიერ განხორციელებული კვლევის თანახმად მსოფლიო მასშტაბით ნაადრევი სიკვდილიანობის შემთხვევა

გამოწვეულია ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებით.

ატმოსფეროს უმთავრესი დამაბინძურებელი ანთროპოგენური წყაროებია: სამრეწველო საწარმოები, ენერგეტიკული ობიექტები, სოფლის მეურნეობა და ტრანსპორტი. სატრანსპორტო სექტორებში დაინერგა მაღალეფექტური ფილტრები და კატალიზატორები, განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს ეკოლოგიურად სუფთა საწვავის მიღებას და გამოყენებას.

მსოფლიოში კარგადაა აპრობირებული მოხმარებული საკვები ზეთების შეგროვება, გადამუშავება და ტექნიკური მიზნებისთვის გამოყენება, რაც ორმაგ ეკოლოგიურ ეფექტს გვაძლევს: ერთიმხრივ, ხდება მეორადი (მოხმარებული) ზეთის, როგორც ნარჩენის მართვა, მეორე მხრივ, ეკოლოგიურად სუფთა საწვავის ბიოდიზელის მიღება, რაც მეტად აქტუალურია.

საკვები ზეთი არის თხევადი მცენარეული წარმოშობის ცხიმი, რომელიც შედგება ლიპიდების 99%-ზე მეტისგან, გამოირჩევა მაღალი ენერგეტიკით, მიიღება ისეთი მცენარეებით, როგორცაა რაფსი, მზესუმზირა, სიმინდი, არაქისი, ზეთისხილი, ... თითოეული ზეთი მდიდარია პოლი და მონოუჯერი ცხიმოვანი მჟავებით, რაც მას ჯანსაღ საკვებად აქცევს. თუმცა, თითოეულ ზეთს აქვს განსხვავებული შემადგენლობა და, შესაბამისად, განსხვავებული სარგებელი, აქედან გამომდინარეობს სხვადასხვა საკვები ზეთის მნიშვნელობა.

კვლევის მიზანია საკვები ზეთის ნარჩენების მდგომარეობის შესწავლა. მსოფლიო კვლევები, SWOT ანალიზი (SWOT ანალიზი არის სტრატეგიული დაგეგმვის მეთოდი, რომელიც მოიცავს ორგანიზაციის შიდა და გარე გარემოს ფაქტორების იდენტიფიცირებას და მათ ოთხ ნაწილად დაყოფას) გვიჩვენებს, რომ რესტორნების (92%) ნარჩენ ზეთებს ყიდის ფრინველის საკვებად, რომელიც შემდეგ ხვდება ადმიანის ორგანიზმში და ამ ნარჩენების პოტენციურმა ტოქსიკურობამ, როდესაც იჟანგება, შეიძლება საფრთხე შეუქმნას საზოგადოების ჯანმრთელობას. ნარჩენი ზეთის 52% იყრება ნაგავში და 21% ჩაედინება კანალიზაციაში. შექნილია სპეციალური სამსახურები და წარმოებები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ნარჩენი ზეთების შეგროვებას და მათ გადამუშავებას უსაფრთხო, ეკოლოგიურად სუფთა საწვავად - ბიოდიზელი. 1 163 312 ლიტრი მეორადი საკვები მცენარეული ზეთიდან შესაძლებელია 492 755 ლიტრი ეკოლოგიური საწვავის მიღება, რის

შედეგადაც მცირდება 1200 ტონაზე მეტი ნახშირორჟანგის (CO₂) ემისია ატმოსფეროში. ეკოლოგიურად უსაფრთხო გარემო ხელს უწყობს ადამიანის ჯამრთელობის, სოციალური და ეკონომიკური პირობების გაუმჯობესებას [1] [2].

ბიოდიზელი წარმოადგენს ბიოლიპიდებისაგან (მცენარეული ზეთები, ცხოველური ცხიმები) მიღებულ ალტერნატიულ, განახლებად, ეკოლოგიურად სუფთა საწვავს. ბიოდიზელის წარმოების ნედლეულად გამოყენებულია ფრიტურის ზეთი, რომელიც საკვებში ხელახლა გამოსაყენებლად უვარგისია, რადგან ცვლილებებს განიცდის თერმული დამუშავების შედეგად, ასევე ვადაგასული მცენარეული ზეთები, ხოლო ნედლეულის მოპოვების წყაროს წარმოადგენს საზოგადოებრივი კვების ობიექტები, რესტორნები, კაფეები, სწრაფი კვების ობიექტები, სასადილოები, მოხალული პროდუქტების (თხილის, ნიგოზის და სხვ.) მწარმოებელი საწარმოები, ასევე კომპანიები, რომელთა წარმოებაში გამოყენებულია არასაკვები დანიშნულების მცენარეული ზეთები.

ცნობილია, რომ ავტოტრანსპორტი წარმოადგენს ატმოსფეროს დაბინძურების ერთ-ერთ ყველაზე მძლავრ დამაბინძურებელ ფაქტორს, რა დროსაც ადგილი აქვს ატმოსფერული ჰაერში ისეთი მავნე ნივთიერებების ემისიებს, როგორებიცაა გოგირდის ოქსიდები, ნახშირორჟანგი, საწვავის არასრული წვის პროდუქტები. ბიოდიზელის საწვავად გამოყენების შემთხვევაში ადგილი აქვს აღნიშნული მავნე ნივთიერებების ემისიების შემცირებას 3,0-3,5-ჯერ. გოგირდის ჟანგეულის ემისია ნულის ტოლია. უნდა აღინიშნოს, რომ ბიოდიზელის წარმოებისას შესაძლებელია გამოყენებული იყოს ნებისმიერი საკვები პროდუქტი [3]. უკვე მრავალი წელია ევროპის მთელ რიგ ქვეყნებში მიმდინარეობს ნავთობდიზელის ბიოდიზელით ჩანაცვლება, ორივე სახის საწვავის ფიზიკური და ქიმიური მახასიათებლები ანალოგიურია და წარმატებით შეიძლება ჩანაცვლდეს ნებისმიერ სფეროში ძრავის ყოველგვარი მოდიფიკაციის გარეშე, გარდა ამისა, ბიოდიზელი ძირითადი პარამეტრებით აღემატება ნავთობდიზელს, მაგ. ბიოდიზელის ცეტანური რიცხვი 50-ზე მეტია, გაპოხვის კოეფიციენტი 7-8, გოგირდის შემცველობა ნული, ამასთან მისი ძირითადი უპირატესობა არის ის რომ მიიღება ბიორესურსებისგან, ანუ არის განახლებადი, ეკოლოგიურად გამართლებული, სუფთა საწვავი, რომლისთვისაც აღნიშნული თვისებების გარდა აღსანიშნავია შემდეგი - როგორც გამოკვლევებმა

აჩვენა, ბიოდიზელის ნიადაგში ან წყალში მოხვედრისას იგი არ წარმოადგენს მავნე პროდუქტს წყალში მობინადრე მცენარეული და ცხოველთა სახეობებისათვის, რადგან განიცდის მთლიან ბიოლოგიურ დაშლას. ნიადაგში ან წყალში მობინადრე მიკროორგანიზმების მიერ ადგილი აქვს ბიოდიზელის მასის 99%-ის გადამუშავებას 28 დღის განმავლობაში, რაც იძლევა ნიადაგის, მდინარეების და ტბების დაბინძურების მინიმიზაციის საფუძველს. მცენარეები, რომლებიც ბიოდიზელის ნედლეულს იძლევიან, სიცოცხლის განმავლობაში სწორედ იმდენ ნახშირორჟანგს შთანთქავენ, რამდენსაც შემდგომ მათგან დამზადებული ბიოდიზელის წვის დროს გამოიყოფა და ასევე ეს მცენარეები იმდენ ჟანგბადს გამოყოფენ ჰაერში, რამდენიც მათგან დამზადებული ბიოდიზელის წვის დროს მოიხმარება [4].

ბიოდიზელი თითქმის არ შეიცავს გოგირდს, მიუხედავად ამისა ის წარმოადგენს საუკეთესო საპოხ მასალას, რაც განპირობებულია მასში ჟანგბადის შემცველობით. ბიოდიზელის წარმოების ნარჩენ პროდუქტს წარმოადგენს გლიცერინი, რომელსაც ფართო გამოყენება აქვს მრეწველობის სხვადასხვა დარგში. დანამატებისაგან გასუფთავებული გლიცერინი გამოიყენება საპნის წარმოებაში, ხოლო უფრო სუფთა გლიცერინს გამოიყენება აქვს ფარმაცოლოგიაში. გლიცერინისა და ფოსფორმჟავას ნაერთი წარმოადგენს ფოსფოროვან სასუქს [6] [7].

ბიოდიზელის საწვავის მწარმოებელი საწარმო "ბიოდიზელი ჯორჯია"-ს წარმოების პროცესში ადგილი არ აქვს გარემოზე ნეგატიურ ზემოქმედებას, რაც გულისხმობს მოსალოდნელი ემისიების გავლენას ატმოსფერული ჰაერის ხარისხზე. ამასთანავე, თუ გავითვალისწინებთ, რომ შ.პ.ს. "ბიოდიზელი ჯორჯია"-ს მიერ ბიოდიზელის საწვავის მიღების (ნარჩენების აღდგენა) შემოთავაზებული ტექნოლოგია აპრობირებულია მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში, გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით ერთ-ერთი საუკეთესო მეთოდია და გარემოზე მნიშვნელოვანი ზემოქმედება მოსალოდნელი არ არის. აღნიშნული დადასტურებულია კვლევების შედეგების მიხედვით. ფონური კონცენტრაციის მნიშვნელობები დადგინდა საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს საჯარო სამართლის იურიდიული პირის - გარემოს ეროვნული სააგენტოს მიერ ატმოსფეროს დაბინძურების დაკვირვებების მონაცემების საფუძველზე [5].

ფონური კონცენტრაციის მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი 1. მტვრის ფონური მაჩვენებლები რაიონის მოსახლეობის რაოდენობის მიხედვით

მოსახლეობის რაოდენობა ათ. კაცი	ფონური კონცენტრაციის მნიშვნელობა მგ/მ ³			
	აზოტის დიოქსიდი	გოგირდის დიოქსიდი	ნახშირჟანგი	მტვერი
250-125	0,003	0,05	1,5	0,2
125-50	0,015	0,05	0,8	0,15
50-10	0,008	0,02	0,4	0,1
<10	0	0	0	0

ატმოსფერულ ჰაერში მოსალოდნელი ემისიების სახეობების და რაოდენობების დასადგენად გამოყენებული იქნა ავტომატიზებული კომპიუტერული პროგრამა „ეკოლოგი 3.0“, რომელიც აკმაყოფილებს მავნე ნივთიერებათა გაბნევის ნორმების სათანადო მოთხოვნებს. ზდკ-ს მნიშვნელობები განისაზღვრება სპეციალურად შერჩეულ წერტილებში. საანგარიშო ბადედ მიღებულია კვადრატული ფორმის ტერიტორიები 100მ X 100მ, ბიჯით - 50მ (საწარმოდან 80 მეტრიან რადიუსში გათვლების წარმოებისას). ანალიზი განხორციელდა იმ შემთხვევისათვის, როდესაც ერთდროულად ხდება გაფრქვევა ყველა წყაროდან. ასევე გათვალისწინებული იქნა მტვრის ფონური მაჩვენებლები რაიონის მოსახლეობის რაოდენობის გათვალისწინებით[1]. უახლოესი დასახლებული პუნქტი საწარმოდან დაშორებულია 80მ-ით.

ცხრილი 2. მავნე ნივთიერებათა ზდკ-ის მაჩვენებელი უახლოესი დასახლებული პუნქტიდან

მავნე ნივთიერებების დასახელება	მავნე ნივთიერებათა ზდკ-ის რაოდენობა ობიექტიდან		
	კოდი	ზდკ მაქს/ერთჯ მნიშვნელობა	უახლოესი დასახლებული პუნქტის საზღვარზე 80 მ
მეთანოლი	1052	1	0,03
აზოტის დიოქსიდი	301	0,2	0,16
ნახშირჟანგი	337	5	0,16
აონ	2754	1	0,6

როგორც ცხრილი 1, 2 -დან ჩანს საწარმოს მიერ გაფრქვეული მტვრის ფონური მაჩვენებლები და უახლოეს დასახლებულ პუნქტთან, საწარმოდან 80 მეტრის დაშორებით ატმოსფეროში გაბნეული მავნე ნივთიერებათა ზდკ -ები არ აღემატება

ატმოსფეროში გაბნეული მავნე ნივთიერებების ISO სტანდარტით დაშვებულ ნორმებს. საწარმოს "ბიოდიზელი ჯორჯია" მიერ წარმოებული ბიოდიზელის საწვავი არის ეკოლოგიურად სუფთა საწვავი, არ ხდება გარემოს დაბინძურება, ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებათა გაბნევით და არ წარმოადგენს ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საფრთხეს. ბიოდიზელის საწვავი გარემოს მდგრადი განვითარებისათვის არის განახლებადი, მდგრადი და ეკო-მეგობრული არჩევანი. საკვები ზეთების გადამუშავების შედეგად ბიოდიზელის საწვავის მიღების ტექნოლოგია იძლევა ნარჩენების სწორად მართვის და ბუნებრივი რესურსების დაზოგვის შესაძლებლობას.

REFERENCES

1. Environmental impact assessment report of "Biodiesel Georgia" LLC. Tbilisi 2018
2. Ayly Achylov, Bülent Kaygın RECYCLING WASTE VEGETABLE OILS Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences JONAS, 5(2): 95-100 e-ISSN: 2667-5048 31 Aralık/December, 2022 DOI: 10.55930/jonas.1160433
3. Dewangan, A., Yadav, A.K., Mallick, A., (2018). Current scenario of biodiesel development in India: prospects and challenges. Energy Sources, Part A Recover Util Environ Eff., 40, 2494-2501.
4. Dewangan, A., Yadav, A.K., Mallick, A., (2018). Current scenario of biodiesel development in India: prospects and challenges. Energy Sources, Part A Recover Util Environ Eff., 40, 2494-2501.
5. Technical regulations for calculating the norms of marginally permissible emission of harmful substances into the ambient air. Resolution of the Government of Georgia #408 of December 31, 2013
6. Devrim Kaya TREATMENT OF VEGETABLE OIL REFINING WASTER. Department of Civil and Environmental Engineering The University of Maryland at College Park, MD 20742, USA pp.80
7. R.A Pandey, P.B Sanyal, N Chattopadhyay, S.N Kaul Treatment and reuse of wastes of a vegetable oil refinery. Resources, Conservation and Recycling Volume 37, Issue 2, January 2003, pp. 101-117

Recycling of used waste vegetable oils into biofuels

Authors: Manana Mamulashvili - Assistant Professor of STU Environmental Engineering and Ecology Department, Tel: 558 34 98 33 mamulashvilimanana04@gtu.ge Georgia. Tbilisi

Ekaterine Matsaberidze - Associate Professor of the Department of Environmental Engineering and Ecology of STU, matsaberidzeekaterine@gtu.ge Tel: 577 51 99 22 Georgia. Tbilisi.

Giorgi Lazarashvili - Master's student of the Department of Environmental Engineering and Ecology of StU, giorgi.lazarashvili21@gmail.com Tel: 598 90 77 60 Georgia. Tbilisi.

Reviewers - Giorgi Mchedlishvili GTU. Full Professor of the Department of Environmental Engineering and Ecology g_mchedlishvili@mail.ru Tel.: 599960810 Georgia, Tbilisi.

Mzia Kezherashvili, TSU. Visiting Professor of the Faculty of Exact and Natural Sciences Kezherashvilimzia@gmail.com Tel.: 593741384. Georgia, Tbilisi.

Abstract - ecologically clean fuel - biodiesel is studied. Biofuel that does not contain phosphorus, lead, other heavy metals and carcinogens does not pollute the atmosphere. Biodiesel is made from used vegetable oils. Biodiesel is produced in Georgia by Sh.P.S. "Biodiesel Georgia". The background indicators of dust in the production process according to the population of the district and the indicators of ZDK of harmful substances from the nearest settlement 80 meters away from the enterprise have been investigated. It was established that the ZDCs of harmful substances dispersed in the atmosphere do not exceed the norms allowed by the ISO standard for harmful substances dispersed in the atmosphere. Biodiesel fuel produced by the "Biodiesel Georgia" enterprise is an environmentally friendly fuel. The technology of obtaining biodiesel fuel as a result of the processing of edible oils provides an opportunity to properly manage waste and save natural resources.

Keywords: biodiesel fuel, recycling, waste vegetable oils.

გლობალური დათბობა, კლიმატის ცვლილებები და აგროინდუსტრია

მიმართულება: გარემოს დაცვა და ახალი ტექნოლოგიები

ტყემალაძე გურამ, guram.tkemaladze@yahoo.com, 599941541, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტი, სასურსათო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო. თბილისი

მახაშვილი ქეთევანი, makhashviliketevani10@gtu.ge, პროფესორი, 593175564, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტი, სასურსათო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო. თბილისი

მამარდაშვილი ნაირა, naira.mamardashvili@gmail.com, 599964714, ასისტ. პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტი, სასურსათო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო. თბილისი

კილაძე მაია, maya.kiladze@yahoo.com, 577537992, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტი, სასურსათო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო. თბილისი

რეცენზენტები: მამუკა მაისურაძე (PhD), ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ხარისხის უზრუნველყოფის სამსახურის ხელმძღვანელი, პროფესორი. საქართველო, თბილისი. M.maisurdze@gtu.ge

თეიმურაზ ჭეიშვილი (PhD), ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი. საქართველო, თბილისი. T.cheishvili@gtu.ge

ანოტაცია. გლობალური დათბობა, მრავალ საშიშროებას უქმნის დედამიწას, უშუალოდ ადამიანის ჯანმრთელობას, მის კეთილდღეობას, აგრეთვე ცხოველებსა და მცენარეებს. რადგან გლობალური დათბობა, ძირითადად, ადამიანის ანთროპოგენური საქმიანობით არის გამოწვეული, დღის წესრიგში დადგა ამოცანა ატმოსფეროში, ე.წ. სათბურის გაზების გაფრქვევის შემცირებისა და, ზოგიერთ შემთხვევაში, აკრძალვის შესახებ. გლობალური დათბობისა და კლიმატის ცვლილებების შესაჩერებლად აუცილებელია, შემცირდეს სათბურის გაზების ემისიები მთელი პლანეტის მასშტაბით. ისეთმა ქვეყნებმა კი, ვისაც მეტი რესურსი აქვს ამისთვის, უნდა დაიწყონ ამაზე ფიქრი. აუცილებელია, გამონაბოლქვი განახევრდეს. და ბოლოს აუცილებელია, ვიზრუნოთ იმ ადამიანებზე, ვინც კლიმატის ცვლილებებით ზარალდება.

ყურადღება უნდა მიექცეს სასოფლო-სამეურნეო წარმოებასა და აგრო-ინდუსტრიული გადამამუშავების შედეგად წარმოქმნილ საკვებ ნარჩენებს, მეორადი პროდუქტების გამოყენების მიზნით.

საკვანძო სიტყვები: გლობალური დათბობა, სათბურის გაზები, კლიმატის ცვლილება.

გლობალური დათბობა, გაეროს უახლესი მონაცემების თანახმად, მრავალ საშიშროებას უქმნის დედამიწას, უშუალოდ ადამიანის ჯანმრთელობას, მის

კეთილდღეობას, აგრეთვე ცხოველებსა და მცენარეებს. გლობალური დათბობა მიმდინარეობს როდესაც ნახშირორჟანგი (CO₂) და ჰაერის სხვა დამაბინძურებლები გროვდება ატმოსფეროში შთანთქავენ მზის სინათლეს და მზის რადიაციას, რომელიც აირეკლება დედამიწის ზედაპირიდან. ეს დამაბინძურებლები, კერძოდ, ნახშირორჟანგი, მეთანი, აზოტის ოქსიდი, წყლის ორთქლი და სინთეზური ფტორირებული აირები ე.წ. სათბურის აირები (Greenhouse gases), წლების განმავლობაში გროვდება ატმოსფეროში, იჭერს თბურ (ინფრაწითელ) გამოსხივებას და იწვევს პლანეტის დათბობას. მათ მოქმედებას უწოდებენ სათბურის ეფექტს [1].

რადგან გლობალური დათბობა, ძირითადად, ადამიანის ანთროპოგენური საქმიანობით არის გამოწვეული, დღის წესრიგში დადგა ამოცანა ატმოსფეროში, ე.წ. სათბურის გაზების გაფრქვევის შემცირებისა და, ზოგიერთ შემთხვევაში, აკრძალვის შესახებ.

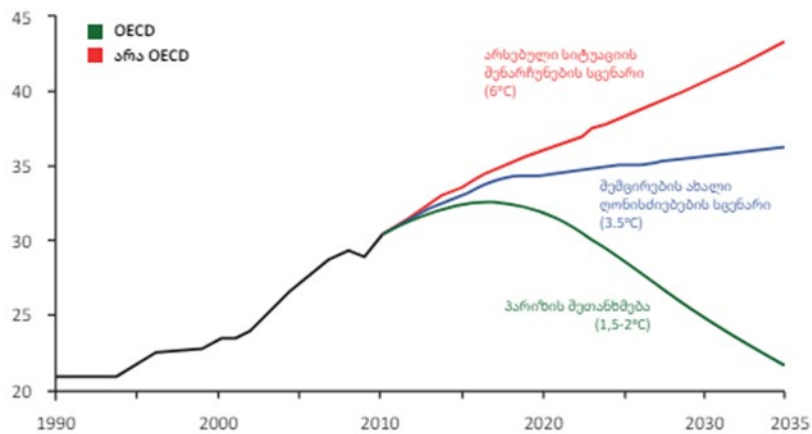
1992 წელს გაერთიანებული ერების ორგანიზაციამ მიიღო კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენცია, რომლის მთავარი მიზანია ატმოსფეროში სათბურის აირების კონცენტრაციის სტაბილიზება. აირები დასაშვებ დონეზე უნდა დარეგულირდეს იმ ვადაში, რომელიც საკმარისია კლიმატის ცვლილებასთან ეკოსისტემათა ბუნებრივი ადაპტაციისათვის [2].

გლობალური დათბობა სათბურის აირების კონცენტრაციის შემცირების შემთხვევაშიც კი გაგრძელდება. კაცობრიობის როლი კლიმატის ცვლილების პროცესზე ძალიან დიდია. მოსახლეობა წარმოადგენს უმთავრეს ფაქტორს რომელიც განაპირობებს სათბურის აირების კონცენტრაციის ზრდას.

სათბურის გაზების გაფრქვევის შემცირება შეიძლება განხორციელდეს ენერგორესურსების გამოყენების ეფექტურობის ამაღლებით, წიაღისეული საწვავისა და სითბოს გადინების შემცირებით, ენერგეტიკული კომპლექსის გადაიარაღებით, საწვავის უფრო უსაფრთხო სახეებზე გადასვლით (მაგალითად, მაზუთიდან გაზზე), აგრეთვე არაგანახლებადი ჭიაღისეული საწვავის გამოყენების შეზღუდვით, ენერჯის მიღების ეკოლოგიურად სუფთა ტექნოლოგიების შემუშავებით და ა.შ.

გლობალური დათბობის ფონზე სამყაროს ელოდება ეკოსისტემების განადგურება, მკვეთრად შეიცვლება ბიომრავალფეროვნება. გლობალური დათბობა ერთნაირად შეეხება როგორც ადამიანს, ცხოველებსა და მცენარეებს [3-4].

გლობალურ დათბობას მოჰყვება ჰაერის ტემპერატურის ზრდა. ამჟამინდელი პროგნოზების საფუძველზე, საუკუნის ბოლომდე მოსალოდნელია საშუალო წლიური ტემპერატურის 2 °C-დან 5-6 °C-მდე მომატება. ეს დამოკიდებულია იმაზე, ემისიის მაჩვენებელი გაიზრდება, თუ შემცირდება. თუ CO₂-ის ემისიების ტემპი იგივე დარჩება, მომავალი 100 წლის განმავლობაში მოსალოდნელია მოვლენათა ყველაზე პესიმისტური სცენარით განვითარება, რაც გულისხმობს საშუალო წლიური ტემპერატურის +3-5 °C-ით ცვლილებას; თუ მოხერხდება ემისიების რაოდენობის შეზღუდვა, შესაძლებელი გახდება საშუალო წლიური ტემპერატურის პროგნოზირებული მაჩვენებლის შემცირება, დაახლოებით, 1.5 °C-ით. სწორედ ამ სცენარს ითვალისწინებს პარიზის შეთანხმება (პარიზის კლიმატის კონფერენცია, 2015 წელი), რომლის ფორმატშიც კლიმატის ცვლილების კონვენციის მონაწილე ქვეყნები იღებენ გამოფრქვეული ნახშირორჟანგის შემცირების ვალდებულებას.



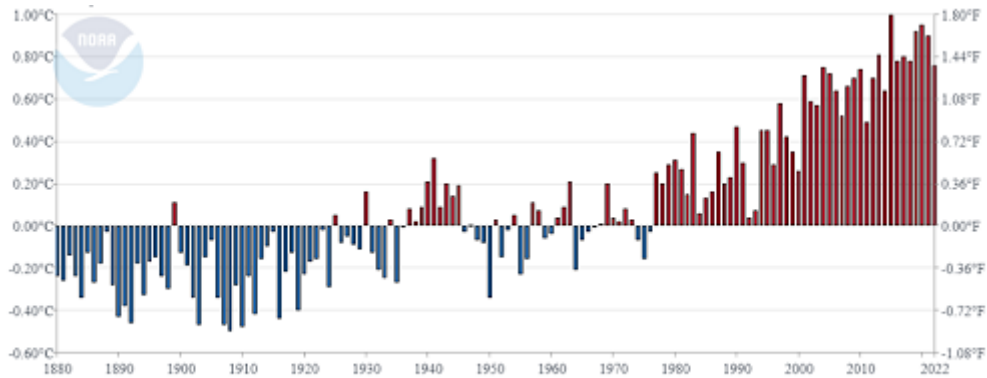
საშუალო წლიური ტემპერატურის ზრდის მოსალოდნელი მაჩვენებლები

კლიმატის ცვლილება მოქმედებს ცოცხალ სამყაროზე, მაგალითად, ადამიანისა და ცხოველის ჯანმრთელობაზე, დაავადებათა მიმართ მათს რეზისტენტობაზე, იმუნურ რეაქციაზე, მცენარეთა სიჯანსაღეზე, გამრავლების უნარსა და მოსავლიანობაზე და, რაც მთავარია მცენარეთა ფოტოსინთეზურ აქტივობაზე, ახალ გარემო პირობებთან შეგუების უნარზე და ა.შ.

კლიმატის ცვლილება იწვევს ექსტრემალურ ამინდის ცვლილებებს, დიდ გავლენას მოახდენს გლობალურ სოფლის მეურნეობასა და სურსათის წარმოებაზე, რაც შედეგად, დაუცველ საკვებ პროდუქტებსა და არასწორ კვების მაჩვენებლებს გამოიწვევს.

გლობალური დათბობა პირდაპირ მოქმედებს წყლის რესურსებზე, საფრთხეს უქმნის უსაფრთხო, სუფთა სასმელ წყალზე ხელმისაწვდომობას.

გრაფიკზე ნაჩვენებია ჩვენს პლანეტაზე ტემპერატურის ცვლილების ყოველწლიური მაჩვენებელი და საშუალო დონე მე-19 საუკუნის ბოლოდან მოყოლებული 2022 წლის ჩათვლით [5].



ტემპერატურის ცვლილება 1880-2022 წლები

გლობალური დათბობის საწინააღმდეგო და ადაპტაციის ღონისძიებების შემუშავებამდე, უნდა გაირკვეს და შეფასდეს გლობალური დათბობის გამომწვევი ყველა ობიექტური მიზეზი და ყველა შესაძლებელი შედეგი. მხოლოდ ამის შემდეგ უნდა შემუშავდეს ყველა ჩასატარებელი ღონისძიება. ამ მიმართულებით უპირველეს და უპირატეს მსოფლიო დონის შეთანხმებად ითვლება კიოტოს ოქმი (პროტოკოლი). შეთანხმება მოხდა კიოტოში (იაპონია) 1997 წლის 11 დეკემბერს და შევიდა ძალაში 2005 წლის 26 თებერვალს. კიოტოს ოქმი წარმოადგენს კლიმატის ცვლილების შესახებ გაეროს ჩარჩო-კონვენციის დამატებას. (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC). კიოტოს ოქმი ინდუსტრიული ქვეყნებისთვის ადგენს სათბურის გაზების შემცირების სავალდებულო პარამეტრებს.

მოსახლეობა წარმოადგენს უმთავრეს ფაქტორს, რომელიც განაპირობებს სათბურის აირების კონცენტრაციის ზრდას, თუმცა მთავარი მიზეზია **ინდუსტრიალიზაცია**. **ტყეების განადგურება** - ეს ნიშნავს, რომ გვაქვს ხეების არასაკმარისი რაოდენობა ატმოსფეროში არსებული ნახშირორჟანგის შესაკავებლად. **ნაგავსაყრელები** - სადაც

ლკობის პროცესი, რომელსაც ანაერობული ბაქტერიები აწარმოებენ, ნელა მიმდინარეობს და წარმოქმნის მეთანს (სათბურის აირს).

ევროპარლამენტისა და ევროსაბჭოს მიერ მიღებული იქნა „2020 წლისთვის გაერთიანების ძირითადი სამოქმედო გეგმა - კეთილდღეობა პლანეტის ფარგლებში“, რომელშიც წარმოდგენილია ევროკავშირის ძირითადი გარემოს დაცვითი სტრატეგიული მიმართულებები. დოკუმენტი აღიარებს 4 პრიორიტეტულ მიმართულებას: კლიმატის ცვლილება, ბიომრავალფეროვნება, ჯანმრთელი გარემო და ბუნებრივი რესურსები, ნარჩენების მართვა.

კლიმატის ცვლილებებთან არის დაკავშირებული, მოსახლეობის უზრუნველყოფა სათანადო ხარისხის და რაოდენობის აგროსურსათით. 2011 წელს FAO-მ (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS) წარმოადგინა შედეგები, რომ ყოველწლიურად დაახლოებით მსოფლიო საკვების 1/3 იკარგება. შესაბამისად ზრუნვა იმაზე, რომ ნაკლები საკვები დაიკარგოს, პირდაპირ კავშირშია მიწის უფრო ეფექტურ გამოყენებასთან და წყლის რესურსის უკეთ მართვასთან, ეს კი თავის მხრივ დადებითად აისახება კლიმატის ცვლილებაზე.

სასოფლო-სამეურნეო წარმოება და აგრო-ინდუსტრიული გადამამუშავება დიდი რაოდენობით საკვებ ნარჩენებს წარმოქმნის. მნიშვნელოვანი ინიციატივები განხორციელდა საკვების ნარჩენებისა და მეორადი პროდუქტების გამოყენების მიზნით. ამჟამად, სულ უფრო მეტი ინდუსტრია იჩენს ინტერესს, რომ წარმოქმნილი ნარჩენები გამოიყენონ, როგორც ნედლეული ახალი პროდუქტებისთვის.

მრავალი კვლევაა ჩატარებული ნუშის ნაჭუჭის (ნარჩენი) გამოყენების თაობაზე. ნაჭუჭის ბიომასა ასევე გამოიყენება სხვადასხვა ნარევებში. შესწავლილია, მისი ნაწილაკების შემცველობის გავლენა პოლიმერული ნარევების მექანიკურ თვისებებზე და დამზადებულია ნარევი, ავსტრალიური თხილის ნაჭუჭით CO₂-ს მისატაცებლად. არსებობს მოსაზრება, რომ შესაძლოა ბიოკარბონმა ჩაანაცვლოს წიაღისეული საწვავი და ხელი შეუწყოს სათბურის გაზების გამონაბოლქვის (ემისიას) შემცირებას.

ნუშის ნაჭუჭისგან მზადდება გააქტიურებული ნახშირი, რომელიც წარმოადგენს საუკეთესო ადსორბენტს. ბულგარეთში ნუშის ნაჭუჭი ჩვეულებრივად საწვავი პურის საცხობებში საწვავად გამოიყენება. ნუშის ნაჭუჭს დიდი ეკონომიკური და პრაქტიკული

პოტენციური აქვს, ამიტომ მისი გამოყენების საუკეთესო მეთოდის კვლევა, სულ უფრო და უფრო იქცევა თანამედროვე მკვლევართა ყურადღებას [3].

ნუშის ნაჭუჭი შეიცავს ნივთიერებებს, რომელიც ფართოდ გამოიყენება კონიაკისა და თეთრი ღვინოების ფერის გასაუმჯობესებლად.

ჩვენი კვლევის მიზანია, ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მქონე ნუშის ნაჭუჭის ექსტრაქტის მიღება, მისი კვლევა და შემდგომში მიღებული ექსტრაქტის საფუძველზე სადესერტო ლიქიორის წარმოება.

ჩატარებული ექსპერიმენტის საფუძველზე ნუშის ნაჭუჭიდან მიღებულია ექსტრაქტი, შესწავლილია მისი ქიმიური შემადგენლობა, კერძოდ ექსტრაქტულობა, ამიგდალინი, ლიპიდების საერთო ჯამი, ალკოჰოლის სიმაგრე (ცხრილი).

ნუშის ნაჭუჭიდან მიღებულია ექსტრაქტის შემადგენლობა

ლიპიდების საერთო ჯამი	ამიგდალინი	ალკოჰოლის სიმაგრე	ექსტრაქტულობა წვრილად დაფხვნილ ობიექტში
0,07%	არ აღმოჩნდა	40% (მოც)	4,5%

დადგენილია ექსტრაქტის მიღების ოპტიმალური რეჟიმები: დაფხვნის ხარისხი, ეთანოლის კონცენტრაცია, ექსტრაქციის ტემპერატურა, მოდული და დაყოვნების დრო, შემუშავებულია ტექნოლოგიური სქემა [7].

სადესერტო ლიქიორის წარმოება, გაზრდის ალკოჰოლური სასმელების ასორტიმენტს, რაც ხელს შეუწყობს სასმელების რეალიზაციას და შესაბამისად დადებითად აისახება, როგორც მწარმოებელის შემოსავალზე, ასევე ქვეყნის ეკონომიკაზეც.

ამრიგად, გლობალური დათბობისა და კლიმატის ცვლილებების შესაჩერებლად აუცილებელია, შემცირდეს სათბურის გაზების ემისიები მთელი პლანეტის მასშტაბით. ისეთმა ქვეყნებმა კი, ვისაც მეტი რესურსი აქვს ამისთვის, უნდა დაიწყონ ამაზე ფიქრი. აუცილებელია, გამონაბოლქვი განახევრდეს. და ბოლოს აუცილებელია, ვიზრუნოთ იმ ადამიანებზე, ვინც კლიმატის ცვლილებებით ზარალდება. ყურადღება უნდა მიექცეს

სასოფლო-სამეურნეო წარმოებასა და აგრო-ინდუსტრიული გადამამუშავების შედეგად წარმოქმნილ საკვებ ნარჩენებს, მეორადი პროდუქტების გამოყენების მიზნით.

ლიტერატურა

1. <https://www.nrdc.org/stories/global-warming-101#causes>
2. კლიმატის ცვლილება გამოწვევები და პრობლემების დაძლევის გზები. თბილისი, 2021
3. Tkemaladze G.Sh. Biochemical Fundamentals of Protecting the World From Global Warming. Proceeding of the International Scientific Conference “Global Warming and Agrobiodiversity, Tbilisi, Georgia, pp. 32-41.
4. Tkemaladze G.Sh., Makhashvili K.A. Biological conversion of the sun’s energy. Proceedings of the International Scientific Conference Dedicated to Academician I. Prangishvili 85th Anniversary - “Information and Computer Technologies, Modelling, Control”, 2016, pp.303-309 (in Georgian).
5. G.Sh. Tkemaladze, K.A. Makhashvili. Climate changes and photosynthesis. //Annals Agrarian Science, 14, 2016, pp.119-126.
6. (<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202211>)
7. მამარდაშვილი ნ.გ., ჩეფიჩაშვილი ს.ა. ნუშის ნაჭუჭიდან ექსტრაქტის მიღება, შესწავლა და გამოყენება. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი (GEN), 2022, 2, გვ.127-130.

Global Warming, Climate Change and Agro-industry

Guram Tkemaladze, guram.tkemaladze@yahoo.com, Professor, Technical University of Georgia, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, Department of Food Technology, Georgia. Tbilisi

Makhashvili Ketevani, makhashviliketevani10@gtu.ge, Professor, Technical University of Georgia, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, Department of Food Technology, Georgia. Tbilisi

Mamardashvili Naira, naira.mamardashvili@gmail.com, Asst. Professor, Technical University of Georgia, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, Department of Food Technology, Georgia. Tbilisi

Maya Kiladze, maya_kiladze@yahoo.com, Professor, Technical University of Georgia, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, Department of Food Technology, Georgia. Tbilisi

Reviewers: Mamuka Maisuradze (PhD), Head of the Quality Assurance Service of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Professor. Georgia Tbilisi. M.maisuradze@gtu.ge

Teimuraz Cheishvili (PhD), professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy. Georgia Tbilisi. T.cheishvili@gtu.ge

SUMMARY

Global warming poses many dangers to the earth, directly to human health and well-being, as well as to animals and plants. Since global warming is mainly caused by human anthropogenic activities, the task in the atmosphere, the so-called on reducing and, in some cases, banning greenhouse gas emissions. To stop global warming and climate change, it is necessary to reduce greenhouse gas emissions across the planet. And countries that have more resources for this should start thinking about it. It is necessary to cut emissions in half. And finally, we need to take care of the people who are affected by climate change. It is necessary to pay attention to food waste, which is formed as a result of agricultural production and agro-industrial processing, with the purpose of using secondary products.

Key words: global warming, greenhouse gases, climate change.

სილიციუმის მზის ელექტროსადგური და მისი ზემოქმედება გარემოზე

თინათინ ლაფერაშვილი - ოპტიკურად მართვადი ანიზოტროპული განყოფილების უფროსი მეცნ. თანამშრომელი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ვლადიმერ ჭავჭავანიძის სახელობის კიბერნეტიკის ინსტიტუტი. საქართველო, თბილისი.

ტელ. 598175966 lafera2002@yahoo.com

რეცენზენტები: მაია გუგეშიძე - სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი. საქართველო, თბილისი. M.gugeshidze@gtu.ge

ეკატერინე მაცაბერიძე - სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი. საქართველო, თბილისი. E.macaberidze@gtu.ge

ანოტაცია, წარმოდგენილ სტატიაში აღწერილია ფოტოელექტრული მზის ელემენტის მუშაობის ფიზიკური საფუძვლები და მზის ენერგეტიკის გამოყენების პერსპექტივები. განხილულია სილიციუმის ფოტოელექტრული მზის ელექტროსადგურების ტექნოლოგიის ეკოლოგიური უსაფრთხოების საკითხები. ლიტერატურული მონაცემების მიმოხილვის საფუძველზე შეფასებულია ამჟამად ფართოდ გავრცელებული Si-ის PV მზის ელექტრო-სადგურების ტექნოლოგიის ზემოქმედება დედამიწის ეკოლოგიურ უსაფრთხოებაზე.

სილიციუმის ფოტოელექტრული მზის ელექტროსადგურების წარმოება არ არის ეკოლოგიურად უსაფრთხო, რადგან დამზადების ტექნოლოგიურ პროცესებში წარმოიქმნება გარემოს დამაბინძურებელი უაღრესად სახიფათო ნივთიერებები, ამიტომ ფოტოელექტრული ელემენტების წარმოება დიდ ძალისხმევას საჭიროებს მწარმოებლების მხრიდან ტექნოლოგიური ნარჩენების გასანადგურებლად.

მზის პანელების წარმოების უახლესი ტენდენციები მოიცავს მოწინავე ტექნოლოგიების დანერგვას, რაც მიზნად ისახავს ეფექტიანობის გაუმჯობესებას და გარემოზე ზემოქმედების შემცირებას.

საკვანძო სიტყვები: ეკოლოგია, მზის ენერჯია, სილიციუმი, ფოტოვოლტაიკა

1. შესავალი

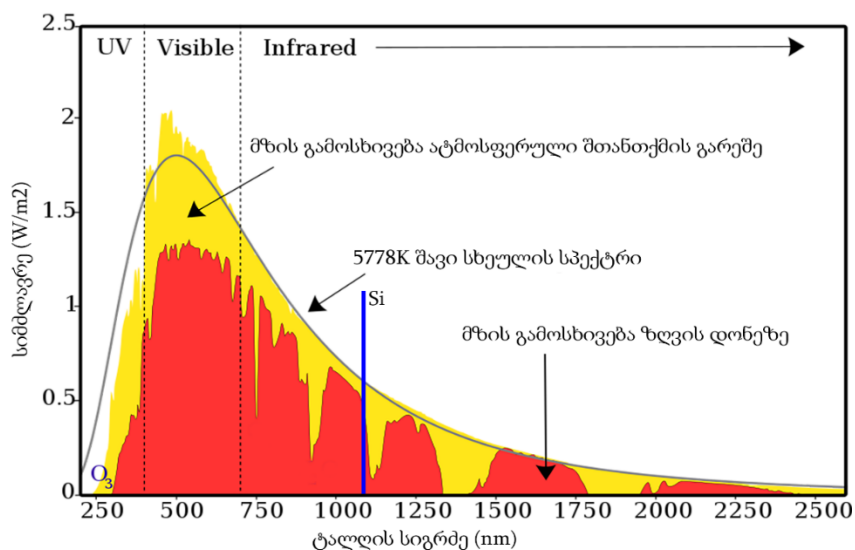
ენერჯიის მოხმარების განუხრელი ზრდა იწვევს დედამიწაზე არსებული წიაღისეული რესურსების მიღევას ერთის მხრივ, ხოლო მეორე მხრივ, აუცილებელი გახდა წიაღისეულის წვის შედეგად ატმოსფეროში გამოფრქვეული მავნე ნივთიერებების შემცირება გარემოს ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად, ამიტომ ენერჯიის განახლებადი წყაროების (ქარის, მზის და ჰიდროელექტროსადგურების) ეფექტიანი ათვისება მსოფლიოს ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანესი პრობლემა გახდა. განუხრელად იზრდება მწვანე ენერჯიის გამოყენების მოთხოვნილება. პერსპექტიულია მზის ფოტოელექტრული ელექტროსადგურების ფართო დანერგვა, რადგან მზე დედამიწაზე ენერჯიის ულავი წყაროა. წარმოდგენილ სტატიაში განხილულია სილიციუმის (Si) ფოტოელექტრული (PV) მზის ელემენტის მუშაობის ფიზიკური საფუძვლები და აქცენტი კეთდება მზის ელექტროსადგურების ეკოლოგიური უსაფრთხოების საკითხებზე, კერძოდ, განხილულია ამჟამად ფართოდ გავრცელებული

Si-ის PV მზის ელექტრო-სადგურების ტექნოლოგიის ზემოქმედება დედამიწის ეკოლოგიურ უსაფრთხოებაზე.

სილიციუმის ელექტროსადგურებით დაინტერესება გამოწვეულია იმით, რომ ამჟამად მსოფლიოში კომერციული მზის ენერგეტიკის სისტემების უდიდესი წილი (95%) სილიციუმის ფოტოელექტრული მოწყობილობების გამოყენებით არის დამზადებული, რაც, თავის მხრივ, განპირობებულია იმით, რომ დედამიწაზე სილიციუმი უხვად მოიპოვება, ნედლეული იაფია და მისი ტექნოლოგია კარგად არის დამუშავებული. კვლევის მეთოდოლოგია არის ლიტერატურის ანალიზის საფუძველზე სილიციუმის ფოტოელექტრული მზის ელექტროსადგურების ეკოლოგიაზე ზემოქმედების შეფასება ელექტროსადგურის მთელი სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში და გარკვევა იმისა, თუ რამდენად „მწვანეა“ ასეთი გზით მიღებული ელექტრობა და ეკოლოგიურად რამდენად უსაფრთხო იქნება გრძელვადიან პერსპექტივაში, თუ ამჟამად გამოყენებული ტექნოლოგიების ფართომასშტაბიანი დანერგვა მოხდება.

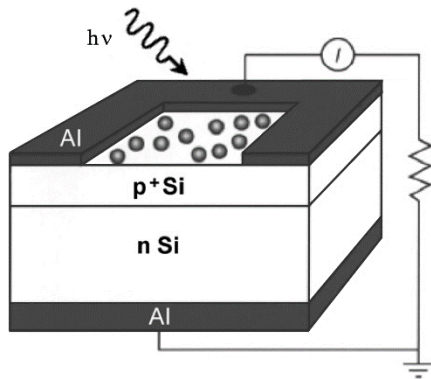
2. ფოტოელექტრული მზის ელემენტის მუშაობის ფიზიკური საფუძვლები

მზე დედამიწაზე არის განახლებადი ენერგიის ბუნებრივი ულვევი წყარო. მზის სინათლის ენერგიის უშუალოდ ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნა შესაძლებელია ფოტო-ელექტრული (PV) ელემენტით. ნახ1-ზე ნაჩვენებია მზის ენერგიის სპექტრული განაწილება.

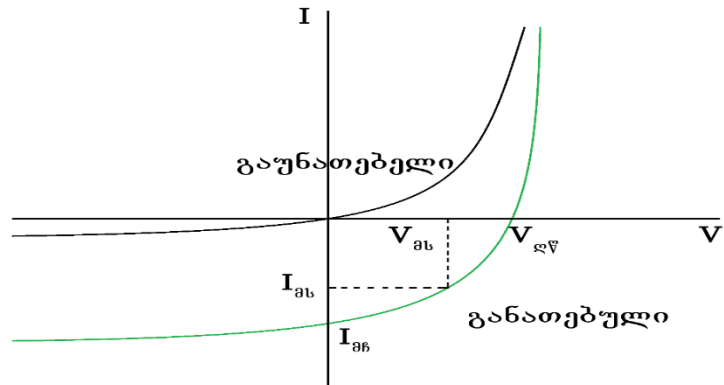


ნახ.1 მზის ენერგიის სპექტრული განაწილება.

ფოტოელექტრული მზის PV ელემენტის მოწყობილობა მზადდება ნახევარგამტარული p-n დიოდის ბაზაზე. ნახევარგამტარი შთანთქავს მზის სინათლის მხოლოდ იმ ფოტონებს, რომელთა ენერგია ($h\nu$) მეტია ნახევარგამტარის აკრძალულ (E_g) ზონაზე ($h\nu > E_g$). ნახ.2-ზე ნაჩვენებია Si-ის ბაზაზე დამზადებული დიოდის სქემ, ხოლო ნახ.3-ზე ნაჩვენებია ფოტოდიოდის ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი განათების გარეშე (1) და სინათლის დაცემის შემდეგ (2).



ნახ.2. სილიციუმის დიოდის სქემა.



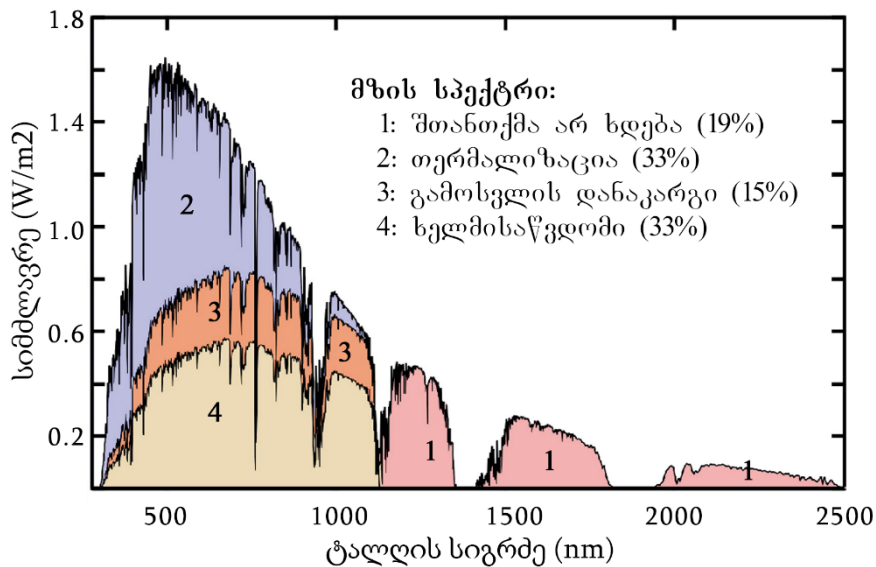
ნახ.3. ფოტოდიოდის ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი.

PV მზის ელემენტის ძირითადი მახასიათებლებია: მოკლე ჩართვის დენი, ღია წრედის ძაბვა, შევსების ფაქტორი FF, და მზის გამოსხივების ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნის ეფექტიანობა - η , რომელიც განისაზღვრება როგორც მზის ელემენტის მიერ წარმოებული ელექტრული ენერჯისა (P) და დაცემული სინათლის ენერჯის (P_{in}) პროცენტული ფარდობა: $\eta = P/P_{in}$. მზის ელემენტებისგან შედგება ფოტოელექტრული პანელი და მონტაჟდება მზის ელექტროსადგური. მზის პანელების წარმოება ეხება მზის პანელების მთელ სასიცოცხლო ციკლს, ნედლეულის მოპოვებიდან დაწყებული წარმოების პროცესებამდე, მონტაჟს და ექსპლოატაციას და ფუნქციონირების ბოლომდე.

3. გარდაქმნის ეფექტიანობა

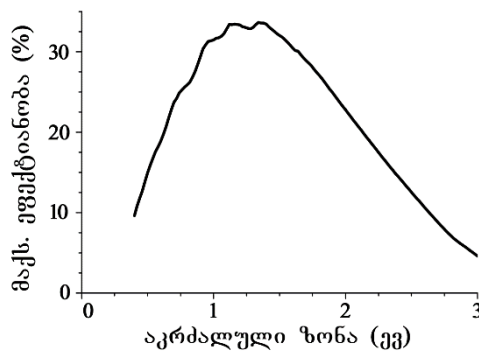
1961 წელს დადგენილი იქნა ერთ-გადასასვლელიანი PV მზის ელემენტების მიერ მზის სინათლის ელექტროენერგიად გარდაქმნის ეფექტიანობის მაქსიმალური შესაძლებელი მნიშვნელობა, ე.წ. შოკლი-ჟუეისერის (S-Q) თეორიული ზღვრი [2], ნახ.4-ზე წარმოდგენილია Si-ის ბაზაზე დამზადებული მზის ელემენტის მიერ გარდაქმნილი ენერგია და დანაკარგები დეტალური წონასწორობის პირობებში. გამოთვლილი იყო, რომ

სილიციუმის შემთხვევაში ზღვარი შეადგენს 29,1%-ს. ექსპერიმენტულად მიღწეული Si მზის ელემენტების ეფექტიანობა არის 26,3% [3], რაც საკმაოდ ახლოსაა თეორიულ ზღვართან, თუმცა, რეალური კომერციული პანელების ეფექტიანობა არის 15-19% [4].



ნახ.4. Si-ის ბაზაზე დამზადებული მზის ელემენტის მიერ გარდაქმნილი ენერგია და დანაკარგები დეტალური წონასწორობის პირობების გათვალისწინებით.

ნახევარგამტარების ბაზაზე დამზადებული მზის ელემენტის ეფექტიანობის თეორიული მაქსიმალური ეფექტიანობის დამოკიდებულება ნახევარგამტარის აკრძალულ ზონაზე ნაჩვენებია ნახ.5-ზე, სადაც ჩანს, რომ მზის ელემენტის შესაქმნელად ოპტიმალური აკრძალული ზონაა 0.95-1.6 ევ. და ეს ნახევარგამტარებია Si, GaAs, InP და CdTe.



ნახ.5. მზის ელემენტის ეფექტიანობის თეორიული მაქსიმალური ეფექტიანობის დამოკიდებულება ნახევარგამტარის აკრძალულ ზონაზე [2].

დაბალი ეფექტიანობის გამო მზის ენერგეტიკა ამჟამად არ არის ტრადიციული, ანუ არაგანახლებადი წყაროებით წარმოებული ელექტროენერჯის მიმართ კონკურენტუნარიანი ფასის მიხედვით. აღნიშნული ტიპის Si-ის PV მზის

ელექტროსადგურების მიერ წარმოებული ელექტროენერჯის ღირებულება არის 0.15-0,29 ევრო/კვტსთ, ხოლო ტრადიციულად წარმოებულისა 0.02 – 0.04 ევრო/კვტსთ [3]. მაღალი ფასი აფერხებს მზის ენერჯის დანერგვას მასობრივი მოხმარებისთვის ყოფაცხოვრებასა და ბიზნესში. ამიტომ ბოლო ათწლეულებში ინტენსიური კვლევითი სამუშაოები მიმდინარეობს ახალი ტიპის PV მზის ელემენტებში მაღალი ეფექტიანობის მისაღწევად და წარმოებული ელექტრო ენერჯის ღირებულების შესამცირებლად [1,5].

4. მზის ელექტროსადგურის ზემოქმედება გარემოზე

ამჟამად მზის ელექტროსადგურები აწარმოებენ მსოფლიო ენერჯის დაახლოებით 1.7%-ს. მიიჩნევა, რომ ფოტოელექტრული (PV) მზის ელექტროსადგური არის პერსპექტიული ენერჯის განახლებადი წყარო 'მწვანე' ანუ ეკოლოგიურად უსაფრთხო ენერჯის საწარმოებლად, მაგრამ PV მზის ელექტროსადგურების ტექნოლოგია მოიცავს პროცესებს, რომლებიც ზემოქმედებენ გარემოზე და ეს ზემოქმედება ყოველთვის ეკოლოგიურად უსაფრთხო არ არის, ამიტომ აუცილებელი გახდა მათი შესწავლა.

ინტენსიურად მიმდინარეობს კვლევები იმის შესახებ თუ რა ზეგავლენის მოხდენა შეუძლია Si-ის PV მზის ელექტროსადგურების დიდი მასშტაბით დანერგვას გარემოს უსაფრთხოებაზე, რადგან დამზადების ტექნოლოგიურ პროცესებში წარმოიქმნებიან გარემოს დამაბინძურებელი მავნე ნივთიერებები [6-7].

აქ გადმოცემულია მზის ელექტროსადგურების ტექნოლოგიის გარემოზე ზემოქმედების ამჟამინდელ მდგომარეობის მოკლე მიმოხილვა ჩვენთვის ხელმისაწვდომი ლიტერატურული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე და გაკეთებულია სილიციუმის PV მზის ელექტროსადგურების წარმოებაში გამოყენებული პროცესების ეკოლოგიური უსაფრთხოების შეფასება. გარემოზე ზემოქმედება კი ვრცელი ცნებაა და მოიცავს ზემოქმედებას ეკოსისტემებზე, ბიომრავალფეროვნებაზე, ენერჯის მოხმარებაზე, ნარჩენების მართვაზე და სხვა.

მზის ენერჯეტიკის ტექნოლოგიის გამოყენებასთან დაკავშირებული გარემოს უსაფრთხოებაზე ზემოქმედება იწყება სილიციუმის ნედლეულის მოპოვებით და მისი მეტალურგიული გადამამუშავებით.

სილიციუმის PV მზის ელემენტის დასამზადებლად საჭიროა მეტალურგიული მასალის გარდაქმნა პოლიკრისტალურ სილიციუმად. ამ პროცესებში წარმოიქმნება პოლისილიციუმი და სილიციუმის ტეტრაქლორიდი. რაც ძლიერი ტოქსიკური ნაერთია, ორთქლდება ჰაერში და ანადგურებს გარემოს.

შემდეგ სუფთა სილიციუმის დასამუშავებლად გამოიყენება მარილმჟავა და წარმოიქმნება ტრიქლორსილანი, რომელიც რეაგირებს წყალბადთან და წარმოქმნის თხევად ტეტრაქლორიდს. აღმოჩნდა, რომ ერთი ტონა პოლი სილიციუმის დამზადებისას მიღებული შხამიანი ქვეპროდუქტების რაოდენობა 3-4 ტონაა [6-7] მარილმჟავას ნიადაგში მოხვედრისას ზრდის მის მჟავიანობას და გამოიყოფა აქროლადი ტოქსიკური ნივთიერებები. ამ პრობლემის აცილება შეიძლება, თუ ქლორის შემცველი მასალის მაგივრად გამოყენებული იქნება მეთანოლი.

ტოქსიკური ნივთიერებების გოგირდწყალბადის ან გოგირდმჟავას გამოყენებაა საჭირო ნახევარგამტარული ფირფიტების გასაწმენდად, რომლებიც ქმნიან ფოტოელექტრულ უჯრედებს. ფოტოელექტრული ელემენტის ფირფიტების გაწმენდა აუცილებელია დაზიანების მოსაცილებლად და სწორი ზედაპირის შესაქმნელად. ეს პროცესი აუცილებელია, მაგრამ ის უნდა ჩატარდეს განსაკუთრებული სიფრთხილით, რადგან გამოყენებული ნივთიერებები მომაკვდინებელია დაუცველი ადამიანებისთვის. კიდევ ერთი საშიშროებაა წარმოების მტვერი და შედეგებისას გამოყენებული ტყვია, რომელიც ხშირად ნარჩენებთან ერთად ნაგავსაყრელზე ხვდება.

არანაკლები მნიშვნელობის პრობლემაა მიწის გამოყენება მზის ელექტრო სადგურებისთვის. სახურავის მზის პანელებს შეუძლიათ საკმარისი ენერჯის გამომუშავება იმ შენობისთვის, რომელზეც ისინია დამონტაჟებული, მაგრამ, როცა საქმე ეხება დიდ მასშტაბებს, მაგალითად, როცა ენერჯის წარმოება საჭიროა ელექტრომომარაგებისთვის საჭირო ხდება მიწის დიდი ფართობების გამოყენება. ხშირ შემთხვევაში ერთი მეგავატი სიმძლავრის გამოსამუშავებლად 10 ჰექტრამდე მიწა უნდა იყოს დაფარული მზის პანელებით. ეს კი ხდება ტყის მასივების გაჩეხვის, ან ხელუხლებელი ტერიტორიების გაწმენდისა და ველური ბუნების განადგურების ხარჯზე. გარემოზე ეს გრძელვადიანი ზემოქმედება მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ელექტროსადგურის ინსტალაციის ღირებულებისა და გამომუშავებული ენერჯის შეფასებისას.

გასათვალისწინებელია წყლის ჭარბი მოხმარებაც მზის ელექტრო სადგურებში, რაც იხარჯება საწარმოს გაგრილების, სხვადასხვა კომპონენტის დამუშავებისა და ჰაერის დაბინძურების კონტროლის დროს. თუმცა, ეს ხარჯი გაცილებით ნაკლებია ვიდრე სხვა ტიპის ელექტროსადგურებისთვის საჭირო წყლის რაოდენობა.

გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს მწყობრიდან გამოსული პანელების განადგურებას, მან შეიძლება გამოიწვიოს გარემოს დაბინძურება და ჯანმრთელობის პოტენციური რისკები. ამ პრობლემის შესარბილებლად საჭიროა ნარჩენების გადამუშავება და რესურსების აღდგენა.

მზის პანელების წარმოების გარემოზე ზემოქმედების ილუსტრირებისთვის ლიტერატურაში განიხილება რეალური მაგალითები. საქმის შესწავლა სხვადასხვა რეგიონიდან ან ქვეყნიდან ნათელს მოჰყვანს კონკრეტულ გამოწვევებსა და გადაწყვეტილებებს. მაგალითად, ჩინეთში მზის პანელების წარმოების სწრაფმა ზრდამ გამოიწვია წარმოების პროცესების შედეგად გარემოს მნიშვნელოვანი დაბინძურება, მაშინ როცა გერმანიის მსგავსმა ქვეყნებმა განახორციელეს ეფექტური გადამუშავების პროგრამები [8-9].

დასკვნა

სილიციუმის ფოტოელექტრული მზის ელექტროსადგურების წარმოება არ არის ეკოლოგიურად უსაფრთხო, რადგან დამზადების ტექნოლოგიურ პროცესებში წარმოიქმნებიან გარემოს დამაბინძურებელი უაღრესად სახიფათო ნივთიერებები. სილიციუმის ტეტრაქლორიდი, რაც ძლიერი ტოქსიკური ნაერთია, ორთქლდება ჰაერში და ანადგურებს გარემოს. შემდეგ, სუფთა სილიციუმის დამუშავება ხდება მარილმჟავათი, წარმოიქმნება ტრიქლოროსილანი, რომელიც რეაგირებს წყალბადთან და წარმოქმნის თხევადი სილიციუმის ტეტრაქლორიდს. წარმოების პროცესში წარმოიქმნება, აგრეთვე, აზოტის ტრიფტორიდი და გოგირდის ჰექსაფტორიდი და სხვ. ამიტომ ფოტოელექტრული ელემენტების წარმოება დიდ ძალისხმევას საჭიროებს მწარმოებლების მხრიდან ტექნოლოგიური ნარჩენების გასანადგურებლად.

წინააღმდეგობრივია მზის პანელების წარმოებასთან დაკავშირებული შეფასებები. ზოგი ამტკიცებს, რომ სარგებელი აღემატება ნეგატიურ ზემოქმედებას, ზოგი კი შემფოთებას გამოხატავს და თვლის, რომ საჭიროა ამ მიმართულებით კვლევის წარმოება

და მიღებული ინფორმაციის გათვალისწინება ელექტროსადგურის დანერგვის შესახებ პრაქტიკული გადაწყვეტილების მიღებისას.

მზის პანელების წარმოების უახლესი ტენდენციები მოიცავს მოწინავე ტექნოლოგიების დანერგვას, რაც მიზნად ისახავს ეფექტიანობის გაუმჯობესებას და გარემოზე ზემოქმედების შემცირებას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Dittrich, T. (2015). *Materials Concepts for Solar cells*. Imperial College Press.
2. Shockley, W., Queisser, H.J., (1961). Detailed Balance Limit of Efficiency of p-n Junction Solar Cells. *Journal of Applied Physics* 32, 510–519.
3. Philipps, S, Warmuth, W. (2019). *Photovoltaics Report*, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems – ISE, <https://www.ise.fraunhofer.de>.
4. Martin A. Green et al., (2024). Solar cell efficiency tables (version 63), *Prog Photovolt Res Appl.* 32, 3-13.
5. Kvitsiani, O.R., Lapherashvili, D.L, Laperashvili, T.A, Mikelashvili, V., (2016). Solar cells based on InP/GaP/Si structure. *Proc. SPIE 10019, Optoelectronic Devices and Integration VI*, 100191G.
6. Bošnjaković, M., Santa, R., Crnac, Z. and Bošnjaković, T., (2023). Environmental Impact of PV Power Systems, *Sustainability (Solar Energy Utilization and Sustainable Development)*, 15, 11888.
7. Zhang, H., Yu, Z., Zhu, C., Yang, R., Yan, B., Jiang, G., (2023). Green or not? Environmental challenges from photovoltaic technology. *Environ Pollut.* 2023 Mar 1, 320, 121066.
8. Liqiang, Qi., Yajuan, Zhang., (2017). Effects of solar photovoltaic technology on the environment in China. *Environ Sci Pollut Res* 24, 22133–22142.
9. Stamford, L., Azapagic, A., (2018). Environmental Impacts of Photovoltaics: The Effects of Technological Improvements and Transfer of Manufacturing from Europe to China, *Energy Technology*, 6, 1148-1160.

Silicon Solar Power Plant and its Impact on the Environment

Tinatini Laferashvili - head of optically controlled anisotropic department, M.Sc. an employee. Vladimir Chavchanidze Institute of Cybernetics of Technical University of Georgia. Georgia Tbilisi. Tel. 598175966 lafera2002@yahoo.com

Reviewers: Maya Gugeshidze - Associate Professor of the Department of Environmental Engineering and Ecology of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of STU. Georgia Tbilisi. M. gugeshidze@gtu.ge

Eketerine Matsaberidze - Associate Professor of the Department of Environmental Engineering and Ecology of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of STU. Georgia Tbilisi. E. macaberidze@gtu.ge

Key words: Ecology, Photovoltaics, Silicon, Solar Energy.

Annotation. The presented article describes the physical basis of the operation of the photovoltaic solar cell and the perspectives of using solar energy. Environmental safety issues of silicon photovoltaic solar power plant technology are discussed. Based on a literature review, the impact of the currently widespread Si PV solar power plant technology on Earth's ecological security is assessed.

The production of silicon photovoltaic solar power plants is not environmentally safe, because in the technological processes of production, extremely dangerous substances polluting the environment are produced, therefore the production of photovoltaic elements requires a great effort on the part of the manufacturers to destroy technological waste.

The latest trends in the production of solar panels include the introduction of advanced technologies aimed at improving efficiency and reducing environmental impact.

უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის განვითარების სტრატეგია ეკოლოგიის
პრობლემების გათვალისწინებით

ავტორი: ქეთევან კენკებაშვილი, (MA), ალტე უნივერსიტეტი, ბიბლიოთეკის
ხელმძღვანელი, საქართველო, თბილისი.

ტელ: +995 577213571 k.kenkebashvili@alte.edu.ge

მიმართულება: გარემოს დაცვა და ახალი ტექნოლოგიები

რეცენზენტები: ლეილა გვერდწითელი (PhD), საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
თბილისი. ტელ.: 593745609, mananagverdtsiteli@gtu.ge

ჯიმშერ ქერქაძე (PhD), საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი.

ტელ.: 599274639, jimsherqerqadze@gtu.ge

აბსტრაქტი

მზარდი ეკოლოგიური გამოწვევების ფონზე, უნივერსიტეტები ითვალისწინებენ ეკოლოგიურ მგრძობელობას საკუთარ ინფრასტრუქტურასა და განვითარების სტრატეგიებში. საუნივერსიტეტო ბიბლიოთეკები, რომლებსაც აქვთ წამყვანი მნიშვნელობა აკადემიური გარემოსთვის, წარმოადგენენ მნიშვნელოვან ძალას არა მხოლოდ ცოდნის ხელმისაწვდომობის ხელშეწყობაში, არამედ ეკოლოგიური ცნობიერებისა და მდგრადი განვითარების ხელშეწყობაში. ეს სტატია განმარტავს საუნივერსიტეტო ბიბლიოთეკების განვითარების სტრატეგიულ გეგმას, ეკოლოგიური საკითხების გათვალისწინებით. ის მოიცავს ბიბლიოთეკის მიერ ჩასატარებელ ღონისძიებებს, რომლებიც მიზნად ისახავენ გარემოს ზიანის შემცირებას, ეკოლოგიურ რესურსებზე ხელმისაწვდომობის გაზრდას და ეკოლოგიურ ინიციატივებზე ყურადღების მიქცევას. გარდა ამისა, სტრატეგია მხარს უჭერს ეკოლოგიური ლიტერატურის ასორტიმენტის გაფართოებას და გარემოს დაცვის განათლებაზე ორიენტირებული ღონისძიებების დაგეგმვას. დაბოლოს, იგი ხაზს უსვამს ბიბლიოთეკების, როგორც კატალიზატორის როლის შემსრულებელს გარემოსდაცვითი წიგნიერების გაზრდისა და საუნივერსიტეტო კვლევებში ეკოლოგიური თემების ჩართვას.

გარემოს დაცვის საკითხების აქტიური განხილვით, უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკებს შეუძლიათ გადალახონ თავიანთი ტრადიციული როლი და გახდნენ წამყვანი ძალის მატარებლები მდგრადი მომავლის მიღწევაში.

ეკოლოგიური პრობლემების აქტიური განხილვით, უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკებს შეუძლიათ გადალახონ თავიანთი ტრადიციული როლი და დაიკავონ მოწინავე ძალის ადგილი მდგრადი მომავლის მიღწევაში.

საკვანძო სიტყვები: უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკები, ეკოლოგიური ცნობიერება, მდგრადი განვითარება, ნარჩენების მართვა, ელექტრონული რესურსები.

შესავალი

ადამიანის აქტიურმა ზემოქმედებამ დედამიწის ეკოსისტემაზე გამოიწვია გლობალური კლიმატის ცვლილება და გარემოს დეგრადაცია. გაეროს განათლების, მეცნიერებისა და კულტურის ორგანიზაცია (UNESCO) აღნიშნავს, რომ საზოგადოების ცხოვრების ხარისხში სამომავლო გლობალური ცვლილებების უზრუნველსაყოფად აუცილებელია საზოგადოების ცნობიერების ამაღლება გარემოს შესახებ. გარემოსდაცვითი განათლება შეიძლება დაეხმაროს ადამიანებს იმის გაგებაში, თუ როგორ მოქმედებს მათი ქმედებები გარემოზე და როგორ შეიძლება ამის მინიმუმამდე შემცირება.

გარემოსდაცვითი განათლების საფუძველი მე-18 საუკუნეში ჩაეყარა ფრანგმა ფილოსოფოსმა და განმანათლებელმა ჟან-ჟაკ რუსომ. მისი პედაგოგიური შეხედულებები ეფუძნება ბუნებრივი განათლების თეორიას, რომელიც ხაზს უსვამს ბუნების ღირებულებას ადამიანის განათლებისთვის. მასწავლებელი ამტკიცებდა, რომ მხოლოდ ბავშვის უშუალო ურთიერთობა ბუნებასთან სულიერად გაამდიდრებს და განავითარებს მის პიროვნულ თვისებებს.

მხოლოდ 1972 წელს გაეროს სტოკჰოლმის კონფერენციამ გამოაცხადა სავალდებულო გარემოსდაცვითი განათლება მზარდი გლობალური გარემოსდაცვითი პრობლემების გადასაჭრელად. სტოკჰოლმის კონფერენცია იყო პირველი მნიშვნელოვანი გლობალური გარემოსდაცვითი შეხვედრა, რომელმაც დაადასტურა გარემოსდაცვითი პოლიტიკისა და

გარემოსდაცვითი მოძრაობის მთავარი როლი, რომელიც გახდა პირველი ეტაპი მდგრადი განვითარების იდეოლოგიის ჩამოყალიბებაში.

სტოკჰოლმის კონფერენციაზე გამოცხადდა პლანეტაზე განვითარებული ღრმა ეკოლოგიური პრობლემების ფაქტი და აღიარა, რომ მსოფლიო განვითარების ხაზი, რომელიც მიზნად ისახავს კაცობრიობის მუდმივად მზარდი საჭიროებების დაკმაყოფილებას, ღრმა კონფლიქტში შევიდა გარემოსთან.

სტოკჰოლმის შეთანხმების საფუძველზე 1975 წელს მიღებულ იქნა ბელგრადის ქარტია, რომელმაც დამატებით დაამატა გარემოსდაცვითი განათლების პრინციპები, მიზნები და ამოცანები, რომელიც მიმართულია ფართო საზოგადოების განათლებაზე.

შედარებით მოგვიანებით, თბილისში, 1977 წელს, გაიმართა პირველი სამთავრობათაშორისო კონფერენცია გარემოსდაცვითი განათლების შესახებ, რომელიც ორგანიზებული იყო გაეროს განათლების, მეცნიერებისა და კულტურის ორგანიზაციის (UNESCO) მიერ გაეროს გარემოს დაცვის პროგრამასთან (UNEP) თანამშრომლობით. სწორედ იქ ჩამოყალიბდა ეკოლოგიური განათლების ზოგადი კონცეფცია და მეთოდოლოგიური საფუძვლები. აღინიშნა პარტნიორობის მნიშვნელობა გარემოს პატივისცემის სფეროში სახელმწიფოებისა და ხალხების ცხოვრების ხარისხის გაუმჯობესების შესაძლებლობების შექმნით მომავალი თაობების ზიანის მიყენების გარეშე.

თბილისის დეკლარაციაში აღნიშნულია, რომ გარემოსდაცვითი განათლება უნდა მოიცავდეს ადამიანთა ყველა ასაკობრივ კატეგორიას და ფორმალური და არაფორმალური განათლების ყველა დონეს. გარემოსდაცვითი სფეროს განათლებამ უნდა ჩართოს ადამიანი კონკრეტული რეალობის ფარგლებში პრობლემების გადაჭრის აქტიურ პროცესში და წახალისოს ინიციატივა, პასუხისმგებლობის გრძნობა და უკეთესი მომავლის აშენების სურვილი.

ყოველი ზემოდ აღნიშნული ნიშნავს იმას, რომ ეკოლოგიური პრობლემების შესწავლის პოპულარიზაცია უნდა დაინერგოს საუნივერსიტეტო სტრუქტურის ყველა ერთეულში, განსაკუთრებით ბიბლიოთეკაში.

თანამედროვე უნივერსიტეტების წინაშე დგას საჭიროება, მოერგოს თავისი ინფრასტრუქტურა და განვითარების სტრატეგიები გარემოსდაცვითი კრიზისის გამოწვევებთან. უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკა, როგორც აკადემიური გარემოს ცენტრალური რგოლი, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს არა მხოლოდ ცოდნის ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფაში, არამედ გარემოსდაცვითი ცნობიერებისა და მდგრადი განვითარების ხელშეწყობაში. ეს სტატია განიხილავს უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის განვითარების ეკოლოგიურად მგრძობიარე სტრატეგიას, მათ შორის ღონისძიებებს ბიბლიოთეკის ფუნქციონირების გარემოსდაცვითი ანაბეჭდის შესამცირებლად, გარემოსდაცვითი რესურსების ხელმისაწვდომობის გაზრდისა და გარემოსდაცვითი ინიციატივების შესახებ ცნობიერების ამაღლების მიზნით.

სტატია მოიცავს ალტე უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის განვითარების სტრატეგიულ მოდელს, რომელშიც გათვალისწინებულია საქართველოს ეკოლოგიური მგრძობელობა

ძირითადი ნაწილი

ალტე უნივერსიტეტის მიერ ბიბლიოთეკის განვითარების სტრატეგიის მოდელი, შემუშავებული იყო წამყვანი ევროპის და აშშ უნივერსიტეტების მხრიდან შემოთავაზებული მოდელების განხილვის გზით.

შემუშავებული მოდელი მოიცავს მნიშვნელოვან საკითხებს, რომლებიც პირდაპირ ორიენტირებულნი არიან გარემოს დაცვის და ეკოლოგიის დაზოგვის საკითხებზე.

1) ბიბლიოთეკის ფუნქციონირების ეკოლოგიური კვალი:

ბიბლიოთეკის ოპერაციების გარემოზე ზემოქმედების შემცირება განვითარების სტრატეგიების შემუშავების პრიორიტეტს წარმოადგენს. აღნიშნული შეიცავს შემდეგ საკითხებს:

- ენერგო-ეფექტურობა: ენერგო-დამზოგავი ტექნოლოგიების დანერგვა, ბიბლიოთეკის შენობებში განათებისა და გათბობის ოპტიმიზაცია.
- ნარჩენების მართვა: ნარჩენების ცალკე შეგროვების სისტემის დანერგვა, ქაღალდის და სხვა მასალების გადამუშავების ეფექტურობის გაზრდა.

- ელექტრონული რესურსები: ელექტრონული რესურსების და ციფრული ბიბლიოთეკის სერვისების ხელშეწყობა ქალაქის მედიის გამოყენების შესამცირებლად.

2) გარემოსდაცვითი რესურსების ხელმისაწვდომობის გაზრდა:

ბიბლიოთეკები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ გარემოსდაცვითი და მდგრადი განვითარების საკითხების შესახებ ინფორმაციის მიწოდებაში.

ამ პროცესის წარმართვისთვის აუცილებელია:

- დარგობრივი ასორტიმენტის ფორმირება: ლიტერატურის, პერიოდული გამოცემებისა და ონლაინ რესურსების გაფართოება ეკოლოგიასა და მასთან დაკავშირებულ სფეროებში.
- ღონისძიებების ორგანიზება: ლექციების, სემინარების, გამოფენებისა და დისკუსიების ჩატარება გარემოს დაცვის საკითხებზე სტუდენტებისა და მასწავლებლების ინტერესის განვითარების მიზნით

3) გარემოსდაცვითი ინიციატივების ჩამოყალიბება

უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკას შეუძლია იმოქმედოს როგორც გარემოსდაცვითი კულტურის ფორმირებისა და გარემოსდაცვითი ინიციატივების მხარდაჭერის ცენტრი. ასეთი ცენტრის ჩამოყალიბება მოიცავს შემდეგ აქტივობებს:

- პარტნიორობა და თანამშრომლობა: გარემოსდაცვითი ორგანიზაციებთან პარტნიორობის დამყარება და ინიციატივები ერთობლივი მუშაობისა და ერთობლივი ღონისძიებების ჩასატარებლად.
- გარემოსდაცვითი ინიციატივების ხელშეწყობა: კამპანიების ორგანიზება გარემოსდაცვითი პროექტებისთვის თანხების მოსაზიდად, საუნივერსიტეტო კამპუსის გამწვანებისა და გალამაზების კამპანიების ჩატარება.

წარმოდგენილი მოდელის გარდა, უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკას აქვს უდიდესი როლი, გარემოს დაცვის მიმართულების განათლების განვითარებაში.

ბიბლიოთეკები ფლობენ უნიკალურ რესურსს, რათა ხელი შეუწყონ გარემოსდაცვითი განათლებას და პოპულარობას უნივერსიტეტის საზოგადოებაში.

ბიბლიოთეკის გამდიდრებული რესურსი მოიცავს ინტერდისციპლინარულ სასწავლო პროგრამების მხარდაჭერას, მაგალითად გარემოსდაცვითი და მდგრადობის სასწავლო კურსებისთვის რესურსების უზრუნველყოფა.

სამეცნიერო კვლევის სტიმულირება: ეკოლოგიისა და მასთან დაკავშირებული დისციპლინების სფეროში კვლევების მხარდაჭერა და ხელშეწყობა.

გარემოსდაცვითი კულტურის ჩამოყალიბება: გარემოსდაცვით თემაზე სტუდენტებისთვის, მასწავლებლებისთვის და უნივერსიტეტის პერსონალისთვის ღონისძიებების მოწყობა.

დასკვნა და პერსპექტივები

უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის განვითარების სტრატეგია, გარემოსდაცვითი საკითხების გათვალისწინებით, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ეკოლოგიურად პასუხისმგებელი საგანმანათლებლო გარემოს ჩამოყალიბებაში. ღონისძიებების განხორციელება გარემოს დაზიანების შესამცირებლად, გარემოსდაცვითი რესურსების ხელმისაწვდომობის გაზრდისა და გარემოსდაცვითი ინიციატივების ჩამოყალიბებისთვის, დაეხმარება უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკას გახდეს არა მხოლოდ ცოდნის ცენტრი, არამედ მამოძრავებელი ძალა მდგრადი მომავლის ძიებაში.

სტრატეგიის შემდგომი განვითარება მოიცავს ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვას, სტუდენტების აქტიურ ჩართვას ეკოლოგიის პრობლემების კვლევაში და შემდგომ თანამშრომლობას გარემოს დაცვის საზოგადოებებთან საერთო მიზნის მისაღწევად - მდგრადი განვითარება და ბუნების დაცვა მომავალი თაობებისთვის.

ლიტერატურა

Johnson, R. L., & Kuhlthau, C. C. (2015). *Guiding the future of libraries: Understanding faculty and graduate students' perceptions of libraries and information resources*. *College & Research Libraries*, 76(4), 472-492.

Mattern, E., & Shearing, T. (2016). *After the smart city? The state of critical scholarship ten years on*. *Social Science Computer Review*, 34(6), 683-697.

Durrance, J. C., Fisher, K. E., & Hinton, M. B. (2011). *How libraries and librarians help: A guide to identifying user-centered outcomes*. American Library Association.

Cassidy, E. D., & Dimick, A. S. (2019). *Digital libraries and institutional repositories: Breakthroughs in research and practice*. IGI Global.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research methods in education*. Routledge.

Luo, L. (2016). *Libraries as community hubs: Transforming libraries, librarians, and communities*. *Library Leadership & Management*, 30(1), 1-8.

University Library Development Strategy Cause of Ecology Problems

Autor: Qetevan Kenkebashvili (MA), Alte University, Head of the Library, Georgia, Tbilisi

Phone: +995 577213571 k.kenkebashvili@alte.edu.ge

Reviewer: Leila Gverdtsiteli (PhD), Georgian Technical University. Georgia, Tbilisi.

Phone: 593745609, mananagverdtsiteli@gtu.ge

Jimsher Qerqadze (PhD), Georgian Technical University. Georgia, Tbilisi.

Phone: 599274639, jimsherqerqadze@gtu.ge

Abstract

In the face of escalating ecological challenges, universities are compelled to adapt their infrastructures and development strategies. Among these institutions, university libraries, pivotal to academic environments, assume a critical role not only in facilitating access to knowledge but also in promoting ecological awareness and sustainable development. This article elucidates a strategic blueprint for the advancement of university libraries, taking into account ecological issues. It encompasses measures aimed at diminishing the environmental footprint of library operations, augmenting accessibility to ecological resources, and drawing attention to ecological initiatives. The discourse navigates through strategies to reduce energy consumption, enhance waste management practices, and advocate for electronic resources adoption. Furthermore, it advocates for the expansion of ecological literature collections and the orchestration of events focused on environmental education. Lastly, it emphasizes the catalytic role of libraries in cultivating environmental literacy and supporting ecological endeavors within university communities. By proactively addressing ecological concerns, university libraries can transcend their traditional roles and emerge as vanguards in the pursuit of a sustainable future.

Keywords

University libraries, ecological awareness, sustainable development, environmental literacy, waste management, electronic resources, ecological initiatives.

ეკოლოგიის პრობლემური საკითხების ინტეგრირება, ინტერდისციპლინარულ საუნივერსიტეტო სასწავლო კურსებში „პროექტის მეთოდით“ სწავლების საშუალებით

ავტორი: მარინე დგებუაძე (PhD), ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი. ტელ: +995 558853388
marine_dgebuadze@iliani.edu.ge

რეცენზენტები: გიორგი მჭედლიშვილი (PhD), საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი. gmchedlishvili@gtu.ge

იზოლდა ბაზღაძე (PhD), საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი. izoldabazghadze04@gtu.ge

უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი.

საკვანძო სიტყვები: გარემოსდაცვითი განათლება, პროექტზე დაფუძნებული სწავლება, ინტერდისციპლინარული კურსები, უმაღლესი განათლება, გარემოსდაცვითი გამოწვევები, კრიტიკული აზროვნება, თანამშრომლობის უნარები.

აბსტრაქტი

გარემოსდაცვითი საკითხების ინტეგრირება უმაღლესი განათლების ინტერდისციპლინარულ კურსებში აუცილებელია თანამედროვე გარემოსდაცვითი გამოწვევების კომპლექსური და მრავალმხრივი ბუნების გადასაჭრელად. ეს ნაშრომი იკვლევს პროექტზე დაფუძნებული სწავლების (PBL) განხორციელებას, როგორც პედაგოგიურ სტრატეგიას უნივერსიტეტებში გარემოსდაცვითი განათლების ეფექტურობის გაზრდის მიზნით. ინტერდისციპლინარულ სასწავლო გეგმაში ეკოლოგიური პრობლემების ჩართვით, სტუდენტებს ეძლევათ შესაძლებლობა განავითარონ კრიტიკული აზროვნება, პრობლემების გადაჭრა და თანამშრომლობითი უნარები. კვლევა მიმოიხილავს არსებულ ლიტერატურას PBL-ზე და მის უპირატესობებზე, აანალიზებს გარემოსდაცვითი პროექტების წარმატებულ შემთხვევებს აკადემიურ გარემოში და გთავაზობთ პრაქტიკულ რეკომენდაციებს კურსის შემუშავებისთვის. დასკვნები ვარაუდობენ, რომ PBL არა მხოლოდ ზრდის სტუდენტების ჩართულობას და მოტივაციას, არამედ ხელს უწყობს გარემოსდაცვითი საკითხების ღრმა გაგებას და მათ ურთიერთკავშირს სხვადასხვა დისციპლინებთან. ეს კვლევა ხაზს უსვამს სწავლების ინოვაციური მეთოდების მნიშვნელობას სტუდენტების მომზადებაში 21-ე საუკუნის აქტუალური გარემოსდაცვითი საკითხების გადასაჭრელად.

შესავალი

ბოლო ათწლეულში განსაკუთრებით აქტუალური გახდა საქართველოში ეკოლოგიური პრობლემები, მათთან დაკავშირებული საკითხების კვლევა და საზოგადოებრივი ჩართულობა აღნიშნულ პროცესებში.

ყოველივე ეს მოითხოვს ამ საკითხების აქტიურ ჩართვას უნივერსიტეტების საგანმანათლებლო პროგრამებში, რომლების არ განსაზღვრავენ ეკოლოგიას როგორც ძირითად მიმართულებას. ამ მიზნის მიღწევის ერთ-ერთი ეფექტური გზაა საპროექტო მეთოდის გამოყენება, რომელიც საშუალებას აძლევს სტუდენტებს არა მხოლოდ თეორიული ცოდნა მიიღონ, არამედ მისი პრაქტიკაში გამოყენებაც შეძლონ. ეს სტატია ეძღვნება პროექტის მეთოდის გამოყენებით პრობლემური გარემოსდაცვითი საკითხების ინტერდისციპლინალურ კურსებში ინტეგრირების შესაძლებლობის შესწავლას.

აღნიშნულ სტატიაში შემოთავაზებული არის სტუდენტების ეკოლოგიის პრობლემების გადაჭრის კვლევაში ჩართვის კვლევის შედეგი. კვლევა განხორციელდა სამაგისტრო საფეხურის სტუდენტებთან, საგანი „კვლევის მეთოდები“-ს ფარგლებში, სასწავლო პროცესში გამოყენებული იყო სწავლების „პროექტის მეთოდი“.

ძირითადი ნაწილი

სწავლება „პროექტის მეთოდით“ ცნობილია თავისი პრაქტიკაზე ორიენტირებული მიდგომით, პროექტის მეთოდი დიდი ხანია გამოიყენება საგანმანათლებლო დაწესებულებებში მთელს მსოფლიოში. ეს მეთოდი ხელს უწყობს კრიტიკული აზროვნების, გუნდური მუშაობის უნარებისა და დამოუკიდებელი კვლევის განვითარებას. ეკოლოგიის კონტექსტში პროექტის მეთოდი სტუდენტებს საშუალებას აძლევს იკვლიოს რეალური ეკოლოგიური პრობლემების გააჭრის გზები, რაც ზრდის მათ მოტივაციას და სწავლისადმი ინტერესს.

ძირითადი გარემო საკითხები, როგორცაა კლიმატის ცვლილება, დაბინძურება და ბიომრავალფეროვნების დაკარგვა მოითხოვს ინტერდისციპლინურ მიდგომას მათ შესასწავლად. ამ პრობლემების ინტეგრირება კურსებში სხვადასხვა დისციპლინებში

საშუალებას აძლევს სტუდენტებს დაინახონ მათი რთული ბუნება და ისწავლონ გამოიყენონ ცოდნის გამოყენება სხვადასხვა სფეროდან მათ გადასაჭრელად.

სასწავლო პროცესში პროექტის მეთოდის გამოყენება ბევრ უპირატესობას იძლევა. პირველ რიგში, სტუდენტებს ეძლევათ შესაძლებლობა იმუშაონ რეალურ პროექტებზე, რაც აუმჯობესებს მათ პრაქტიკულ უნარებს. მეორეც, პროექტის მეთოდი ხელს უწყობს კვლევის უნარებისა და კრიტიკული აზროვნების განვითარებას. წარმატებული პროექტების მაგალითებია სამრეწველო ემისიების გარემოზე ზემოქმედების კვლევა, ნახშირბადის ნაკვალევის შემცირების სტრატეგიების შემუშავება და საგანმანათლებლო პროგრამების შექმნა გარემოსდაცვითი ცნობიერების ამაღლებისთვის.

ინტერდისციპლინური კურსების შემუშავება მოითხოვს დეტალურ დაგეგმვასა და კოორდინაციას სხვადასხვა დისციპლინის ფაკულტეტებს შორის. მეთოდოლოგიური რეკომენდაციები მოიცავს კურსის მიზნებისა და ამოცანების მკაფიო განსაზღვრას, საპროექტო დავალებების შემუშავებას და მათი შეფასების კრიტერიუმებს. ასევე მნიშვნელოვანია გარემოსდაცვითი საკითხების ინტეგრაციის ეფექტურობის შეფასების მეთოდების მიწოდება, როგორცაა სტუდენტების გამოკითხვა, დასრულებული პროექტების ანალიზი და პროგრესის მონიტორინგი.

აღნიშნული სალექციო კურსის საბოლოო მიზანს წარმოადგენდა კვლევითი ტიპის აკადემიური ნაშრომის შექმნა.

თითოეულმა სტუდენტს უნდა შეექმნა კვლევითი ნაშრომი მის მიერ შერჩეულ თემაზე. თემების ჩამონათვალი იყო შედგენილი საქართველოს ეკოლოგიურ პრობლემებზე დაყრდნობით, საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის სპეციალისტების დახმარებით. სემესტრის განმავლობაში შექმნილი ნაშრომი უნდა შესრულდეს პროსპექტუსის დონეზე, აგებულ იქნას კვლევის დიზაინი და შესრულებული კვლევის აღწერა. ამ სქემის მიხედვით ნათელი ხდება, რომ კურსის ფარგლებში მიღებული თეორიული ცოდნა და პრაქტიკული სამუშაო ქმნიან ლოგიკურ ჯაჭვს, და ერთმანეთს ავსებენ.

თითოეული სტუდენტის მიერ არჩეული თემის განვითარებისთვის და კვლევის ჩატარებისთვის იყო აუცილებელი დარგობრივი სპეციალისტების მიერ კონსულტაციების ჩატარება და კურირება. პროექტის დაწერისთვის სტუდენტს უწევდა

იმ აუცილებელი თეორიული მასალის მინიმუმის დამუშავება, რომელიც მას ამ კონკრეტულ შემთხვევაში სჭირდება. ეს პროცესი ასევე უვითარებდა ახალგაზრდებს მასალის გადარჩევის, მოძიების, გადახარისხების - თვისებრივი კვლევის უნარს.

კვლევაში განხილულია საბაკალავრო საფეხურის, ერთი და იმავე ფაკულტეტის 100 სტუდენტზე დაკვირვება. აქედან 50 სტუდენტი სწავლობდა საგანს მათი სურვილის მიერ არჩეული თემის ფარგლებში პროექტის შექმნის საფუძველზე, ხოლო მეორე ნახევარი ირჩევდა პროექტის თემას, ეკოლოგიის პრობლემებზე დაყრდნობით შედგენილი ჩამონათვალიდან. შედარებულია შედეგები და შეფასებები კურსის კონკრეტულ კომპონენტებში.

„თავისუფალი“ თემის არჩევის შედეგად სწავლების შედეგები. პროცენტული მონაცემები შეფასების კომპონენტების მიხედვით

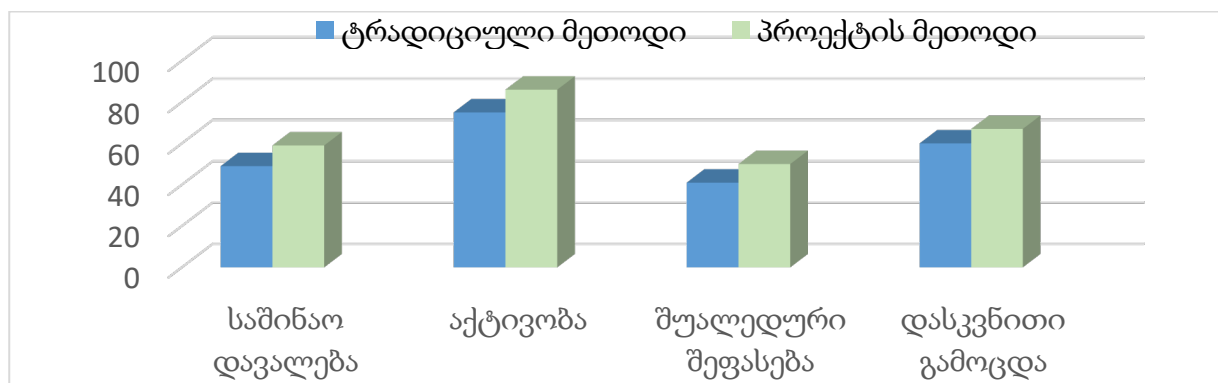
%	საშინაო დავალება	აქტივობა	შუალედური შეფასება	დასკვნითი გამოცდა
91-100	9	20	8	6
81-91	12	18	14	19
71-81	28	37	19	35
61-71	23	12	29	13
51-61	17	7	16	9
51-ზე დაბალი	11	6	14	18

ეკოლოგიურ პრობლემებზე შედგენილი თემების შეთავაზებით სწავლების შედეგები.
 პროცენტული მონაცემები შეფასების კომპონენტების მიხედვით

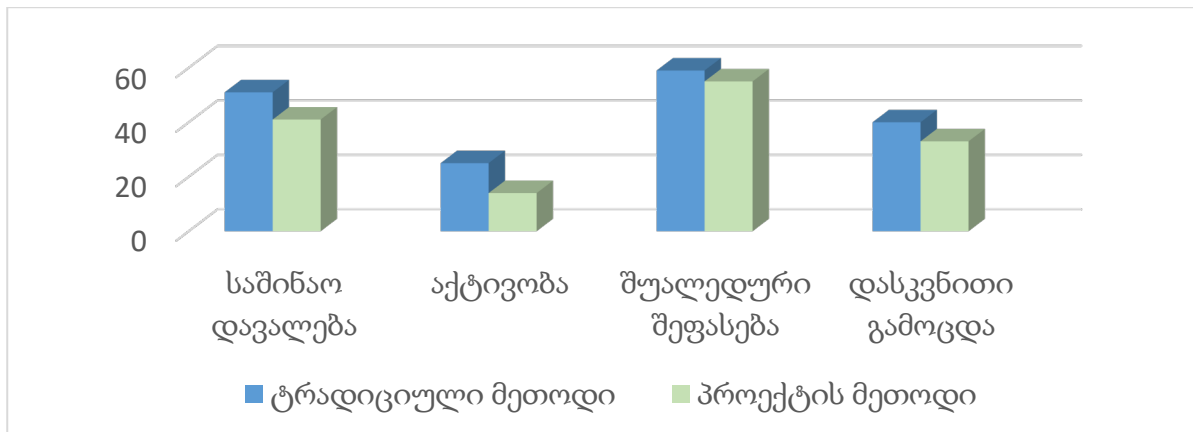
%	საშინაო დავალება	აქტივობა	შუალედური შეფასება	დასკვნითი გამოცდა
91-100	9	20	8	6
81-91	12	18	14	19
71-81	28	37	19	35
61-71	23	12	29	13
51-61	17	7	16	9
51-ზე დაბალი	11	6	14	18

სტუდენტების მეორე ნაკადში, გამოვლინდა საშინაო დავალების ფარგლებში შესრულებული შედეგებით მაღალი შეფასების შესაბამისი ნაშრომები. ასევე სტუდენტებს ქონდათ ნაკლები სირთულეები დავალების შესრულებასთან დაკავშირებით, რადგან სასემინარო საათების უმეტესი დრო, ლექტორმა დაუთმო პრაქტიკულ მუშაობას, შეცდომების განხილვას და არა თეორიული მასალის ახსნას. აუცილებლად გასათვალისწინებელია არის სტუდენტების მოტივაციის და მონდომების ფაქტორი, მათი დარგობრივ სპეციალისტებთან კონსულტაციებზე ვიზიტების სიხშირე და მარალი ინტერესი საქართველოს გარემოს დაცვის პრობლემების მიმართ.

რეიტინგული შედარება - 71% მაღალი შეფასება მიიღეს სტუდენტებმა



რეიტინგული შედარება - 71% დაბალი შეფასება მიიღეს სტუდენტებმა



დასკვნითი ნაშრომების შედარებამ გვაჩვენა, რომ შეფასების ათი კრიტერიუმიდან სტუდენტებს, რომლებსაც კურსი გავლილი ქონდათ ეკოლოგიური პრობლემების კვლევის პროექტის მეთოდის მიდგომით საშუალოზე მაღალი შეფასება მიიღეს ყველა კრიტერიუმში, ხოლო თავისუფალი თემის არჩევის მიდგომით ათვისებული მასალით სტუდენტების მხოლოდ 62% გადალახა მინიმალური ზღვარი.

დასკვნა

ჩატარებული კვლევის შედეგად დადგენილი არის, რომ საგანი „კვლევის მეთოდები“ სწავლებაში პროექტის მეთოდის მიდგომა ბევრად ეფექტური და მისაღებია სტუდენტებისთვის ეკოლოგიური პრობლემების კვლევის საკითხების ინტეგრირების შემთხვევაში. ასეთი მიდგომა სტუდენტს უზრდის მოტივაციას, ინტერესს მშობლიური ქვეყნის პრობლემების შესწავლისადმი, და ანვითარებს გარემოს დაცვის საკითხების შემეცნებას. ყოველივე ეს კიდევ ერთხელ გვამღევეს საშუალებას საუნივერსიტეტო საგნების სწავლება გავხადოთ სტუდენტებისთვის უფრო საინტერესო და შედეგზე ორიენტირებული.

ლიტერატურა

Johnson, D. W., Johnson, R. T., and Smith, K. A. (2006). "Active Learning: Cooperation in the College Classroom". *Journal of College Teaching*, 54(3), 121-135.

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). "Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning". *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369-398.

Thomas, J. W. (2000). *A Review of Research on Project-Based Learning*. San Rafael, CA: Autodesk Foundation.

Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). "Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development". *Sustainability Science*, 6(2), 203-218.

Louv, R. (2008). *Last Child in the Woods: Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder*. Chapel Hill, NC: Algonquin Books.

Archibald, D. A. (2010). *Project-Based Learning in Higher Education: Theory and Practice*. New York, NY: Routledge.

Direction: environmental protection and new technologies

Autors: Marine Dgebuadze (PhD), Ilia State University

marine_dgebuadze@iliani.edu.ge

Phone: +995 558853388

Reveiwler: Giorgi Mchedlishvili (PhD), Georgian Technical Iniversity, Georgia, Tbilisi.
gmchedlishvili@gtu.ge

Izolda Bazghadze (PhD), Georgian Technical Iniversity, Georgia, Tbilisi.

Izoldabazghadze04@gtu.ge

Keywords: Environmental education, project-based learning, interdisciplinary courses, higher education, ecological challenges, critical thinking, collaborative skills.

Abstract

The integration of environmental issues into interdisciplinary courses in higher education is essential for addressing the complex and multifaceted nature of contemporary ecological challenges. This paper explores the implementation of project-based learning (PBL) as a pedagogical strategy to enhance the effectiveness of environmental education in universities. By embedding ecological problems within interdisciplinary curricula, students are provided with opportunities to develop critical thinking, problem-solving, and collaborative skills. The study reviews existing literature on PBL and its benefits, analyzes successful case studies of environmental projects in academic settings, and offers practical recommendations for course development. The findings suggest that PBL not only increases student engagement and motivation but also fosters a deeper understanding of environmental issues and their interconnections with various disciplines. This research highlights the importance of innovative teaching methods in preparing students to address the pressing environmental issues of the 21st century.

სახიფათო სამედიცინო ნარჩენები და მათი უტილიზაციის მეთოდები

მ. ქავთარაძე, ე. შელია

მაია ქავთარაძე m.kavtaradze@gtu.ge; აკადემიური დოქტორი; ტელ.: +995 599360110;

გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის დეპარტამენტი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი

ემა შელია ema.shelia3107@gmail.com; მაგისტრანტი; ტელ.: +995 568738838,

გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის დეპარტამენტი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი

ანოტაცია

სტატიაში განხილულია სამედიცინო ნარჩენების მართვის, მათი გაუვნებელოებისა და უტილიზაციის მეთოდები, რადგანაც მისი განხორციელება თანამედროვე მიდგომებიდან გამომდინარე მნიშვნელოვანი და აუცილებლად შესასრულებელი საკითხია. გადმოცემულია სახიფათო სამედიცინო ნარჩენების და მისი განსაზღვრების რამოდენიმე დეფინიცია და სახეები, წარმოდგენილი და დასაბუთებულია სახიფათო სამედიცინო ნარჩენების მართვის როლი და დანიშნულება. მოცემულია, ასევე თითოეული ორგანიზაციისთვის გარემოსდაცვითი კუთხით სახიფათო ნარჩენის მენეჯმენტის სრულყოფის მნიშვნელობა მათი მიზანდასახული ეკოლოგიური პოლიტიკის ჩამოყალიბებისთვის, საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისად.

საკვანძო სიტყვები: სამედიცინო ნარჩენი, ნარჩენის უტილიზაცია; სახიფათო ნარჩენი

შესავალი

თანამედროვე ეტაპზე სამედიცინო ნარჩენების გადამუშავება განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს მთელს მსოფლიოში. ფართოვდება სამედიცინო დაწესებულების მიერ გამოყენებული პრეპარატების ნომენკლატურა, ნარჩენების მოცულობები და საშიშროების ხარისხი. არცთუ ისე იშვიათად მყარ საყოფაცხოვრებო და სხვა სახის ნარჩენთან ერთად ხვდება სამკურნალო- პროფილაქტიკური დაწესებულების

სამედიცინო ან/და ჯანდაცვის ნარჩენები. უკანასკნელ პერიოდში სამედიცინო ტექნოლოგიების დონის სწრაფი ცვლილებები, განსაკუთრებით კი მედიცინაში პლასტმასისა და ერთჯერადი გამოყენების ნაკეთობების წილის ზრდა, მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ჯანდაცვის ნარჩენების წარმოქმნის რაოდენობაზე, მოცულობაზე და ართულებს მათ მართვას. დადგენილია, რომ 2015 წლიდან ერთ ავადმყოფზე ჯანდაცვის ნარჩენის რაოდენობა ორჯერ გაიზარდა. ოფიციალური მონაცემების მიხედვით, მსოფლიოში ამჟამად დაგროვილია 1,8 მლრდ ტონაზე მეტი სამედიცინო ნარჩენი, რაც პლანეტის თითოეულ მოსახლეზე დაახლოებით 300 კგ შეადგენს.

ძირითადი ნაწილი

სამედიცინო ნარჩენი არის ყველა ტიპის ნარჩენი, ბიოლოგიური თუ არაბიოლოგიური, რომელიც გადაყრილია და არ არის განკუთვნილი შემდგომი გამოყენებისთვის. ჯანდაცვის ნარჩენი არის სამკურნალო-პროფილაქტიკურ დაწესებულებებში სამედიცინო მანიპულაციებისა და სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების დროს წარმოქმნილი ყველა სახის ნარჩენი, რომლებიც შეიცავენ როგორც პოტენციურად რისკიან (სახიფათო), ასევე უსაფრთხო მასალებს.

- ჯანდაცვის ნარჩენები – ეს არის ადამიანისა და ცხოველების დაავადებათა დიაგნოსტიკის, მკურნალობისა და სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების მყარი ან/და თხევადი გამოსავალი.

სამედიცინო ნარჩენები კლასიფიცირდება როგორც საშიში და არასაშიში. სამედიცინო ნარჩენების დიდი ნაწილი მიეკუთვნება მუნიციპალური ნარჩენების ტიპს და მათ „არასაშიში“ ანუ „საერთო სამედიცინო ნარჩენები“ ეწოდება. ისინი წარმოიქმნება სამედიცინო დაწესებულებებში, ძირითადად, ადმინისტრაციული და სხვადასხვა საქმიანობის დროს წარმოქმნილ ნარჩენს და შეიცავს საკვების მომზადების, გაწმენდა-დალაგების, შეკეთების, საკანცელარიო და ოფისის მომსახურების შედეგად წარმოქმნილ ნარჩენებს. მათ შორის არის: შესაფუთი მასალები, მუყაო და ქაღალდი, ყვავილები და სხვა.



სამედიცინო ნარჩენების წყაროები

სამედიცინო ნარჩენების ძირითადი წყაროებია სტაციონარული და ამბულატორიული სამედიცინო დაწესებულებები, პირველადი ჯანდაცვის დაწესებულებები, დიაგნოსტიკური ცენტრები, ხანგრძლივი მოვლის დაწესებულებები, ჰოსპისი, დიალიზის ცენტრები, გადაუდებელი სამედიცინო დახმარების ცენტრები, დამხმარე სერვისების მიმწოდებელი დაწესებულებები - სასამართლო-სამედიცინო საექსპერტო დაწესებულება, სამედიცინო-პათოლოგანატომიურ დაწესებულება, სისხლის ბანკი და სხვ.

სამედიცინო ნარჩენების ის ნაწილი, რომელიც არ მიეკუთვნება „საერთო სამედიცინო ნარჩენებს“, განიხილება, როგორც „საშიში“ და შეიძლება სხვადასხვა გარემოსდაცვით და ჯანმრთელობის რისკებს ქმნიდეს. სამედიცინო ნარჩენები, შესაძლოა, შეიცავს პოტენციურად მავნე მიკროორგანიზმებს, რომელიც აინფიცირებს არამარტო საავადმყოფოში ჰოსპიტალიზირებულ პაციენტებსა და იქ მომუშავე ჯანდაცვის მუშაკებს, არამედ საზოგადოებას, რომელიც, შესაძლოა, ნარჩენებთან სარისკო ექსპოზიციის ქვეშ აღმოჩნდეს.

სამედიცინო ნარჩენების კატეგორიები

სამედიცინო ნარჩენების კატეგორიის ზუსტი განსაზღვრა შემადგენელი აგენტების რაოდენობის და ტიპის საფუძველზე შეუძლებელია. ამიტომ, პრაქტიკულ მიდგომას წარმოადგენს ისეთი ნარჩენების გამოვლენა, რომელთანაც მოპყრობა არის პოტენციური რისკის შემცველი და საჭიროებს უსაფრთხოების ზომების დაცვას.

სამედიცინო ნარჩენები შეიძლება იყოს სახიფათო და არასახიფათო. სახიფათო ნარჩენებს შეუძლია ბიოლოგიური, ქიმიური, რადიაქტიული ან ფიზიკური ზიანი მიაყენოს ადამიანებს და გარემოს. არასახიფათო ნარჩენებს აღნიშნული ზიანის მიყენება არ შეუძლიათ, უსაფრთხოა ადამიანებისთვის და გარემოსთვის; მათი გატანა

ხორციელდება მუნიციპალური ნარჩენებთან ერთად. სახიფათო ნარჩენების კატეგორიებიდან ინფექციური დაავადებების გავრცელების საფრთხეს უპირატესად ქმნიან მიკრობიოლოგიური კულტურები და ნათესები, ხოლო ტრავმატიზმის თვალსაზრისით რისკის შემცველია ბასრი ნარჩენები. სახიფათო ნარჩენების შვიდი ძირითადი კატეგორია არსებობს:

- ინფექციური ნარჩენები: სისხლი და სისხლის პროდუქტები; სისხლით, შრატითა და პლაზმით კონტამინირებული (დაბინძურებული) ნივთები; სადიაგნოსტიკო და კვლევით ლაბორატორიებში დაბინძურებული ნივთები; მწვავე ინფექციური დაავადებებით შეპყრობილი პაციენტების იზოლატები (გამონაყოფები), მათი კვების ნარჩენების ჩათვლით; ვაქცინები; ადამიანის კონტამინირებული ნარჩენები, ლოგინის თეთრეული და სხვა მასალები;

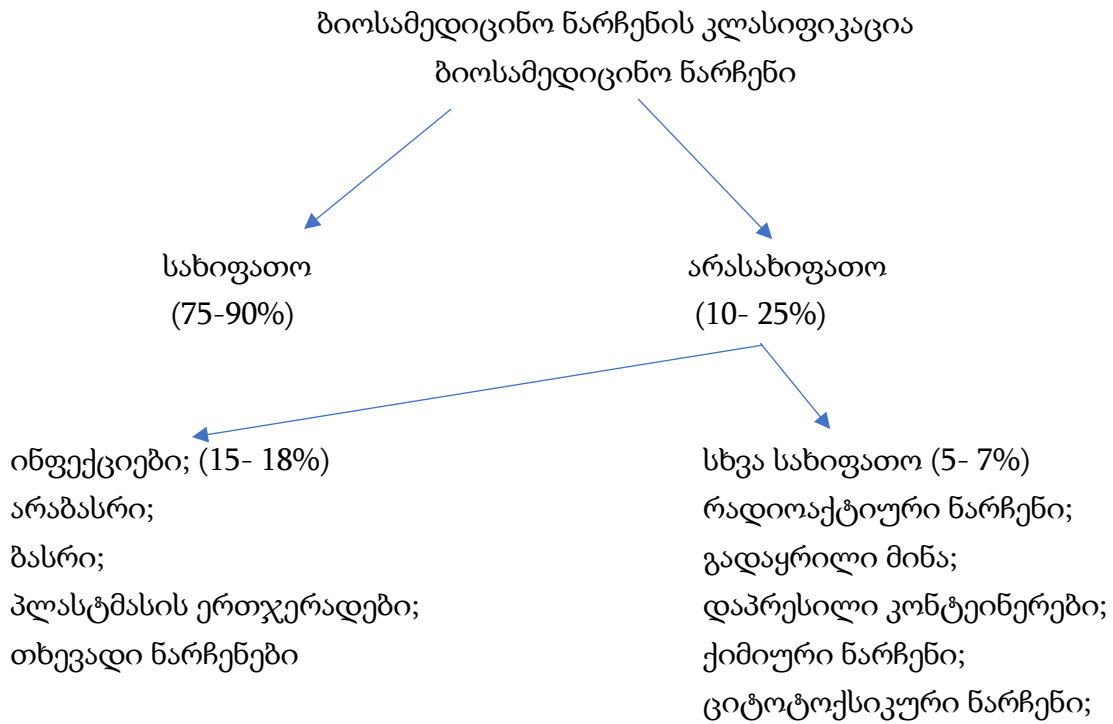
- ანატომიური ნარჩენები: ადამიანის სხეულის ნაწილები, ორგანოები, ქსოვილები, ჩანასახები და სხვა მსგავსი ქირურგიული ნარჩენები, ბიოპსიის, აუტოპსიის მასალები, ადამიანის პათოგენებით ინფიცირებული ცხოველების ჩონჩხები, ორგანოები და ქსოვილები;

- ბასრი საგნები: საოპერაციო ინსტრუმენტები, ნემსები, შპრიცები; ბასრი ინსტრუმენტები: მაკრატლები, საპარსები, სისხლის გადასხმის სისტემები, კონტამინირებული შუშის ნამსხვრევები, სისხლიანი სინჯარები და სხვა მსგავსი მასალები;

- ქიმიური ნარჩენები: მყარი, თხევადი ან/და აიროვანი ქიმიკატები: ხსნარები, რეაგენტები, ფირის გასამჟღავნებელი ნივთიერებები, ეთილენის ოქსიდი და სხვა ქიმიკატები, რომლებსაც შეიძლება ჰქონდეთ ტოქსიკური, კოროზიული, აალებადი, აქროლადი ან კანცეროგენული თვისებები;

- ფარმაცევტული ნარჩენები: ყველა სახის ვადაგასული სამკურნალო პრეპარატები, აგრეთვე ქიმიოთერაპიაში გამოყენებული ყველა სახის ნივთიერების ნარჩენები, რომლებიც შეიძლება იყოს გონადოტოქსიკური, მუტაგენური, ტერატოგენული ან კანცეროგენული მოქმედებისა;

- რადიოაქტიური ნარჩენები: ყველა სახის ნარჩენები, რომლებიც რომელიმე რადიოაქტიური იზოტოპით არის დაბინძურებული;



• ასეთი ნარჩენები შეიძლება წარმოიქმნას სახლშიც, თუ იქ პაციენტის ჯანმრთელობის დაცვაა (მაგ. ინექცია, გასახვევი მასალა და ა.შ.)

ინფექციური ნარჩენები. ინფექციური ნარჩენები ის ნარჩენები, რომლებიც შეიცავს პათოგენებს საკმარისი კონცენტრაციით ან რაოდენობით, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს დაავადებები. საშიშია მაგ. ინფექციური აგენტების კულტურა და მარაგი ლაბორატორიებიდან, ქირურგიული ნარჩენები, ინფექციური პაციენტების ნარჩენები. ამ კატეგორიის ნარჩენები არის სახიფათო და მოიცავს პათოგენური აგენტებით, სისხლით და სხვა ბიოლოგიური სითხეებით დაბინძურებულ ყველა სახის ნარჩენს, მათ შორის ტამპონებს, მარლას, ბინტს, ხელთათმანებს, ერთჯერად ხალათებს, ერთჯერად სახარჯ მასალას - სისტემა, ფილტრი, სასუნთქი კონტური, კვების ზონდი, პამპერსი და ა.შ, ბიოლოგიური სითხეების შემცველ საგნებს (მაგ. სისხლიანი სინჯარა), მიკრობიოლოგიურ კულტურებს, ნათესებს, ვაქცინებს და ა.შ.

მაღალი რისკის ინფექციური ნარჩენები. ამ კატეგორიის ნარჩენები არის სახიფათო და მოიცავს განსაკუთრებით საშიში პათოგენების შემცველ მიკრობიოლოგიურ კულტურებს, ნათესებს და ა.შ; აღნიშნული პათოგენებით გამოწვეული ინფექციური დაავადების მქონე პაციენტის მოვლის შედეგად წარმოქმნილ ყველა სახის ნარჩენს, მათ შორის საკვების ნარჩენებს, ბიოლოგიურ სითხეებს და ექსკრემენტებს, ერთჯერად საგნებს ან ინსტრუმენტს, რომელიც კონტაქტში იყო განსაკუთრებით საშიშ აგენტებთან. ბასრი ნარჩენები ამ კატეგორიის ნარჩენები არის სახიფათო და მოიცავს გამოყენებულ ან

გამოყენებელ, მაგრამ მოსაცილებელ ბასრ საგნებს, რომელთაც გააჩნიათ კანის მთლიანობის დარღვევის და კანქვეშა ქსოვილებში შეღწევის უნარი (მაგ. სკალპელი, საპარსის პირი, ნემსი, გატეხილი შუშა). პათანატომიური ნარჩენები ამ კატეგორიის ნარჩენები არის სარისკო (სახიფათო) და მოიცავს ადამიანის ქსოვილებს, ორგანოებს, გამოყენებელ სისხლს და სისხლის პროდუქტებს, პლაცენტას, ცხოველურ ნარჩენებს ვივარიუმიდან. ფარმაცევტული ნარჩენები ამ კატეგორიის ნარჩენები არის როგორც სახიფათო (გენოტოქსიური/ ციტოსტატიკური/ციტოტოქსიური), ასევე არასახიფათო (წყალ-მარილოვანი, გლუკოზის, ამინომჟავების ინტრავენული საინფუზიო ხსნარები, ვიტამინები) და მოიცავს გამოყენებული მედიკამენტების ტარას (დაცლილი ან ნარჩენი პრეპარატით), ვადაგასულ, გაუვარგისებულ მედიკამენტებს, ძლიერი ტოქსიგენობის მქონე ფარმაცევტულ ნარჩენებს (პრეპარატები, რომლებიც გამოიყენება ქიმიოთერაპიისას), ამ აგენტებით დაბინძურებულ საგნებს და სახარჯ მასალას (შპრიცი, ტამპონი, სახვევი და ა.შ). სახიფათო ფარმაცევტული ნარჩენები (ისევე, როგორც პრეპარატები) ტოქსიურია ადამიანის ორგანიზმისთვის. ინფორმაციას სამედიცინო დაწესებულებაში გამოყენებული პრეპარატების ნარჩენების სახიფათოობის შესახებ უნდა ფლობდეს ფარმაცევტი ან ფარმაცევტულ საშუალებებზე პასუხისმგებელი პირი, რომელიც თავის მხრივ პასუხისმგებელია აღნიშნული ინფორმაციის ნარჩენების მართვაზე პასუხისმგებელი პირისთვის მიწოდებაზე.

ქიმიური ნარჩენები.

ამ კატეგორიის ნარჩენები არის სახიფათო და მოიცავს მყარ, თხევად და აიროვან მდგომარეობაში მყოფ ქიმიურ საშუალებებს, რომლებსაც გააჩნია სახიფათოობის განმსაზღვრელი ერთი თვისება მაინც (მაგ. ტოქსიურობა, კოროზიულობა, ადვილადაალებადობა, ფეთქებადობა და ა. შ).

ქიმიური ნარჩენების მნიშვნელოვანი წყაროა ფორმალდეჰიდი, გამხსნელები (მაგ: ჰალოგენირებული და არაჰალოგენირებული ნაერთები), გლუტარალდეჰიდი, რენტგენის ფირების ფიქსატორი, რენტგენის ფირები, ლაბორატორიული რეაგენტები, ვადაგასული სადეზინფექციო საშუალებები, მძიმე მეტალების შემცველი საგნები/მოწყობილობები (გატეხილი თერმომეტრები, ფლურესცენციური ნათურები, ელემენტები და ა.შ), ნამუშევარი ზეთები და ა.შ.

რადიაქტიური ნარჩენები.

ამ კატეგორიის ნარჩენები არის სახიფათო და მოიცავს რადიონუკლიდებით დაბინძურებულ მასალებს, გამოუყენებელ რადიაქტიურ პრეპარატებს, იმ პაციენტების გამოწყობებს, რომლებიც მკურნალობდნენ რადიონუკლიდებით.

სამედიცინო დაწესებულებაში რადიაქტიული ნარჩენები წარმოიქმნება სხვადასხვა სადიაგნოსტიკო პროცედურებისას, ორგანოების

ვიზუალიზაციისას, სხივური თერაპიისას. ძირითადად შეიცავს რადიონუკლიდებს ხანმოკლე ნახევრადდაშლის პერიოდით, როგორც წესი

იშლება რამდენიმე საათში ან დღეში (6სთ-დან 74დღემდე, გარდა კობალტისა) და ძირითადად წარმოდგენილია შემდეგი რადიონუკლიდებით კობალტი (^{60}Co), ტექნეციუმი ($^{99\text{m}}\text{Tc}$), იოდი (^{131}I) და ირიდიუმი (^{192}Ir).

ვადაგასული მედიკამენტები და ფარმაცევტული ნარჩენები. ვადაგასულ მედიკამენტებს და ფარმაცევტულ ნარჩენებს მიეკუთნება:

- ვადაგასული სამკურნალო საშუალებები, სამკურნალო და დიაგნოსტიკური საშუალებების ნარჩენები;
- სამკურნალო საშუალებები, რომლებმაც დაკარგეს სამომხმარებლო თვისებები;
- ფარმაცევტული პროდუქციის ნარჩენები, მისი წარმოებისა და მომზადების ნარჩენები;

ვადაგასული სამკურნალო საშუალებების არასწორ უტილიზაციას შეუძლია ზიანი მიაყენოს გარემოს. სწორი უტილიზაციის ფაქტის დამადასტურებელი დოკუმენტაციის არქონისას, შესაძლოა ადმინისტრაციული პასუხისმგებლობის დაკისრება. ამიტომ, საკვები ნარჩენების გატანა/უტილიზაცია უნდა გაფორმდეს სახელმწიფოს მიერ დადგენილ მოთხოვნებთან შესაბამისობაში.

ლაბორატორულ ნარჩენები. ლაბორატორულ ნარჩენებს მიეკუთნება:

- ტუტე;
 - მჟავები
 - კონცენტრატები და სხვა ქიმიური ლაბორატორული ნარჩენი
- სამედიცინო ნარჩენების გაუვნებელყოფის თერმული მეთოდები.

თერმული განადგურება/ ინსინერაცია. ნარჩენების გადამუშავების თერმული მეთოდი (ინსინერაცია, ინგლ. incinerate – დაწვა, დაფერფლვა), ხოლო მარტივად დაწვა, არ წარმოადგენს პრობლემის ოპტიმალური გადაჭრის ხერხს. დაწვა არის ნარჩენების დამუშავების პროცესი, რომლის დროსაც ნარჩენებში შემავალი ნივთიერებები იწვება. სამრეწველო ნარჩენების დაწვის ქარხნებს საყოველთაოდ მოიხსენიებენ, როგორც "ნარჩენების ენერჯის" ქარხნებს. დაწვას და სხვა მაღალტემპერატურულ ნარჩენების დამუშავების სისტემებს ეწოდება "თერმული დამუშავება".

სანიტარული სამსახურების მოთხოვნების შესაბამისად, B და C კლასების ნარჩენები (პოტენციურად ინფიცირებული) განადგურებული უნდა იყოს სპეციალურ დანადგარებში თერმული დამუშავების, ანუ წვის გამოყენებით. ეს მეთოდი საზიანოა იმ შემთხვევებში, როდესაც ნარჩენების წვა ხდება ადგილებში, რომლებიც არ არის სპეციალურად აღჭურვილი (მაგალითად, ნაგავსაყრელზე) ან ღია ქვაბებში. ამ შემთხვევაში, დიდი რაოდენობით ტოქსიკური ნივთიერებები და მძიმე ლითონები გამოიყოფა ჰაერში და მცირე ზემოქმედებამაც შეიძლება გამოიწვიოს ჯანმრთელობის სერიოზული პრობლემები.

ეს პრობლემა მოგვარებულია ინსინერატორის გამოყენებით. პირველ რიგში, დაწვა კონტროლირებადი პროცესია. ხოლო ღუმელების კარგად გააზრებული დიზაინი საშუალებას იძლევა ნარჩენების დაწვა ადამიანზე და გარემოზე მავნე ზემოქმედების გარეშე.

ინსინერატორებს დიდი წვლილი შეაქვთ გარემოს ვერცხლისწყლით დაბინძურებაში; ისინი წარმოადგენენ წყაროს მნიშვნელოვანი რაოდენობის სხვა მძიმე ლითონების, ისეთების როგორცაა ტყვია, კადმიუმი, დარიშხანი და ქრომი, ასევე სხვა ჰალოგენშემცველი ნახშირწყალბადების, სათბურის აირების, მჟავა წვიმების, სხვადასხვა ზომის ნაწილაკების და ა.შ.. მიუხედავად ამისა, გამონატყორცნი დამაბინძურებელი ნივთიერებების დასახიათება დღემდე დამთავრებული არ არის და ბევრი უცნობი ნივთიერება იმყოფება ნაგავსაწვავი ქარხნების ატმოსფერულ გამონატყორცნებსა და ნაცარში. ნაცარი ინსინერატორებიდან უკიდურესად ტოქსიკურია, მაგრამ ძალიან ხშირად სათანადო ყურადღებას არ აქცევენ. ფილტრებისა და ნაცრის დამარხვა მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონებზე არ არის უსაფრთხო, რამდენადაც დიდია ალბათობა ტოქსინების გრუნტის წყლებში მოხვედრის, ხოლო ნაცარი უბრალოდ

განიბნევა, და ხვდება მოსახლეობასა და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებში. ევროკავშირის ნორმატივების თანახმად, დაწვის ზონის გეომეტრიამ უნდა უზრუნველყოს აირების ყოფნა ზონაში ტემპერატურით არანაკლები 850 0K არანაკლებ 2 წმ განმავლობაში, ჟანგბადის არანაკლებ 6% კონცენტრაციისას. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ძალიან მკაცრი მოთხოვნაა და მისი დაცვა მარტივი არ არის. განსაკუთრებით რთულია წვის ზონაში ჟანგბადის მაღალი შემცველობის მიღწევა.



სურ. 1 დანადგარი YOMO-01/150

დანადგარი YOMO-01/150 განკუთვნილია საშიში და განსაკუთრებით საშიში სამედიცინო ნარჩენების გაუსნებოვნებისათვის ადგილზე ან ცენტრალიზებულად. ასეთ დანადგარებში წარმოებს ბაქტერიალური და ვირუსული ინფექციის ყველა შესაძლო სახეობით დასნებოვნებული სამედიცინო ნარჩენების გაუსნებოვნება; YOMO-01/150 გაუსნებოვნებული პრესი, რომელშიც იტვირთება დანადგარი ნარჩენები, მიმდინარეობს სასაქონლო (გარეგანი) სახის შეცვლა, რაც გამორიცხავს მათი მეორადი გამოყენების შესაძლებლობას.

თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისად არსებობს მრავალი კომპანია, რომელიც აწარმოებს ტექნიკა-მანქანებს, რომლებიც სრულად ავტომატიზირებულია და ადვილად სამართავია. ქვემოთ მოყვანილია კომპანია WANROOETECH მიერ წარმოებული სტერილიზაციისა და ინსენერაციის მოწყობილობა, რომელიც ინტეგრირებულია ინფექციური ნარჩენების გასაუვნებელსაყოფად.



სურ. 2. სამედიცინო კლინიკის ფარმაცევტული ნარჩენის წვის უკვამლო ღუმელი
WANROOETECH

დემერკურიზაცია. დემერკურიზაცია არის ვერცხლისწყლის და მისი ნაერთების მოცილების პროცესი როგორც ფიზიკურ-ქიმიური, ასევე მექანიკური მეთოდით, რათა გამოირიცხოს მისი გაბნევა გარემოში . მერკური არის უაღრესად ტოქსიკური მეტალი ყველა ცოცხალი ორგანიზმისთვის.



სურ. 3. ვერცხლისწყალი

იგი მიეკუთვნება G კლასის ნარჩენებს (თერმომეტრები, რენტგენის აპარატურა, კვარცის გამწმენდი მოწყობილობების ნათურები და ა.შ.) გასატანად გამოიყენება აგრეთვე თერმული მეთოდი - დემერკურიზაცია. ვერცხლისწყლის შემცველი ელემენტები თბება 450-550 °C-მდე ვაკუუმში ან ატმოსფერულ წნევაზე. ორთქლი, რომელიც გამოიყოფა, იჭერს სპეციალური მოწყობილობებით და კონდენსირებულია. მხოლოდ ლიცენზირებულ საწარმოებს, შეუძლიათ G კლასის ნარჩენების გატანა.

პიროლიზი. პიროლიზი არის თერმული დამუშავების ალტერნატიული მეთოდი, რომლის დროსაც ნარჩენები მოთავსებულია ჟანგბადისგან თავისუფალ გარემოში, სადაც ის იშლება მაღალ ტემპერატურაზე. შედეგად, წარმოიქმნება კონცენტრირებული ორთქლი-გაზის ნარევი, რომელიც იგზავნება დაწვის შემდეგ. რჩება მშრალი და უსაფრთხო მყარი ნარჩენი (ნაცარი), ასევე ნახშირბადის მონოქსიდი და წყალი,

რომლებიც ასევე აბსოლუტურად უვნებელია. პიროლიზის გამოყენება შესაძლებელია B კლასის ნარჩენებზე ამ კლასში შედის ბიოლოგიური სითხეებით დაბინძურებული მასალები და ინსტრუმენტები, ორგანული ნარჩენები (ორგანოები, ქსოვილები) და მიკრობიოლოგიური ლაბორატორიების ნარჩენები.

პიროლიზს, ინსინერაციასთან შედარებით, აქვს მთელი რიგი უპირატესობები:

- მინიმალური ჭვარტლის ფორმირება;
- პროცესი არ გამოყოფს აგრესიულ და საშიშ ნივთიერებებს, რაც ნიშნავს, რომ ტექნოლოგია არ აბინძურებს გარემოს;
- აღჭურვილობა არ საჭიროებს დიდ ადგილს და არ საჭიროებს კაპიტალურ სტრუქტურებს.

პლაზმური სისტემა. მონაცემები პლაზმური სისტემით დანადგარების პრაქტიკული გამოყენების შესახებ ჯერ კიდევ დაკვირვების საგანია, ამ ეტაპზე ეს უფრო თეორიულად ვითარდება. ტექნოლოგიის არსი არის ნარჩენების გაცხელება ელექტრული რკალით, რომლის ტემპერატურაა დაახლოებით 6000 °C. ამ შემთხვევაში, ყველა პოტენციურად საშიში მიკრობი ნადგურდება. ნარჩენები გადაიქცევა წიდად და აალებად აირებად.

თერმოქიმიური რეკუპერატორები. თერმოქიმიური უტილიზერებით ხდება ნარჩენების დაქუცმაცება სპეციალური დანებით, შემდგომი გათბობითა და სადეზინფექციო საშუალებებით დამუშავებით. ეს მეთოდი შესაფერისია B და C კლასების ნარჩენების გასანეიტრალებლად. ასეთი დანადგარების მინუსი არის ის, რომ გამოიყოფა ტოქსიკური და ფეთქებადი აირები, რაც ნიშნავს, რომ დანადგარები აღჭურვილი უნდა იყოს მძლავრი ფილტრებითა და სავენტილაციო მოწყობილობებით. ასევე, ზოგიერთი მომხმარებელი აღნიშნავს, რომ ინსტალაცია ხმაურიანია და დანები ხშირად უნდა შეიცვალოს რაც დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული.

ორთქლის სტერილიზატორები. ჩარლზ ჩემბერლენდმა გამოიგონა პირველი ავტოკლავი ჯერ კიდევ 1876 წელს და მას შემდეგ ორთქლის სტერილიზატორები ფართოდ გამოიყენება არა მხოლოდ სამედიცინო დაწესებულებებში, არამედ სამრეწველო წარმოებაშიც. ლოგიკურია, რომ გაჩნდა იდეა ორთქლის გამოყენება საშიში სამედიცინო ნარჩენების განადგურების მიზნით.

პროცესი ორ ეტაპად მიმდინარეობს: პირველ რიგში, ნარჩენების მოთავსება ხდება ინსტალაციაში დამქუცმაცებელი ტიპის გამანადგურებლით. მეორე ეტაპზე ნარჩენების სტერილიზაცია ხდება გაჯერებული წყლის ორთქლის გამოყენებით. საბოლოო პროდუქტი არის სტერილური მასა, რომელიც შეიძლება განადგურდეს როგორც A კლასის ნარჩენები.

კომბინირებული დანადგარები. ასეთი ტიპის დანადგარები ერთდროულად იყენებენ ორ მეთოდს: ცხელი წყლის ორთქლის ზემოქმედებას და მიკროტალღური გენერატორების გამოსხივებას. ამ გზით შესაძლებელია ჰერმეტიკულად დალუქული კონტეინერების შიგთავსის სტერილიზაციაც კი. მოწყობილობა მარტივი გამოსაყენებელია და მისი კონტროლი შესაძლებელია ერთი ოპერატორის მიერ.

დასკვნა

ამგვარად, სახიფათო სამედიცინო ნარჩენის მენეჯმენტის სხვადასხვა ინსტრუმენტების და მეთოდების გამოყენება საშუალებას იძლევა ეფექტურად იმართებოდეს ეკოლოგიური პრობლემები და ხდებოდეს გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედების მინიმიზაცია. ამავე დროს საშიში სამედიცინო ნარჩენის მართვას ენიჭება დიდი როლი და შედეგად ხელშემწყობი ფაქტორია ეკონომიკური, სოციალური და ეკოლოგიური ასპექტების დასაბალანსებლად.

ლიტერატურა

1. მ. ქავთარაძე, ნ. მუმლაძე, ქ. მუმლაძე. მეორეული მასალების გადამუშავების ტექნოლოგია/ დამხმარე სახელმძღვანელო; ISBN 978-9941-28-843-2
2. C. R. Brunner, "Biomedical Waste Incineration", presented at the 80th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, New York, New York, June 21-26, 1987. p.10.
3. Locating And Estimating Air Toxic Emissions From Medical Waste Incinerators, U. S. Environmental Protection Agency, Rochester, New York, September 2001.
4. Есаян О.В. Принцип предоставления услуг по утилизации медицинских отходов в

- системе здравоохранения // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – No 4. - URL: www.science-education.ru/104-6665 (дата обращения: 29.05.2014).
5. Margaret Ann Armour, “Hazardous Laboratory Chemicals Disposal Guide”, Third Edition February 27, 2003
6. ნარჩენების მართვის კოდექსი 26/12/2014
<https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2676416?publication=15>

Hazardous medical waste and methods of disposal

M. Kavtaradze, E. Shelia

Annotation

The article deals with the methods of medical waste management, decontamination and disposal, as their implementation is an important and necessary issue based on modern approaches. Several definitions of hazardous medical waste are presented and the role and purpose of hazardous medical waste management are substantiated. For each organization there is also given the importance of improving the management of hazardous waste from an environmental viewpoint to establish its focused environmental policy in accordance with international standards.

Key words: medical waste, waste disposal, hazardous waste.

სამრეწველო საწარმოთა ეკოლოგიური უსაფრთხოების ასპექტები

როზა ხუციშვილი – პროფესორი, ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტის „სასურსათო პროდუქტების წარმოების ინჟინერიის დეპარტამენტი“, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69; მობ.: 599176733; E-mail: d.khutzishvili@gmail.com

ეთერ სადაღაშვილი – ასოც. პროფესორი, ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტის „სასურსათო პროდუქტების წარმოების ინჟინერიის დეპარტამენტი“. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69; Mobile: 599 771 155; E-mail: etosadagashvili@gmail.com

აკაკი ბოკერია - ასისტენტი, აგრარული მეცნიერებისა და ბიოსისტემების ფაკულტეტის „სურსათის ტექნოლოგიის“ დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, დ.გურამიშვილის 17; Phone: **579379669** E-mail: bokeriaakaki10@gtu.ge

ანოტაცია

სტატიაში განხილულია სამრეწველო საწარმოების ზემოქმედების სახეები ბუნებრივ გარემოზე, რაც დამოკიდებულია მოხმარებული მატერიალური და ენერგეტიკული რესურსების, საწარმოსათვის საჭირო ნედლეულის, მასალების და სხვა კომპონენტების მოპოვებასა და წარმოებაზე, საწარმოდან გამოსული აირადი და, თხევადი გამონაბოლქვის, მყარი ნარჩენებისა და ენერგეტიკული ემისიების მოცულობაზე, რომლებიც პოტენციურ საფრთხეს უქმნიან გარემოს, დაბინძურების სახეები, როგორცაა: აირადი, თხევადი და მყარი ქიმიკატები, რადიოაქტიური ნივთიერებები, მყარი ნარჩენები, ხმაური, ვიბრაცია, ბიოლოგიური, ინფორმაციული და სხვა სახის, საწარმოს ყოვლისმომცველი გარემოს დაცვითი მახასიათებლები, წარმოების ეკოლოგიური ეფექტურობის კრიტერიუმები, საწარმოს გარემოზე ზემოქმედების მინიმიზაციის მიზნით, მისი საქმიანობის დასარეგულირებლად გასათვალისწინებელი ღონისძიებები, როგორცაა ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის მონიტორინგი, ეკოლოგიურად სუფთა ტექნოლოგიებისა და პროდუქტების, საინჟინრო გარემოს დაცვის პროგრესული ღონისძიებებისა და საშუალებების შემუშავება - გამოყენება;

საკვანძო სიტყვები: საწარმო, დაბინძურება, ნარჩენები, ეკოლოგიური უსაფრთხოება, გარემოსდაცვითი მახასიათებლები

შესავალი

ამჟამად გარემოსდაცვითი პრობლემები გლობალური ხასიათისაა, ადამიანისა და სხვა არსებების. ცხოვრების ეკოლოგიური საფუძვლები საზოგადოების მატერიალური პროგრესის დაგეგმვისა და განხორციელებისას უნდა იყოს მიღებული მხედველობაში, ამიტომ, ამჟამად, თითქმის ყველა ქვეყანა, განსაკუთრებით ეკონომიკურად განვითარებული, ცდილობს ჩამოაყალიბოს თავისი გარემოსდაცვითი პოლიტიკა, დაარეგულიროს ბუნებრივი რესურსები ს დაგეგმილი გამოყენება და უზრუნველყოს ფინანსური რესურსები მათი აღდგენისთვის.

ძირითადი ნაწილი

ნებისმიერი სამრეწველო საწარმოს საქმიანობა აუცილებლად აისახება ბუნებრივ გარემოზე, რომლის ზემოქმედებაც ორი სახისაა; ზემოქმედების პირველი ტიპი დამოკიდებულია მოხმარებული მატერიალური და ენერგეტიკული რესურსების მოცულობაზე, საწარმოო საქმიანობისთვის აუცილებელი ნედლეულის, მასალების, კომპონენტების და ა.შ. მოპოვებასა და წარმოებაზე, ასევე წარმოების პროცესისთვის საჭირო ენერჯის გამომუშავებაზე; მეორე ტიპის ზემოქმედება წარმოიქმნება წარმოების პროცესში და ვლინდება ჰაერში გამავალი უარყოფითი ნაკადების სახით, როგორცაა აირისებრი და თხევადი გამონაბოლქვი, მყარი ნარჩენები და ენერგეტიკული ემისიები საწარმოებიდან, რომელიც პოტენციურ საფრთხეს უქმნის გარემოს.

ატმოსფერო, მისი მობილურობისა და მასში დამაბინძურებელი აგენტების ყველაზე სწრაფი მიგრაციის გამო, დაბინძურების მიმართ დედამიწის მთავარ ბუნებრივ გარსებს შორის. ყველაზე მგრძობიარე გარემოა; უმეტეს შემთხვევაში, ატმოსფეროს მეშვეობით ხდება დამაბინძურებელი აგენტები სხვა გეოსფეროებში; დაბინძურების მიმართ ყველაზე მგრძობიარეა ჰიდროსფერო, ყველაზე ნაკლებად მგრძობიარეა ლითოსფერო;

საწარმოს საქმიანობის ბუნებიდან გამომდინარე, ატმოსფეროში, ჰიდროსფეროსა და ლითოსფეროში შემავალი დაბინძურების თანაფარდობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება,

ზოგადად, ნებისმიერი სამრეწველო საწარმო სქემატურად შეიძლება იყოს წარმოდგენილი, როგორც სისტემა, რომელიც ასახავს საწარმოო ციკლისთვის საჭირო ენერჯის, ნედლეულისა და ბუნებრივი რესურსების (მაგალითად, წყალი, ჰაერი, მიწა, ტყის რესურსები და ა.შ.) მიწოდებისა და წარმოების პროცესების განხორციელების შედეგად მზა პროდუქციისა (მათ შორის სუბპროდუქტები) და გარემოს სხვადასხვა ხარისხით დაბინძურების სქემას;

საწარმოს ტიპის მიხედვით, დაბინძურების მთლიანობა შეიძლება იყოს:

- აირადი, თხევადი და მყარი ქიმიკატების ფართო სპექტრი;
- რადიოაქტიური ნივთიერებები;
- მყარი ნარჩენები;
- ხმაური, ვიბრაცია, ელექტრომაგნიტური ველები;
- ბიოლოგიური დაბინძურების სპექტრი;
- ინფორმაციული და სხვა სახის დაბინძურება.

საწარმოს გარემოზე ზემოქმედების მინიმიზაციის მიზნით, მისი საქმიანობის დასარეგულირებლად გასათვალისწინებელია შემდეგი ღონისძიებები:

- ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის მონიტორინგი (კონტროლი) იმ ტერიტორიაზე, სადაც მდებარეობს საწარმო და დაბინძურების დონის შედარება ფონურ და მაქსიმალურ დასაშვებ დონეებთან;

- ეკოლოგიურად სუფთა ტექნოლოგიებისა და პროდუქტების შემუშავება და გამოყენება, რომელიც მიზნად ისახავს რესურსების კონსერვაციას და სასიცოცხლო ციკლში გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების მინიმუმამდე შემცირებას;

- საინჟინრო გარემოს დაცვის პროგრესული ღონისძიებებისა და საშუალებების შემუშავება და გამოყენება;

- გარემოსდაცვითი ნორმებისა და სტანდარტების შემუშავება და გამოყენება;

- საწარმოს საქმიანობაზე ადმინისტრაციული და სამართლებრივი კონტროლის განხორციელება;

- გარემოსდაცვითი მართვისა და რეგულირების ეკონომიკური მექანიზმის დანერგვა და ა.შ.

საწარმოს ყოვლისმომცველი გარემოსდაცვითი მახასიათებლებია:

- მონაცემები გამოყენებული ტექნოლოგიების პროგრესულობის შესახებ;

- მონაცემები წარმოებული პროდუქციისა და მომსახურების გარემოსდაცვითი უსაფრთხოების შესახებ;
- მონაცემები გამოყენებული ნედლეულის, საწვავის, ენერჯისა და ბუნებრივი რესურსების შესახებ;
- დაბინძურების ემისიების მახასიათებლები;
- ინფორმაცია ემისიებისა და გამონადენის გაწმენდის, მყარი ნარჩენების გადამუშავებისა და განადგურების სისტემების შესახებ.

საწარმოს ეკოლოგიურ უსაფრთხოებაზე გავლენის ფაქტორებია:

ა) სამრეწველო საწარმოს ეკოლოგიური უსაფრთხოება ძირითადად განისაზღვრება წარმოების ტექნოლოგიური დონით. გამოყენებული ტექნოლოგიები უნდა უზრუნველყოფდეს პროდუქციის წარმოებას ნედლეულის, ენერჯისა და ბუნებრივი რესურსების მინიმალური საჭირო რაოდენობის გამოყენებით, დაბინძურების დონე არ უნდა აღემატებოდეს ნორმატიულს; დაბინძურების შემცირების ერთ-ერთი გზა არის უნარჩენო და რესურსების დამზოგავი ტექნოლოგიების გამოყენება.

ბ) საწარმოს ეკოლოგიურ უსაფრთხოებაზე გავლენის კიდევ ერთი ფაქტორია ნედლეულის, საწვავის, ენერჯისა და ბუნებრივი რესურსების (წყალი, მიწა, მინერალური და ა.შ.) გამოყენების სტრუქტურა. კერძოდ, ზოგ შემთხვევაში, ნედლეულის ან საწვავის შეცვლა იწვევს გამონაბოლქვებისა და ნარჩენების რაოდენობის კომპლექსურ ცვლილებას.

გ) მესამე ფაქტორი არის წარმოებული პროდუქციის ეკოლოგიური უსაფრთხოება - გარემოსდაცვითი დიზაინის პროექტირებისა და პროდუქციის წარმოებისას, პროდუქტის სრული სასიცოცხლო ციკლის განხორციელებისას გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების შემცირება.

თითოეული საწარმო აბინძურებს გარემოს გამონაბოლქვის, მყარი და თხევადი ნარჩენების კომპლექსით, ამიტომ საინჟინრო დაცვის საშუალებების შემუშავებისას და გარემოს მისაღები ეკოლოგიური დონის უზრუნველსაყოფად, გასათვალისწინებელია დამაბინძურებლების სპეციფიკა, რაც ყველაზე მეტად ეხება ემიტირებული ნაკადების გამწმენდი სისტემების შემუშავებას.

წარმოების ეკოლოგიური ეფექტურობის მთავარი გარე კრიტერიუმია გარემოსდაცვითი მოთხოვნების დაცვა, რაც გამოიხატება საწარმოსთვის დადგენილ მარეგულირებელ

შეზღუდვებში; სამრეწველო საწარმოს საწარმოო საქმიანობის მენეჯმენტმა უპირველეს ყოვლისა უნდა უზრუნველყოს გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების ისეთი დონე, რომელიც არ აღემატება დადგენილ დასაშვებ ზემოქმედების ზღვრებს.

ქიმიური ნივთიერებების ემისია გარემოში უნდა განხორციელდეს საწარმოების მიერ მაქსიმალური დასაშვები გამონაბოლქვისა და ნარჩენების განთავსების ლიმიტების ფარგლებში. ყოველწლიურად საწარმოს გარემოსდაცვითი ეფექტურობის გაზრდა შეიძლება მიღწეული იყოს საქმიანობის იმ ელემენტების, პროდუქტებისა და სერვისების ეფექტური შიდა მენეჯმენტით, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ გარემოზე, მათი შემცირებით მარეგულირებელ მოთხოვნებთან მიმართებაში.

„გარემოსდაცვითი ეფექტურობის შეფასება“, როგორც შიდა პროცესისა და მართვის ინსტრუმენტი, შექმნილია მენეჯმენტისთვის სანდო, გადამოწმებადი ინფორმაციის მიწოდებისთვის, რათა დადგინდეს, აკმაყოფილებს თუ არა ორგანიზაციის გარემოსდაცვითი საქმიანობა ორგანიზაციის მენეჯმენტის მიერ დადგენილ კრიტერიუმებს.

„გარემოსდაცვითი ეფექტურობის შეფასების“ ინდიკატორები იყოფა ორ კატეგორიად:

- 1) გარემოსდაცვითი საქმიანობის ინდიკატორები;
- 2) გარემოსდაცვითი მდგომარეობის მაჩვენებლები;

გარემოსდაცვითი საქმიანობის ინდიკატორები იყოფა ორ ტიპად:

- ა) „მენეჯმენტის შესრულების ინდიკატორები“ რომლებიც გვაწვდიან ინფორმაციას მენეჯმენტის მიერ გაწეული ძალისხმევის შესახებ, რათა გავლენა მოახდინოს ორგანიზაციის გარემოსდაცვით საქმიანობაზე;
- ბ) „შესრულების ინდიკატორები“ რომლებიც აწვდიან ინფორმაციას ორგანიზაციის ფუნქციონირების გარემოსდაცვითი ეფექტურობის შესახებ

„გარემოსდაცვითი ეფექტურობის შეფასების“ ინდიკატორები უნდა შეესაბამებოდეს სამრეწველო საწარმოს ადგილსა და ტიპს, მის საჭიროებებსა და პრიორიტეტებს.

„მენეჯმენტის შესრულების ინდიკატორებმა“ უნდა მიაწოდოს ინფორმაცია საწარმოს შესაძლებლობების შესახებ ისეთ მენეჯმენტში, როგორცაა გარემოსდაცვითი ტრენინგი,

გარემოს დაცვის საკანონმდებლო მოთხოვნების დაცვა, რესურსების უზრუნველყოფა და მათი ეფექტური გამოყენება, გარემოსდაცვითი მართვის ხარჯების რეგულირება, პროდუქციის განვითარება გარემოსდაცვითი უსაფრთხოების პრინციპებზე და ა.შ.

„შესრულების ინდიკატორებმა“ მენეჯმენტს უნდა მიაწოდონ ინფორმაცია ორგანიზაციის ფუნქციონირების გარემოსდაცვითი ეფექტურობის შესახებ. მისი საკონტროლო ფუნქციაა:

- შეტანილი მასალის ნაკადები (მაგ. დამუშავებული, აღდგენილი, ხელახლა გამოყენებული ან ორიგინალური ნედლეული, ბუნებრივი რესურსები), ენერჯია და მომსახურება;

- ორგანიზაციის ფუნქციონირებისთვის მარაგების უზრუნველყოფა;

- ორგანიზაციის სტრუქტურებისა და აღჭურვილობის დიზაინი, მონტაჟი, ექსპლუატაცია (მათ შორის, საგანგებო სიტუაციები და გადახრები ექსპლუატაციაში) და ტექნიკური მომსახურება;

- ორგანიზაციის ფუნქციონირების შედეგად გამოძვალნი ნაკადები: პროდუქტები (ძირითადი პროდუქტები, ნახევარფაბრიკატები, აღდგენილი და ხელახლა გამოყენებული მასალები), მომსახურება, ნარჩენები (მყარი, თხევადი, სახიფათო, არასაშიში, აღდგენადი, მეორად-გამოყენებადი), ემისიები (გამონამოლქვები ატმოსფეროში, წყალში ან მიწაში ჩაშვება, ხმაური, ვიბრაცია, სითბო, გამოსხივება, სინათლე)

გარემოსდაცვითი მდგომარეობის მაჩვენებლები გვაწვდის ინფორმაციას ადგილობრივი, რეგიონული, ეროვნული თუ გლობალური გარემო პირობების შესახებ. იგი არ ზომავს გარემოზე ზემოქმედებას, არამედ წარმოადგენს ინფორმაციას საწარმოს, მისი პროდუქტებისა და სერვისების გავლენის შესახებ გარემოს მდგომარეობაზე.

გარემოსდაცვითი მდგომარეობის მაჩვენებლები საშუალებას აძლევს საწარმოს შეასრულოს:

- მნიშვნელოვანი გარემოსდაცვითი ასპექტების იდენტიფიცირება და მართვა;

- გარემოსდაცვითი ეფექტურობის კრიტერიუმების შეფასება;

- გარემოსდაცვითი საქმიანობის ინდიკატორების არჩევანი

- გაზომვითი საფუძვლების შემუშავება;

• განხორციელებულ გარემოსდაცვით პროგრამასთან დაკავშირებით დროთა განმავლობაში გარემოს მდგომარეობის ცვლილებების დადგენა; გარემოს მდგომარეობასა და ორგანიზაციის საქმიანობას, მის პროდუქტებსა და სერვისებს შორის შესაძლო ურთიერთობის შესწავლა.

გარემოსდაცვითი მდგომარეობის მაჩვენებლების შემუშავება და გამოყენება ხშირად არის ადგილობრივი, რეგიონული, ეროვნული ან საერთაშორისო სამთავრობო უწყებების, არასამთავრობო ორგანიზაციებისა და კვლევითი ინსტიტუტების ფუნქცია და არა ცალკეული კერძო საწარმოების ფუნქცია. თუმცა, საწარმოებს, რომლებსაც შეუძლიათ თავიანთი საქმიანობისა და გარემოს ცალკეული კომპონენტების მდგომარეობას შორის კავშირის იდენტიფიცირება, შეუძლიათ აირჩიონ ან განავითარონ და დაეხმარონ გარემოსდაცვითი მუშაობის შეფასებას მათი შესაძლებლობების, ინტერესებისა და საჭიროებების შესაბამისად.

დასკვნა: განხილულია საწარმოს ყოვლისმომცველი გარემოს დაცვითი მახასიათებლები, საწარმოს მუშაობის მიერ გარემომცველი ბუნების დაბინძურების სახეები, გარემოზე ზემოქმედების დასარეგულირებლად და დასაცავად გასათვალისწინებელი ღონისძიებები, წარმოების ეკოლოგიური ეფექტურობის კრიტერიუმები;

ლიტერატურა

1. Abrams Peter A. Competition Theory in Ecology
2. Bobrenko M.A., Balzhanova A.M. A Course of Lectures on Ecology and Life Safety Basics
3. Bowman William D., Hacker Sally D., Cain Michael L. Ecology 1/2
4. Bowman William D., Hacker Sally D., Cain Michael L. Ecology 2/2

Environmental Safety Aspects of Industrial Enterprises

Roza Khutsishvili - Professor, Department of Food Production Engineering, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Technical University of Georgia, Tbilisi, Georgia, 0160. Kostava 69; Mob.: 599176733; E-mail: d.khutzishvili@gmail.com

Eter Sadaghashvili - Assoc. Professor, Department of Food Production Engineering, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy. Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, 0160 Kostava 69;

Mobile: 599 771 155; E-mail: etosadagashvili@gmail.com

Akaki Bokeria - Assistant, "Food Technology" Department, Faculty of Agricultural Science and Biosystems, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, D. Guramishvili 17; Phone: 579379669 E-mail: bokeriaakaki10@gtu.ge

რეცენზენტი: როსტომ გაფრინდაშვილი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ასოცირებული პროფესორი, r.gaprindashvili@gtu.ge

Reviewer: Rostom Gaprindashvili, Technical University of Georgia, Associate Professor, r.gaprindashvili@gtu.ge

Annotation

The article discusses the types of impact of industrial enterprises on the natural environment, which depends on the extraction and production of consumed material and energy resources, raw materials, materials and other components necessary for the enterprise, the volume of gaseous and liquid emissions, solid waste and energy emissions from the enterprise, which pose a potential threat to the environment;

The types of pollution are considered, such as: air, liquid and solid chemicals, radioactive substances, solid waste, noise, vibration, biological, informational and other types, comprehensive environmental protection characteristics of the enterprise, criteria of ecological efficiency of production, in order to minimize the impact of the enterprise on the environment, to regulate its activities Measures to be taken into account, such as monitoring the state of the natural environment, development of environmentally friendly technologies and products, progressive measures and means of engineering environment protection - use;

Key words: enterprise, pollution, waste, ecological safety, environmental characteristics;

UDC 502.131.1; 502.34; 502.15.

მდგრადი განვითარება და გარემოსდაცვითი (ეკოლოგიური) მენეჯმენტი

გიორგი მჭედლიშვილი (PhD), სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი. საქართველო, თბილისი ტელ.:+995 599960810
g.mchedlishvili@gtu.ge

შალვა ანდლულაძე (PhD), სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი. საქართველო, თბილისი ტელ.:+995 593310300;
sh.andguladze@gtu.ge;

მაია ქავთარაძე (PhD), სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის asocirebuli პროფესორი. საქართველო, თბილისი ტელ.:+995 599360110;
m.kavtaradze@gtu.ge

რეცენზენტები: დიმიტრი ერისთავი (PhD), სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი, გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის უფროსი. საქართველო, თბილისი ტელ.:+995 599561170;
d.eristavi@gtu.ge;

იზოლდა ბაზღაძე (PhD), სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი. საქართველო, თბილისი.
Izoldabzghadze04@gtu.ge

ანოტაცია

სტატიაში განხილულია ეკოლოგიურ-ეკონომიკური განვითარების თანამედროვე მოთხოვნებიდან გამომდინარე, მისი განხორციელების ერთერთი აუცილებელი და მნიშვნელოვანი პირობის – ეფექტური მდგრადი განვითარების საკითხი. გადმოცემულია მდგრადი განვითარების საწყისი მომენტები, კონცეფცია და მისი განსაზღვრების რამოდენიმე დეფინიცია.

წარმოდგენილია და დასაბუთებულია მდგრადი განვითარების სრულყოფისათვის ეკოლოგიური მენეჯმენტის ანუ გარემოს მართვის სისტემის როლი და დანიშნულება.

მოცემულია, ასევე თითოეული ორგანიზაციისთვის გარემოსდაცვითი მენეჯმენტის სრულყოფის მნიშვნელობა მათი მიზანდასახული ეკოლოგიური პოლიტიკის

ჩამოყალიბებისთვის, საერთაშორისო სტანდარტების საფუძველზე, მაგალითად, ISO 14001.

დასკვნის სახით, შეიძლება საკითხის შემდეგნაირად ჩამოყალიბება: გარემოს დაცვითი მენეჯმენტის სხვადასხვა ინსტრუმენტების და მეთოდების გამოყენება საშუალებას იძლევა ეფექტურად იმართებოდეს ეკოლოგიური პრობლემები და ხდებოდეს გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედების მინიმიზაცია. ამავე დროს, ეკოლოგიურ მენეჯმენტს ენიჭება დიდი როლი მდგრად განვითარებაში და ხელს უწყობს ეკონომიკურ, სოციალურ და ეკოლოგიური ასპექტების დაბალანსებას.

საკვანძო სიტყვები: გარემოს მენეჯმენტი, მდგრადი განვითარება, რესურსების დეგრადაცია.

შესავალი

ადამიანსა და ბუნებას შორის ურთიერთქმედების მრავალწახნაგოვანი ეკონომიკური ასპექტები შეიძლება დაყვანილი იყოს ორ მომენტამდე: პირველი – პოზიტიური – ბუნებრივი სისტემების ელემენტების კვლავწარმოება და სრულყოფა; მეორე – ნეგატიური – ბუნებრივი რესურსების დეგრადაცია და ამოწურვა, დაბინძურება და ა.შ.

თანამედროვეობაში, არსებული სიტუაციების გათვალისწინებით, აუცილებელია გამომუშავება და რეალიზაცია ეკოლოგიურ-ეკონომიკური განვითარების სტრატეგიისა, რომლის საფუძველად უნდა ჩამოყალიბდეს მათი მიღწევის მაკროეკონომიკური მიზნები და მეთოდები და ამ სტრატეგიის ღერძი უნდა გახდეს ეფექტური – მდგრადი განვითარება.

ეკონომიკური განვითარების პარადიგმის პრიორიტეტულობა, ორიენტირებული მდგრადობაზე, აღიარებული იყო ჯერ კიდევ 1992 წელს, კონფერენციაზე, რიო-დე-ჟანეიროში, სადაც დეკლარირებული იყო კაცობრიობის განვითარების პრინციპულად ახალ სტრატეგიაზე გადასვლის აუცილებლობა, რომელსაც საფუძველად უდევს მდგრადი განვითარების კონცეფცია. მხედველობაშია ისეთი განვითარება, რომელიც გარანტირებულად უზრუნველყოფს ყველა ქვეყანაში სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ძირითადი ინდიკატორების შეუმცირებლობას და ამავდროულად შექმნის

წინაპირობას ბიოსფეროს აღდგენისათვის. ამრიგად, მდგრადი განვითარების კონცეფცია გადადის ეფექტურ-მდგრად განვითარების კონცეფციაში.

ძირითადი ნაწილი

ეფექტური, მდგრადი განვითარების კონცეფცია გულისხმობს ეკონომიკური განსხვავების საგრძნობ შემცირებას განვითარებულ და განვითარებად ქვეყნებს შორის, ტექნოლოგიური პროგრესის და მოხმარების რაციონალიზაციის მიღწევების ხარჯზე.

თვითონ ტერმინის – „მდგრადი განვითარება“ (sustainable development) ფართო გამოყენება დაიწყო 1980-იანი წლების დასაწყისში, ცნობილი ავტორების (ფორესტერი, მედოუზი, რენდერსი და სხვა) მიერ სხვადასხვა გამოცემებში.

არსებობს მდგრადი განვითარების რამდენიმე განსაზღვრება, მოვიყვანოთ ზოგიერთი მათგანი: ჯერ ერთი, მდგრადი განვითარება – ეს არის წარმოების, სოციალური სფეროს, მოსახლეობის და გარემომცველი ბუნებრივი გარემოს ჰარმონული განვითარება;

მეორე – მდგრადი განვითარება არის საზოგადოების ერთობლივი კაპიტალის მართვა კაცობრიობის შესაძლებლობების შენარჩუნების და გაზრდის ინტერესებისთვის;

ასევე მდგრადი განვითარება საზოგადოების წინსვლითი განვითარების მოდელი რომლის დროსაც მიიღწევა ახლანდელი თაობის ცხოვრებისეულ მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილება ისე, რომ ასეთ შესაძლებლობები არ ჩამოერთვას მომავალ თაობებს;

მდგრადი განვითარება ეს არის საზოგადოების განვითარება, რომელიც საშუალებას იძლევა დღევანდელი თაობის მოთხოვნილებების დაკმაყოფილების, ამავდროულად ისე, რომ ზარალი არ მიადგეს მომავალი თაობებისთვის მემკვიდრეობით დატოვებულ შესაძლებლობებს მათი საკუთარი მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილების მხრივ.

დღეისათვის „მდგრადი განვითარება“ გულისხმობს ეკონომიკურ ზრდას, რომელსაც არ მოაქვს ზიანი გარემოზე და ხელს უწყობს სოციალური პრობლემების გადაწყვეტას ისე, რომ მიაღწიოს ბალანსს ეკონომიკურ, ეკოლოგიურ და სოციალურ განვითარებაში.

თანამედროვეობაში მდგრად განვითარებაზე გადასვლის პროცესში სულ უფრო იზრდება ეკოლოგიური მენეჯმენტის (გარემოს მართვის სისტემის) როლი და მნიშვნელობა. ასეთ შემთხვევაში უფრო მიზანშეწონილია ეკოლოგიური მენეჯმენტი

განხილული იყოს, როგორც ინსტრუმენტი (ბერკეტი) მდგრადი განვითარების. პირველ რიგში ეკოლოგიურმა მენეჯმენტმა ხელი უნდა შეუწყოს გარემოს მდგრადობის სტაბილიზაციას, იმის ფონზე, რომ გაიზარდოს ეკოლოგიურ-ეკონომიკური ეფექტიანობა

ბუნებათსარგებლობის მართვის ცნება, ასევე 80-იანი წლების ბოლოს გამოჩნდა. მართვა - არის სისტემის მდგომარეობის რეგულირების სამუალებათა ერთობლიობა, მისი მდგრადობის შენარჩუნების მიზნით. ბუნებათსარგებლობის მართვის შინაარსობრივი აზრი უფრო გამოიკვეთება მისი კონკრეტული ფორმების ორგანიზების და ზემოქმედების სისტემის შერჩევასა.

მართვის მიზანი – ეკოლოგიური უსაფრთხოების და მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფა და გარემო განიხილება, როგორც მართვის ობიექტი. მართვის სისტემის ხასიათი განისაზღვრება, პირველ რიგში, დასახული მიზნით და დამოკიდებულია კონკრეტული ტერიტორიის თავისებურებებზე.

გარემოს მენეჯმენტი არის სწრაფად განვითარებადი სფერო, რომელიც ეხება ყველა ადამიანს, საზოგადოებას და გადამწყვეტ როლს თამაშობს მდგრადი განვითარების ძიებაში.

გარემოს მენეჯმენტისადმი მიდგომები წლების განმავლობაში განიცდიდა ცვლილებებს. გარკვეულ პერიოდში ძირითადად იყენებდნენ ბრძანებისა და კონტროლის მიდგომას, რომლის მიხედვითაც ხდებოდა რეგულაციების მკაცრად დაცვა და რომლის მიხედვითაც ყოველი დარღვევისთვის გამოიყენებოდა ჯარიმები.

გარემოს მენეჯმენტი შეიძლება კლასიფიცირდებოდეს, როგორც მენეჯმენტი, რომელიც უბრალოდ ეხება ბუნებრივი რესურსების მართვას, როგორცაა წყლის ობიექტები და ტყეები, ხოლო ზოგი მენეჯმენტი გულისხმობს აშენებული ტერიტორიების მართვას, როგორცაა ქალაქები და ინდუსტრიული ზონები.

ბუნებრივი რესურსების მართვა მოიცავს წყალგამყოფების, ტყეების, სასოფლო-სამეურნეო მიწების, ჭაობების და სანაპირო ეკოსისტემების დაცვას.

ინდუსტრიული გარემოს მენეჯმენტი, არის ურბანული ტერიტორიების და ქალაქების მართვა. მათი მართვა განსაკუთრებით რთულია, რადგან ეს სისტემები იყენებენ უზარმაზარ რესურსებს და წარმოქმნიან ნარჩენების დიდ რაოდენობას.

გარემოსდაცვითი მენეჯმენტის საბოლოო მიზანი არის მდგრადი განვითარება, ანუ განვითარება, რომელიც ითვალისწინებს როგორც ადამიანების, ასევე გარემოს კეთილდღეობას პლანეტის გრძელვადიანი კეთილდღეობისთვის.

გარემოს მენეჯმენტი გადამწყვეტ როლს თამაშობს მდგრადი განვითარების კონტექსტში. ის გულისხმობს სისტემებისა და პრაქტიკის დანერგვას, რომელიც მინიმუმამდე ამცირებს გარემოს დეგრადაციას და უზრუნველყოფს საქმიანობის ოპტიმალურ მართვას. გარემოსდაცვითი მართვის სისტემების დანერგვით, ორგანიზაციები აჩვენებენ თავიანთ დამოკიდებულებას ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრისა და გარემოს დაცვისადმი. ეს სისტემები გვებმარება გარემოზე ზემოქმედების ფაქტორების იდენტიფიცირებაში, კვლევაში, კონტროლსა და განხილვაში, რაც საშუალებას აძლევს ორგანიზაციებს ჩამოაყალიბონ გარემოს დაცვის პოლიტიკა და ამოცანები. გარემოსდაცვითი მენეჯმენტის სტანდარტიზებული სისტემების დანერგვამ შეიძლება ხელი შეუწყოს ორგანიზაციების მდგრად განვითარებას ხარჯების შემცირებით, მოგების შექმნით და კონკურენტუნარიანობის გაზრდით.

მდგრად განვითარებაზე გავლენას ახდენს სამი ძირითადი ფაქტორი, როგორცაა გარემო, ეკონომიკური და სოციალურ-პოლიტიკური ფაქტორი. ამიტომ მდგრადი განვითარების მისაღწევად, სოციალური, ეკონომიკური და გარემოსდაცვითი მიზნები უნდა შესრულდეს. ჩვენ ვერ შევინარჩუნებთ განვითარებას გრძელვადიან პერსპექტივაში, თუ ვერ დავაბალანსებთ სოციალურ, ეკონომიკურ და გარემოსდაცვით მიზნებს.

ამრიგად, მდგრად განვითარებაზე გადასვლა და მითუმეტეს ეფექტურ მდგრად განვითარებაზე გადასვლის აუცილებლობა ეჭვს აღარ იწვევს, ალბათ შესასწავლია ის გზები, მეთოდები და საშუალებები, რომელთა გამოყენებებითაც მიიღწევა ეს უკანასკნელი და ერთერთი სწორედ გახლავთ გარემოსდაცვითი მენეჯმენტი. თითოეულ ორგანიზაციას უნდა ქონდეს არჩეული თავისი სპეციფიკიდან გამომდინარე ეკოლოგიური პოლიტიკა საერთაშორისო სტანდარტების საფუძველზე, მაგალითად, ISO 14001, მასში შემავალი ეკოლოგიური აუდიტით, ასევე გარემოსდაცვითი მონიტორინგი, არსებული წესების გათვალისწინება გარემოზე ზემოქმედების შეფასებიდან გამომდინარე, ტექნოლოგიების სრულყოფა, განსაკუთრებით ეკოლოგიური კუთხით,

ყოველივე ეს და კიდევ სხვა თანამედროვე მოთხოვნების შესრულება ხელს შეუწყობს მდგრად განვითარებას.

ეკოლოგიური მენეჯმენტის სისტემის წარმატებული ფუნქციონირების ერთ-ერთ პირობას წარმოადგენს მისი ეფექტურობის პერიოდული შემოწმება, რომლის რეალიზება ხდება ეკოლოგიური აუდიტის საშუალებით.

ეკოლოგიური აუდიტი წარმოების მოღვაწეობის სისტემატიური შეფასებაა, თუ როგორ შეესაბამება მისი საქმიანობა გარემოს ტექნოგენური უსაფრთხოების მოთხოვნებს და წარმოების ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას.

ეკოლოგიური აუდიტი იძლევა საშუალებას შეფასდეს საწარმოს ტერიტორიის და მათი ინფრასტრუქტურის უსაფრთხოების ხარისხი, საწარმოო ბუნებრივი სისტემების თვითრეგულაციის და დაბინძურების შემცირების უნარი.

მთლიანობაში ეკოლოგიური აუდიტი და ეკოლოგიური მენეჯმენტი შეიძლება განისაზღვროს, როგორც მრავალმხრივი კომპლექსური საქმიანობა მიმართული ეკოლოგიური მიზნების პროექტების და პროგრამების რეალიზაციისკენ.

დასკვნა

ამგვარად, თანამედროვეობაში წარმოებების ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტისთვის ერთ-ერთი ძირითადი საშუალება და გამოსავალი, ითვლება, რომ ეს არის ეკოლოგიური მენეჯმენტი (გარემოს მართვის სისტემა). იგი მიეკუთვნება გამოსავალ დომინანტს მდგრადი განვითარების და ამავდროულად უმაღლეს პრიორიტეტს სამრეწველო საქმიანობის და მეწარმეობის.

ლიტერატურა

1. მჭედლიშვილი გ., ჩხუბიანიშვილი ნ., ანდლულაძე შ. (2017), ბუნებათსარგებლობის ეკონომიკა და პროგნოზირება. თბილისი, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2017. 90 გვ.
2. მჭედლიშვილი გ., ჩხუბიანიშვილი ნ., ანდლულაძე შ. (2014). ეკოლოგიური აუდიტი. მისი მიზანი, ამოცანა და მნიშვნელობა. სამეცნიერო ჟურნალი ბიზნეს-ინჟინერინგი 2, 22-26.
3. ჩხუბიანიშვილი ნ., მჭედლიშვილი გ., დემეტრაძე მ. (2008). ეკოლოგია და გარემოს დაცვა. თბილისი, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2008, 85 გვ.
4. Nature management economy. Under editorship of K.V. Papenov (2008). The publishing house of Moscow University.

5. Deborah Reyes (2015). Sustainable Development: Processes, Challenges and Prospects;; Nova science publishers, Incorporated.

6. Antonis A. Zorpas (2014). Sustainability Behind Sustainability. NOVA Science Publishers, Incorporated.

Sustainable Development and Environmental (Ecological) Management

Giorgi Mchedlishvili (PhD), professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Stu. Georgia, Tbilisi Tel.: +995 599960810 g.mchedlishvili@gtu.ge

Shalva Andghuladze (PhD), professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of STU. Georgia, Tbilisi Tel.: +995 593310300; sh.andghuladze@gtu.ge;

Maya Kavtaradze (PhD), Associate Professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of STU. Georgia, Tbilisi Tel.: +995 599360110; m.kavtaradze@gtu.ge

Reviewers: Dimitri Eristavi (PhD), Professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of STU, Head of the Department of Environmental Engineering and Ecology. Georgia, Tbilisi Tel.: +995 599561170; d.eristavi@gtu.ge ;

Izolda Bazghadze (PhD), Associate Professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of STU. Georgia Tbilisi. Izoldabzghadze04@gtu.ge

Annotation

The article deals with one of the necessary and important issues of effective sustainable development based on the modern requirements of ecological-economic development.

The role and purpose of ecological management or environmental management system in perfection of sustainable development is presented and justified.

There is also emphasized the importance of perfecting environmental management for each organization to establish their targeted environmental policy, based on international standards, for example, ISO 14001.

As a conclusion it may be said: the use of various tools and methods of environmental protection management allows effectively management of environmental problems and minimization of the negative impact on the environment, which helps to balance economic, social and ecological aspects.

Keywords: environmental management, sustainable development, resource degradation.

სოციალური მედიის ძალის გამოყენება გარემოს დაცვის მიმართულებით: გზა

გლობალური მდგრადობისკენ

ბექა სხირტლაძე, ბიზნესის ადმინისტრირების მიმართულების დოქტორანტი, სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. საქართველო.თბილისი. ტელ.: +995 599 45 44 51
bekaskhirtladze04@gmail.com

რეცენზენტები: გიორგი მჭედლიშვილი, სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის ფაკულტეტის პროფესორი. საქართველო, თბილისი g.mchedlishvili@gtu.ge

ლეილა გვერდსითელი, სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის ფაკულტეტის პროფესორი. საქართველო, თბილისი l.gverdsiteli@gtu.ge

აბსტრაქტი:

ბოლო წლების განმავლობაში, სოციალური მედია პლატფორმების მრავალფეროვნებისა და მოხმარების სტატისტიკის ზრდამ, რევოლუცია მოახდინა კომუნიკაციისა და ინფორმაციის გავრცელების თვალსაზრისით, მთელს მსოფლიოში. ამავდროულად, გარემოს დეგრადაციის შესახებ შეშფოთება და მდგრადი პრაქტიკის გადაუდებელი აუცილებლობა, სულ უფრო გავრცელდა. ნაშრომი იკვლევს ამ ორი ფენომენის კვეთას, განიხილავს, თუ როგორ შეიძლება სოციალური მედიის გამოყენება, როგორც ძლიერი ინსტრუმენტი, გარემოს დაცვისა და ადვოკატირებისთვის.

ინფორმაციის მობილიზებისა და გავრცელების გზით, სოციალურ მედიას, აქვს პოტენციალი იმისა, რომ პოზიტიური ცვლილებები განახორციელო გარემოს მდგრადობის კუთხით, გლობალური მასშტაბით. საქმის შესწავლის, საუკეთესო პრაქტიკისა და გამოწვევების ანალიზით, ეს ნაშრომი გვაწვდის ინფორმაციას, გარემოს დაცვის მცდელობებისთვის, სოციალური მედიის გამოყენების შესაძლებლობებსა და შეზღუდვებზე. გარდა ამისა, განიხილავს სტრატეგიებს, სოციალური მედიის კამპანიების მაქსიმალური ეფექტურობისა და დაინტერესებულ მხარეებს შორის თანამშრომლობისთვის, აქტუალური გარემოსდაცვითი საკითხების გადასაჭრელად. საბოლოო ჯამში, ნაშრომი ხაზს უსვამს იმ გადამწყვეტ როლს, რომელიც სოციალურ მედიას შეუძლია შეასრულოს გარემოსდაცვითი ცნობიერების ხელშეწყობაში, კოლექტიური მოქმედებების ხელშეწყობაში და ტრანსფორმაციული ცვლილებების კატალიზირებაში, უფრო მდგრადი მომავლისკენ.

საკვანძო სიტყვები: გარემოს დაცვა, კომუნიკაცია, მდგრადობა, სოციალური მედია.

შესავალი:

სოციალური მედია პლატფორმების გაჩენამ, პოპულარიზაციამ და გავრცელებამ, სრულიად შეცვალა კომუნიკაციისა და კავშირის ფორმა. დროის მოკლე მონაკვეთში, მარტივად, ინდივიდები ერთმანეთს უზიარებენ ინფორმაციას და ერთვებიან გლობალურ საკითხებში, მსოფლისო თითქმის ნებისმიერი წერტილიდან. ამავდროულად, გარემოს დეგრადაციის, კლიმატის ცვლილებისა და ბიომრავალფეროვნების დაკარგვის შესახებ შეშფოთებამ, მიაღწია უპრეცედენტო დონეს, რაც, იწვევს, სასწრაფო მოწოდებებს მოქმედებისკენ, მწვავე პრობლემების გადასაჭრელად. ამ კონტექსტში, სოციალური მედიისა და გარემოს დაცვის კვეთა წარმოადგენს ძალიან კარგ შესაძლებლობას, გამოიყენო ციფრული ქსელების ძალა, გარემოზე დადებითი ზემოქმედების მოსახდენად.

ნაშრომში განხილულია მრავალმხრივი ურთიერთობა სოციალურ მედიასა და გარემოს დაცვას შორის, კონკრეტულად, თუ როგორ შეიძლება მედია პლატფორმების ეფექტურად გამოყენება, ცნობიერების ამაღლების, თემების მობილიზებისა და მდგრადი პრაქტიკის ადვოკატირებისთვის. შემთხვევის შესწავლის ანალიზით, საუკეთესო პრაქტიკის იდენტიფიცირებით და ძირითადი გამოწვევების გადაწყვეტით, ნაშრომი, მიზნად ისახავს, სოციალური მედიის პოტენციალის გარკვევას, როგორც კატალიზატორს, გლობალური მასშტაბის გარემოსდაცვითი ცვლილებებისთვის.

სოციალური მედიის გამოყენება გარემოსდაცვითი ცნობიერებისა და განათლებისთვის:

სოციალური მედიის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფუნქცია, გარემოს დაცვის სფეროში, არის ინფორმაციის გავრცელება და გარემოსდაცვითი ცნობიერების ხელშეწყობა. სხვადასხვა ფორმატის საშუალებით, მათ შორის პოსტების, ვიდეოების, ინფოგრაფიკისა და პირდაპირი სტრიმინგების საშუალებით, სოციალური მედია პლატფორმები იძლევა დინამიურ და ხელმისაწვდომ საშუალებებს, გარემოსდაცვითი საკითხების, სამეცნიერო კვლევისა და მდგრადი პრაქტიკის შესახებ, ინფორმაციის გაზიარების კუთხით, მრავალფეროვან აუდიტორიასთან.

მნიშვნელოვანია, რომ არაერთმა გარემოსდაცვითმა ორგანიზაციამ და საგანმანათლებლო დაწესებულებამ გამოიყენა სოციალური მედია რესურსების უზრუნველსაყოფად, წარმატების ისტორიების გასაზიარებლად და აუდიტორიის გასააქტიურებლად.

სოციალური მედიის წვდომისა და ვირუსულობის გამოყენებით, გარემოს დამცველებს, შეუძლიათ ეფექტურად აცნობონ სამიზნე აუდიტორიას გარემოსდაცვითი გამოწვევების აუცილებლობა, გააუქმონ დეზინფორმაცია და შთააგონონ ქმედებები სხვადასხვა აუდიტორიასთან, მათ შორის, ახალგაზრდებში, პოლიტიკის შემქმნელებსა და ფართო საზოგადოებაში. გარდა ამისა, სოციალური მედიის პლატფორმები გვთავაზობენ დიალოგისა და აზრთა გაცვლის შესაძლებლობებს, ხელს უწყობენ დისკუსიებს კომპლექსურ გარემოსდაცვით საკითხებზე, გლობალური სოლიდარობისა და საერთო პასუხისმგებლობის გრძნობაზე.

თემების მობილიზება გარემოსდაცვითი მოქმედებისთვის:

ცნობიერების ამაღლებისა და განათლების მიღმა, სოციალური მედია, გადამწყვეტ როლს თამაშობს თემების მობილიზებაში და ხელს უწყობს კოლექტიური ქმედებების განხორციელებას გარემოსდაცვითი საკითხების გარშემო. ჰემთეგების, ონლაინ პეტიციების და ციფრული კამპანიების გამოყენებით, ინდივიდებს შეუძლიათ დაუკავშირდნენ თანამოაზრეებს, მოაწყონ ღონისძიებები და მონაწილეობა მიიღონ სარეკლამო მოძრაობებში, მსოფლიოს თითქმის ნებისმიერი ადგილიდან.

ისეთი ინიციატივების წარმატება, როგორცაა #TrashTag გამოწვევა, რომელიც მოუწოდებს მონაწილეებს გაასუფთაონ ნაგვით დაბინძურებული ტერიტორია და განათავსონ ფოტოები სოციალურ მედიაში. აღნიშნული, ასახავს სოციალური მედიის პოტენციალს, მოახდინოს ინდივიდების მობილიზება გარემოს დაცვის ხელშესახებ აქტებში. ანალოგიურად, ისეთი პლატფორმები, როგორცაა Facebook, Twitter და Instagram, ხელს უწყობენ მოხალისეების ძალისხმევის კოორდინაციას, პროტესტის ორგანიზებას და პოლიტიკის ცვლილებების ადვოკატირებას ადგილობრივ, ეროვნულ და გლობალურ მასშტაბებზე.

უფრო მეტიც, სოციალური მედია საშუალებას აძლევს ინდივიდებსა და თემებს, გვერდი აუარონ ტრადიციულ ხერხებსა და ინსტიტუტებს, აძლევენ უფლებას ფართო აქტივისტებს, ძირძველ ჯგუფებს და თემებს, გაუზიარონ თავიანთი ისტორიები, გააძლიერონ ხმა და მოითხოვონ გარემოსდაცვითი სამართლიანობა. მრავალფეროვანი პერსპექტივისა და ცხოვრებისეული გამოცდილების პლატფორმის უზრუნველყოფით, სოციალური მედიას, შეუძლია წვლილი შეიტანოს უფრო ინკლუზიურ და სამართლიან გარემოსდაცვით მოძრაობებში.

გამოწვევები და შეზღუდვები:

მიუხედავად მისი პოტენციური სარგებლისა, სოციალური მედიის გამოყენება, გარემოს დაცვის მიზნით, წარმოუდგენელია გამოწვევებისა და შეზღუდვების გარეშე. დეზინფორმაციის გავრცელებამ, სოციალური მედიის პლატფორმებზე, შეიძლება შეაფერხოს ზუსტი ინფორმაციის გადაცემის მცდელობები, მრავალფეროვანი აუდიტორიის ჩართულობა და აქტიურობა.

უფრო მეტიც, მოწონებების, გაზიარებების და ჩართულობის მეტრიკებით გამოწვეული ყურადღების ეკონომია, შეიძლება გამოიწვიოს სენსაციალიზმი, დაწკაპუნება და მოკლევადიანი აზროვნება, რაც პოტენციურად ძირს უთხრის გარემოსდაცვითი საკითხების ნიუანსურ და კომპლექსურ ბუნებას. გარდა ამისა, ციფრულ კონფიდენციალურობასთან, მონაცემთა უსაფრთხოებასთან და ონლაინ შევიწროებასთან დაკავშირებით შეშფოთებამ შეიძლება შეაფერხოს ინდივიდები, განსაკუთრებით მარგინალიზებული თემებიდან, ონლაინ ეკოლოგიურ აქტივიზმში სრული მონაწილეობისგან.

გარდა ამისა, ციფრული უფსკრული, რომელიც მოიცავს უთანასწორობას ტექნოლოგიების ხელმისაწვდომობის, ინტერნეტ კავშირისა და ციფრული წიგნიერების კუთხით, წარმოადგენს ბარიერს ონლაინ გარემოსდაცვითი ადვოკატირებაში თანაბარი მონაწილეობისთვის. მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში, განსაკუთრებით სოფლად და დაბალი შემოსავლის მქონე თემებში, სანდო ინტერნეტ ინფრასტრუქტურაზე და ციფრულ მოწყობილობებზე წვდომა რჩება შეზღუდული, რაც ზღუდავს სოციალურ მედიაზე დაფუძნებული ინიციატივების წვდომას და გავლენას.

ეფექტური ჩართულობის სტრატეგიები:

ამ გამოწვევების გათვალისწინებით, აუცილებელია, გარემოსდაცვითი დამცველებისა და ორგანიზაციებისთვის, მიიღონ სტრატეგიები სოციალურ მედიაში, ეფექტური ჩართვისა და პოზიტიური ზემოქმედების პოტენციალის მაქსიმალური გაზრდისთვის. ეს მოიცავს:

1. ციფრული წიგნიერების კულტივირება: კრიტიკული აზროვნების უნარების, მედიაწიგნიერების და ციფრული მოქალაქეობის ხელშეწყობა, რათა ინდივიდებს მიეცეთ საშუალება, ნავიგაცია გაუწიონ ონლაინ ინფორმაციის ეკოსისტემებს, გაარკვიონ სანდო წყაროები და მიიღონ პასუხისმგებლობით მონაწილეობა ონლაინ დისკურსში.
2. ინკლუზიური თემების შექმნა: ინკლუზიური და მისასაღმებელი ონლაინ სივრცეების შექმნა, რომლებიც პრიორიტეტს ანიჭებენ მრავალფეროვნებას, თანასწორობასა და ინკლუზიურობას, ნაკლებად წარმოდგენილი ჯგუფების ხმის გაძლიერებას და მათი გამოცდილებისა და პერსპექტივების კონცენტრირებას გარემოსდაცვითი ადვოკატირების ძალისხმევაში.
3. თანამშრომლობა სექტორებს შორის: გარემოსდაცვით ორგანიზაციებს, ტექნიკურ კომპანიებს, სამთავრობო უწყებებს და სამოქალაქო საზოგადოების ჯგუფებს შორის პარტნიორობისა და თანამშრომლობის ხელშეწყობა, რათა გამოიყენონ კოლექტიური ექსპერტიზა, რესურსები და ქსელები უფრო ეფექტური გარემოსდაცვითი კომუნიკაციისა და მოქმედებისთვის.
4. მონაცემთა და ანალიტიკის გამოყენება: მონაცემთა ანალიტიკის, სოციალური მოსმენის ინსტრუმენტებისა და მომხმარებლის ჩართულობის მეტრიკის გამოყენება სოციალური მედიის კამპანიების გავლენის თვალყურის დევნებისთვის, განვითარებადი ტენდენციების იდენტიფიცირებისთვის და საკომუნიკაციო სტრატეგიების დახვეწისთვის სამიზნე აუდიტორიასთან უკეთესი რეზონანსისთვის.
5. ადგილობრივი ინიციატივების გაძლიერება: ფართომასშტაბიანი ინიციატივების მხარდაჭერა და გაძლიერება, სათემო პროექტები და ადგილებზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებები, რომლებიც ეხება ადგილობრივ გარემოსდაცვით გამოწვევებსა და პრიორიტეტებს, სოციალური მედიის გამოყენება, რათა დააკავშიროს ინდივიდები და თემები რესურსებთან და მხარდაჭერის ქსელებთან.

დასკვნა:

დასასრულს, სოციალური მედიის ინტეგრაცია, გარემოს დაცვის მცდელობებში, წარმოადგენს მძლავრ და პერსპექტიულ გზას, პოზიტიური ცვლილებებისა და გლობალური მდგრადობის წინსვლისთვის. სოციალური მედიის პლატფორმების წვდომის, კავშირის და მონაწილეობითი ხასიათის გამოყენებით, გარემოს დამცველებს, შეუძლიათ აამაღლონ ცნობიერება, მოახდინონ თემების მობილიზება და ადვოკატირება გაუწიონ პოლიტიკის ცვლილებებს ისე, რომ ეს ყოველივე, რამდენიმე წლის წინ, წარმოუდგენელი იყო.

თუმცა, სოციალური მედიის სრული პოტენციალის რეალიზება გარემოს დაცვისთვის, მოითხოვს ერთობლივ ძალისხმევას, ისეთი გამოწვევების გადასაჭრელად, როგორცაა: დეზინფორმაცია, ციფრული უთანასწორობა და ალგორითმული მიკერძოება, ასევე ინკლუზიური ჩართულობის, ერთობლივი ქმედებებისა და მონაცემების საფუძველზე გადაწყვეტილების მიღების სტრატეგიების მიღება.

საბოლოო ჯამში, სოციალური მედიის, როგორც გარემოსდაცვითი ცნობიერების, ადვოკატირებისა და გაძლიერების ინსტრუმენტის გამოყენებით, ჩვენ შეგვიძლია ერთობლივად ვიმუშაოთ ადამიანებისა და პლანეტის უფრო მდგრადი და გამძლე მომავლისკენ.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Briones, R. L., Kuch, B., Liu, B. F., & Jin, Y. (2011). Keeping up with the digital age: How the American Red Cross uses social media to build relationships. *Public Relations Review*, 37(1), 37-43.
2. Fischhoff, B. (2013). The sciences of science communication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(Supplement 3), 14033-14039.
3. Gonçalves, B., Perra, N., & Vespignani, A. (2011). Modeling users' activity on twitter networks: Validation of Dunbar's number. *PLoS ONE*, 6(8), e22656.
4. Hampton, K. N., & Gupta, N. (2008). Community and social interaction in the wireless city: Wi-Fi use in public and semi-public spaces. *New Media & Society*, 10(6), 831-850.
5. Hargittai, E., Fullerton, L., Menchen-Trevino, E., & Thomas, K. Y. (2010). Trust online: Young adults' evaluation of web content. *International Journal of Communication*, 4, 468-494.
6. Jang, S. M., & Hart, P. S. (2015). Polarized frames on "climate change" and "global warming" across countries and states: Evidence from Twitter big data. *Global Environmental Change*, 32, 11-17.
7. Lee, S. T., Basnyat, I., & Nocera, J. J. (2015). Understanding knowledge sharing in virtual communities: An integration of social capital and social cognitive theories. *Decision Support Systems*, 74, 12-22.

8. Marques, J., & Melo, S. (2016). Social media as a tool for dialogue between science and society: The case of climate change. *Environmental Science & Policy*, 64, 139-146.
9. Moccia, F., & Stokols, D. (2015). Social ecological determinants of public support for environmental protection: A longitudinal analysis. *Environment and Behavior*, 47(3), 257-284.
10. Polletta, F., & Jasper, J. M. (2001). Collective identity and social movements. *Annual Review of Sociology*, 27(1), 283-305.

Harnessing the Power of Social Media to Protect the Environment: A Path to Global Sustainability

Beka Skhirtladze, PhD candidate in business administration, Sukhumi State University. Georgia Tbilisi. Tel.: +995 599 45 44 51 bekaskhirtladze04@gmail.com

Reviewers: Giorgi Mchedlishvili, professor of the Faculty of Environmental Engineering and Ecology of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of STU. Georgia, Tbilisi g.mchedlishvili@gtu.ge

Leila Gvidtsiteli, professor of the Faculty of Environmental Engineering and Ecology of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of STU. Georgia, Tbilisi l.gverdsiteli@gtu.ge

Abstract:

In recent years, the rise of social media platforms has revolutionized communication and information dissemination across the globe. Concurrently, concerns about environmental degradation and the urgent need for sustainable practices have become increasingly prevalent. This paper explores the intersection of these two phenomena, examining how social media can be leveraged as a powerful tool for environmental protection and advocacy.

Through the dissemination of information, mobilization of communities, and fostering of dialogue, social media has the potential to drive positive change and advance environmental sustainability on a global scale. By analyzing case studies, best practices, and challenges, this paper provides insights into the opportunities and limitations of utilizing social media for environmental protection efforts. Additionally, it discusses strategies for maximizing the effectiveness of social media campaigns and collaborations between stakeholders to address pressing environmental issues. Ultimately, this paper underscores the crucial role that social media can play in promoting environmental awareness, facilitating collective action, and catalyzing transformative change towards a more sustainable future.

Keywords: Communication, Environmental protection, Social media, Sustainability.

გარემოს ობიექტების არსებული ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება,
ბიომრავალფეროვნება და ურბანოეკოლოგია.

Estimate of the Ecological State of environmental Facilities, Biodiversity and Urban Ecology.

UDC 504.556.546.663.6.613.

მდინარე იორის აუზის წყლისშენაკადებისეკოქიმიური კვლევა

ნინო შუშტაკაშვილი გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, ქიმიური და ბიოლოგიის ინჟინერიის დოქტორანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ.კოსტავას 69,

E-mail: nino.shushtakashvili@yahoo.com

ლეილა გვერდსითელი გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, აკ.დოქტ, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ.კოსტავას 69,

E-mail: l.gverdsiteli@gtu.ge

ალექსანდრე სურმავა გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, სტუ, ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის მონიტორინგისა და პრონგოზირები განყოფილება, ფიზ.-მათემ. მეცნ.დოქტორი, უფრ . მეცნ.თან., საქართველო, 0160 თბილისი, მ.კოსტავას 69,

E-mail: asurmava@yahoo.com

რეცენზენტები:

დიმიტრი ერისთავი, გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ.კოსტავას 69.

E-mail: d.eristavi@gtu.ge

გიორგი მჭედლიშვილი, გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ.კოსტავას 69,

E-mail: g.mchedlishvili@gtu.ge

ანოტაცია: განხილულია მდინარე იორის ძირითადი შენაკადების მდინარე საგამისა და მდინარე კუსნოს წყლების ეკოქიმიური კვლევის შედეგები. მდინარე საგამისა და მდინარე კუსნოს წყლების შეერთების შემდეგ დადგენილია მდინარე იორის ძირითადი იონებზე, სიხისტეზე და პერმანგანატული ჟანგვადობაზე მათი გავლენა.

საკვანძო სიტყვები: მდ.საგამი და მდ. კუსნო, ეკოქიმიური კვლევა.

შესავალი

საქართველოს კანონით „წყლის შესახებ“ ხორციელდება წყლის მართვის რეგულირება, რომელიც დაფუძნებულია საქართველოს კანონებზე „გარემოს დაცვის შესახებ“, „წიაღის შესახებ“, საქართველოს საერთაშორისო ხელშეკრულებებსა

და შეთანხმებებზე, სხვა ნორმატიულ აქტებზე წყლის დაცვისა და გამოყენების სფეროში. ასევე შეესაბამება ევროკავშირის წყლის ჩარჩო დირექტივის (WFD) პრინციპებსა და დებულებებს, წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის (IWRM) პრინციპებს [1-5].

საქართველოს კანონის „წყლის შესახებ“ მეოთხე მუხლის, 53-ე მუხლისა და წყლის ჩარჩო დირექტივა 2000/60/EC-ის მიხედვით მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო, საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგების სისტემისათვის გამოყენებული უნდა იყოს დაბინძურებისაგან დაცული, საქართველოს სახელმწიფო სტანდარტებით დადგენილი ნორმების შესაბამისად სუფთა, ხარისხიანი ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები [1-5].

მდ. იორის აუზის წყლის რესურსების ძირითადი მომხმარებელია მოსახლეობა, მის ფარგლებში მოქმედი ეკონომიკის ცალკეული სექტორები, ასევე ირიგაციისა

და ჰიდროელექტროსადგურების სექტორებიც.

საქართველოს კანონების „წყლის შესახებ“, „გარემოს დაცვის შესახებ“, ევროკავშირის წყლის ჩარჩო დირექტივისა და წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის მიხედვით წყალსაცავების წყლის სისუფთავის ხარისხზე და ჰიდროქიმიურ შემადგენლობაზე გავლენას ახდენს შენაკადები და მათი დამაბინძურებელი ძირითადი წყაროები. ლიტერატურული მონაცემებით მდინარე იორის შენაკადების წყლის ჰიდროქიმიური კვლევის შესახებ მონაცემები უმწირესია. ამიტომ მეტად მნიშვნელოვანი და აქტუალურია მდინარე იორის ძირითადი შენაკადების ეკოქიმიური კვლევა.

ძირითადი ნაწილი

2023 წლის ნოემბრის თვეში ჩატარებული ექსპედიციისას აღებული იქნა მდინარე იორისა და მისი შენაკადების - მდ.საგამისა და მდ. კუსნოს წყლების სინჯები ჰიდროქიმიური ანალიზის ჩასატარებლად. წყლის სინჯების აღება, დაკონსერვება, ეტიკეტირება, შენახვა და ტრანსპორტირება, აგრეთვე ლაბორატორიული ანალიზი ჩატარებულ იქნა საერთაშორისო (ISO) სტანდარტული მეთოდების შესაბამისად [6].

ცხრილი 1. მდინარე იორის შენაკადების წყლისეკოქიმიური კვლევა

№	გამოსაკვლევი ნივთი	ნორმატიული ტეს	მდ. საგამი (მდ. იორის მარცხენა შენაკადი) - სოფელ შუბრატაძე 0.5 კმ მანძილზე დაცილებით	მდ. მდგუსნო(მდ. იორისმარჯვენა კადი) - სოფ. თეთრახევის ქვევითხილთან; №4
1	2	3	4	5
1	ტემპერატურა (წყალი),გრადუსი(°C)	-	10	11
2	სუნი,ბალი	2	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)
3	გემო,ბალი	2	-	-
4	ფერი, გრადუსი	15	<15	<15
5	სიმღვრივე,FTU მგ/ლ	2.0	0.49	2.94
6	წყალბადისმაჩვენებელი, pH	6 -9	7.60	7.75
	პერმანგანატულიჟანგვადობა, მგ O ₂ /ლ	3	0.48	1.12
9	გახსნილიჟანგბადი, მგ/ლ	>4	14.2	13.9
10	ელექტრო-გამტარობა,μS/სმ	-	374	404
11.	სულფატები(SO ₄ ²⁻), მგ/ლ	250	4.0	7.6
12.	ქლორიდები (Cl ⁻), მგ/ლ	250	9.22	9.22
13.	სიხისტე, მგ-ეკვ/ლ	7	4.51	4.01
14.	ჰიდროკარბონატები, მგ/ლ	-	263.5	229.4
15.	კარბონატები, მგ/ლ	-	< 0.5	< 0.5
16.	კალციუმი (Ca), მგ/ლ	140	82.16	68.14
17.	მაგნიუმი (Mg) , მგ/ლ	85	4.76	7.30
	ცხრილი 1. გაგრძელება			
1	2	3	4	5

18.	ნატრიუმი (Na), მგ/ლ,	200	3.08	4.84
19.	კალიუმი, მგ/ლ	-	0.66	0.88
20	საერთო მინერალიზაცია	1000 (1500)	368.8	327.3
20.	ამონიუმი, მგ/ლ	-	<0.1	<0.1
21.	ნიტრატები(NO ₃ ⁻), მგ/ლ	50	1.3	<0.5
22.	ნიტრიტები(NO ₂ ⁻), მგ/ლ	0.2	<0.02	<0.02
23.	ფოსფატები, მგ/ლ	3.5	<0.2	<0.2
24.	დარიზხანი (As, ჯამური) მგ/ლ	0.01	<0.005	<0.005
26.	კადმიუმი (Cd, ჯამური) მგ/ლ	0.003	0.001	<0.001
27.	მანგანუმი (Mn, ჯამური)	0.4	<0.02	<0.02
28.	სპილენძი (Cu, ჯამური), მგ/ლ	2.0	<0.003	<0.003
29.	ტყვია (Pb, ჯამური), მგ/ლ	0.01	<0.01	0.01
30.	თუთია (Zn, ჯამური) მგ/ლ	3.0	<0.003	<0.003
31.	რკინა (Fe, ჯამური), მგ/ლ	0.3	<0.02	1.54

პირველცხრილში წარმოდგენილია ჩვენს მიერ ჩატარებული მდინარე იორის შენაკადების მდინარე საგამისა და მდინარე კუსნოს წყლების ქიმიური ანალიზის შედეგები. 1 ცხრილის მონაცემების მიხედვით მდინარე საგამის წყლის pH = 7,60, ხოლო მდინარე კუსნოს წყლის pH=7.75. მათი შეერთების შემდეგ მდინარე იორის pH-ის მნიშვნელობა იცვლება და შეესაბამება მდინარის წყლისათვის დასაშვებ ზღვრებს (6.5 – 8.5) [7-11].

მდინარე საგამის წყლის სიხისტე შეადგენს 4.51 მგ-ექვ/ლ (სინჯი 2), რაც წყლის კლასიფიკაციის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით შეესაბამება საშუალოდ ხისტს (4 – 8 მგ-ექვ/ლ). კალციუმისა და მაგნიუმის კონცენტრაცია, შესაბამისად , ტოლია 82.16 მგ/ლ და 4,76 მგ/ლ. მდინარე საგამის შეერთების შემდეგ მდინარე იორის სიხისტე იზრდება საშუალოდ სიხისტის მნიშვნელობამდე (4,41 მგ-ექვ/ლ-მდე), რასაც განაპირობებს მხოლოდ კალციუმის კონცენტრაციის გაზრდილი მნიშვნელობა 74.15 მგ/ლ-მდე.

მდინარე კუსნოს წყლის სიხისტე შეადგენს 4.01 მგ-ექვ/ლ, კალციუმის კონცენტრაცია არის 68.14 მგ/ლ, ხოლო მაგნიუმის კონცენტრაცია კი - 7.30 მგ/ლ (სინჯი 4; ცხრილი 1). მდინარე კუსნოს შეერთების შემდეგ მდინარე იორის წყლის სიხისტე კლებულობს და შეესაბამება წყლის კლასიფიკაციის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით რბილს (2.80 მგ-ექვ/ლ), რაც განპირობებულია ასევე კალციუმისა და მაგნიუმის შემცირებული კონცენტრაციის მნიშვნელობით, ასევე შესაძლებელია განპირობებული იყოს მდინარე იორთან მცირე შენაკადების შეერთების ზეგავლენითაც [7-11].

მდ. საგამის წყალში ჰიდროკარბონატ - იონების შემცველობაა 263.5 მგ/ლ (წყლის სინჯი 2), რომლის ზეგავლენითაც მდინარე საგამის შეერთების შემდეგ მდინარე იორის წყალში ჰიდროკარბონატ - იონების შემცველობა იზრდება 256.2 მგ/ლ -მდე. ხოლო მდ.იორის მარჯვენა შენაკადის მდ. კუსნოს წყალში ჰიდროკარბონატ - იონების შემცველობა კი შეადგენს 229.4 მგ/ლ (წყლის სინჯი 4, ცხრილი 1); მისი შეერთების შემდეგ კი მდ. იორის წყალში ჰიდროკარბონატ - იონების კონცენტრაციის მნიშვნელობა მცირდება 158.6 მგ/ლ-მდე, რომელიც შესაძლებელია ასევე გამოწვეული იყოს მცირე შენაკადების შეერთებითაც.

მდინარე საგამისა და მდინარე კუსნოს წყლებში ქლორიდების კონცენტრაციათა მნიშვნელობებია 9.22 მგ/ლ, ხოლო სულფატების შემცველობა საკმარისად დაბალია და შესაბამისად შეადგენს 4.0 მგ/ლ და 7.6 მგ/ლ (სინჯი 2,4; ცხრილი 1).

მდინარე საგამისა და კუსნოს წყალი შესაძლებელია მივაკუთვნოთ ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან წყალს [7-11].

მდინარე საგამისა და მდინარე კუსნოს წყლების სინჯის პერმანგანატული დაჟანგულობა (შესაბამისად, 0.48 მგ_{O₂}/ლ და 1.12 მგ_{O₂}/ლ; ცხრილი 1) დასაშვები ნორმების სიდიდის მიხედვით (3 მგ_{O₂}/ლ) მიეკუთვნება სუფთას.

მდინარე საგამისა და კუსნოს წყლები მინერალიზაციის მიხედვით (შესაბამისად, 368.8 მგ/ლ და 327.3 მგ/ლ; ცხრილი 1) მიეკუთვნება საშუალოდ მინერალიზებულს (200 – 500 მგ/ლ), რომელსაც შეესაბამება მდინარე საგამისა და კუსნოს წყლების კუთრი ელექტროგამტარობის მნიშვნელობებიც, შესაბამისად, 374 μ S/სმ და 347 μ S/სმ. მდინარე საგამისა და კუსნოს შეერთების შემდეგ მდინარე იორის მინერალიზაცია არ იცვლება და მიეკუთვნება საშუალოდ მინერალიზებულს (200 – 500 მგ/ლ) [7-11].

მდინარე საგამისა და კუსნოს წყლების ეკოქიმიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე ბიოგენურ კომპონენტთა და მძიმე მეტალთა კონცენტრაციები არ აღემატება მათ ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს.

დასკვნა

მდინარე საგამის შეერთების შემდეგ მდინარე იორის სიხისტე იზრდება საშუალოდ სიხისტის მნიშვნელობამდე (4,41), ხოლო მდინარე კუსნოს შეერთების შემდეგ კი მდინარე იორის წყლის სიხისტე კლებულობს და შეესაბამება წყლის კლასიფიკაციის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით რბილს (2.80 მგ-ექვ/ლ), რაც შესაძლებელია განპირობებული იყოს კალციუმისა და მაგნიუმის კონცენტრაციის მნიშვნელობებით. მდინარე საგამის შეერთების შემდეგ მდინარე იორის წყალში ჰიდროკარბონატ - იონების შემცველობა იზრდება 256.2 მგ/ლ -მდე. ხოლო მდ.იორის მარჯვენა შენაკადის მდ. კუსნოს შეერთების შემდეგ მდ. იორის წყალში ჰიდროკარბონატ - იონების კონცენტრაციის მნიშვნელობა მცირდება 158.6 მგ/ლ-მდე, რომელიც შესაძლებელია ასევე გამოწვეული იყოს მცირე შენაკადების შეერთებითაც. მდინარე საგამისა და კუსნოს წყალი და მათი შეერთების შემდეგ

მდინარე იორის წყალიც შესაძლებელია მივაკუთვნოთ ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიან წყლებს, ხოლო პერმანგანატული დაჟანგულობის ნიხედვით კომიეკუთვნება სუფთას.

მდ. საგამისა და მდ. კუსნოს შეერთების შემდეგ მდინარე იორის მინერალიზაცია არ იცვლება და მიეკუთვნება საშუალოდ მინერალიზებულს. მდ. საგამისა და მდ. კუსნოს წყლები მდინარე იორის წყლის ბიოგენურ კომპონენტთა და მძიმე მეტალთა შემადგენლობაზე გავლენას არ ახდენენ.

ლიტერატურა

1. საქართველოს კანონი წყლის შესახებ, 1997; კონსოლიდირებული ვერსია (საბოლოო) 30/06/2023.
2. საქართველოს კანონი “გარემოსდაცვის შესახებ”. 1997; კონსოლიდირებული ვერსია 02/03/2021.
3. საქართველოს კანონი წიაღის შესახებ შესახებ, 1996წ.; კონსოლიდირებული

ვერსია 16/012/2021.

4. წყლის ჩარჩო დირექტივა (20006 DEC). თარგმანი ინგლისურიდან.

5. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) (Text with EEA relevance). Document 32020L2184. ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>;

[EUR-Lexhttps://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020](https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020)

6. წყლის სინჯის აღების სანიტარული წესების ტექნიკური რეგლამენტი. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №26; 2014 წლის 3 იანვარი ქ. თბილისი

7. ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების შესახებ, საქართველოს მთავრობის დადგენილება N425, 2013 წლის 31 დეკემბერი, ქ. თბილისი. კონსოლიდირებული ვერსია 10/01/2014.

<https://www.eiec.gov.ge/Documents/DownloadPDF>

8. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Москва: 2000, 839 с.

9. Гусер П.В., Макаров С.Б., Хачатуров А.Е., Хомулева М.Б., Цевелев В.Н., Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Эколайн, 2000, с. 154 Справочник материалы.

10. საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანება N 297/ნ „გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების დამტკიცების შესახებ“ 2001 წლის 16 აგვისტო - კონსოლიდირებული ვერსია.

11. სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი; საქართველოს მთავრობის დადგენილება №58; 2014 წლის 15 იანვარი, ქ. თბილისი;

UDK 504.556.546.663.6.613.7

Ecochemical research of water tributaries of the Iori river basin

Nino Shustakashvili, Department of Environmental Engineering and Ecology, PhD student in chemical and biological engineering, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostava 69. -mail: nino.shushtakashvili@yahoo.com

Leila Gverdtsiteli, Department of Environmental Engineering and Ecology, Technical University of Georgia, Professor. Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostavas 69.

E-mail: l.gverdtsiteli@gtu.ge

Alexander Surmava, Department of Environmental Engineering and Ecology, GTU, Hydrometeorological Institute, Monitoring and Prognostication Department, Doctor of Physics and Mathematics, Senior Research Fellow. Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostavas 69.

E-mail: asurmava@yahoo.com

Reviewers:

Dimitri Eristavi, Head of the Environmental Engineering and Ecology Department, Professor, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostava 69.
E-mail:d.eristavi@gtu.ge

Giorgi Mchedlishvili, Environmental Engineering and Ecology Department, Professor, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostavas 69.
E-mail:g_mchedlishvili@gtu.ge

Summary

The results of the Eco chemical research of the waters of Sagami River and Kusno River, the main tributaries of Iori River, are discussed. After the joining of Sagami River and Kusno River waters, their influence on the main ions, hardness and permanganate oxidation of the Iori River is established.

Key words: River Sagami and River Kusno, Ecochemical Research.

ლიტერატურა

1. საქართველოს კანონი წყლის შესახებ, 1997; კონსოლიდირებული ვერსია (საბოლოო) 30/06/2023.
2. საქართველოს კანონი “გარემოსდაცვის შესახებ”. 1997; კონსოლიდირებული ვერსია 02/03/2021.
3. საქართველოს კანონი წიაღის შესახებ შესახებ, 1996წ.; კონსოლიდირებული ვერსია 16/012/2021.
4. საქართველოს კანონი ცხოველთა სამყაროს შესახებ, 1996წ.; კონსოლიდირებული ვერსია 29/06/2023.
5. საქართველოს კანონი დაცული ტერიტორიების სისტემის შესახებ, 1996წ.; კონსოლიდირებული ვერსია 26/04/2022/.
6. ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების შესახებ, საქართველოს მთავრობის დადგენილება N425, 2013 წლის 31 დეკემბერი, ქ.თბილისი. კონსოლიდირებული ვერსია 10/01/2014.
7. Руководящие принципы мониторинга и оценки трансграничных рек. Рабочая группа Европейской экономической комиссии ООН по мониторингу и оценке. 2001 г.

8. წყლის ჩარჩო დირექტივა (20006 DEC). თარგმანი ინგლისურიდან.

[https://www.eiec.gov.ge > Documents > DownloadPDF](https://www.eiec.gov.ge/Documents/DownloadPDF)

9. Супаташвили Г.Д.. Гидрохимия Грузии (пресные воды). Тбилиси: Издательство Тбилиского Университета, 2003, 399 с.

10. გარემოს ეროვნული სააგენტო; საქართველოს ტერიტორიაზე ზედაპირული წყლების დაბინძურების წელიწადეული 2013 – 2023; <http://nea.gov.ge>

11. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Москва: 2000, 839 с.

12. წყლის სინჯის აღების სანიტარული წესების ტექნიკური რეგლამენტი.

საქართველოს მთავრობის დადგენილება №26; 2014 წლის 3 იანვარი ქ. თბილისი

13. Гусер П.В., Макаров С.Б., Хачатуров А.Е., Хомулева М.Б., Цевелев В.Н., Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Эколайн, 2000, с. 154 Справочник материалы.

14. საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანება N 297/ნ „გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების დამტკიცების შესახებ“ 2001 წლის 16 აგვისტო - კონსოლიდირებული ვერსია.

15. სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი; საქართველოს მთავრობის დადგენილება №58; 2014 წლის 15 იანვარი, ქ. თბილისი;

16. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) (Text with EEA

relevance). Document 32020L2184. ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>;
[EUR-Lex https://eur-lex.europa.eu > eli > dir > 2020](https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020)

1. Law of Georgia on Water, 1997; Consolidated version
(Final) 30/06/2023.

2. Law of Georgia "On Environmental Protection". 1997; consolidated
Version 02/03/2021.

3. Law of Georgia on mineral resources, 1996; consolidated
Version 16/012/2021.

4. Law of Georgia on Animal World, 1996; Consolidated version 29/06/2023.

5. Law of Georgia on Protected Areas System, 1996; Consolidated version 26/04/2022/.

6. On the approval of the technical regulation of surface water pollution protection,
Resolution N425 of the Government of Georgia, December 31, 2013, Tbilisi. Consolidated
version 10/01/2014.

7. Guidelines for monitoring and assessment of transboundary rivers. UNECE Working Group
on Monitoring and Evaluation. 2001

8. Water Framework Directive (20006 DEC). Translation from English.

9. Supatashvili G.D. Hydrochemistry of Georgia (fresh waters). Tbilisi: Tbilisi University Publishing House, 2003, 399 p.
10. National Environment Agency; Yearbook of surface water pollution in the territory of Georgia 2013-2023;<http://nea.gov.ge>
11. Fomin G.S. Water. Control of chemical, bacterial and radiation safety according to international standards. Moscow: 2000, 839 p.
12. Technical regulation of sanitary rules for water sampling. Resolution of the Government of Georgia No. 26; January 3, 2014 Tbilisi
13. Guser P.V., Makarov S.B., Khachaturov A.E., Khomuleva M.B., Tsevelev V.N., Hydrochemical indicators of the state of the environment. Ecolain, 2000, p. 154
Directory of materials.
14. Order of the Minister of Labor, Health and Social Protection of Georgia No. 297/N "On Approval of Environmental Quality Standards" August 16, 2001 - consolidated version.
15. Technical regulation of drinking water; Resolution of the Government of Georgia No. 58; January 15, 2014, St. Tbilisi;
16. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) (Text with EEA relevance).

Document 32020L2184.ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>;
[EUR-Lex](https://eur-lex.europa.eu)<https://eur-lex.europa.eu> > eli > dir > 2020

UDK 504.556.546.663.6.613.7

[SCOPUS CODR 2300,2304,2312 https://techinformi.ge](https://techinformi.ge) > new > klasifikators > SC...

Ecochemical study of the water of the Iori river basin

Nino Shustakashvili, Department of Environmental Engineering and Ecology, PhD student in chemical and biological engineering, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostava 69. -mail:nino.shustakashvili@yahoo.com

Leila Gverdtsiteli, Department of Environmental Engineering and Ecology, Technical University of Georgia, Professor. Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostavas 69.

E-mail:l.gverdtsiteli@gtu.ge

Alexander Surmava, Department of Environmental Engineering and Ecology, GTY, Hydrometeorological Institute, Monitoring and Prognostication Department, Doctor of Physics and Mathematics, Senior Research Fellow. Georgia, 0160, Tbilisi, M.Kostavas 69.

E-mail:asurmava@yahoo.com

Reviewers:

Dimitri Eristavi, Head of the Environmental Engineering and Ecology Department, Professor, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostava 69.
E-mail:d.eristavi@gtu.ge

Giorgi Mchedlishvili, Environmental Engineering and Ecology Department, Professor, Technical University of Georgia, Georgia, 0160, Tbilisi, M. Kostavas 69.
E-mail:g_mchedlishvili@gtu.ge

Summary

The results of the ecochemical research of the waters of Sagami River and Kusno River, the main tributaries of Iori River, are discussed. After the confluence of Sagami River and Kusno River waters, their influence on the main ions, hardness and permanganate oxidation of the Iori River has been determined.

Key words: River Sagami and River Kusno, Ecochemical Research.

ცხრილი 1.მდინარეიორისაუზის წყლის ეკოქიმიურიკვლევა

№	ბამოსაკვლევიმჩვენებელი	წორმატეარაუმეტეს	მდ.იორი სოფ.ლიზოს დასაწყისთან, №1	მდ.საგამის მდ.იორთან შეერთების შემდეგ - სოფ.ქუბეტამდე, №3	მდ.კუსნოს მდ.იორთან შეერთების შემდეგ - სიონის წყალსაცავი №5	მდ.იორი - სიონის წყალსაცავსა და სოფ.ორხეცს შორის; №6
1	2	3	4	5	6	7
ორგანოლექტიკურიმჩვენებლები						
1	ტემპერატურა (წყალი),გრადუსი	-	8	10	15	13
2	სუნი,ბალი	2	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)
3	გემო,ბალი	2	-	-	-	-
4	ფერი, გრადუსი	15	24	20	21	19
5	სიმღვრივე, მგ/ლ	2	1.1	2.27	4.72	4.94
ზოგადი მჩვენებლები						
6	წყალბადისმჩვენებელი, pH	6-9	7.90	7.40	7.85	7.90
7	პერმანგანა-ტულიჟანგვადობა, მგ O ₂ /ლ	3	0.48	1.36	1.92	1.28
8	გახსნილიჟანგბადი, მგ/ლ	>4	14.1	14.2	13.9	15.9

9	ელექტრო-გამტარობა, μS/სმ	-	265.0	404.0	255.0	238.0
ძირითადი იონები						
10	სულფატები(SO ₄ ²⁻), მგ/ლ	250	10.4	9.6	8.0	9/6
11	ქლორიდები (Cl ⁻), მგ/ლ	250	8.51	9.93	8.51	7.09
12	სიხისტე, მგ-ეკვ/ლ	7	3.21	4.41	2.80	2.81
13	ჰიდროკარბონატები, მგ/ლ	-	175.7	256.2	158.6	158.6
14.	კარბონატები, მგ/ლ	-	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
15	კალციუმი (Ca), მგ/ლ	140	50.1	74.15	46.1	44.1
16	მაგნიუმი (Mg) , მგ/ლ	85	8.51	8.51	6.06	7.30
17	ნატრიუმი (Na), მგ/ლ,	200	3.52	4.84	3.52	3.63
18	კალიუმი, მგ/ლ	-	0.56	1.27	0.77	0.72
19.	საერთო მინერალიზაცია, მგ/ლ	1000	257.3	368.6	231.6	231.0

ცხრილი 2. გაგრძელება

1	2	3	4	5	6	7
ბიოგენური კომპონენტები						
20.	ამონიუმი, მგ/ლ	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
21.	ნიტრატები(NO ₃ ⁻), მგ/ლ	50	<0.5	4.0	<0.5	<0.5
22.	ნიტრიტები(NO ₂ ⁻), მგ/ლ	0.2	<0.02	0.13	<0.02	<0.02
23.	ფოსფატები, მგ/ლ	3.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
მიკროელემენტები						
24.	დარიშხანი (As, ჯამური) მგ/ლ	0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
25.	კადმიუმი (Cd, ჯამური) მგ/ლ	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
26.	მანგანუმი (Mn, ჯამური)	0.4	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
27.	სპილენძი (Cu, ჯამური), მგ/ლ	2	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
28.	ტყვია (Pb, ჯამური), მგ/ლ	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
29.	თუთია (Zn, ჯამური) მგ/ლ	3	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
30.	რკინა (Fe, ჯამური), მგ/ლ	0.3	<0.02	0.65	0.05	0.07

ცხრილი 2.მდინარეიორისაუზის წყლის ეკოქიმიურიკვლევა

№	გამოსაკვლევიმაჩვენებელი	ნორმატივიარაუმეტეს	მდ.იორი - სოფ. ხაშმის ქვის სატეხ საწარმოსთან; №7	მდ.იორი-სართიქალიდან კახეთისაკენ მიმავალი გზის ხიდთან; №8	მდ.იორი - საგარეჯოდან 1 კმ მანძილის დაცილებით ქვის სატეხ საწარმოსთან;№9	მდ.იორი - ქ.თბილისის წყალსაცავთან შეერთებამდე; №10
1	2	3	4	5	6	7
ორგანოლექტიკურიმაჩვენებლები						
1	ტემპერატურა (წყალი),გრადუსი	-	14	12	11	13
2	სუნი,ბალი	2	<2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)	2 (უსუნო)	<2 (უსუნო)
3	გემო,ბალი	2	-	-	-	-
4	ფერი, გრადუსი	15	<15	16.1	>70	40
5	სიმღვრივე, FTU მგ/ლ	2	1.15	8.42	4660.0	3.63
ზოგადი მაჩვენებლები						
6	წყალბადისმაჩვენებელი, pH	6-9	7.95	7.90	7.70	7.90
7	პერმანგანატულიჟანგვადობა, მგ O ₂ /ლ	3	1.28	1.68	6.46	1.92
8	გახსნილიჟანგბადი, მგ/ლ	>4	13.9	15.9	13.9	15.9
9	ელექტრო-გამტარობა, μ S/სმ	-	431.0	462.0	613.0	310.0
ძირითადი იონები						
10	სულფატები (SO ₄ ²⁻), მგ/ლ	250	50.0	68.0	226.0	32.0
11	ქლორიდები (Cl ⁻), მგ/ლ	250	15.6	12.8	16.4	9.93
12.	სიხისტე, მგ-ეკვ/ლ	7	4	4.51	5.66	3.51
13.	ჰიდროკარბონატები, მგ/ლ	-	215.9	209.8	170.8	178.1
14.	კარბონატები, მგ/ლ	-	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
15.	კალციუმი (Ca), მგ/ლ	140	62.0	70.14	85.16	54.11
16	მაგნიუმი (Mg) , მგ/ლ	85	10.9	12.16	17.02	9.73

17	ნატრიუმი (Na), მგ/ლ	200	20.9	19.91	37.4	6.93
18	კალიუმი, მგ/ლ	-	1.93	1.65	2.48	1.27
19.	საერთო მინერალიზაცია, მგ/ლ	1000	377.3	369.0	557.0	292.2
ბიოგენური კომპონენტები						
20.	ამონიუმი, მგ/ლ	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
21.	ნიტრატები(NO ₃ ⁻), მგ/ლ	50	<0.5	<0.5	1.8	<0.5
22.	ნიტრიტები(NO ₂ ⁻), მგ/ლ	0.2	<0.02	0.24	<0.02	0.16
23.	ფოსფატები, მგ/ლ	3.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
მიკროელემენტები						
24.	დარიშხანი (As, ჯამური) მგ/ლ	0.01	<0.005	<0.005	0.013	<0.005
25.	დარიშხანი (As, გახსნილი) მგ/ლ		-	-	<0.005	
26.	კადმიუმი (Cd, ჯამური) მგ/ლ	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
27.	მანგანუმი (Mn, ჯამური)	0.4	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
28.	სპილენძი (Cu, ჯამური), მგ/ლ	2	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
29..	ტყვია (Pb, ჯამური), მგ/ლ	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
30.	თუთია (Zn,ჯამური) მგ/ლ	3	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
31.	რკინა (Fe, ჯამური), მგ/ლ	0.3	0.02	0.13	59.5	0.13
32.	რკინა (Fe, გახსნილი), მგ/ლ		-	-	0.05	

ლიტერატურა

1. <https://ka.wikipedia.org> > wiki > ობრი

2. <https://www.facebook.com> > set . [ობრიდამისიშენაკადები](#)

УДК 632.15+624.155

**ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА
Г.ШЫМКЕНТ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Исаева А.У.¹, Махмуд-ар-Рахман Ансари², Салим Е.³, Пернебаев Ж.⁴

1 Д.б.н.. профессор, директор Научно-исследовательского института экологии и биологии, Шымкентский университет, Казахстан, akissayeva@mail.ru

2 Профессор, Факультет биоинформатики и биотехнологии, Государственный колледж Университета, Фейсалабад, Пакистан, mahmoodansari@gcuf.edu.pk

3 Докторант, Южно-Казахстанская медицинская академия, Шымкент, Казахстан, erbol_salim@mail.ru

4 Докторант, Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан, pernebaev.zh.d@mail.ru

შიმკენტის ტყვიის-თუთიის წარმოების ნარჩენების გავლენა გარემოზე

ისაევა ა. უ. 1, მაჰმუდ-არ-რაჰმან ანსარი 2, სალიმ ე. 3, პერნებაევი ჯ. 4

1 ბიოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, ეკოლოგიისა და ბიოლოგიის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის დირექტორი, შიმკენტის უნივერსიტეტი, ყაზახეთი, akissayeva@mail.ru

2 პროფესორი, ბიოინფორმატიკისა და ბიოტექნოლოგიის ფაკულტეტი, უნივერსიტეტის სამთავრობო კოლეჯი, ფეისალაბადი, პაკისტანი, mahmoodansari@gcuf.edu.pk

3 დოქტორანტი, სამხრეთ ყაზახეთის სამედიცინო აკადემია, შიმკენტი, ყაზახეთი, erbol_salim@mail.ru

4 დოქტორანტი, მ. აუეზოვი სამხრეთ ყაზახეთის უნივერსიტეტი, შიმკენტი, ყაზახეთი, pernebaev.zh.d@mail.ru

**THE IMPACT OF WASTE FROM THE LEAD-ZINC PRODUCTION OF
SHYMKENT ON THE ENVIRONMENT**

Issayeva A¹, Mahmood-ur-Rahman Ansari², Salim Ye.³, Pernebayev Zh.⁴

1 ScD, Professor, Research Institute of Ecology and Biology, Shymkent University, Kazakhstan, akissayeva@mail.ru

2 Professor, Department of Bioinformatics & Biotechnology, Government College University, Faisalabad, Pakistan, mahmoodansari@gcuf.edu.pk

3 Doctorate, South Kazakhstan Medical Academy, Shymkent, Kazakhstan,

erbol_salim@mail.ru

4. Doctorate, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

pernebaev.zh.d@mail.ru

ანოტაცია

ურბანიზაციის სწრაფი ტემპის გამო, დასახლების გარეთ ადრე განთავსებული ტყვიის თუთიის შლაკები აღმოჩნდა ქალაქ შიმკენტში და დაიწყო სერიოზული საფრთხის შექმნა გარემოსთვის და, შესაბამისად, კვლევის მიზანი იყო ტყვიის თუთიის შლაკების გავლენის შესწავლა შიმკენტის გარემოზე. გაირკვა, რომ რუდერალური მცენარეული სახეობების პროპორცია უკუპროპორციულია ნიადაგში ტყვიის შემცველობასთან, ნიადაგის მდგომარეობის ფიტო-ჩვენებისთვის ყველაზე ინფორმაციული მაჩვენებლებია ფიტოცენოზური შემადგენლობა და ნიადაგების საპროექტო საფარი მცენარეულობით. ამავე დროს, წლიური სახეობების წილი კონტროლში არის $53.5 \pm 5.6\%$, ხოლო ტოქსიკური დატვირთვის ზრდასთან ერთად, მათი როლი თანდათან სუსტდება და აღწევს $5.2 \pm 0.4\%$ - ს 14496.0 ± 105.1 მგ/კგ Pb^{2+} . *Dodartia orientalis* L, *Centaurea squarrosa* Willd., აღმოჩნდა, რომ *Plantago lancetofolium* L არის ტყვიის იონების ჰიპერაკუმულატორები. დადგენილია ტყვიის-თუთიის ნარჩენების უარყოფითი ეფექტი, რაც იწვევს ბავშვების სისხლში ტყვიის დაგროვებას და, შედეგად, არის სხვადასხვა დაავადების მიზეზი.

Abstract

Due to the rapid pace of urbanization, lead-zinc slags previously located outside the settlement turned out to be within the city of Shymkent and began to pose a serious threat to the environment, and therefore, the purpose of the study was to study the impact of lead-zinc slags on the environment of Shymkent. It was revealed that the proportion of ruderal plant species is inversely correlated with the lead content in the soil, for phyto-indication of soil condition, the most informative indicators are the phytocenotic composition and the projective cover of soils with vegetation. At the same time, the proportion of annual species in the control is $53.5 \pm 5.6\%$, and with an increase in the toxic load, their role gradually weakens, reaching $5.2 \pm 0.4\%$ at 14496.0 ± 105.1 mg/kg Pb^{2+} . *Dodartia orientalis* L, *Centaurea squarrosa* Willd., *Plantago lancetofolium* L have been found to be hyperaccumulators of

lead ions. The negative effect of lead-zinc waste has been established, which leads to the accumulation of lead in the blood of children and, as a result, is the cause of various diseases.

1 Введение

Понимание процессов распределения металлов в окружающей среде и их возрастающих концентраций на локальном уровне является одной из актуальных экологических задач. Антропогенное поступление тяжелых металлов в окружающую среду резко возросло за последнее столетие, что связано не только с непрерывно растущими объемами производства металлов, но и эрозионными процессами, происходящими в районах складирования минеральных и техногенных отходов (Masindi, V., Muedi, K. L. 2018). Распределение химических элементов в природных средах определяется многими факторами. В отсутствие внешней антропогенной нагрузки содержание химических элементов и их соединений в природных субстратах зависит от их состава, а также естественных условий, обуславливающих накопление и миграцию вещества. Среди них определяющими являются метеорологические, ландшафтно-геохимические условия, условия водной миграции в гипергенных условиях. Распределение элементов в средах определяется также физико-химическими процессами: диффузией, инфильтрацией, механическим переносом, биохимическими (Tleukeeva E., et al., 2022) и химическими реакциями.

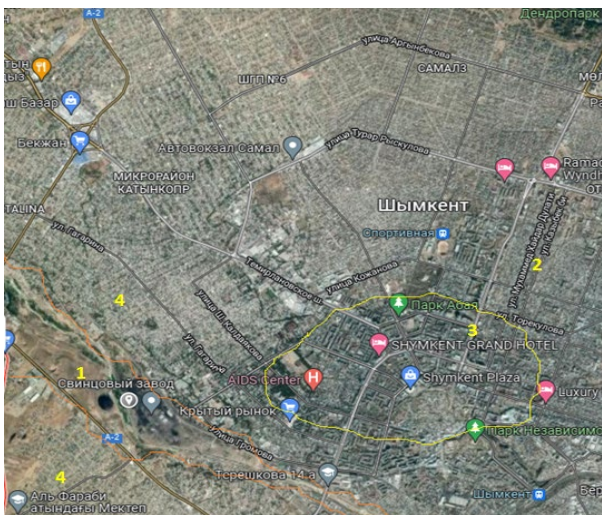
Промышленные генотоксические загрязнители могут представлять опасность не только для лиц, профессионально контактирующих с ними, но и для людей, проживающих в районах источников этих вредностей (Villarreal et al., 2019; Buyun et al., 2020). И если в условиях производств негативному воздействию мутагенов и канцерогенов подвержены десятки и сотни тысяч людей, то во втором случае аналогичному, хотя и менее интенсивному прессингу мутагенов, подвержены все жители промышленных регионов.

В связи с этим, целью исследования было изучение влияния отходов свинцово-цинкового производства на окружающую среду г.Шымкент.

2 Основная часть

2.1 Объект и методы исследования

Объектом исследования послужила территория Абайского района г.Шымкент –одного из мегаполисов Казахстана с населением 1118,0 тыс человек. На территории этого района с 1950 годов складировались свинцово-цинковые шлаки АО «Южполметалл» (ЮПМ) (рис.1), общий объем которых составил 2,2 млн т. Однако за последние годы из-за использования данных шлаков для производства строительных материалов, объем его уменьшился до 1,8 млн т.



а



б



в

1. Территория под свинцово-цинковыми шлаками, 2. Район школы № 9, 3. Исторический центр города, 4. жилой сектор

Рисунок 1. Место складирования свинцово-цинковых шлаков в г.Шымкент ([42.312523, 69.535100](#)): а. Вид сверху, масштаб 1:100; б. Вид сверху, масштаб 1:1000; с. вид сбоку

Химический анализ почв на содержание ионов тяжелых металлов проводился на расстоянии 500, 1000, 1500 и 2000 метров от территории АО «ЮПМ» и 100, 500, 1000, 2000 и 5000 метров от террикона, во всех направлениях частей света. Динамика миграции тяжелых металлов по горизонтам профиля почв анализировалась на основе результатов химических анализов проб почв, отобранных на глубинах в 10, 20, 30 и 40 см. В качестве контроля были отобраны территории, расположенные в 8000 метрах от анализируемых участков.

Содержание тяжелых металлов определялось согласно методикам ГОСТ. Видеофиксация материалов проводилась на растровом электронном микроскопе JEOL 2000.

Для определения видового состава растений была использована соответствующая литература (Иллюстрированный определитель растений Казахстана, 1969). Отбор проб растений проводился по методу маршрутного обследования, с последующей камеральной обработкой собранного гербарного материала в лабораторных условиях.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась вычислением среднего арифметического значения и величины стандартного отклонения при $0,95 > P > 0,80$.

2.2 Результаты исследования и их обсуждение

Из-за процессов урбанизации, место складирования токсичных отходов АО «Южполиметалл», где перерабатывалось свинцово-цинковое сырье, оказалось в черте города Шымкент, вследствие процессов ветровой и водной эрозии отходы стали представлять серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья населения. В течение 50 лет в г. Шымкент работа Шымкентского свинцового завода сопровождалась массивным поступлением свинца в атмосферный воздух, который с пылевыми частицами оседал на почве, поступал в растения и способствовал развитию неблагоприятной экологической обстановки. В настоящее время выбросы в атмосферный воздух от предприятия существенно снизились, но «свинцовая» проблема осталась. Это обусловлено интенсивным загрязнением почвенного покрова, который и является источником поступления металла в сопредельные среды и организм человека.

Территория и санитарно-защитная зона предприятия плотно прилегают к жилым кварталам города. Отходы свинцово-цинкового производства складированы в трех километрах от производственной зоны, на другом берегу реки. Результаты химического анализа показали, что по мере удаления от места складирования свинцово-цинковых шлаков содержание тяжелых металлов в почве снижается (таблица 1).

Таблица 1. Характеристика загрязнения почвы города Шымкент ионами тяжелых металлов (средние показатели за 2011-2021 г.г.)

Место отбора проб	Содержание тяжелых металлов, мг/кг		
	Cd ⁺²	Pb ⁺²	Zn ⁺²
0,5 км от АО «ЮПМ»	11,8±1,1	350,6±10,3	54,3±4,7
0,9 км от АО «ЮПМ»	13,3±1,1	455,6±12,7	66,3±3,3
4 км от АО «ЮПМ» (Центральный парк)	5,3±0,2	256,3±13,9	37,9±3,9

7 км от АО КП «ЮПМ» (площадь Ордабасы)	2,3±0,1	125,3±15,2	29,7±1,2
8 км от АО КП «ЮПМ»	2,2±0,2	112,8±9,8	26,8±1,0
Значения ПДК, мг/кг	0,5	32,0	21,0

Исследования динамики миграции тяжелых металлов по профилю почв выявили, что 70,0±5,9% от общего установленного объема кислоторастворимых форм свинца и кадмия сконцентрированы в 0-10 см горизонте почвы. Концентрация тяжелых металлов в нижних 10-20 и 20-40 см горизонтах почвы, соответственно, составила 45,0±3,7% и 20,0±2,1% от установленного суммарного объема ионов тяжелых металлов. Содержание тяжелых металлов в почве, в пределах значений ПДК, установлено на глубине 50,0-60,0см.

Флористический анализ изучаемых территорий показал, что растительное сообщество контрольного участка (в 8000 метрах от источника загрязнения) представлено 103 видами высших растений, которые являются представителями 17 семейств. Доминирующее положение в сообществе занимают семейства Poaceae (22 вида, 32,9%), Asteraceae (14 видов, 16,5%) и Fabaceae (10 видов, 18,7%). Далее следуют Convolvulaceae (7 видов, 6,2%), Brassicaceae (5 видов, 5,1%), Polygonaceae (4 видов, 4,2%) и Solanaceae (3 вида, 3,1%). Остальные семейства представлены 1-3 видами однолетних и многолетних форм травянистых растений. Проективное покрытие поверхности почв составляет 96,7%. На участках с повышенными дозами металлов отмечено резкое снижение как проективного покрытия поверхности почв растительностью, так и видового состава сообщества. Так, если в зоне со степенью загрязненности почв по свинцу - 18 ПДК, установлено 86 видов растений, что на 17,5±1,2 видов меньше по сравнению с контролем, то в зоне, где степень загрязненности почв по свинцу - 49 ПДК, всего 53 вида. Соответственно, проективное покрытие почвы растительностью на этих участках составило 75,6±4,5 и 63,8±14,8%. Установленные для различных зон загрязненности почв растительные сообщества неодинаковы как по количеству видов, так и по фитоценоотическому составу групп. Если в составе сообществ контрольного участка и участка с наименьшей токсической нагрузки (до 6,0 ПДК) преобладают луговые виды растений, то в направлении роста токсического градиента растет доля рудеральных видов. В этом же направлении по жизненным формам наблюдается закономерность преобладания многолетних видов растений. В контроле доля однолетних видов составляет 53,5±5,6%, а с увеличением токсической нагрузки их роль постепенно ослабевает, на различных фонах токсичности их доля колеблется от 37,4±3,4% до 5,2±0,4%.

Установлено, что доминирующую группу растительного сообщества участка, почвы которого содержат 453,0 ПДК, составили следующие виды растений: *Dodartia orientalis L*, *Alhagi pseudalhagi L*, *Cynodon dactylon (L.)Pers*, *Psoraleum drupaceae L*, *Plantago lancetofolium L*, *Agropyron tricophorum L*, *Convolvulus arvensis L*, *Polygonum aviculare L*, *Capparis spinosa L*, *Centaurea squarrosa Willd.*, *Lactuca tatarica L*, *Gallium verum L*, *Peganum garmala L*. Выпадение однолетних видов значительно упрощает ценогический состав растительного сообщества импактных зон загрязнения.

Ценогическая группа, составляющая основу растительного сообщества территории со средним и высоким уровнем загрязнения, сформирована видами-доминантами, которые характеризуются многолетней, коротко - и длинностержневой, корнеотпрыскивающей корневой системой. Большая представленность стержнекорневых биоморф в сообществах импактной зоны определяется особенностями их корневой системы. Было установлено, что наибольшее количество ионов свинца аккумулируется в биомассах таких видов как *Dodartia orientalis L*, *Centaurea squarrosa Willd.*, *Plantago lancetofolium L*. Установлено, что ионы свинца в биомассе *D. orientalis*, отобранной из зоны вокруг террикона АО «ЮПМ», заключены в состав крупных конгломератов нерастворимых солей органических кислот. При этом установлено, что наибольшее количество свинца накапливается в корнях, что подтверждается исследованиями других ученых, как, например, в случае аккумуляции мышьяка в корнях риса (Sibuar AA et al., 2022)

Было установлено, что город Шымкент по содержанию свинца в почвах промышленных зон и в крови детей занимает первое место среди промышленно развитых городов Казахстана. В 250 химических анализах, проведенных в различных районах г.Шымкент установлено, что в прилегающих к АО «ЮПМ» территориях города концентрация свинца в почве и воздухе составляет 3564,9 мг/кг и 5,0 мкг/м³ соответственно, а максимальное его значение в отдельных точках достигает соответственно до 24900,0 мг/кг и 31,4 мкг/м³. Из числа исследованных детей, посещающих детские сады в районе устойчивого влияния свинцово-цинковых шлаков, у 66% обнаружено превышение значений ПДК свинца в крови для детского организма. При этом установленные концентрации, при норме 10 мкг/дл, оказались в 3-4 раза выше, чем в других исследованных городах Казахстана. Максимальное содержание в количестве 103 мкг/дл обнаружено в крови детей в районе, проживающих в 800-1000 м от места складирования шлаков. На основании проведенных исследований установлено 5 территорий города Шымкент, прилегающих к АО «ЮПМ», где содержание свинца в крови детей составляет от 50 до 60 мкг/дл. У детей детских садов и школ, находящихся в зоне 3 - 5 км от завода, данный показатель варьировал в пределах от 16 до 48 мкг/дл. Исследования влияния свинцово-цинковых шлаков на здоровье детей показали, что на территории школы,

которая находится на расстоянии 8000 м от источника загрязнения, концентрации свинца превышает в 12 раз от ПДК, кадмия – 1,5 раза и хрома – 1,5 раза. У подростков, проживающих на территории, прилегающей к школе № 9, в 53 % случаев выявлено превышение свинца в крови до $13,0 \pm 2,1$ мкг/дл. У 47 % показатели находились в пределах верхних границах допустимых величин ($10,0 \pm 0,2$ мкг/дл).

Заключение

Полученные результаты показывают, что свинцово-цинковые шлаки, расположенные в границе города Шымкент оказывают негативное действие на окружающую среду, при этом, в результате эрозионных процессов наибольшая концентрация ионов свинца и кадмия накапливается в верхних горизонтах почв (0- 40,0 см), которые являются корнеобитаемым слоем для большинства видов растительности эфемероидной полусаванны юга Казахстана. Установлено, что показатели доли рудеральных растений обратно коррелируют с содержанием свинца в почве, а для фитоиндикации состояния почв, наиболее информативными показателями являются фитоценотический состав растительного сообщества и проективное покрытие почв растительностью. При этом, ионы свинца аккумулируются в межклеточном пространстве, образуя значительные конгломераты. Установлено негативное влияние свинцово-цинковых отходов, приводящее к накоплению свинца в крови детей и, как следствие, являющееся причиной различных заболеваний у 90% детей г.Шымкент.

Литература

1. Buyun D., Zhou, J., Zhang, C., Lu, B., Li, D., Zhou, J., Jiao, S., Zhao, K., Zhang, H. (2020). Environmental and human health risks from cadmium exposure near an active lead-zinc mine and a copper smelter, China. *Science of The Total Environment*. 720. 10.1016/j.scitotenv.2020.137585.
2. Иллюстрированный атлас- определитель растений Казахстана. Алматы, Наука, 1969, в 2 т.
3. Masindi, V., Muedi, K. L. (2018). Environmental Contamination by Heavy Metals. In H. E. M. Saleh, & R. F. Aglan (Eds.), *Heavy Metals*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76082>
4. Sibuar AA, Zulkafflee NS, Selamat J, Ismail MR, Lee SY, Abdull Razis AF. Quantitative Analysis and Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Paddy Plants Collected from Perak, Malaysia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022; 19(2):731. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020731>
5. Tleukeyeva, A., Alibayev, N., Issayeva, A., Mambetova, L., Sattarova, A., Issayev, Ye. (2022). The Use of Phosphorus-Containing Waste and Algae to Produce Biofertilizer for Tomatoes. *Journal of Ecological Engineering*. 23. 48-52. 10.12911/22998993/144635.
6. Villarreal R., Alva, A., Santos, Z V., Roman-Gonzalez, A. (2019). Comparative Study of Methods that Detect Levels of Lead and its Consequent Toxicity in the Blood. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 10. 10.14569/IJACSA.2019.0100664.

THE IMPACT OF THE MINING INDUSTRY TAILINGS ON THE ENVIRONMENT AND THE WAYS OF ITS REDUCTION

Artashes Vahan Tadevosyan

candidate of technical sciences, Professor
Deputy Scientific Director of the Institute of Mountain Metallurgy and Chemical Technologies, Yerevan, Armenia
Phone: +37493818718
Email: tadartashes@gmail.com

Armine Arthur Safaryan

candidate of technical sciences
PHS High School Teacher, Yerevan, Armenia
Phone: +37455540550
Email: armineilyasafaryan@gmail.com

Tatevik Simon Bagdasaryan

PHD student
Head of innovation Services of NPUA, Yerevan, Armenia
Phone: +37495098611
Email: tatever.bagdasaryan@gmail.com

Patvakan Stepan Voskanyan

candidate of chemical sciences
Deputy Director of National Bureau of Expertises,
Republic of Armenia, Yerevan, Armenia
Phone: +37477240123
Email: p.voskanyan@nbe.am

Abstract

The mining industry of Armenia has a special share in the national economy. At least half of the materials exported from Armenia fall to the share of ore concentrates and metals, which are rich in the subsoil of Armenia.

Strategically important raw materials are copper, gold, and molybdenum.

The impact of mining enterprises on the environment is enormous, mainly due to the impact of tailings ponds, where more than several million cubic meters of waste are currently accumulated.

Tailings ponds are located in densely populated and developed agricultural areas and cause great harm to people, contributing to desertification and the removal of lands from agricultural and other purposes.

Significant damage is caused by the discharge of tailings water. The discharged water contains heavy metals, the concentrations of which exceed the maximum permissible concentrations for water bodies. Pollution is caused by drainage waters of tailings, which seep through dams and the bed of structures and pollute groundwater. Dust and gaseous emissions from the surface of tailings ponds also pose a great danger.

The contents of tailings are weathered, transferred and spread to adjacent territories, affecting human health, the environment, flora and fauna, and leading to activation of the desertification process.

The main research and analysis of the results obtained in the article relate to the 4 tailings dumps - Artsvanik, Geghanush, Teghut, Agarak.

Methods have been proposed to reduce the impact of tailings on the environment, which are protected by RA patents.

Keywords: tailings pond, heavy metals, mining industry, wastewater, environmental pollution, impact mitigation methods.

The tailings of the mining industry are environmental pollutants. Waste water from tailings causes significant damage, contains heavy metals and other hazardous elements, the concentrations of which exceed the MPC of heavy metals for water bodies.

Tailings are special building complexes designed for the storage or burial of toxic and other wastes generated during mineral enrichment.

There are approximately 12 tailings in the territory of RA, where more than 300 million m³ of mining wastes are accumulated, the composition of which is determined by the minerals in the given mine. Tailings are located in residential and developed agricultural areas and severely affect the environment and human health.

Methods for reducing the environmental load from the impact of tailings are proposed. The studies were carried out within the framework of 3 large tailings repositories operating in RA. They are the tailings of Geghanush, Artsvanik and Teghut.

The tailings dump of Geghanush (Fig. 1) is located in Syunik region, the working volume is 4.6 million m³. The tailings belongs to the Kapan beneficiation combine.



Fig. 1. Geganush tailings

The tailings dump of Artsvanik (Fig. 2) is located in Syunik region and belongs to the Zangezur copper-molybdenum combine. The tailings dump is the largest in Armenia. Design volume: 300 million m³.



Fig. 2. The tailings of Artsvanik

Teghut tailings (fig.3) belongs to Teghut copper-molybdenum combine. It is located in Lori region. This mine is the second in terms of copper and molybdenum reserves.



Fig. 3. Teghut tailings

Table 1

The content of flowing water entering the tailings tank (mg/l)

Elements	Geganush	Artsvanik	Teghout
Mo	5	3	0.72
Zn	144	17	0.004
Pb	28	7.8	0

Sampling and laboratory analyzes were carried out. The content of chemical elements is determined by the method of atomic absorption spectroscopy. Basic atomic-absorption "5SAA" and "Agilent technologies" graphite atomic-absorption spectrometers "24OZAA" were used to determine the following problems [2-4].

Table 2**Pollution of the areas near Geganush tailings (mg/l; mg/kg)**

Sample number	Mo	Sr	Zn	Cu	Fe	Cr	V	Ti	Ca	K
1	5	236	109	75	33695	140	146	3757	42202	16265
2	-	224	99	79	42233	126	172	5061	19157	12602
3	0,001	0,027	0,037	0,016	0,084	0,002	0,001	0,006	3,856	0,104
4	-	0,023	0,007	0,003	0,049	0,002	-	0,016	3,373	0,092
5	-	319	78	61	28042	100	117	2983	109712	10337
6	15	335	78	91	3031	103	35	115	50550	68443
7	35	253	457	199	1847	116	24	-	18247	220003

Sample 1 – Land area at a distance of 10m

Sample 2 - Land area at a distance of 40m

Sample 3 – Geganush river water sample at a distance of 100m

Sample 4 – Water sample of Geghanush River at a distance of 400m

Sample 5 – Soil sample near tailing (agricultural developments)

Sample 6 – Leaves

Sample 7 – Bean leaves

Table 3

Pollution of the areas near the tailings of Artsvanik (mg/l; mg/kg)

Heavy metals/ Test samples	Mo	Zr	Sr	Rb	Zn	Cu	Fe	Ti	Ca	K	S
Land to the north of tailings Artsvanik (20..50m)	-	152	415.5	35.4	82.9	62.8	39524	4580	22814	9716	115
Land from the tailings to the south Artsvanik (20..50m)	-	155	313.7	48.4	82	61.4	36017	3600	59284	10893	-
Land to the east of the tailings pond Artsvanik (20..50m)	-	135	306.8	18.6	84.5	80.4	48479	4552	29191	5828	-
Land to the west of the tailings pond Artsvanik (20..50m)	161	111.7	217	99	141	1787	29564	3871	10953	2506	1722
Blueberry (Achanan village)	12.9	5.6	16.4	8.8	12.5	14.3	146.0	15.6	8128	31125	1170
Plum (Achanan Village)	16.7	5.8	7.0	8.1	-	16.6	92.1	54.1	3435	82493.9	424.8
Tomato (Achanan village)	12.8	6.6	12.5	5.8	36.9	34.1	51.9	15.3	6299	91953	2575.5
Mint (Achanan village)	15.1	7.8	68.2	3.0	90.5	50.3	624.2	33.2	15175	28145	1231
Land (Achanan village)	6.7	163.6	459.9	28.5	427	112.9	45720	48999	50158	10546	348.5
Rose's thigh (tail Artsvanik 100m)	6.4	3.9	82.1	3.3	9.5	4	61.80	33.2	28187	69862	4405
Oak (tail Artsvanik 200 m)	11	7.6	172.1	7.6	87.7	75.4	2129	96.1	68623	3192	698.8
Dogwood (tail Artsvanik 200m)	9.8	2.2	263	1.6	13.1	21.3	654	-	60030	5850	936.7

Table 4**Contamination of Teghut tailings areas (mg/l; mg/kg)**

Sample	Cu	Mo	Mn	Fe	Zn	Pb	Ni	As	Sb	Co	Cd
Right area of tailings	180	10	660	33600	220	140	60	100	1	10	10
Left area of tailings	240	10	640	49200	120	50	20	80	1	10	10
Water composition of Shnogh River (north of tailings pond)	0.0152	0.0472	0.0135	0.124	0.00314	0.00661	0.00683	0.00018	0.0003	0.00208	0.004
Water composition of Shnogh River (south of tailings pond)	0.0148	0.0424	0.0129	0.129	0.00269	0.00689	0.00747	0.00014	0.00042	0.00108	0.003

Table 5**TLV for heavy metals in different environment**

Elements	In reservoirs mg/l		In the soil mg/kg	In food products mg/kg
	Sanitary-household	Fish farming		
Cu	1.0	0.001	3	milk -5 other -5...10
Zn	1.0	0.01	23	milk -5 other -10...40
Mo	0.25	0.0004	6	-
Pb	0.03	0.1	6	milk -0.05 other -0.2...1.0
Cr	0.1	0.001	6	milk -0.1 other -0.1...0.3
Ni	0.1	0.01	4	milk -0.1 other -0.3...0.5
Fe	0.5	-	-	milk -3 other -15...50

By comparing the results of the samples taken from the relevant places with the TLC values, severe pollution of natural waters and nearby land areas is observed, so the problem of pollution reduction is topical.

For example, the Cu content in tomatoes grown in the territory of the Artsvanik tailings pond is 3 times higher than in the SSC, in mint - 5 times, and the Zn content exceeds 2.5 times.

Very dangerous results were found in bean leaves grown near the Geghanush tailings: Cu exceeds the TLC by approximately 20 times and Zn by 10 times.

Taking into account the data of the presented analyzes and making a detailed study of them, inventions and conclusions were made in the direction of reducing environmental pollution. Below we will present the inventions and proposals made.

We have proposed a number of ways to reduce the impact of tailings. The effluents leaving the tailings ponds were cleaned and returned to production, the experiments were carried out by studying the effluents of the Teghut tailings pond (Fig. 4)

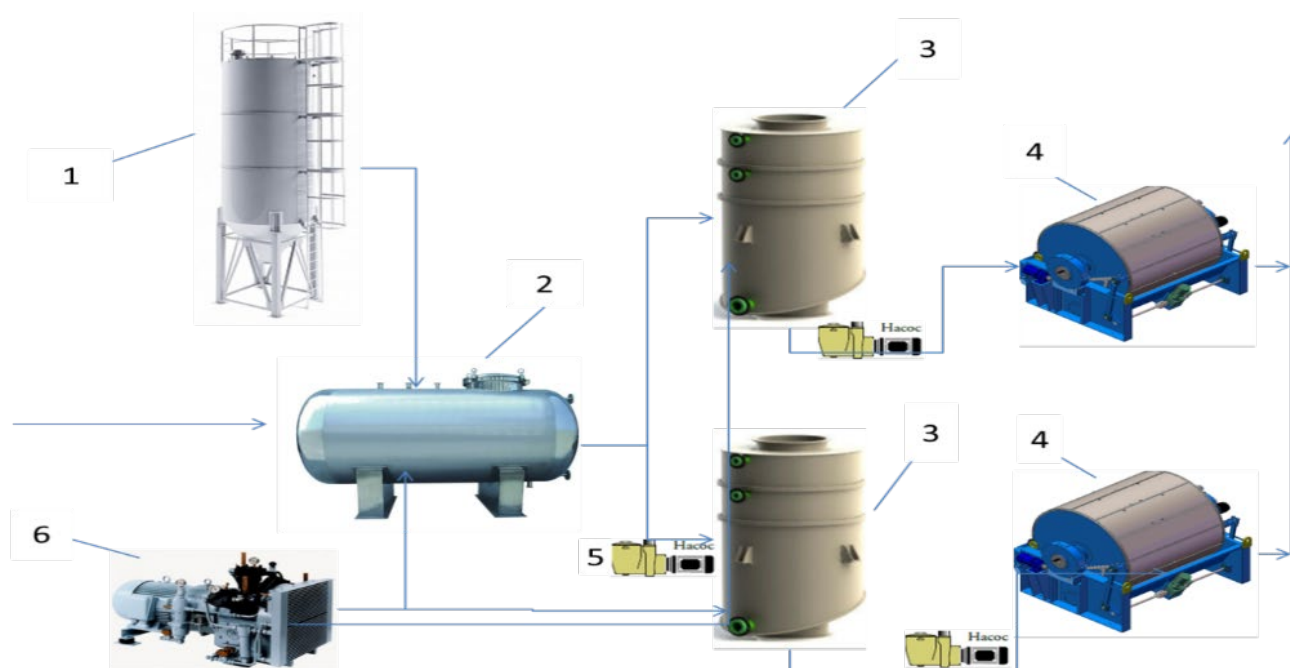


Fig. 4 Design of wastewater treatment equipment

1. Bentonite receiver, 2. Air pump, 3. Tap water intake, 4. Sparging apparatus, 5. Vacuum filter, 6. Pump

The economic damage caused to the economy by the emissions of the Teghut copper-molybdenum combine is estimated at 41.44 million drams annually. The amounts of air emissions during the blasting operations are also taken into account.

The economic damage caused to the water economy by the leakage of water is estimated at 0.14 million drams per year.

The economic loss of impact on land areas for 1 year is 171.4 million drams.

Method of reducing tailings from dry areas . As a result of the dusting of the dry areas of the tailings, the lands are polluted, changing the agrochemical indicators of the soil yield.

A method was proposed, as a result of which the dry areas of the tailings pond are strengthened with an appropriate polyvinyl acetate aqueous solution, before that area is covered with gravel (10.0...15.0 mm). The results of the experiments are presented in table 6.

Polyvinylacetate aqueous solution (40%) allows to reduce dusting to 2%, and the necessary amount is 7.0...8.0 l according to 1m² dusty surface.

Table 6**Heavy metals removed from the surface of tailingsion reduction method [9,10].**

N	The size of the gravel particles, mm	Amount of solution l/m ³	concentration of PVA, %	Sample decay time, hour	Sample mass loss, %
1	30...45	10	40	48	3.7
2	30...45	8	40	48	4.2
3	30...45	8	30	48	7.6
4	30...45	7	40	48	5.0
5	20...30	8	40	48	3.8
6	20...30	8	30	48	5.9
7	10...15	8	40	48	2.2
8	10...15	8	30	48	4.6
9	10...15	7	40	48	3.3
10	10...15	6	40	48	5.7

Evaporation from the surface of the tailings pond is necessary, otherwise the material balance of production is violated, but as a result of evaporation from the surface of the tailings pond, heavy metal ions also leave, which pollute the areas near the tailings pond.

Blown perlite is taken in the amount of 0.3...0.35 kg per 1 m² of water surface.

A method is proposed, according to which the water surface is covered with a natural sorbent (1.25...5.0 mm expanded perlite particle size).

Table 7

The composition of tap water according to some heavy metals (mg/l)	Flow rate (l)	A mass of blown perlite (kg) according to 1m ³ area	Evaporation time (hour)	The composition of tap water according to heavy metals (mg/l)	The composition of the blown perlite at the end of the experiment
Cu-1406.7 Zn-140.0 Mo-89.5 Fe-1847.0	1	0.3	10	Cu-844	Cu-568.62
				Zn-91	Zn-49
				Mo-53.7	Mo-35.8
	1	0.4	10	Fe-1106	Fe-738.8
				Cu-815.9	Cu-590.8
				Zn-85.4	Zn-54.6
	1	0.3	20	Mo-51.9	Mo-37.6
				Fe-1052.8	Fe-794.2
				Cu-825.4	Cu-581.3
				Zn-88.6	Zn-51.4
				Mo-53.2	Mo-36.3
				Fe-1096.4	Fe-750.6

Conclusion

1. Tailings have a very negative impact on the environment, which is mainly reflected in the pollution of the nearby areas with drainage flows, which cannot be used for growing agricultural plants.
2. Investigations of the nearby areas of a number of tailings showed their heavy contamination by heavy metals.
3. Methods for reducing the negative impact have been proposed, which have been protected by relevant patents.

Reference list

1. Tadevosyan A.V., Bagdasaryan T.S. Importance of using a water circulation system in mining and processing plants// Vestnik NPUA. Chemical and environmental technologies. 2016- N2, P. 63-68
2. Safaryan A.A. Development of technology for productive wastewater from copper and molybdenum ions // Herald of NPUA. Chemical and environmental technologies 2019- N1, P.61-56
3. Safaryan A.A. "Ecological and economic aspects of the use of the wastewater treatment method from copper and molybdenum ions"// Vestnik NPUA, "Chemical and environmental technologies", 2019- N2, P. 47-52
4. Tadevosyan A.V., Voskanyan P.S., Galstyan A.A Influence of Zangezur copper-molybdenum kombinata landfill on surrounding environment//Vestnik NPUA. Chemical and environmental technologies. 2020- N1, P.54-59
5. Database for carrying out a full-scale environmental examination, Yerevan, 2002.
6. Patent N3317A "Method of water purification containing copper and molybdenum ions", Tadevosyan A.V., Safaryan A.A., Manukyan A.V. 2019
7. Safaryan A.A. "Development of industrial waste water purification technology from copper and molybdenum ions"// Bulletin of the NPUA, "Chemical and environmental technologies", 2019- N1, P. 48-53
8. Patent N622Y, "Method of fixing dusty surfaces", Tadevosyan A.V., Baghdasaryan T.S., Voskanyan P.S. 2021
9. Bagdasaryan T.S. The method of reducing emissions of heavy metals by evaporation from the surface of tailings // Vestnik NPUA. Chemical and environmental technologies. 2021- N2, P. 52-57
10. Patent N714Y "Reservoir cleaning method", Tadevosyan A.V., Voskanyan P.S. Baghdasaryan TS, 2022

შუა დერეფანი, როგორც მწვანე სატრანსპორტო კორიდორი საქართველოში:

მდგომარეობა და პერსპექტივები

ლევან ლომსაძე (pHD), საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი.

ელ. ფოსტა: levan.lomsadzephd@gmail.com ტელ.: +995599588528

რეცენზენტები: იზოლდა ბაზღაძე - ასოცირებული პროფესორი, სტუ-ს გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი. Bazghadzeizolda04@gtu.ge საქართველო, თბილისი.

ეკატერინე მაცაბერიძე - ასოცირებული პროფესორი, სტუ-ს გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი. საქართველო, თბილისი. E.macaberidze@gtu.ge

აბსტრაქტი

შუა დერეფანს, როგორც აუცილებელ სატრანსპორტო მარშრუტს, რომელიც აკავშირებს აღმოსავლეთსა და დასავლეთს საქართველოს გავლით, აქვს პოტენციური გახდეს მწვანე სატრანსპორტო დერეფანი გლობალური გარემოსდაცვითი მზარდი პრობლემების ფონზე. ეს კვლევა აფასებს შუა დერეფანის ამჟამინდელ მდგომარეობას საქართველოში და ასახავს მისი ეკოლოგიური ტრანსფორმაციის სტრატეგიებს. აქცენტი კეთდება განახლებადი ენერჯის ინტეგრირებაზე, მდგრადი ინფრასტრუქტურის განვითარებაზე, დაბალი ემისიის სატრანსპორტო რეჟიმების ხელშეწყობაზე და მტკიცე პოლიტიკის ჩარჩოების ჩამოყალიბებაზე. მიუხედავად იმისა, რომ აღიარებულია ისეთი გამოწვევები, როგორცაა მაღალი საწყისი ხარჯები და დაინტერესებულ მხარეებს შორის კოორდინაცია, ნაშრომი ხაზს უსვამს ეკონომიკური ზრდის შესაძლებლობებს, გარემოსდაცვით სარგებელს და გაუმჯობესებულ სავაჭრო ეფექტურობას. დასკვნაში გამოთქმულია ჰიპოთეზა, რომ ერთობლივი ძალისხმევით, შუა დერეფანი შეიძლება გახდეს მდგრადი ტრანსპორტირების მოდელი, რომელიც ხელს შეუწყობს რეგიონალურ და გლობალურ მდგრადობის მიზნებს.

საკვანძო სიტყვები: შუა დერეფანი, მწვანე ტრანსპორტი, მდგრადი ინფრასტრუქტურა, განახლებადი ენერჯია, დაბალი ემისიის მანქანები, საქართველო, გარემოსდაცვითი პოლიტიკა.

შესავალი

შუა დერეფანი, რომელიც ასევე ცნობილია როგორც ტრანსკასპირი საერთაშორისო სატრანსპორტო მარშრუტი (TITR), წარმოადგენს მნიშვნელოვან სატრანზიტო მარშრუტს, რომელიც აკავშირებს აღმოსავლეთსა და დასავლეთს, გადის ჩინეთს, ყაზახეთს, კასპიის ზღვას, აზერბაიჯანს, საქართველოს და შემდგომ ევროპაში. თანამედროვე მსოფლიოს გლობალურ ინტერესს წარმოადგენს მდგრადი განვითარების და ნახშირბადის გამოყოფის შემცირების საკითხები. აღნიშნული ინტერესის გათვალისწინებით შუა დერეფანს აქვს მწვანე სატრანსპორტო დერეფნად გადაქცევის მნიშვნელოვანი პოტენციალი.

აღნიშნული სტატია განიხილავს შუა დერეფნის ამჟამინდელ სტატუსს საქართველოში და იკვლევს მის ეკოლოგიურად სუფთა ტრანსპორტირების მოდელად გადაქცევის პერსპექტივებს.

შუა დერეფნის ამჟამინდელი მდგომარეობა

შუა დერეფანში განხორციელდა მნიშვნელოვანი ინვესტიციები და განვითარებები, რომლებიც მიზნად ისახავს მისი შესაძლებლობებისა და ეფექტურობის გაზრდას. ძირითადი ინფრასტრუქტურის გაუმჯობესება მოიცავს:

- **პორტების განვითარება:** განახლებები ფოთის და ბათუმის პორტებში, აგრეთვე ყულევის ტერმინალში ტვირთების გაზრდილი მოცულობის ასათვისებლად და ლოგისტიკური ოპერაციების გამარტივებისთვის. სამომავლოდ ანაკლიის პორტის აშენება და ექსპლუატაციაში შესვლა.
- **რკინიგზის მოდერნიზაცია:** ბაქო-თბილისი-ყარსის (BTK) სარკინიგზო ხაზის მოდერნიზაცია, რომელმაც შესაძლებელი გახადა საქართველოსა და თურქეთს შორის პირდაპირი სარკინიგზო მიმოსვლა, აგრეთვე რკინიგზის მოდერნიზაციის პროექტი, რომელიც ხაშური-ზესტაფონის საუდელტეხილო

უბნის მოდერნიზაციას ითვალისწინებს, რაც მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს რკინიგზის საოპერაციო მაჩვენებლებს.

- საზღვრის კვეთის ეფექტურობა: საბაჟო პროცედურების გაუმჯობესება და ციფრული პლატფორმების დანერგვა ტრანსსასაზღვრო ვაჭრობის გამარტივებისა და შეფერხებების შესამცირებლად.

მიუხედავად ამ მიღწევებისა, მიმდინარე სატრანსპორტო საქმიანობა შუა დერეფნის გასწვრივ კვლავ დიდწილად არის დამოკიდებული ტრადიციულ, წიაღისეულ საწვავზე დაფუძნებულ ლოგისტიკის მეთოდებზე. თუმცა, აღიარებულია აუცილებლობა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაში მდგრადი პრაქტიკის ინტეგრირების საჭიროების შესახებ.

ძირითადი ნაწილი

მწვანე ტრანსფორმაციის პერსპექტივები

შუა დერეფნის მწვანე სატრანსპორტო დერეფნად გადაქცევა მოიცავს რამდენიმე სტრატეგიული ინიციატივის მიღებას:

- განახლებადი ენერჯის ინტეგრაცია:

მზის და ქარის ენერჯია: საქართველოს პოტენციალის გამოყენება მზისა და ქარის ენერჯით დერეფნის გასწვრივ ლოგისტიკური ჰაბებისა და პორტების გასაძლიერებლად.

რკინიგზის ელექტროფიკაცია: სარკინიგზო ხაზების ელექტროფიკაციის გაფართოება დიზელის ლოკომოტივებზე დამოკიდებულების შესამცირებლად, რითაც შემცირდება სათბურის გაზების გამონაბოლქვი. (ძირითადი მაგისტრალური თითქმის 100% ით ელექტროფიცირებულია, თუმცა სამანევრო მუშაობაში გამოყენებულია თბომავლები.

- მდგრადი ინფრასტრუქტურის განვითარება:

ეკოლოგიურად სუფთა პორტები: მწვანე პორტის ინიციატივების განხორციელება, მათ შორის ენერგოეფექტური შენობები, ნარჩენების მართვის სისტემები და სანაპირო ელექტროსადგურები, რათა შემცირდეს ემისიები გემებიდან.

მწვანე ლოგისტიკური ცენტრები: ლოგისტიკური ცენტრების შექმნა, რომლებიც იცავენ მდგრადი სამშენებლო სტანდარტებს და აერთიანებენ განახლებადი ენერჯის გადაწყვეტილებებს.

- დაბალი ემისიის ტრანსპორტირების პოპულარიზაცია:

ინტერმოდალური ტრანსპორტი: ინტერმოდალური სატრანსპორტო გადაწყვეტილებების გამოყენების წახალისება, რომელიც აერთიანებს სარკინიგზო, საავტომობილო და საზღვაო ტრანსპორტის, საწვავის ეფექტურობის ოპტიმიზაციას და საერთო ემისიების შემცირებას.

ელექტრო სატრანსპორტო საშუალებები: ელექტრო სატვირთო მანქანების და სხვა დაბალი ემისიის მანქანების გამოყენების ხელშეწყობა დერეფნის შიგნით მოკლე მანძილის ტრანსპორტირებისთვის.

- პოლიტიკა და მარეგულირებელი ჩარჩო:

მწვანე ინვესტიციების წახალისება: ფინანსური წახალისებისა და სუბსიდიების შემოღება კომპანიებისთვის, რომლებიც ინვესტირებას ახდენენ მდგრად სატრანსპორტო ტექნოლოგიებსა და ინფრასტრუქტურაში.

გარემოსდაცვითი სტანდარტები: მკაცრი გარემოსდაცვითი სტანდარტებისა და რეგულაციების დაწესება დერეფნის გასწვრივ სატრანსპორტო ოპერაციებისთვის მწვანე პრაქტიკასთან შესაბამისობის უზრუნველსაყოფად.

- საერთაშორისო თანამშრომლობა და დაფინანსება:

პარტნიორობა საერთაშორისო ორგანიზაციებთან: თანამშრომლობა ისეთ სუბიექტებთან, როგორცაა ევროკავშირი, აზიის განვითარების ბანკი და მსოფლიო ბანკი მწვანე ინიციატივების დაფინანსებისა და ტექნიკური ექსპერტიზის უზრუნველსაყოფად.

ტრანსსასაზღვრო თანამშრომლობა: დერეფნის გასწვრივ ქვეყნებს შორის თანამშრომლობის გაღრმავება რეგულაციების ჰარმონიზაციისა და მდგრადი ტრანსპორტის საუკეთესო პრაქტიკის გასაზიარებლად.

გამოწვევები და შესაძლებლობები

მწვანე სატრანსპორტო დერეფანზე გადასვლის პროცესი რამდენიმე გამოწვევას მოიცავს:

მაღალი საწყისი ხარჯები: განახლებადი ენერჯის ინფრასტრუქტურისთვის, ელექტროფიკაციის პროექტებისა და მწვანე ლოგისტიკური ცენტრებისთვის საჭირო წინასწარი ინვესტიცია შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი.

ტექნოლოგიური ბარიერები: განახლებადი ენერჯისა და მდგრადი სატრანსპორტო გადაწყვეტილებების მოწინავე ტექნოლოგიებისა და გამოცდილების აუცილებლობამ შეიძლება გამოიწვიოს ბარიერი სწრაფი განხორციელებისთვის.

კოორდინაცია დაინტერესებულ მხარეებს შორის: ეფექტური კოორდინაცია მრავალ დაინტერესებულ მხარეს შორის, მათ შორის სამთავრობო უწყებებს, კერძო სექტორის მონაწილეებს და საერთაშორისო პარტნიორებს, გადაწყვეტია მწვანე ინიციატივების წარმატებისთვის.

მიუხედავად ამ გამოწვევებისა, შეუძლებელია არ დავსახოთ აღნიშნული პროცესის შედეგად მნიშვნელოვანი შესაძლებლობები და პერსპექტივები.

მათ შორის განვიხილოთ რამდენიმე ძირითადი, რომლებიც უთუოდ კრიტიკულ საჭიროებას წარმოადგენს საქართველოსთვის.

1. ეკონომიკური ზრდა: მწვანე ინფრასტრუქტურაში ინვესტირებას შეუძლია ეკონომიკური ზრდის სტიმულირება, სამუშაო ადგილების შექმნა და საერთაშორისო ინვესტიციების მოზიდვა.
2. გარემოსდაცვითი სარგებელი: შუა დერეფნის ნახშირბადის ემისიების შემცირებამ შეიძლება მნიშვნელოვნად შეუწყოს ხელი რეგიონულ და გლობალურ ძალისხმევას კლიმატის ცვლილებასთან საბრძოლველად.
3. გაძლიერებული სავაჭრო ეფექტურობა: მდგრადი სატრანსპორტო გადაწყვეტილებებმა შეიძლება გააუმჯობესოს დერეფნის ეფექტურობა და საიმედოობა, რაც მას უფრო მიმზიდველ მარშრუტად აქცევს საერთაშორისო ვაჭრობისთვის.

დასკვნა

შუა დერეფანს აქვს მნიშვნელოვანი პოტენციალი, გახდეს მწვანე სატრანსპორტო დერეფანი, რაც რეგიონში მდგრადი განვითარების პრეცედენტს წარმოადგენს. განახლებადი ენერჯის გამოყენებით, დაბალი ემისიის სატრანსპორტო რეჟიმების ხელშეწყობით და საერთაშორისო თანამშრომლობის ხელშეწყობით, საქართველოს შეუძლია გადაწყვეტი როლი ითამაშოს შუა დერეფნის ეკოლოგიურად სუფთა ტრანსპორტის მოდელად გარდაქმნაში. გამოწვევების მოგვარება და შესაძლებლობების გამოყენება მოითხოვს ყველა დაინტერესებული მხარის ერთობლივ ძალისხმევას, მაგრამ

გარემოს, ეკონომიკისა და საზოგადოებისთვის გრძელვადიანი სარგებელი მას ღირებულ წამოწყებად აქცევს.

ლიტერატურა

1. **Asian Development Bank** (2021). *Sustainable Transport in the Caucasus Region: Opportunities and Challenges*.
2. **European Union** (2020). *Green Transport Corridors: A Pathway to Sustainable Mobility*.
3. **World Bank** (2019). *Investing in Green Infrastructure: Policy and Regulatory Frameworks*.
4. **Ministry of Economy and Sustainable Development of Georgia** (2021). *Renewable Energy Integration in Georgia's Transport Sector*.
5. **International Energy Agency** (2020). *The Future of Rail: Opportunities for Energy and the Environment*.

აბსტრაქტი

შუა დერეფანს, როგორც აუცილებელ სატრანზიტო მარშრუტს, რომელიც აკავშირებს აღმოსავლეთსა და დასავლეთს საქართველოს გავლით, აქვს პოტენციური გახდეს მწვანე სატრანსპორტო დერეფანი გლობალური გარემოსდაცვითი მზარდი პრობლემების ფონზე. ეს კვლევა აფასებს შუა დერეფნის ამჟამინდელ მდგომარეობას საქართველოში და ასახავს მისი ეკოლოგიური ტრანსფორმაციის სტრატეგიებს. აქცენტი კეთდება განახლებადი ენერჯის ინტეგრირებაზე, მდგრადი ინფრასტრუქტურის განვითარებაზე, დაბალი ემისიის სატრანსპორტო რეჟიმების ხელშეწყობაზე და მტკიცე პოლიტიკის ჩარჩოების ჩამოყალიბებაზე. მიუხედავად იმისა, რომ აღიარებულია ისეთი გამოწვევები, როგორცაა მაღალი საწყისი ხარჯები და დაინტერესებულ მხარეებს შორის კოორდინაცია, ნაშრომი ხაზს უსვამს ეკონომიკური ზრდის შესაძლებლობებს, გარემოსდაცვით სარგებელს და გაუმჯობესებულ სავაჭრო ეფექტურობას. დასკვნაში გამოთქმულია ჰიპოთეზა, რომ ერთობლივი ძალისხმევით, შუა დერეფანი შეიძლება გახდეს მდგრადი ტრანსპორტირების მოდელი, რომელიც ხელს შეუწყობს რეგიონალურ და გლობალურ მდგრადობის მიზნებს.

საკვანძო სიტყვები

შუა დერეფანი, მწვანე ტრანსპორტი, მდგრადი ინფრასტრუქტურა, განახლებადი ენერჯია, დაბალი ემისიის მანქანები, საქართველო, გარემოსდაცვითი პოლიტიკა.

Middle Corridor as a Green Transport Corridor in Georgia: Status and Prospects

Levan Lomsadze (PhD), Technical University of Georgia e-mail Mail:

levan.lomsadzephd@gmail.com Tel.: +995599588528

Reviewers: Izolda Bazhdze - Associate Professor, Department of Environmental Engineering and Ecology of STU. Bazghadzeizolda04@gtu.ge Georgia, Tbilisi.

Ekaterine Matsaberidze - Associate Professor, Department of Environmental Engineering and Ecology of STU. Georgia Tbilisi. E.macaberidze@gtu.ge

Abstract

The Middle Corridor, an essential transit route connecting East and West through Georgia, has the potential to become a green transport corridor amidst increasing global environmental concerns. This study assesses the current status of the Middle Corridor in Georgia and outlines strategies for its ecological transformation. Emphasis is placed on integrating renewable energy, developing sustainable infrastructure, promoting low-emission transport modes, and establishing robust policy frameworks. While recognizing challenges such as high initial costs and coordination among stakeholders, the paper highlights opportunities for economic growth, environmental benefits, and improved trade efficiency. The findings suggest that with concerted efforts, the Middle Corridor can serve as a model for sustainable transport, contributing to regional and global sustainability goals.

Keywords: Middle Corridor, green transport, sustainable infrastructure, renewable energy, low-emission vehicles, Georgia, environmental policy.

ნიადაგის ნაყოფიერების განსაზღვრა ვაზის კულტურისთვის

ელენე სორდია^{1*}; სოფიო ძნელაძე²; ლევან ელიაშვილი³

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი “გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება”

თბილისი, საქართველო. *E-mail: sordiaelene10@gtu.ge

რეზიუმე

ნიადაგი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ადამიანის ცხოვრებაში. მასთან კავშირი ჯერ კიდევ კაცობრიობის შექმნის დღიდან იწყება. მას უკავია გარდამავალი ადგილი ცოცხალ და არაცოცხალ ბუნებას შორის.

ნიადაგი თავისი ნაყოფიერებით წარმოადგენს მცენარეების სიცოცხლის ერთ-ერთ ყველაზე არსებით ფაქტორს. ნიადაგის საფუძველს წარმოადგენენ არაცოცხალი მინერალები და სხვადასხვა ქიმიური შენაერთები, რომლებიც ნიადაგმა მემკვიდრეობით მიიღო დედაქანისაგან.

თანამედროვე სოფლის მეურნეობა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსაყვანად ინდუსტრიულ ტექნოლოგიებს იყენებს, რომელიც, თავის მხრივ, პესტიციდებისა და სასუქების ინტენსიურ მოხმარებას ითვალისწინებს. პესტიციდების და მცენარეთა დაცვის სხვა ქიმიური საშუალებებისა და არაორგანული და ორგანული სასუქების არასწორმა გამოყენებამ მნიშვნელოვნად დააბინძურა გარემო, რამაც, საბოლოო ჯამში, ნიადაგისა და ატმოსფეროს დაბინძურება და დეგრადაცია გამოიწვია, რაც ხშირად მძიმე დაავადებების მიზეზიც გამხდარა.

ნიადაგში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ორგანული ნივთიერება როგორც გარდაქმნაში, ასევე ნაყოფიერების თვისებების ფორმირებაში. ორგანული ნივთიერების შემცველობის, შედგენილობის და თვისებების რეგულირების ხერხების ცოდნის გარეშე შეუძლებელია ნიადაგური ნაყოფიერების მაქსიმალურად ეფექტური მართვა.

ნიადაგის დაცვა და მისი ნაყოფიერების შენარჩუნება ჩვენი ქვეყნისთვის უმნიშვნელოვანესი საკითხია, რადგან საქართველოში ნიადაგის მდგრადი გამოყენება სოფლის მეურნეობისა და ეკონომიკის განვითარების მთავარი რეზერვი და მდგრად გარემოში ცხოვრების წინაპირობაა.

შესავალი

ნიადაგში არსებული თითქმის მთელი სიცოცხლე დამოკიდებულია ორგანულ ნივთიერებებზე, რადგან ისინი საკვები ნივთიერებებისა და ენერჯის წყაროს წარმოადგენენ.

ნიადაგის ორგანული ნივთიერება წარმოდგენილია ცოცხალი ბიომასით, მცენარეების, ცხოველების, მიკროორგანიზმების ორგანული ნარჩენებით, მათი სხვადასხვა ხარისხით,

გახრწნის პროდუქტებით და სპეციფიკურად ახლადწარმოქმნილი ჰუმუსოვანი ნივთიერებებით (ჰუმუსი).

როგორც ყველა მრავალწლიანი კულტურა ვაზიც წლების მანძილზე იყენებს ნიადაგში არსებულ საკვებ ელემენტებს და ფიტავს მას. ხარისხიანი და მაღალი მოსავლის მისაღებად აუცილებელია განოყიერების სისტემის შემუშავება. განოყიერების სქემის შემუშავებისას გასათვალისწინებელია როგორც მცენარის ფიზიოლოგიური თავისებურება, აგრეთვე ადგილმდებარეობა და წყლით უზრუნველყოფის პირობები. ქართველი მკვლევარების მონაცემებით დადგენილია, რომ აღმოსავლეთ საქართველოში და კერძოდ კახეთის რეგიონში ვაზის გასანოყიერებლად საშუალო 100 ც მოსავლიანობის შემთხვევაში ურწყავ პირობებში რეკომენდირებულია 20ტ ნაკელის შეტანა.

აღნიშნული პრობლემის გადასაჭრელად საჭიროა, მკაცრად რეგულირდებოდეს და სიფრთხილით შეირჩეს ნიადაგისვის გამოსაყენებელი ქიმიური საშუალებები.

ნიადაგის ნიმუში	თელავის რაიონი, სოფელი ართანა			გურჯაანის რაიონი, სოფელი ჭანდარი			გურჯაანის რაიონი, სოფელი ვაჩნაძი			საგარეჯოს რაიონი, სოფელი ხაშში			ახმეტის რაიონი, სოფელი მატანი		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
ნიადაგის სიღრმე (სმ)															
ჰუმუსი (%)	3.02	1.57	1.64	3.08	2.15	2.08	2.49	2.18	1.6	2.54	1.2	1.2	2.27	1.35	1.43

მიზნები

კვლევის მიზანი იყო შეგვესწავლა საქართველოს ნიადაგები და მათში ქიმიური ანალიზით განგვესაზღვრა ორგანული ნივთიერებები (ჰუმუსი). მიღებული პასუხებით კი დაგვედგინა რამდენად ნაყოფიერია მოცემული ნიადაგები ვაზისთვის.

ექსპერიმენტული ნაწილი

ექსპერიმენტის ფარგლებში შეირჩა კახეთის ტერიტორიის ნიადაგის ნიმუშები. მათში განისაზღვრა ჰუმუსის შემცველობა.

ჰუმუსი განისაზღვრა ტიურინის მეთოდით, რისთვისაც იღებენ საანალიზოთ მომზადებულ (0,25 მმ საცერში უნდა იყოს გაცრილი) ნიადაგს 0,1-0,5გრ-მდე და ათავსებენ 50 მლ საზომი კოლბაში. უმატებენ 10 მლ 0,4ნ ქრომის ნარევის და დგამენ ცივ თერმოსტატში, უთითებენ ტემპერატურას 150 გრადუს ცელსიუსს 30 წუთით. შემდეგ გამოიღებენ, აციებენ, ავსებენ ჭდემდე გამოხდილი წყლით და ზომავენ ოპტიკურ შთანთქმას 590 ნმ-ზე.

დასკვნა

შესწავლილი ნიადაგის ნიმუშები ხასიათდება ღრმა გაკულტურებული ჰორიზონტით, კარგი აგროსტრუქტურით. ჰუმუსის შემცველობა ნაკვეთებში მერყეობს 1,2-დან-3,02 % ფარგლებში, რაც ვაზისთვის ნაყოფიერ ნიადაგს წარმოადგენს.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. თ. ურუშაძე, ა. ბაჯელიძე, შ. ლომინაძე. ნიადაგმცოდნეობა. ბათუმი 2011. გვ: 127-130, 138-144.
2. ლ. მაჭავარიანი. ნიადაგმცოდნეობა. გვ:2-3, 52-59.
3. ჰენრი დ. ფოთი, ნიადაგმცოდნეობის საფუძვლები. გვ:2-5. 16-17.
4. Dittmer, H. J. 1937. "A Quantitative Study of the Roots and Root Hairs of a Winter Rye Plant." Am. Jour. Bot. 24:417-420.
5. Foth, H. D. 1962. "Root and Top Growth of Corn." Agron. Jour. 54:49-52.

Determination of soil fertility for vine culture

Elena Sordia^{1*}; Sofia Dzeladze²; Levan Eliashvili³

Technical University of Georgia "Environmental Protection and Sustainable Development" Tbilisi Georgia. *E-mail: sordiaelene10@gtu.ge

Resume

Soil plays an important role in human life. The connection with him starts from the day of creation of mankind. It occupies a transitional place between living and non-living nature. Soil with its fertility is one of the most essential factors for the life of plants. The basis of the soil is non-living minerals and various chemical compounds that the soil inherited from the bedrock.

Modern agriculture uses industrial technologies to cultivate agricultural crops, which, in turn, involves the intensive use of pesticides and fertilizers. Improper use of pesticides and other chemical means of plant protection and inorganic and organic fertilizers have significantly polluted the environment, which ultimately led to soil and atmosphere pollution and degradation, which often became the cause of serious diseases.

In the soil, organic matter plays an important role both in transformation and in the formation of fertility properties. It is impossible to manage soil fertility as efficiently as possible without knowing the methods of regulating the content, composition and properties of organic matter. Protecting the soil and maintaining its fertility is an important issue for our country, because the sustainable use of soil in Georgia is the main reserve for the development of agriculture and economy and a prerequisite for living in a sustainable environment.

ი. ბაზღაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, პროფ. ვ. ერისთავის სახელობის გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E – mail: i.bazghadze@gtu.ge

ანოტაცია

გარემოზე მზარდმა ანტროპოგენულმა ზემოქმედებამ და შედეგად გაბინძურებამ შეცვალა და დააზიანა ბიოსფეროს ისეთი შემადგენელი ნაწილები როგორცაა: ატმოსფერო, ჰიდროსფერო, ლითოსფერო. ისინი ადამიანის არსებობისათვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია. თანამედროვე გამოკვლევები ეკოლოგიაში კომპლექსურ ხასიათს ატარებს და ხდება ბუნებრივი ობიექტების მდგომარეობის შესწავლა და სხვადასხვა პროცესებში გამოყოფილი იმ ნაერთების გავლენა ცოცხალი ორგანიზმების არსებობაზე, ზრდა-განვითარებაზე.

საკვანძო სიტყვები: ბიოსფერო, ცოცხალი ორგანიზმები

ძირითადი ნაწილი

ელემენტი ბორი წარმოადგენს III ჯგუფის ელემენტს. იგი მაღალი სიმტკიცისაა და ალმასის შემდეგ მეორე ადგილი უჭირავს. დედამიწის ქერქში მისი კლარკი $3 \times 10^{-3} \%$. მსოფლიო ოკეანეში საშუალო კონცენტრაცია 4,45 მგ/ლ. მდინარის წყალში 10 მკგ/ლ. ბორის ხმელეთის მცენარეულობა შეიცავს 5 მგ/100 გ მშრალ ნივთიერებაზე გადათვლით ზღვის ჰიდრობიონტი 2-5 მგ/100, ხმელეთის ცხოველები 0,05 მგ/100-ზე, ბაქტერიები 0,55 მგ/100. ბორი ფართოდ გამოყენებაზე მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში: მზის ბატარეებში, ატომურ ენერგეტიკაში, სარეცხი ფხვნილების წარმოებაში დანამატებად, ე.ი. ბორის ნაერთების გარემოში მოხვედრა ადამიანების და ცოცხალი ორგანიზმებისთვის საშიშროებას წარმოადგენს. მაგალითზე ჩამდინარე წყლებში ბორის შემცველობა აღწევს 1,5 მგ/ლ. სასოფლო სამეურნეო კულტურების მოსარწყავად არ უნდა აღემატებოდეს 0,75 მგ/ლ. კულტურების უმეტესობისათვის ბორის ტოქსიკური კონცენტრაცია 700 მგ/კგ

პარკოსნებისავის, ხეხილის ციტრუსებისათვის 100 მგ/კგ. ჭარხალი 1500-830 მგ/კგ ბორის ნაერთების მცენარე კონცენტრატორს წარმოადგენს ჭარხალი 1000-8400 მგ/კგ, ბამბა 500/1600 მგ/კგ. ნიადაგში B-ის ნაკლებობის მცენარეებს ფოთლებზე უჩნდებათ ყვითელი ლაქები.

ჰიდრობიონტი. ჩვეულებრივ პირობებში ნაკლებად ტოქსიკური კონცენტრატია. თევზებისათვის $Na_2B_4O_7$ -ის არსებობისას წყალში 3000-3500 მგ/ლ H_3BO_3 – 2500 მგ/ლ, ასეთი კონცენტრაციები თევზის კანის გაღიზიანებას იწვევს. 6250 მგ/ლ. კონცენტრაცია ყველა ჯიშის თევზისათვის დამლუპველია.

თბილისისხლიანებში. B_2O_3 და H_3BO_3 (სასოლანი) წარმოადგენენ ძლიერ ტოქსიკანტებს, რომლებიც ადვილად გადალახავენ პლატენტარულ ბარიერს H_3BO_3 და ლითონთა ბორატებს ახასიათებთ ქოლინოლიტური მოქმედება ადამიანის ორგანიზმში B_2O_3 -ის 150 მგ/მ³ კონცენტრაცია და H_3PO_4 28 მგ/მ³ მოხვედრისას ხდება სასუნთქი ორგანოების გაღიზიანება. ბარიუმის მეტაბორატს 9,7-11,3 მგ/მ³ კონცენტრაცია ასეთივე სიმპტომით მიმინარეობს. ცხოველების ორგანიზმში ამ ნაერთების მოხვედრა იწვევს ფილტვების შემუპებას. მათი გაკვეთისას აღინიშნება ღვიძლის და თირკმელების ცილოვანი დისტროფია, ადამიანისათვის სიკვდილით დოზა 15-20 გ-ია. ლეტალური შედეგების შესწავლამ დაადგინა კუჭის გარსის ლორწოვანის ნეკროზი, ჰეპატიტი, ტვინის შემუპება, H_3PO_4 -ის ხანგრძლივად მცირე დოზებით მოხვედრა სისხლში ცვლილებების გამომწვევია.

ცხოველების განმეორებითი მოწამვლისას 2000 მგ/ლ დოზით ისინი იღუპებიან. ნიადაგებში ბორის შემცველობის გადიდება იწვევს შინაურ ცხოველებში 30 მგ/კგ-ით საჭმლის მიღებული ფერმენტების აქტიურობის დათრგუნვას. ადამიანებში H_3PO_4 -ის ზ.დ.კ. 2,5-ჯერ მეტი მნიშვნელობისას იწვევს ნევრასტერიულ სინდრომს, ნევროზს, ნევრალგიას. H_3BO_3 -ით ელემენტარული (კვებით გამოწვეული) ინტოქსიკაცია გამოწვეულია მისი და ბორაქსი საკვების კონსერვანტებად გამოყენებით და სასმელ წყალში ბორის გაზრდილი შემცველობით.

ლითონბორიდები. CaB_6 -ით ინტოქსიკაციის ნიშნები კოორდინაციის დარღვევა, კიდურების დამბლა MoB -ით ინტოქსიკაცია აღინიშნება ღვიძლის დისტროფია.

ბორანები (ბორწყალბადები) - ძლიერ ტოქსიკური ნაერთებია. ლიბოსანი იწვევს ფილტვების შემუპებას. პენტაბორანი და დეკაბორანი აზიანებენ ღვიძლს, თირკმელს,

ც.ნ.ს. ბორანებთან მუშაობის საშიშროებას ზრდის მათი მაღალი აქროლადობაა მულირების უნარი. ადამიანის ორგანიზმში პენტაბორანის ან დეკაბორანის მოხვედრა იწვევს მენინგიზმს, კანკალს, კრუნჩხვები და დამბლას. მინიმალური მოქმედება (I) და სუნით განსაზღვრული საშუალო კონცენტრაციები ასეთია (II)

დიბორანი	0,002 - 0,004	}	(I)	}	(II)
პენტაბორანი	0,0025				
დეკაბორანი	0,0003				
				0,001	
				0,007	
				0,002	

პენტაბორანით ადამიანებს მსუბუქი მოწამვლისას აღენიშნებათ: ძილიანობა, კანკალი, მძიმე ფორმით მოწამვლისას მოძრაობის კოორდინაციის დარღვევა, მხედველობის დაბინდვა. შეიძლება განვითარდეს ხორხის სპაზმი, რაც ქირურგიულ ჩარევას საჭიროებს. ცხოველებში ჩამოთვლილი ნივთიერებები იწვევენ ნეკროზს. ბორის კარბიდი, ნიტრიდი, კარბონიტრიდი ცხოველებში 50 მგ იწვევს ემფიზემას, ბრონქების ლორწოვანი გარსების განშრევებას.

ადამიანებში ბორის კარბიდით მოწამვლა იწვევს მწვავე ფილტვების ანთებას. შესაძლოა პნევმოკონიოზის და პნევმოდერეზის განვითარება. ბორის ფტორიდი საწარმოებში ეს ნივთიერება კატალიზატორია და გამოყენებული მომუშავეებს აღენიშნებათ ალგუნებადობა, სახსრების ტკივილი, კანის დაავადებები, ც.ნ.ს ფუნქციონალური დარღვევა. ადამიანის ორგანიზმი ნორმალურ მდგომარეობაში ბორის შემცველობა სისხლში 0,8 მგ/ლ, შარდში 0,75 მგ/ლ. ადამიანის საშუალო დღიური მოთხოვნა ბორზე 1-2 მგ. ბორს გავლენა აქვს D₃, კალციუმის, მაგნიუმის მეტაბოლიზმის რეგულირებაში. ბორის ნაერთები ამჟღავნებენ ანთების და სიმსივნის საწინააღმდეგო თვისებას; ამცირებენ სისხლში ცხიმების დონეს.

ცხრილი 1. ჰიგიენური ნორმები

	სამუშაო ადგილი ჰაერში	ატმოსფერული ჰაერი		წყალი	საშიშროების კლასი
	ზღვ მგ/ლ	ზღვ საშუალო დღიური მგ/მ ³	დროებით ზღვ მგ/მ ³	წყალმომარაგების წყლის ზღვ მგ/ლ	

კრისტალური ბორი	–	–	–	3	2
ბორისკარბიდი	6,0	–	–	–	3
ბორის ნიტრიდი	6,0	–	0,02	–	3
ბორის ოქსიდი	5,0	–	–	–	3
ბორის ფტორიდი	1,0	–	–	–	3
ორთობორმჟავა	10,0	–	–	–	4
დიბორანი	0,1	–	–	–	1

ლიტერატურა:

1. ი. ბაზღაძე. ქიმიური ნაერთების ზეგავლენა ბიოსფეროსა და ცოცხალ ორგანიზმებზე. თბილისი სტუ 2015. გვ.185
2. მ. მჭედლიშვილი. სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის საფუძვლები. თბილისი. სტუ 2009, გვ. 210
3. ა. შველაშვილი. ბიოარაორგანული და ბიოფიზიკური ქიმიის შესავალი. განათლება, 1999, გვ. 760

The impact of boron and its compounds on the biosphere and living organisms

Izolda Bazhdze Technical University of Georgia, Prof. V. Eristavi Department of Environmental Engineering and Ecology, Georgia, 0160, Tbilisi, Kostavas 69

Annotation

The increasing anthropogenic impact on the environment and the resulting pollution have changed and damaged such constituent parts of the biosphere as: atmosphere, hydrosphere, lithosphere. They are vital for human existence. Modern investigations in ecology are of a complex nature and the condition of natural objects is studied and the influence of those compounds released in various processes on the existence, growth and development of living organisms.

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება საავტომობილო და საგზაო კომპლექსებიდან.

მაია გუგეშიძე გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნი-ვერსიტეტი, საქართველო, თბილისი 0175, მ. კოსტავას N69.

E-mail-gugeshidzemaia04@gtu.ge ტელ.-593313749

თამარ შარაშიძე სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტო, უფროსის მოადგილე, ქიმიის აკადემიური დოქტორი, საქართველო, თბილისი 0112, დავით აღმაშენებლის გამზირი N150

E-mail-Tamar.Sharashidze@nea.gov.ge ტელ - 591 913139

რეცენზენტი **ლეილა გვერდსითელი**, გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლო-გიის დეპარტამენტი, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნი-ვერსიტეტი, საქართველო, თბილისი 0175, მ. კოსტავას N69.

E-mail - l.gverdtsiteli@gtu.ge ტელ 593745609

რეზიუმე

21-ე საუკუნეში მეგაპოლისების ერთ-ერთი ყველაზე აქტუალური პრობლემაა ჰაერის დაბინძურება საავტომობილო და საგზაო კომპლექსებიდან. სხვადასხვა წყაროდან მიღებული ინფორმაციის გაანალიზებითა და დამუშავებით გამოიკვეთა ავტოსატრანსპორტო საშუალებებიდან ჰაერის დაბინძურების მიზეზები და შედეგები. მავნე ნივთიერებების მთლიანი რაოდენობის დაახლოებით 80% მოდის ავტოსაგზაო ტრანსპორტზე. საგზაო ტრანსპორტი აბინძურებს ატმოსფეროს გამონაბოლქვი აირებით, ნაწილაკებით, ნავთობპროდუქტებით და სხვა ტოქსიკური ნივთიერებებით. სტატიაში განხილულია საგზაო ტრანსპორტით ჰაერის დაბინძურების მიზეზები და ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებების კონცენტრაციის შემცირების გზები. ყველა ეს მავნე ნივთიერება გროვდება ადამიანის ორგანიზმში და იწვევს ორგანიზმის ფუნქციონირების დარღვევას. შედეგად, გამოვლინდა გადაწყვეტილებები ატმოსფერულ ჰაერში დამაბინძურებლების რაოდენობის შესამცირებლად.

საკვანძო სიტყვები: ატმოსფერული ჰაერი, გამონაბოლქვი აირები, გარემოს უსაფრთხოება, გზები, დამაბინძურებლები, საგზაო ტრანსპორტი, სიჩქარე, ჰაერის მტვერი, ჰაერის დაბინძურება.

შესავალი: მეოცე საუკუნის შუა წლებამდე კაცობრიობა ყურადღებას არ აქცევდა ინდუსტრიალიზაციის შედეგად გაუარესებულ გარემოს მდგომარეობას (ურბანული ზრდა, ინდუსტრიული განვითარება და წარმოება) და არ მიუღია რაიმე ზომები მის გასაუმჯობესებლად. მხოლოდ გასული საუკუნის 60-იან წლებში გაიაზრეს ადამიანებმა, რომ მათი ცხოვრების ხარისხი დამოკიდებულია გარემოს მდგომარეობაზე. შედეგად, თანამედროვე მსოფლიოში მავნე ნივთიერებების შემცველობა ნიადაგში, წყალსა და ჰაერში წლების განმავლობაში იზრდებოდა.

უნდა აღინიშნოს, რომ ატმოსფერული ჰაერის ძირითადი დამაბინძურებელი წყაროები, მათ შორის ევროკავშირის ქვეყნებშიც, მრავალი სამრეწველო და არასამრეწველო სექტორია. მათ შორისაა: არასაგზაო და საგზაო ტრანსპორტი, კომერციული, ინსტიტუციური და საყოფაცხოვრებო სექტორი, ენერჯის წარმოება და განაწილება, ენერჯის გამოყენება ინდუსტრიაში, სამრეწველო პროცესები და ა.შ.

დღეის მდგომარეობით ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების პრობლემა სრულად არცერთ რეგიონში არ არის მოგვარებული. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ მნიშვნელოვნად შემცირდა ემისიები და დამაბინძურებლების კონცენტრაცია ევროპის ბევრ ქვეყანაში, აგრეთვე აშშ-ში, კანადასა და იაპონიაში, დიდ ბრიტანეთში, სადაც მკაცრი პოლიტიკა, რეგულაციები და რეგულარული მონიტორინგის სისტემები იქნა დანერგული [1].

დიდ ქალაქებში ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებების ძირითადი წყაროა საავტომობილო და საგზაო კომპლექსები. ჰაერის დამაბინძურებელი წყაროების 50-80% მოდის ავტოტრანსპორტზე. ავტომობილები წარმოადგენენ მთლიანი გამონაბოლქვის 30-70%-ის წყაროს. ამრიგად, ატმოსფეროში შემავალი დამაბინძურებლების 40-75% მოდის ავტოტრანსპორტზე.

თანამედროვე მსოფლიოში, ტექნოლოგიების მუდმივი განვითარებისა და საგზაო ტრანსპორტის წარმოების პროცესის ხელშეწყობის გამო, მუდმივად იზრდება მანქანების რაოდენობა. ყოველწლიურად ქალაქის მოსახლეობის მატებასთან ერთად იზრდება

ავტოტრანსპორტის რაოდენობაც, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მავნე ნივთიერებების გავრდილი კონცენტრაციის ზონები. ამ ნივთიერებათა ნაწილი ილექება, ნაწილი კი გროვდება ატმოსფერულ ჰაერში და შემდეგ ნალექის სახით აბინძურებს ნიადაგსა და წყალს.

ძირითადი ტექსტი:

საგზაო მაგისტრალების, ისევე როგორც ეზოებისა და საცხოვრე-ბელი კორპუსების უშუალო სიახლოვეს, იზრდება ტოქსიკური ნივთიერებების კონცენტრაციები. აქედან გამომდინარე, ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების პრობლემა ამჟამად მეტად აქტუალურია, რადგან დამაბინძურებელი ნივთიერებები უარყოფით გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. მის მიმართ განსაკუთრებით მოწყვლადნი ბავშვები, ქალები და ქუჩაში მომუშავე ადამიანები არიან. ყოველწლიურად მსოფლიოში ჰაერის დაბინძურებით გამოწვეული დაავადებებით 7 მილიონი ადამიანი იღუპება [2].

ამ პრობლემის გადაჭრის გზები კომპლექსურია: საავტომობილო - საგზაო კომპლექსში ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა, როგორცაა ბენზინის საწვავის შეცვლა გაზით ან სხვა ალტერნატიული საწვავით, გზებისა და ქუჩების ქსელის კომპეტენტური დაგეგმვა-მარება (ახალი ქალაქების აშენებისას ან არსებულის გაფართოებისას) ასევე ურბანული ტერიტორიების რეკრიაციული მწვანე ზონებით შევსება- გაფართოება.

როგორც ავლიშნეთ ჰაერის დაბინძურების ძირითადი მიზეზი დაბინძურების მობილური წყაროებია - საავტომობილო ტრანსპორტი, რომელთა უმეტესობა მუშაობს ბენზინისა და დიზელის საწვავზე. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ერთ-ერთ მიზეზად უნდა განვიხილოთ საწვავის ხარისხი. საწვავის ხარისხის გაუმჯობესება ხელს შეუწყობს ავტოსატრანსპორტო საშუალებების ტექნიკურად გამართულ მუშაობას, რაც შემდგომში აისახება ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესებაზე.

გამოყენებული საწვავი შეიცავს დიდი რაოდენობით ნავთობპროდუქტებს. ნავთობი შედგება ნახშირწყალბადებისგან, რომელთა წვის შედეგად გამოიყოფა ატმოსფერული ჰაერის დამაბინძურებელი აირები: ნახშირბადის მონოქსიდი (CO), აქროლადი ორგანული ნაერთები, აზოტის ოქსიდები, ნახშირორჟანგი (CO₂), გოგირდის დიოქსიდი (SO₂), შეწონილი მყარი ნაწილაკები. და სხვ.

გარდა მავნე აირებისა ატმოსფეროში ხვდება მყარი ნაწილაკები, რომლებიც წარმოიქმნება მანქანის დამუხრუჭების დროს. უფრო მეტიც, მკვეთრი დამუხრუჭების დროს გზის საფარსა და მანქანის საბურავებს შორის ხახუნის ძალა იმდენად დიდია, რომ იწვევს მანქანის ხუნდების, დისკების, რეზინის (1,6 კგ-მდე/წელიწადში თითო მანქანაზე) და გზის საფარის ცვეთას [3].

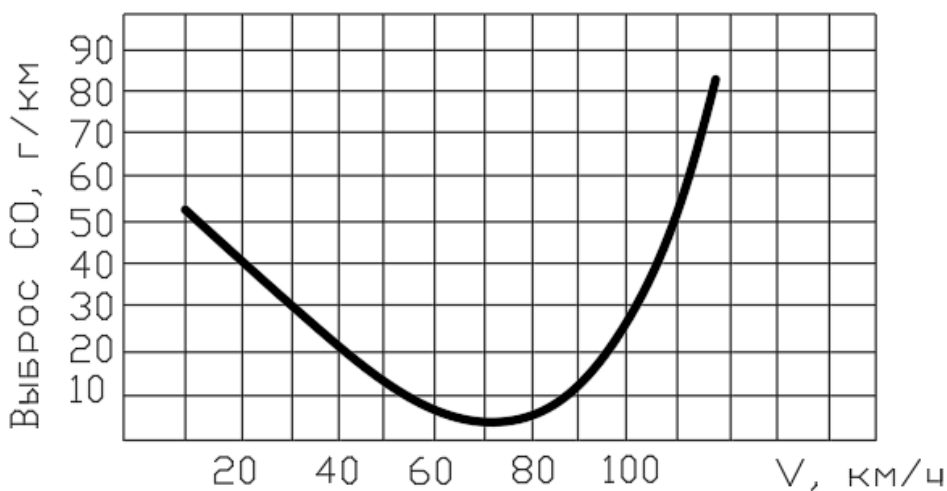
სამუხრუჭე ხუნდების და საბურავების ცვეთის დროს ატმოსფეროში გამოიყოფა სპილენძი, ვანადიუმი, მოლიბდენი, ნიკელი, ქრომი, კადმიუმი, ტყვია, თუთია.

გამონაბოლქვი მავნე აირები, რეზინისა და ლითონის მცირე ნაწილაკები ასევე ასფალტის საფარის მყარი ნაწილაკები დიდი რაოდენობით გროვდება ატმოსფერულ ჰაერში და განსაკუთრებით დიდი ხნის განმავლობაში რჩება გზებსა და მაგისტრალებზე.

აბრაზიული პროცესის ერთ-ერთი მიზეზია უხარისხო ასფალტის საფარიც, რომელზეც მუდმივად მოქმედებს ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილება.

დამაბინძურებლების მნიშვნელოვანი რაოდენობა გამოიყოფა მანქანის სვლის აჩქარებისას, რადგანაც ამ შემთხვევაში ძრავა მოიხმარს მეტი რაოდენობით საწვავს, რაც იმას ნიშნავს, რომ ამ დროს აირების გამონაბოლქვი ყველაზე ინტენსიურია.

ნახშირწყალბადების და ნახშირბადის მონოქსიდის ფარდობითი წილი ემისიების მთლიან მასაში ყველაზე მაღალია დამუხრუჭებისა და უქმი სვლის დროს, ხოლო აზოტის ოქსიდების წილი ყველაზე მაღალია აჩქარების დროს [4].



ნახ. 1 ნახშირბადის მონოქსიდის ემისიების დამოკიდებულება მსუბუქი ავტომობილის სიჩქარეზე. [5]

როგორც ნახ. 1 ჩანს ემისიის მცირე რაოდენობა შეინიშნება 70 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობისას. გამომდინარე აქედან 70 კმ/სთ სიჩქარე არა მხოლოდ ყველაზე უსაფრთხოა გადაადგილებისთვის, არამედ შედარებით ნაკლებ ნეგატიურ ზეწოლას ახდენს ატმოსფერულ ჰაერზე.

ზოგიერთი ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მიერ გაფრქვეული მავნე ნივთიერებების რაოდენობები მოყვანილია ცხრ.1 [6].

ცხრ. 1 ქიმიური ნივთიერებების ემისიები ზოგიერთი ჯგუფის ავტოსატრანსპორტო საშუალებებიდან.

ცხრილიდან ჩანს, რომ ყველაზე დიდი რაოდენობით ატომური ჟანგბადი ხვდება

ავტოსატრანსპორტო საშუალება	ემისია გ/კმ						
	O	NO ₂	CH	ჰვარტლი	SO ₂	ფორმალდეჰიდი	ბენზ(ა)პირენი
მსუბუქი ავტომობილი	3.5	0.9	0.8	0,7 *10 ⁻²	1.5*10 ⁻²	3.2*10 ⁻³	0.3*10 ⁻⁶
მიკროავტობუსი 3.5ტ	8.4	2.1	2.4	3.8*10 ⁻²	2.8*10 ⁻²	8.4*10 ⁻²	0.8*10 ⁻⁶
სატვირთო ავტ. 3.5-12ტ	6.8	6.9	5.2	0.4	5.1*10 ⁻²	2.2*10 ⁻²	2.1*10 ⁻⁶
სატვირთო ავტ. >12ტ	7.3	8.5	6.5	0.5	7.3*10 ⁻²	2.5*10 ⁻²	2.6*10 ⁻⁶
ავტობუსი>3.5ტ	5.2	6.1	4.5	0.3	4.2*10 ⁻²	1.8*10 ⁻²	1.8*10 ⁻⁶

მიკროავტობუსებიდან, ხოლო აზოტის დიოქსიდი სატვირთო მანქანებიდან. ყველაზე დაბალი ჰვარტლის რაოდენობა შეინიშნება მსუბუქი ავტოსატრანსპორტო საშუალებებიდან, ხოლო მაღალი-12 ტონაზე მეტი წონის სატვირთო მანქანებიდან.

ამ მონაცემების გაანალიზებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ყველა ეს ნივთიერება დიდი რაოდენობით გამოიყოფა ერთი ტიპის ტრანსპორტით, კერძოდ სატვირთო მანქანებით. ეს ნიშნავს, რომ ყველაზე დაბინძურებული ტერიტორია (რომელიც შეიცავს დიდი რაოდენობით ტოქსიკურ ნივთიერებებს) არის მაგისტრალები, რომლებზეც მოძრაობს ამ სახეობის ტრანსპორტი. შედარებით მცირე რაოდენობით ამ ნივთიერებების ემისიების წყაროა სამგზავრო ტრანსპორტიც. იქიდან გამომდინარე, რომ დიდ ქალაქებში ჭარბობს მსუბუქი ავტომობილები, სამგზავრო მანქანებიდან ძირითადი დამაბინძურებლების ემისიების ჯამი შეიძლება შევადაროთ სატვირთო მანქანების მიერ გამოყოფილი ემისიების ჯამს. ყველაზე დიდი რაოდენობით მავნე ნივთიერებები კონცენტრირებულია

გზაჯვარედინებზე და გადასასვლელებთან, რაც დაკავშირებულია ტრანსპორტის ხშირ დამუხრუჭებასთან და შუქნიშნებთან სვლის შენელება- აჩქარებასთან.

ატმოსფეროში მტვრისა და გამონაბოლქვი აირების განაწილებაზე დიდ გავლენას ახდენს კლიმატი და ადგილობრივი მიკროკლიმატი. რელიეფის ფორმები და მათი სივრცითი ორიენტაცია ქმნის კონტრასტულ მიკროკლიმატურ ტემპერატურულ ზონებს, აყალიბებს ქარის მიმართულებასა და სიჩქარეს, რაც განსაკუთრებულ პირობებს უქმნის დამაბინძურებლების გაფანტვას ატმოსფეროში.

დასკვნა:

საავტომობილო მავნე გამონაბოლქვის კონცენტრაციის შესამცირებლად, როგორც აღვნიშნეთ საჭიროა კომპლექსური ღონისძიებების გატარება:

- ყველაზე პერსპექტიული არის ბენზინისა და დიზელის საწვავის ალტერნატიული საწვავით ჩანაცვლება, რაც მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ატმოსფერული ჰაერის ხარისხს;
- ქალაქგარეთ მაგისტრალური რგოლების მშენებლობა რაც მნიშვნელოვნად შეამცირებს დამაბინძურებელი ნივთიერებების ემისიების რაოდენობას ატმოსფეროში;
- ქალაქებში და დასახლებულ პუნქტებში, ძირითადი მაგისტრალების მიმდებარედ რეკრიაციული ზონების შექმნა;
- მრავალსაფეხურიანი გამწვანება იმ ადგილებში, სადაც პარკის ტერიტორიების შექმნა შეუძლებელია;
- ბარიერული ფილტრების შექმნა, რომლებიც წარმოადგენს მოედნებისა და პარკების სისტემას, სხვადასხვა ლანდშაფტის მქონე ქალაქებისთვის.
- მაქსიმალურად უნდა შემცირდეს პირადი ავტომობილით მგზავრობის სიხშირე და არ უნდა გამოვიყენოთ ის მოკლე მანძილზე გადასადგილებლად.
- ავტომობილის შეძენისას არჩევანი უნდა გაკეთდეს ჰიბრიდულ ან ელექტრონულ ავტომობილებზე.

გარდა ზემოაღნიშნულისა ჰაერის დაბინძურების პრობლემის მოგვარებაში უმთავრესი როლი საერთაშორისო თანამეგობრობასა და სახელმწიფოებს აკისრიათ. როგორც საერთაშორისო ორგანიზაციებმა ასევე ეროვნულმა მთავრობებმა შესაბამისი

პოლიტიკის, რეფორმებისა და მდგრადი ინიციატივების განხორციელების გზით მნიშვნელოვანი როლი უნდა იკისრონ ჰაერის დაბინძურებისგან დაცვის გზებზე. ევროკავშირის (EU-28) მიერ ჩატარებული მონიტორინგის მონაცემები (EEA, 2017a) იძლევა საფუძველს ურბანულ ტერიტორიებზე ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის ზემოქმედების შესაფასებლად, რომელიც დადგენილია ევროპული სტანდარტებითა და (WHO AQG) გაიდლაინებით.

მსგავსი კომპლექსური მიდგომები საგრძნობლად გააუმჯობესებს გარემოს მდგომარეობას და ნაკლებ საფრთხეს შეუქმნის ადამიანების ჯანმრთელობას.

ლიტერატურა:

1. [Air quality in Europe - 2017 report — European Environment Agency \(europa.eu\)](#)
2. World Health Organization.(2018) <https://www.who.int/news/item/02-05-2018>.
3. Dementyev A.A., Lyapkalo A.A., Konovalov O.E., Tsurgan A.M. . (2016) The influence of road transport on the quality of life of citizens living at different distances from roads// Russian Medical-Biological Bulletin named after. Academician I.P. Pavlova. No. 3. pp. 67-73.
4. Egorova O.S., Burkeeva D.R., Gogol E.V., Tunakova Yu.A. (2014)Assessment of the contribution of road transport flows to atmospheric air pollution in Kazan // Bulletin of the Kazan Technological University. No. 16. pp. 141-142
5. Arguchintsev V.K., Arguchintseva A.V., (2014)Ariunsanaa Bat-Erdene. Assessment of air pollution in Ulaanbaatar by motor transport // News of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences.. No. 8. pp. 15-24
6. Volvach V.M., Batrakova A.G.(2008) Influence of geometric parameters on highways air pollution // Bulletin of the Kharkov National Automobile and Road University. No. 43. pp. 33-35
7. [Highlights | Supporting analyses | Committees | European Parliament \(europa.eu\)](#)

Ambient air pollution from automobile and road complexes

Maia Gugeshidze Department of Environmental Engineering and Ecology, Assoc. Professor, Georgian Technical University, Georgia, Tbilisi 0175, M.kostava str. N69.
E-mail-gugeshidzemaia04@gtu.ge. T-593313749

Tamar Sharashidze National Environment Agency, Deputy head of agency. Academic Doctor of Chemistry, Georgia, Tbilisi 0112, Davit Agmashenebeli Ave N150
E-mail-Tamar.Sharashidze@nea.gov.ge T - 591 913139

Reviewer

Leila Gverdtsiteli , Department of Environmental Engineering and Ecology,
Professor, Georgian Technical University, Georgia, Tbilisi 0175, M.kostava
str. N69. E-mail l.gverdtsiteli@gtu.ge T- 593745609

Resume

One of the most urgent problems of megacities in the 21st century is air pollution from road and road complexes. By analyzing and processing the information received from various sources, the causes and consequences of air pollution from motor vehicles were identified. About 80% of the total amount of harmful substances comes from road transport. Road transport pollutes the atmosphere with exhaust gases, particles, oil products and other toxic substances. The article discusses the causes of air pollution by road transport and ways to reduce the concentration of harmful substances in the atmosphere. All these harmful substances accumulate in the human body and lead to disruption of the body's functioning. As a result, solutions have been identified to reduce the amount of pollutants in the ambient air.

keywords: atmospheric air, exhaust gases, environmental safety, roads , pollutants, road transport, speed, airborne dust, pollutants, air dust.

**2024 წლის რაჭა-ლეჩხუმის და ქვემო სვანეთის რეგიონის ბუნებრივი წყლების
ჰიდროქიმიური კვლევა**

ლალი შავლიაშვილი - სოფლის მეურნეობის აკადემიური დოქტორი,
shavliashvililali09@gmail.com 598 74 47 31 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

გულჩინა კუჭავა - ქიმიის აკადემიური დოქტორი, gkuchava08@gmail.com
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,
თბილისი, საქართველო

ეკატერინა შუბლაძე - ქიმიისა და ბიოლოგიის ინჟინერიის აკადემიური დოქტორი,
ekashubladze051@gmail.com საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

მარიამ ტაბატაძე - ქიმიის აკადემიური დოქტორი, Dr. m.Tabatadze@gmail.com

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

რეცენზენტები: ლიანა ინწვირველი - ქიმიის აკადემიური დოქტორი, intskirvelebi2@yahoo.com საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო.

ლია აფციაური - ქიმიის აკადემიური დოქტორი, likaaptsiauri77@gmail.com საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლი მეურნეობის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტო, თბილისი, საქართველო

აბსტრაქტი. ნაშრომში განხილულია 2024 წლის რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთის რეგიონის დარიშხანის გადამამუშავებელი საწარმოების მიმდებარე ტერიტორიებზე არსებული მდინარეების (ლუხუნი, ცხენისწყალი და რიონი), არტეზიული და წყაროს წყლების ჰიდროქიმიური დახასიათება.

გამოვლენილია სხვადასხვა ინგრედიენტებით დაბინძურებული მდინარეები და არტეზიული წყლები. აღებული იყო მდინარის შეწონილი ნაწილაკებისა და ფსკერული ნალექების ნიმუშები. აღებულ სინჯებში განისაზღვრა დარიშხანის საერთო შემცველობა.

ანალიზები ჩატარდა თანამედროვე მეთოდებისა და აპარატურის გამოყენებით, რომლებიც შეესაბამება ევროპულ სტანდარტებს.

ზედაპირული, არტეზიული და სასმელი წყლის დარიშხანის კონცენტრაციის განსაზღვრის საფუძველზე მიღებულია შემდეგი დასკვნები:

- ზედაპირულ წყლებში (მდინარე ლუხუნი, ცხენისწყალი და რიონი) დარიშხანის საშიშროების ინდექსი 1-ზე ნაკლებია ($HQ_{sw} < 1$) და მათ საფრთხე არ ემუქრებათ;
- არტეზიულ და სასმელ წყლებში დარიშხანის საშიშროების ინდექსი 1-ზე მეტია ($HQ_{dw} > 1$), ეს წყლები რისკის ქვეშ არიან.

- მდინარეების შეწონილ ნაწილაკებსა და ფსკერულ ნალექებში აღინიშნება დარიშხანის მაღალი კონცენტრაციები.

საკვანძო სიტყვები: მდინარეები და არტეზიული წყლები, ჰიდროქიმია, დარიშხანი, დაბინძურება.

შესავალი

ბუნებაში ტექნოგენური დამაბინძურებლების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან წყაროს წარმოადგენს სამთო-მომპოვებელი საწარმოები, რომლებიც ნეგატიურ როლს თამაშობენ გარემოს დაბინძურების პროცესებში და შესაბამისად დიდ რისკ ფაქტორს წარმოადგენენ რეგიონის ეკოსისტემებისა და მოსახლეობის ჯანმრთელობასთან მიმართებაში.

რაჭა-ლეჩხუმისა და ქვემო სვანეთის რეგიონში ათეული წლების მანძილზე მიმდინარეობდა დარიშხანის მადნების მოპოვება, გადამუშავება და დარიშხანშემცველი ნაერთების წარმოება სოფლებში ცანა და ურავი. დღეისათვის ორივე საბადო დაკონსერვებულია და დარიშხანის წარმოება არ ხდება. პრობლემას წარმოადგენს დარიშხანშემცველი ნარჩენები და მიმდებარე ტერიტორიები, სახნავ-სათესი ნიადაგები. დღემდე სოფლებში ურავი და ცანა სამთოქიმიური ქარხნის ტერიტორიაზე ინახება საბჭოთა პერიოდიდან შემორჩენილი დარიშხანის წარმოების შედეგად დარჩენილი ტოქსიკური ნარჩენების (4-9 % თეთრი დარიშხანის შემცველი 130 000 ტონაზე მეტი) დიდი რაოდენობა, რომელიც არ იყო უსაფრთხოდ განთავსებული [1,2]. წლების მანძილზე, დარიშხანის ნარჩენების გავრცელების ძირითადი მექანიზმი დაკავშირებულია ატმოსფერული ნალექებით და ადიდებული მდინარეების წყლით ტოქსიკური ნარჩენების გამორეცხვასა და გადატანასთან, რაც ქმნის მდინარეებში, გრუნტის წყლებსა და ნიადაგებში ეკოლოგიური კატასტროფის მაღალ რისკს [3-5].

დარიშხანი დედამიწის ქერქის ბუნებრივი კომპონენტია და გავრცელებულია ნებისმიერ ეკოსისტემაში. იგი ბუნებაში წარმოდგენილია ორგანული და არაორგანული ფორმით, ეს უკანასკნელი კი ძალიან ტოქსიკურია [6]. მიუხედავად იმისა, რომ დარიშხანის ორგანიზმში მოხვედრის გზები შეიძლება იყოს კანი, სასუნთქი

გზები, ის მაინც ძირითადად ადამიანის ორგანიზმში საკვებიდან და სასმელი წყლიდან ხვდება. ორგანული დარიშხანის სახეობები ყველაზე ხშირად არის ზღვის პროდუქტებში, ხოლო ხმელეთის პროდუქტებში ძირითადად 3-5 ვალენტიანი დარიშხანის არაორგანული ფორმებია. აქედან გამომდინარე, დარიშხანი კვებით ჯაჭვში ერთვება ძირითადად დაბინძურებული ნიადაგიდან და წყლიდან.

ამასთან ერთად, მდინარეები ლუბუნის და ცხენისწყალი წარმოადგენს მდ.რიონის შენაკადს, რომელიც არის ქ.ქუთაისის სასმელი წყლის ძირითადი წყარო, ასევე გამოიყენებიან სარწყავად. ამავე დროს, ეს რეგიონი საქართველოს ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ტურისტული რეგიონია, რაც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს კატასტროფის მასშტაბებს.

საკვლევი ზონა და მეთოდები

ნაშრომში დაგეგმილია 2024 წლის რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთის რეგიონის დარიშხანის გადამამუშავებელი საწარმოების მიმდებარე ტერიტორიებზე არსებული მდინარეების, არტეზიული და წყაროს წყლების ჰიდროქიმიური კვლევა. 2024 წლის 24.04-03.05 რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთის რეგიონში ჩატარდა ექსპედიცია, რომლის დროსაც აღებული იყო საკვლევი მდინარეების (ცხენისწყალი, ლუბუნისა და რიონი) სინჯები ფონური და დაბინძურების წყაროს ქვემოთ, ასევე სასმელი და წყაროს წყლების სინჯები და განისაზღვრა მათი ჰიდროქიმიური ანალიზები. აღებულია აგრეთვე მდ.ცხენისწყლისა და მდ.ლუბუნის შეწონილი ნაწილაკები და ფსკერული ნალექები დარიშხანის განსაზღვრისათვის.

აღებულია ბუნებრივი წყლის სინჯები შემდეგ წერტილებში:

1. მდ.ლუბუნი, ურავი ზედა X-360228 Y-4722971;
2. მდ.ლუბუნი (სარკოფაგის ქვევით 100 მ-ში) X-358975 Y-4721438;
3. მდ.ცხენისწყალი ლენტეხის ზევით X-345157 Y-4741069;
4. მდ.ცხენისწყალი, ლენტეხის ქვევით X-31 39 88 Y-4737237;
5. შაორის წყალსაცავი X-340808 Y-4699495;
6. რიონი-ამბროლაური;

7. წყაროს წყალი ურავი 2-ის ტერიტორიაზე (150-200 მ-ის დაცილებით)
X-359777 Y-4722474;
8. წყაროს წყალი მთიდან ცანას მიმართულებით X-316809 Y-4741183;
9. „-----“, 50 მ-ის დაცილებით მე-8 პუნქტიდან;
10. „-----“, 50 მ-ის დაცილებით მე-9 პუნქტიდან;
11. მჟავე წყალი (წყარო) ურავი-1-ის ზევით X-313288 Y-4741009.

აღებულ წყლის სინჯებში განისაზღვრა: ჰიდროქიმიური პარამეტრები, კერძოდ: pH, ელექტროგამტარობა, ბიოგენური ნივთიერებები- NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , ძირითადი იონები, მინერალიზაცია, ჟბმ. აღებულ წყლის სინჯებში, მდინარის შეწონილ ნაწილაკებსა და ფსკერული ნალექების ნიმუშებში განისაზღვრა დარიშხანის საერთო ფორმის შემცველობა [7].

საშიშროების ინდექსის გამოსათვლელად გამოყენებული იქნა შემდეგი ფორმულა [8]:

$$\text{საშიშროების ინდექსი (HQ)} = \frac{\text{გაზომილი კონცენტრაცია (MC)/გარემოს ხარისხის სტანდარტები EQS}_{sw,dw}}$$

იმ შემთხვევაში, თუ $\text{HQ} > 1.0$, დარიშხანი ითვლება პოტენციურ რისკად წყლის გარემოსთვის და აქედან გამომდინარე, მოსახლეობის ჯანმრთელობისათვის.

გამოყენებული იქნება შემდეგი EQS-ის ზღვრული სიდიდეები:

- ზედაპირული წყალი: 0.05 მგ/ლ (მაქსიმალური დასაშვები კონცენტრაციები საქართველოს ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების შესახებ, დადგენილება № 425) [9];
- სასმელი წყალი: 0.01 მგ/ლ (მაქსიმალური დასაშვები კონცენტრაციები საქართველოში სასმელი წყლის დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების შესახებ, დადგენილება № 58) [10].

ანალიზები ჩატარდა თანამედროვე მეთოდებისა და აპარატურის გამოყენებით, რომლებიც აკმაყოფილებს და შეესაბამება ევროპულ სტანდარტებს, კერძოდ:

1. სპექტროფოტომეტრული მეთოდი - SPECORD 205; ISO 7150-1: 2010;
2. პლაზმურ-ემისიური სპექტრომეტრი - ICP-OES; Epa method 200.8;

- 4. საველე პორტატული აპარატურა - Hanna Combo pH/EC/TDS/PPM Tester HI98129;
- 5. pH-მეტრი - Milwaukee-Mi 150.

შედეგების განხილვა

ცხრ. 1 -ში მოცემულია ბუნებრივი წყლის სინჯებში ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები.

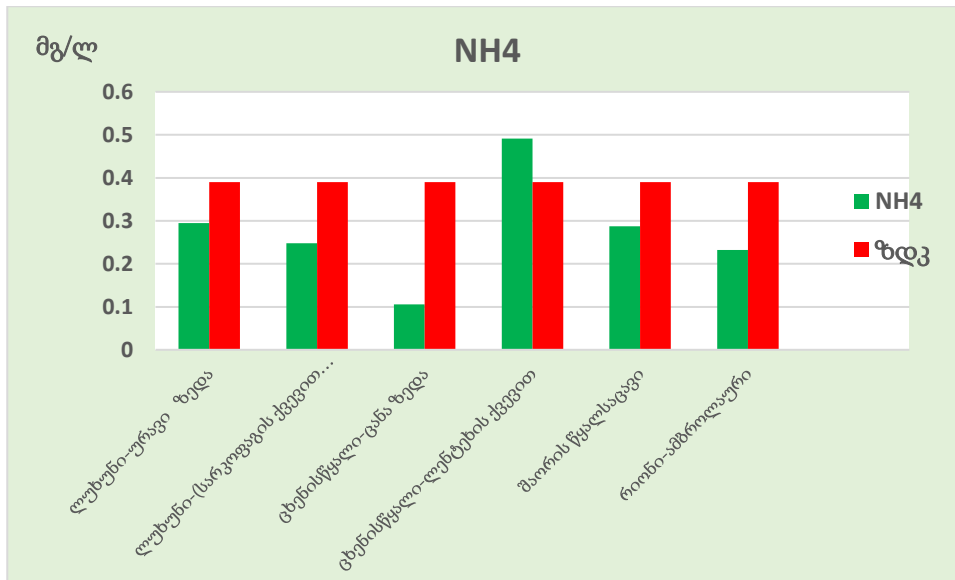
**ცხრილი 1. საკვლევი მდინარეების ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები
აპრილი, 2024**

#	ინგრედიენტები	ლუბუსურავი ზედა	ლუბუსური (სარკოფაგის ქვევით 100 მ დაცილებით)	ცხენისწყალი ცანა ზედა	ცხენისწყალი ლენტეხის ქვევით	შაორისწყალსა-ცავი	რიონი-ამბროლ-ა-ური	ზღვ*
			X-358975 Y-4721438	X-345623 Y-4741481	X-31398 Y-4737237	X-3340808 Y-4699495		
1	pH	7.9	8.0	7.6	7.9	7.8	7.7	6.5-8.5
2	ელექტროგამტარობა, μ ს	139	157	372	370	195	185	
3	ჟბმ, მგ/ლ	1.55	1.62	1.56	1.68	2.43	1.42	6.0
4	სიხისტე, მგ.ექვ/ლ	1.64	1.70	3.40	3.80	1.93	2.14	
5	ამონიუმი, მგN/ლ	0.295	0.248	0.106	0.491	0.287	0.232	0.39
6	ნიტრიტები, მგ/ლ	0.085	0.487	0.065	0.082	0.888	0.016	3.3
7	ნიტრატები, მგ/ლ	0.355	0.827	0.843	1.047	0.717	1.064	45
8	ფოსფატები, მგ/ლ	0,020	0.024	0.006	0.010	0.023	0.039	3.5
9	სულფატები, მგ/ლ	15.02	10.30	18.24	16.08	5.07	13.61	500
10	ქლორიდები, მგ/ლ	3.72	4.87	2.95	4.33	7.48	3.11	350

11	ბრომი, მგ/ლ	0.019	0.030	0.034	0.041	0.065	0.019	
12	ფტორი, მგ/ლ	0.102	0.148	0.052	0.095	0.182	0.144	
13	ჰიდროკარბონატები, მგ/ლ	97.61	98.92	229.61	219.97	131.76	123.22	
14	კალიუმი, მგ/ლ	9.0	7.0	20.7	6.0	13.75	6.25	
15	ნატრიუმი, მგ/ლ							
16	კალციუმი, მგ/ლ	28.05	18.45	61.22	60.12	22.58	26.71	
17	მაგნიუმი, მგ/ლ	3.04	9.43	4.93	9.75	9.78	9.81	
18	მინერალიზაცია, მგ/ლ	157.11	150.52	338.45	317.52	192.58	184.10	
19	დარიშხანი-As	0.0075	0.0041	0.0110	0.0030	0.0021	0.0051	0.05

ზღკ* - ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ზედაპირული წყლის ტექნიკური რეგლამენტის შესაბამისად (საქართველოს მთავრობის დადგენილება №425, 2013 წლის 31 დეკემბერი, ქ. თბილისი) [9]

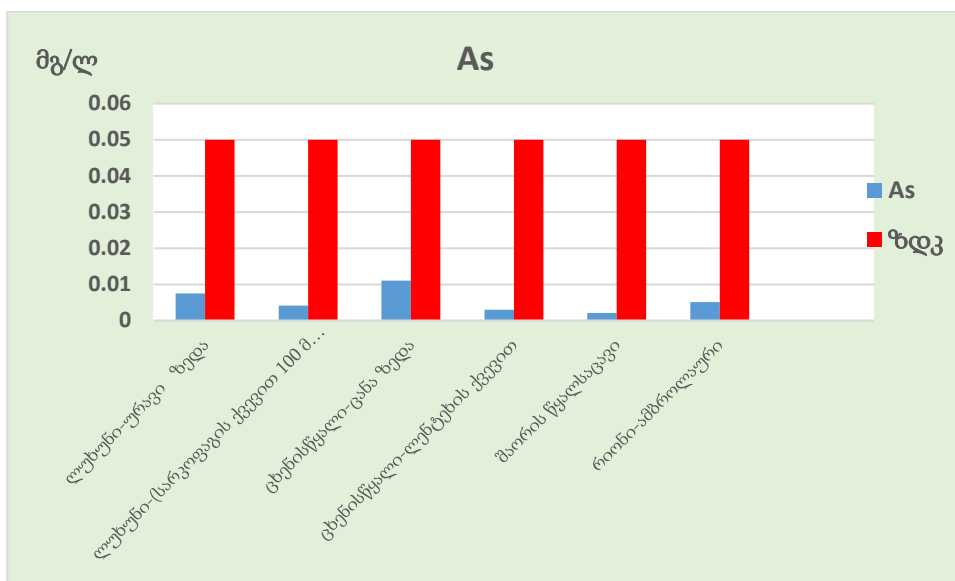
როგორც ცხრ. 1-დან ჩანს, მდინარის წყლებში, როგორც ფონური, ისე დაბინძურებულ ადგილებიდან აღებულ სინჯებში არც ერთი განსაზღვრული კომპონენტი, კერძოდ, ბიოგენური ნაერთები, ძირითადი კათიონები და ანიონები და სხვა არ აღემატება ზღკ-ს და ნორმის ფარგლებშია. ნახ.1-ზე მოცემულია ამონიუმის იონის შემცველობა მდინარის წყლებში. როგორც ნახაზიდან ჩანს ამონიუმის იონების კონცენტრაცია მდ.ცხენისწყალი-ლენტეხის ქვევით გაზრდილია და შეადგენს 0.491 მგ/ლ რაც შეადგენს 1.3 ზღკ-ს. ორივე მდინარის წყლის მინერალიზაცია მერყეობს 150,52 – 338,45, ხოლო შაორის წყალსაცავის - 192,58 მგ/ლ ფარგლებში, რაც მიანიშნებს იმაზე, რომ აღნიშნული წყლები მიეკუთვნებიან მცირედ (<200 მგ/ლ) და საშუალოდ (200-500 მგ/ლ) მინერალიზირებული წყლების კატეგორიას [11].



ნახაზი 1. ამონიუმის იონის კონცენტრაციის შემცველობა

საკვლევ მდინარეებში, აპრილი, 2024

როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს (ცხრ. 1, ნახ. 2), მდინარის წყლებში (მდ. ლუბხუნი და მდ. ცხენისწყალი) გამოვლენილია დარიშხანის კონცენტრაციები, როგორც ფონური, ისე დაბინძურების ქვემოთ აღებულ სინჯებში, თუმცა ისინი არც ერთ შემთხვევაში არ აღემატება ზღვ-ს. ვინაიდან ზედაპირული წყლებში ყველა გაზომილი კონცენტრაცია MC მაჩვენებელზე დაბალი იყო, შესაბამისად დაბალია საშიშროების ინდექსი ($HQ_{sw} < 1$) და არ არიან რისკის ქვეშ.



ნახაზი 2. დარიშხანის კონცენტრაციის შემცველობა

საკვლევ მდინარეებში, აპრილი, 2024

არტეზიული და სასმელი წყაროს წყალი ურავი 1 და ურავი 2-ის ტერიტორიაზე (150-200 მ დაცილებით) წყლების მინერალიზაცია მერყეობს 99.14-133.23 მგ/ლ ფარგლებში და ისინი მიეკუთვნება მცირედ მინერალიზირებული წყლების კატეგორიას; წყაროს წყალი მთიდან, ცანას მიმართულებით კი - 238.60-345.88 მგ/ლ ფარგლებშია და ეკუთვნის საშუალოდ მინერალიზირებულ წყლების კატეგორიას; ხოლო მჟავე წყლის (ურავი-1-ის ზევით) მინერალიზაცია ყველაზე მაღალია და შეადგენს 380.12 მგ/ლ სხვა წყლებთან შედარებით. ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების მიხედვითაც (ცხრ. 2) გამოირჩევა მჟავე წყაროს წყალი, სადაც აღინიშნება წყლის სიხისტის (3.58 მგ.ექვ/ლ) მატება. ჰიდროკარბონატების შემცველობა შეადგენს - 239.12; Ca⁺⁺ - 51.42; Na⁺⁺+K⁺ - 36.25 და Mg⁺⁺-11.89 მგ/ლ, თუმცა არც ერთი მაჩვენებელი არ აღმატება ზღვ-ს.

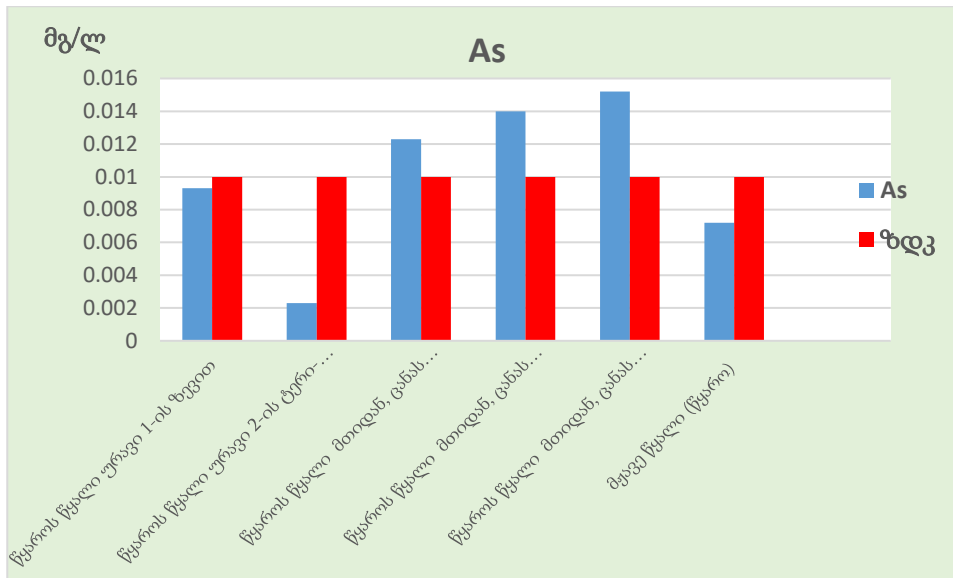
ცხრილი 2. არტეზიული და სასმელი წყლების ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები

#	ინგრედიენტები	წყაროს წყალი ურავი 1-ის ზევით	წყაროს წყალი ურავი 2-ის ტერიტორიაზე (150-200 მ დაცილებით)	წყაროს წყალი მთიდან, ცანას მიმართულებით	წყაროს წყალი მთიდან, ცანას მიმართულებით (შუაში)	წყაროს წყალი მთიდან, ცანას მიმართულებით (ბოლოში)	მჟავე წყალი (წყარო, ურავი 1-ის ზემოთ)	ზღვ *
1	pH	7.6	7.8	8.0	8,1	8.3	7.9	6-9
2	ელექტროგამტარობა, $\mu\text{sms/cm}$	135	98	365	220	310	390	
3	ჟბმ, მგ/ლ	1.32	1.52	1.95	1.25	0.95	5.27	
4	სიხისტე, მგ.ექვ/ლ	1.53	1.09	2.93	3.15	2.45	3.58	7-10
5	ამონიუმი, მგN/ლ	0.226	0.217	0.252	0.236	0.302	0.318	0.39
6	ნიტრიტები, მგ/ლ	0.170	0.051	0.044	0.111	0.124	0.050	0.2
7	ნიტრატები, მგ/ლ	0.624	0.756	2.114	1.326	3.321	0.203	50

8	ფოსფატები, მგ/ლ	0.171	0.084	0.147	0.139	0.088	0.018	3.5
9	სულფატები, მგ/ლ	4.63	6.46	58.65	8.24	52.34	28.55	250
10	ქლორიდები, მგ/ლ	2.66	2.97	3.23	2.78	3.09	12.22	250
11	ბრომი, მგ/ლ	0.046	0.016	0.036	0.048	0.015	0.092	
12	ფტორი, მგ/ლ	0.237	0.488	0.108	0.131	0.178	0.321	0.7
13	ჰიდროკარბონატები, მგ/ლ	96.16	65.88	0.178	0.205	0.269	239.12	
14	კალიუმი, მგ/ლ	4.5	5.0	5.5	4.0	4.5	36.25	
15	ნატრიუმი, მგ/ლ							
16	კალციუმი, მგ/ლ	17.82	11.24	65.42	52.25	32.86	51.42	
17	მაგნიუმი, მგ/ლ	7.82	6.49	9.133	10.02	8.53	11.89	
18	მინერალიზაცია, მგ/ლ	133.23	99.14	345.55	238.60	345.88	380.12	1000-1500
19	დარიშხანი-As	0.0093	0.0023	0.0123	0.0140	0.0152	0.0072	0.01

აპრილი, 2024

ზღვ* - ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის შესაბამისად (საქართველოს მთავრობის დადგენილება №58 2014 წლის 15 იანვარი ქ. თბილისი) [10]



ნახაზი 3. დარიშხანის კონცენტრაციის შემცველობა

არტეზიულ და სასმელ წყლებში, აპრილი, 2024

მნიშვნელოვან კომპონენტებს წარმოადგენენ ბიოგენური ელემენტები (აზოტი, ფოსფორი), რომლებიც ასახავენ ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხს და არიან ანთროპოგენული დატვირთვის ინდიკატორები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მათი ცალკეული ფორმების (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) შემცველობების კონტროლი წყალში, რომლებიც ახასიათებენ ისეთი პროცესების გაძლიერებას, როგორცაა ფეკალური დაბინძურება, გამოწვეული კომუნალური და სასოფლო-სამეურნეო ჩამდინარე წყლების ჩაშვებით. აზოტის მინერალური ფორმებიდან ამონიუმისა და ნიტრიტული ფორმების მაღალი შემცველობები არ დაფიქსირებულა, ნიტრატების და ფოსფატების მნიშვნელობები არ აღემატება შესაბამის ზდკ-ს.

წყაროს წყალში მთიდან ცანას მიმართულებით დარიშხანის კონცენტრაცია შეადგენს 0.0123- 0.0140 და 0.0152 მგ/ლ და მისი თანაფარდობა ზდკ-თან იქნება 1.23, 1.40 და 1.52, ე.ი. დარიშხანის კონცენტრაცია 1.2-1.5-ჯერ აღემატება ზდკ-ს. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ სამივე ეს წყალი ინტენსიურად გამოიყენება დასალევად მოსახლეობის მიერ. აქედან გამომდინარე, საშიშროების ინდექსი (HQ_{dw}) აპრილის თვეში წყაროს წყალი მთიდან, ცანას მიმართულებით აღემატება დასაშვებ ნორმას და წარმოადგენს რისკს, რადგან ყველა გაზომილი კონცენტრაცია MC მაჩვენებელზე დაბალი არ იყო. დანარჩენ შემთხვევებში დარიშხანის კონცენტრაცია ნორმის ფარგლებშია.

ცხრ. 3-ში მოცემულია მდინარის შეწონილ ნაწილაკებსა და ფსკერულ დანალექებში დარიშხანის შემცველობა, რომელიც შესაბამისად იცვლება შემდეგ საზღვრებში: მდ. ლუხუმისათვის 30.7 და 35.0 მგ/კგ, ხოლო მდ. ცხენისწყლისათვის 18.8 და 22.5 მგ/კგ-ის ფარგლებში.

**ცხრილი 3. მდინარის შეწონილ ნაწილაკებსა და ფსკერულ დანალექში
As-ის შემცველობა აპრილი, 2024**

№	სინჯის ადგილის ადგილი	კოორდინ	ანალიზის
		ა- ტები	შედეგი
			მგ/კგ
შეწონილი ნაწილაკები			
1	მდ. ლუხუმი-სარკოფაგის ქვემოთ	X-358975 Y-472143	30.7
2	მდ. ცხენისწყალი - ლენტეხის ქვემოთ	X-313988 Y-473723	18.8
ფსკერული დანალექი			
1	მდ. ლუხუმი-სარკოფაგის ქვემოთ	X-358975 Y-472143	35.0
2	მდ. ცხენისწყალი - ლენტეხის ქვემოთ	X-313988 Y-473723	22.5

ხშირად დარიშხანი მდინარის წყალში არ ფიქსირდება, მაგრამ ის არის შეწონილ ნაწილაკებსა და ფსკერულ დანალექში. დარიშხანის შემცველობის გაზრდა ფსკერულ დანალექებში მდინარის წყალთან შედარებით, შეიძლება აიხსნას დარიშხანშემცველი მადნების მაღალი კუთრი წონით: 3,4 – 6,2 გ/სმ³ და მისი დალექვისადმი მიდრეკილებით, ამიტომ მიზანშეწონილია მათში დარიშხანის კონცენტრაციის განსაზღვრა.

დასკვნა

- როგორც ჩატარებული ანალიზების შედეგები გვიჩვენებს მდინარეების pH მერყეობს 7.6-8.0, წყაროს წყლების არის რეაქცია კი - ტუტე მიმართულებით (7.6-8.3) არის გადახრილი;
- მდინარის წყლებში, როგორც ფონური, ისე დაბინძურებულ ადგილებიდან აღებულ სინჯებში ძირითადი კათიონები და ანიონები და დარიშხანი არ აღემატება ზდკ-ს და ნორმის ფარგლებშია. მხოლოდ ერთ შემთხვევაში დაფიქსირდა ამონიუმის იონის მატება ცხენისწყალი-ლენტეხის ქვემოთ (1.3 ზდკ). მდინარეების წყალის მინერალიზაცია მიეკუთვნება მცირედ და საშუალო მინერალიზირებული წყლების კატეგორიას;
- არტეზიულ და სასმელ წყლებში დამაბინძურებელი ინგრედიენტებიდან არც ერთი კომპონენტი არ აღემატება შესაბამის ზდკ-ს, ისინი მიეკუთვნებიან საშუალო მინერალიზირებული წყლების კატეგორიას;
- წყაროს წყალში ცანას მიმართულებით აპრილის თვეში სამივე შემთხვევაში დარიშხანის შემცველობა აღემატება ზდკ-ს, ხოლო დანარჩენ წყაროს წყლებში დარიშხანის კონცენტრაცია ნორმის ფარგლებშია;
- მდინარის წყლებში (მდ. ლუხუნი და ცხენისწყალი) დარიშხანის საშიშროების ინდექსი ($HQ_{sw} < 1$) და არ არის რისკის ქვეშ;
- არტეზიულ და სასმელ წყლებში დარიშხანის საშიშროების ინდექსი ($HQ_{Dw} > 1$), ე.ი. ეს წყლები არის რისკის ქვეშ;
- მდინარის შეწონილ ნაწილაკებში As-ის საერთო შემცველობა საკმაოდ მაღალია: მდ. ლუხუმი-სარკოფაგის ქვემოთ დაახლოებით 100 მ-ში მისი შემცველობა შეწონილ ნაწილაკებში შეადგენს 30.7 მგ/კგ, ხოლო მდ. ცხენისწყალი-ლენტეხის ქვემოთ - 18.8 მგ/კგ-ს.
- საკვლევი მდინარეების ფსკერულ ნალექებში დარიშხანის შემცველობა შეადგენს 35.0 მგ/კგ და 22.5 მგ/კგ, რაც შეიძლება აიხსნას დარიშხანშემცველი მადნების მაღალი კუთრი წონით და მისი დალექვისადმი მიდრეკილებით.

ლიტერატურა

1. გ.ალექსიძე, რ.ლოლიშვილი - საქართველოს გარემოს დაბინძურების ძირითადი ასპექტები. - საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები „ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტების წარმოების თანამედროვე ტექნოლოგიები სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარებისათვის“, თბილისი, გვ.33-45, 2016.
2. ნ.ბაგრატიონი „დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების განთავსების პირობების შესწავლა და მათი გავრცელების არეალის ეკოლოგიური შეფასება“, ავტორეფერატი, თბილისი, 2016.
3. G. Avkopashvili, M. Avkopashvili, A. Gongadze, R. Gakhokidze - Eco-Monitoring of Georgia's Contaminated Soil and Water with Heavy Metals - Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences - vol. 12, No. 2, pp. 595-604, 2017.
4. L.Shavliashvili, E.Bakradze, M.Arabidze and G.Kuchava - Arsenic pollution study of the rivers and soils in some of the regions of Georgia”. International Journal of Current Research Vol.9, Issue, 02, pp.47002-47008, February, 2017
5. ლ.შავლიაშვილი, მ.არაბიძე, ე.ბაქრაძე, გ.კუჭავა, მ.ტაბატაძე - ამბროლაურის მუნიციპალიტეტის ნიადაგებში დარიშხანის შემცველობის ქიმიური კვლევა - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ.129, გვ.84-90, 2020.
6. ARSENIC AND ARSENIC COMPOUNDS IARC MONOGRAPHS – 100C, (IARC, 1980, 1987, 2004).
7. Г.С.Фомин, А.Г.Фомин–Вода. Контроль качества и экологической безопасности по международнымстандартам. Справочник. Москва, 2001.
8. RISK ANALYSIS METHODOLOGY OF THE ARSENIC IMPACT ON THE WATER RESOURCES AND ITS APPLICATION IN PILOT BASIN Water Researcher Institute of Slovak Republic, 2019.
9. ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ზედაპირული წყლის ტექნიკური რეგლამენტის შესაბამისად (საქართველოს მთავრობის დადგენილება №425, 2013 წლის 31 დეკემბერი, ქ. თბილისი).

10. საქართველოში სასმელი წყლის დაბინძურებისგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების შესახებ, დადგენილება № 58.
11. გ.სუპატაშვილი - გარემოს ქიმია (ეკოქიმია) - თბილისი, უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 187გვ., 2009

**Study of hydrochemical composition of natural waters of Racha-Lechkhumi and
Kvemo Svaneti region in 2024**

Lali Shavliashvili - Academic Doctor of Agriculture, shavliashvililali09@gmail.com Institute of Hydrometeorology, Technical University of Georgia, Tbilisi, Georgia

Gulchina Kuchava - Academic Doctor of Chemistry, gkuchava08@gmail.com
Institute of Hydrometeorology, Technical University of Georgia, Tbilisi, Georgia

Ekaterina Shubladze - Academic Doctor of Chemical and Biological Engineering, ekashubladze051@gmail.com Institute of Hydrometeorology, Technical University of Georgia, Tbilisi, Georgia

Mariam Tabatadze - Academic Doctor of Chemistry, Dr. m.Tabatadze@gmail.com
Institute of Hydrometeorology, Technical University of Georgia, Tbilisi, Georgia

Reviewers: Liana Intskirveli - Academic Doctor of Chemistry, intskirvelebi2@yahoo.com
Institute of Hydrometeorology, Technical University of Georgia, Tbilisi, Georgia

Lia Aptsiauri - Academic Doctor of Chemistry, likaaptsiauri77@gmail.com
National Environmental Agency of Ministry of Environmental protection and Agriculture of Georgia, Tbilisi, Georgia

Abstract.

The paper discusses the hydrochemical characterization of the rivers (Lukhuni and Tskhenistskali), artesian and spring waters in the areas adjacent to the arsenic processing enterprises of the Racha-Lechkhumi and Kvemo Svaneti regions in 2023.

Rivers and artesian waters contaminated with various ingredients have been identified. Samples of suspended solids and bottom sediments were taken. The total content of arsenic was determined in the samples taken.

Analyzes were carried out using modern methods and equipment that correspond to European standards.

Based on the determination of arsenic concentration in surface, artesian and drinking water, the following conclusions were made:

- In surface waters (river Lukhuni and Tskhenistskali) the arsenic hazard index is less than 1 ($HQ_{sw} < 1$) and they are not in danger;
- In artesian and drinking waters, the arsenic hazard index is greater than 1 ($HQ_{dw} > 1$), these waters are at risk;
- High concentrations of arsenic are noted in the suspended solids and bottom sediments of rivers.

Key words: rivers and artesian waters, hydrochemistry, arsenic, pollution.

UDC 504.5.054.

**ქ. ქუთაისის ატმოსფერული ჰაერის PM10–ით დაბინძურების
გამოკვლევა რიცხვითი მოდელირებით. I. ფონური დასავლეთის მსუბუქი
ნიავის შემთხვევა**

ალექსანდრე სურმავა , ვეფხია კუხალაშვილი** , ნათია გიგაური* ,
ლეილა გვერდწითელი*** , ლიანა ინჭკირველი***

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის
ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

**ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მიხეილ
ნოდინას გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

*** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

რეცენზენტები: დიმიტრი ერისთავი, პროფესორი, სტუ-ა გერმოსდაცვითი
ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის უფროსი. საქართველო, თბილისი.

D.eristavi@gtu.ge

გიორგი მჭედლიშვილი , პროფესორი, სტუ-ა გერმოსდაცვითი ინჟინერიისა და
ეკოლოგიის დეპარტამენტი. საქართველო, თბილისი. G.mchedlishvili@gtu.ge

ანოტაცია

ქ. ქუთაისის ატმოსფერული ჰაერის PM10-ით დაბინძურების კვლევა განხორციელებულია ატმოსფერული პროცესების ევოლუციის 3D რეგიონალური მოდელისა და მინარევების გადატანა - დიფუზიის განტოლების ერთობლივი ინტეგრირებით. მიღებულია PM10-ის კონცენტრაციის დროში ცვლილებისა და სივრცული განაწილების სურათები. ნაჩვენებია, რომ ქალაქისა და მიმდებარე ტერიტორიის რელიეფი განაპირობებს ქარის სიჩქარის მიწისპირა ანტიციკლონური გრიგალის წარმოშობას. ფორმირებული ქარის სიჩქარის ველი ხელს უწყობს PM10-ის ქალაქიდან გატანას, ატმოსფეროს „თვითგასუფთავების“ პროცესს. გამოთვლებით მიღებულია, რომ აეროზოლის გავრცელების პროცესი პირობითად მიმდინარეობს ოთხ ეტაპად და დამოკიდებულია ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობაზე, ავტომაგისტრალების მდებარეობაზე და ქალაქის რელიეფზე. დილის 4-დან 7 სთ-მდე ადგილი აქვს კონცენტრაციის სწრაფ ზრდას, 7-დან 15 სთ - მდე – კონცენტრაციის სუსტ შემცირებას ან მუდმივობას, 15 –21 სთ-ის ინტერვალში კონცენტრაციის ზრდას, ხოლო 21-დან დილის 6 სთ-მდე - ქალაქის ჰაერის თვითგასუფთავებას. განსაზღვრულია შედარებით მაღალი დაბინძურების არეები. მიღებულია, რომ ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში ატმოსფეროს თერმული მდგრადობა თამაშობს მნიშვნელოვან როლს მიკროაეროზოლის კონცენტრაციის დროში ცვლილებისა და მაღალი კონცენტრაციების ფორმირების პროცესში.

საკვანძო სიტყვები: ატმოსფეროს PM10-ით დაბინძურება, კონცენტრაცია, მსუბუქი ნიავი, რიცხვითი მოდელირება.

შესავალი. უმცირესი მყარი და თხევადი მიკრო ნაწილაკები, რომელთა ზომები არ აღემატება 2.5 და 10 მიკრომეტრს, Particulate Matter 2.5 (PM2.5) და Particulate Matter 10(PM10), ატმოსფერული ჰაერის მეტად საშიში დამბინძურებელი აეროზოლებია. სიმცირის გამო, ისინი თავისუფლად აღწევენ ადამიანთა შინაგან ორგანოებში და ახდენენ ნეგატიურ ზემოქმედებას მათ ჯანმრთელობაზე. PM2.5 და PM10-ის ზემოქმედება ადამიანებზე იწვევს გულ-სისხლ-ძარღვთა დაავადებებს, ფილტვის კიბოს, ინსულტს და სხვა, ხშირ შემთხვევებში სიკვდილსაც კი [1-3]. ზემოქმედება რომელიც მოსალოდნელია

გამოიწვიოს ატმოსფერულ ჰაერში PM-ის არსებობამ, მოახდინოს ზეგავლენა ადამიანთა ჯანმრთელობაზე და სასიცოცხლო პირობებზე გაანალიზებულია [4]-ში. მასში ასახულია სამედიცინო, იურიდიული, ეკოლოგიური, სოციალური და სხვა საკითხები, რომლებიც წარმოიშვებიან გარემოს უმცირესი ნაწილაკებით დაბინძურების პრობლემის შესწავლის და გადაწყვეტის პროცესში.

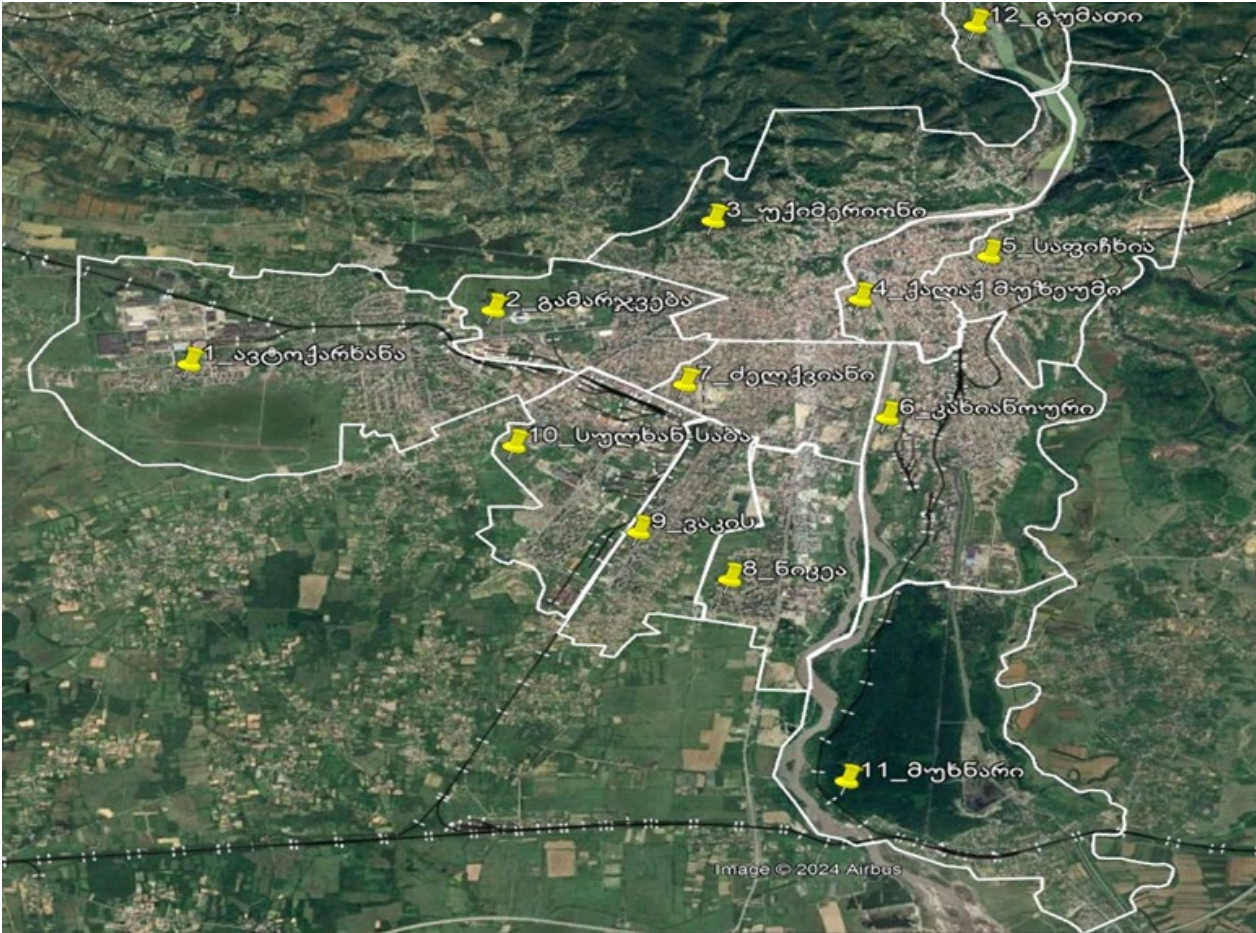
განსაკუთრებით აქტუალურია ატმოსფეროს PM_{2.5} და PM₁₀-ით დაბინძურების პრობლემა აზიის სახელმწიფოების ინდუსტრიულ ცენტრებში, მეგაპოლისებში და ცალკეულ მცირე ქალაქებში, სადაც მათი შემცველობა ჰაერში ხშირად რამდენჯერმე აღემატება ზღვრულად დასაშვებ დონეს [5-7]. უკანასკნელი მეოთხედი საუკუნის განმავლობაში ევროკავშირის ქვეყნებსა და გაერთიანებულ სამეფოში გატარებული ჰაერდამცავი ღონისძიებების შედეგად შემცირდა ატმოსფეროში დამაბინძურებელი ინგრედიენტების, PM_{2.5} და PM₁₀-ის ემისიები და გაუმჯობესდა ატმოსფეროს სისუფთავის ხარისხი. თუმცა, მთელ რიგ ქალაქებში, ჰაერის დაბინძურების დონე კვლავ აღემატება ევროკავშირის სტანდარტებს [6-8]. კავკასია არ მიეკუთვნება მიკრონაწილაკებით ძლიერად დაბინძურებულ რეგიონს. მის ქალაქებსა და ინდუსტრიულ ცენტრებში ჰაერის ხარისხის ინდექსი (AQI) დასაშვებ ფარგლებშია, ხოლო ჰაერის დაბინძურების დონე ძირითადად კარგისა და ზომიერის ფარგლებში [9-14].

საქართველოში PM_{2.5} და PM₁₀-ის მონიტორინგი იწყება 2018 წლიდან და დღეისთვის მიმდინარეობს ოთხ ქალაქში. ისინი არ შედიან მსოფლიოს ძლიერ დაბინძურებულ ქალაქების რიცხვში [5]. თუმცა, ცალკეულ შემთხვევებში მიკრონაწილაკების კონცენტრაციები ამ ქალაქებში აჭარბებენ ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობას [13, 14]. ასეთ ქალაქების რიცხვს მიეკუთვნება ქ. ქუთაისი. ის არის საქართველოს მნიშვნელოვანი ადმინისტრაციული და სატრანსპორტო ცენტრი.

წარმოდგენილ სტატიაში თეორიულად - ატმოსფეროში მინარევის გავრცელების კომპიუტერული მოდელირების საშუალებით შეისწავლება ქ. ქუთაისისა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე ატმოსფეროში PM₁₀-ის გავრცელებისა და დროში ცვლილების პროცესი.

კვლევის მეთოდი. მოდელირებისათვის განხილულია ქ. ქუთაისი და მისი მიმდებარე 13.4 კმ * 13.4 კმ ფართობის ტერიტორია. ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია ქ. ქუთაისის

რელიეფი, მისი ადმინისტრაციული ერთეულები (აე) და ინფრასტრუქტურა. ნახ. 1–დან ჩანს, რომ ქალაქს გააჩნია საკმაოდ რთული რელიეფი. რელიეფის სიმაღლე იცვლება 80 მ–დან 450 მ–მდე. იგი ჩრდილოეთიდან და აღმოსავლეთიდან შემოსაზღვრულია ქედებით და ცალკეული მთებით, ხოლო დასავლეთი და სამხრეთი ნაწილი განლაგებულია კოლხეთის დაბლობზე.



ნახ. 1. ქ. ქუთაისის რელიეფი, ადმინისტრაციული ერთეულები (აე) და ინფრასტრუქტურა.

ატმოსფეროს მეტეოროლოგიური ველებისა და ოროგრაფიის მათემატიკურად კორექტული აღწერისათვის გამოყენებულია რელიეფის მიმყოლი კოორდინატთა სისტემა $(t, x, y, \zeta = (z - \delta)/h)$. აქ t დროა, x და y პარალელისა და მერიდიანის გასწვრივ მიმართული კოორდინატებია, ζ განუზომადი ვერტიკალური კოორდინატაა, $\delta(x, y)$ რელიეფის სიმაღლეა ზღვის დონიდან, $h = H - \delta$ ტროპოსფეროს სისქეა, $H(t, x, y)$ -ტროპოპაუზის სიმაღლეა. არჩეულ კოორდინატთა

სისტემაში ატმოსფეროში პასიური ინგრედიენტის გადატანა-დიფუზიის განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით [15-18]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + (\tilde{w} - \frac{w_0}{h}) \frac{\partial C}{\partial \zeta} = \frac{\partial}{\partial x} \mu \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu \frac{\partial}{\partial y} + \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} v \frac{\partial C}{\partial \zeta} + F \quad (1) ,$$

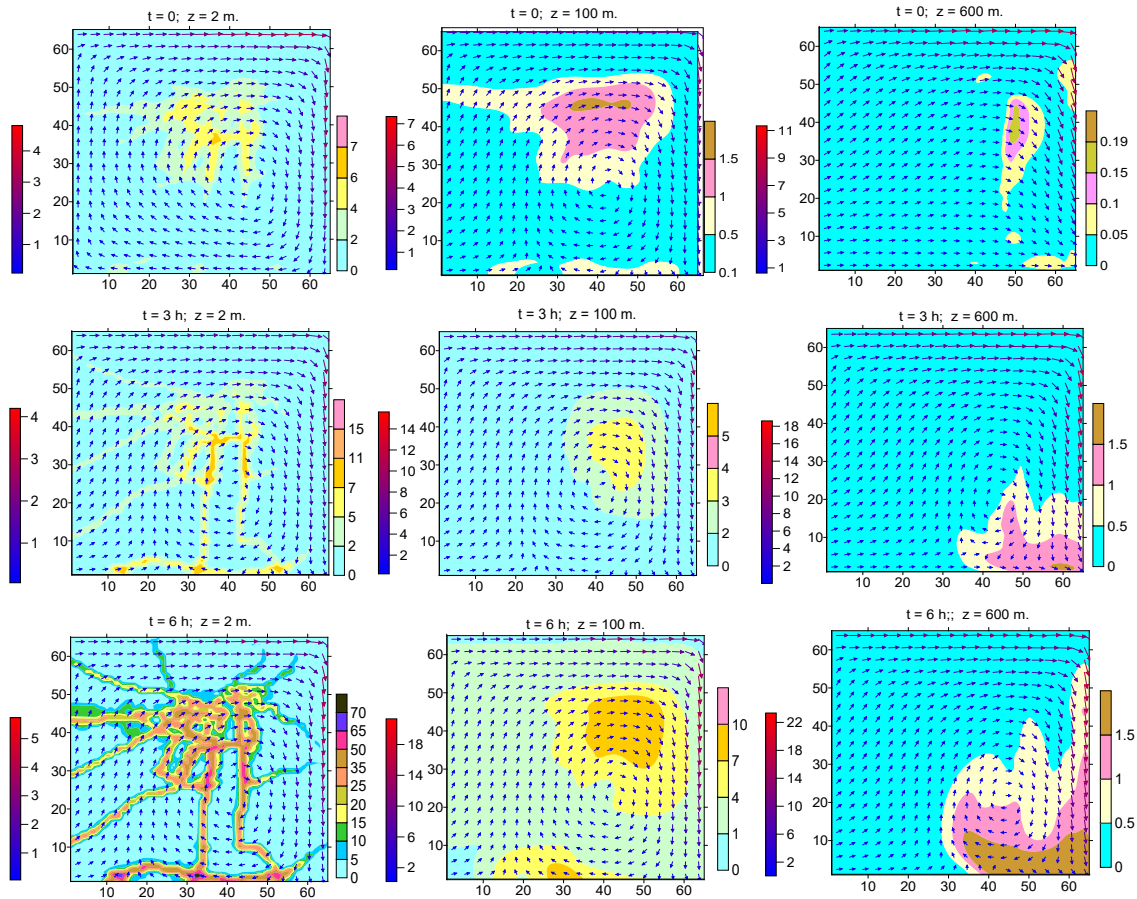
სადაც, C ინგრედიენტის კონცენტრაციაა; u, v, w და \tilde{w} ქარის სიჩქარის მდგენელებია x, y, z და ζ ღერძების გასწვრივ; w_0 ინგრედიენტის დალექვის სიჩქარეა. F(t, x, y, ζ) წყაროს მიერ ატმოსფეროში ინგრედიენტის გაფრქვევის სიჩქარეა. μ და v ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის კოეფიციენტებია. ქარის სიჩქარის მდგენელები და ტურბულენტობის კოეფიციენტები თავისუფალ ატმოსფეროსა და ატმოსფეროს სასაზღვრო და მიწისპირა ფენაში გამოითვლება [15-17] მოცემული განტოლებების საშუალებით.

PM აეროზოლების გავრცელება მოდელირდება (1) განტოლების რიცხვითი ინტეგრირებით, შესაბამისი საწყისი და სასაზღვრო პირობების გამოყენებით. ინტეგრირება განხორციელებულია გახლეჩის მეთოდისა [18] და კრანკ - ნიკოლსონის სქემის საშუალებით. რიცხვითი ბადის ბიჯები x და y ღერძების გასწვრივ ტოლია 200 მ-ის. ვერტიკალური განუზომადი ბიჯი თავისუფალ ატმოსფეროში ტოლია 1/31, რაც დაახლოებით შეესაბამება 300 მ-ს. ატმოსფეროს მიწისპირა 100 მ სისქის ფენაში ვერტიკალური ბიჯი იცვლება 0.5- დან 15მ - მდე. დროითი ბიჯი 1 წმ-ია. გამოთვლები ჩატარებულია 3 დღე-ღამის პერიოდისათვის. განხილულია ივნისის თვეში მშრალი ამინდის პირობები, როდესაც ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის 100 მ სიმაღლეზე ქრის ფონური დასავლეთის მსუბუქი ნიავი (1.6 - 3.3 მ/წმ ბოფორტის მასშტაბის მიხედვით). 100 მ-ის ზევით ქარის სიჩქარე წრფივად იზრდება და 9 კმ-ის სიმაღლეზე აღწევს 20 მ/წმ-ს. ატმოსფეროს ფარდობითი ტენიანობა 50%-ია.

დაშვებულია, რომ ატმოსფეროს PM10-ით დაბინძურება ხდება ავტოტრანსპორტის მოძრაობის შედეგად ქალაქისა და მის მიმდებარედ არსებულ ტერიტორიაზე მიწის ზედაპირიდან 0.5 მ სიმაღლეზე 5 ტიპის არეში: ავტომაგისტრალების, ქალაქის ცენტრალური ქუჩების, საცხოვრებელი, სამრეწველო ზონებისა და მიმდებარე სოფლების დაუსახლებელ ტერიტორიებზე. გაფრქვევის სიჩქარე სხვადასხვაა სხვადასხვა უბანში, პერიოდულია 24 სთ-ით და პროპორციულია ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობის. ის მინიმალურია 0-

4 სთ დროის ინტერვალში, 4-დან 10 სთ-მდე წრფივად იზრდება და მუდმივია 10 – დან 18 სთ-მდე. 18–24 სთ-მდე გაფრქვევის სიჩქარე წრფივად მცირდება და ხდება 0 სთ-ზე არსებული გაფრქვევის სიჩქარის ტოლი.

რიცხვითი მოდელირების შედეგები. ნახ. 2-ზე მოცემულია რიცხვითი მოდელირებით მიღებული, ქ. ქუთაისის ატმოსფეროში ივნისის თვეში ავტოტრანსპორტის მიერ გაფრქვეული PM10-ის კონცენტრაციის სივრცული განაწილება და დროში ცვლილება ფონური დასავლეთის მსუბუქი ნიავის დროს.



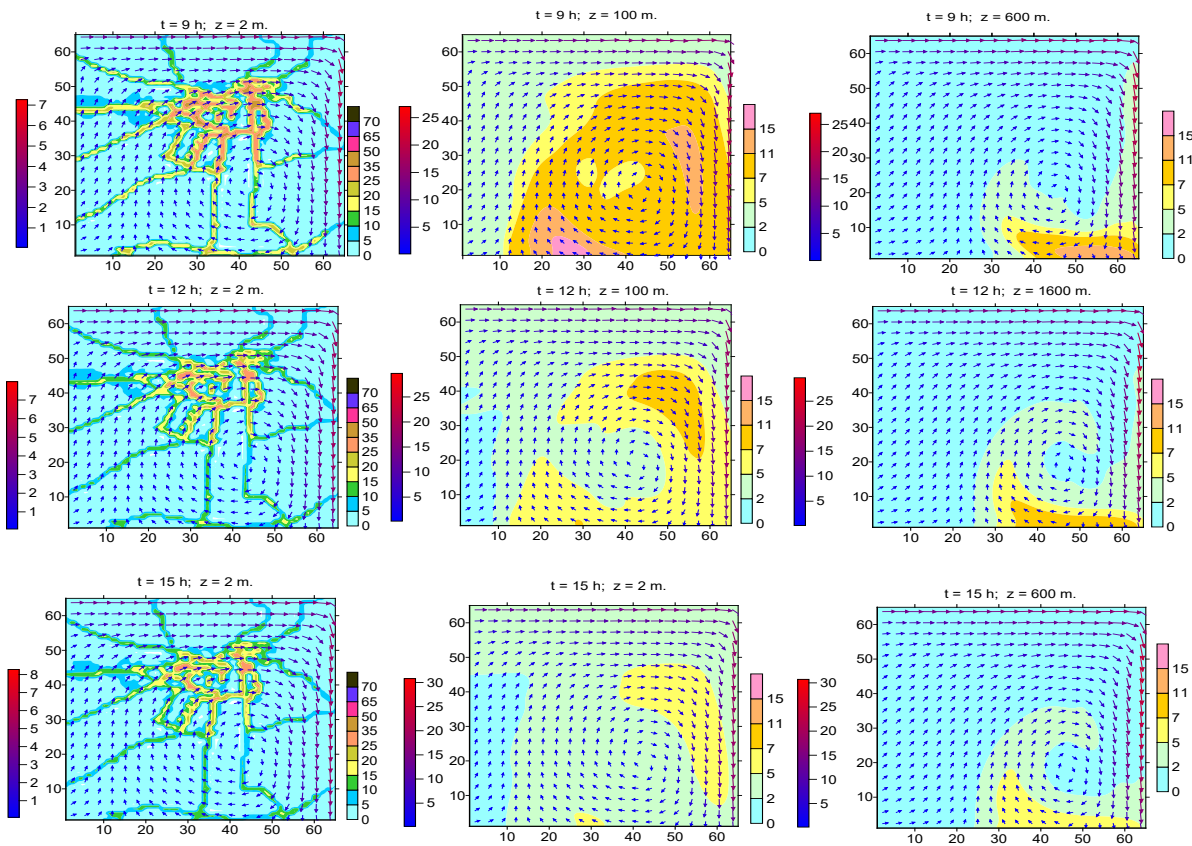
ნახ. 2. PM10-ის კონცენტრაციის ($\mu\text{კვ/მ}^3$) და ქარის სიჩქარის ვექტორის (მ/წმ) სივრცული განაწილება მიღებული რიცხვითი მოდელირებით, როცა $t = 0, 3$ და 6 სთ-ს.

ნახ. 2-დან ჩანს, რომ რელიეფის ზემოქმედება ფონურ ქართან იწვევს ატმოსფეროს მიწისპირა ფენასა და სასაზღვრო ფენის ქვედა ნაწილში ლოკალური მასშტაბის ოროგრაფიული ანტიციკლონის წარმოშობას. ანტიციკლონის ცენტრი მდებარეობს მოდელირების არის ცენტრიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთით არსებულ ქალაქის კახიანოური და მუხნარის აე-ის მიდამოებში. გამოთვლებმა აჩვენა, რომ დროში უცვლელი ფონური დასავლეთის მსუბუქი ნიავის დროს ფორმირებული ლოკალური

ქარის სიჩქარის სივრცული განაწილება და დროში ცვლილება კვაზისატაციონალურია (ნახ.3-ნახ.5). ქარის სიჩქარე მინიმალურია ანტიციკლონის ცენტრში და თანდათანობით იზრდება პერიფერიებში. ქარის სიჩქარე მაქსიმალურია რეგიონის ჩრდილოეთი და აღმოსავლეთი საზღვრის მიდამოებში. ამ ტერიტორიაზე სიჩქარის სიდიდე აღწევს 18–20 მ/წმ–ს. ქარის სიჩქარის ზრდა დაკავშირებულია არსებული ქედების დინამიკურ ეფექტთან და, ნაწილობრივ, რიცხვითი გამოთვლების დროს წარმოშობილ შეშფოთებებთან.

მიკროაეროზოლის კონცენტრაციის ველის და დროში ცვლილების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კონცენტრაციის მნიშვნელობები მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე მინიმალურია დღის 0–3 სთ ინტერვალში. როცა $t = 0$ კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა ქალაქის ცენტრში არსებულ მცირე ფართობზე აღწევს 7 მკგ/მ³–ს (აე ძელქვიანი). ქალაქის ცენტრალურ ნაწილში არსებული საავტომობილო ტრასის მახლობლობაში კონცენტრაცია 4–6 მკგ/მ³–ია, ხოლო შემოგარენსა და პერიფერიებში არსებულ უმეტეს ტერიტორიაზე კონცენტრაციის სიდიდე იცვლება 0–5 მკგ/მ³–ის ინტერვალში. $t = 3$ სთ–თვის მიწისპირა კონცენტრაციის სივრცული განაწილების სურათი მცირედ იცვლება. კონცენტრაცია მცირდება ქალაქის ცენტრში და იზრდება მოდელირების არის სამხრეთ ნაწილში მდებარე ქ. ქუთაისის გარშემომდებელი გზის მიდამოებში. ამ უბანში კონცენტრაციის მნიშვნელობა აღწევს 10 მკგ/მ³. კონცენტრაციის აღნიშნული ცვლილება დაკავშირებულია ქარის სიჩქარის ანტიციკლონური ცირკულაციის დივერგენტულ ხასიათთან, რომელიც იწვევს ნივთიერების გატანას გრიგალის ცენტრიდან პერიფერიებისკენ. დროის აღნიშნულ ინტერვალში ადგილი აქვს ასევე ნივთიერების სუსტ გადატანას ატმოსფეროს მიწისპირა ფენიდან მის ზედა ნაწილებში. შედეგად, მიწის ზედაპირიდან 100 და 600 მ სიმაღლეებზე 3 სთ–სთვის კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობები აღწევს 4 და 1.5 მკ გ/მ³. მიწისპირა კონცენტრაციის განსაკუთრებით ინტენსიური ზრდა მიღებულია 3–დან 7 სთ–მდე ინტერვალში. აღნიშნული დაკავშირებულია, ერთის მხრივ, ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობის ზრდის შედეგად ატმოსფეროში გაფრქვეული PM10-ის რაოდენობის ზრდასთან, და მეორეს მხრივ, ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის თერმიული სტრატეფიკაციის ცვლილებასთან. დროის ამ პერიოდში, ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის ქვედა ნაწილში ხდება ჰაერის ტემპერატურის შემცირება. აღნიშნული ეფექტი იწვევს,

ტემპერატურის ვერტიკალური მდგრადობის მომატებას, ვერტიკალური ტურბულენტობის შემცირებასა და დაბინძურების დონის გაზრდას. მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე, კონცენტრაციის მნიშვნელობები ქალაქის ცენტრალურ ნაწილში, სამხრეთით მდებარე გარეუბნების ცენტრალური ქუჩებისა და გარშემოვლით მაგისტრალზე იცვლება 20-დან 50 მკგ/მ³-მდე. მაქსიმალური კონცენტრაციები 60–70 მკგ/მ³ მიღებულია ქალაქი მუზეუმის, გამარჯვების, ძელქვიანის რაიონების და გარშემოვლით გზებზე არსებულ ცენტრალურ გზაჯვარედინებზე. პარალელურად, ოღონდ შედარებით ნელი ტემპით, მიმდინარეობს კონცენტრაციის ზრდა ატმოსფეროს მიწისპირა და სასაზღვრო ფენებში.

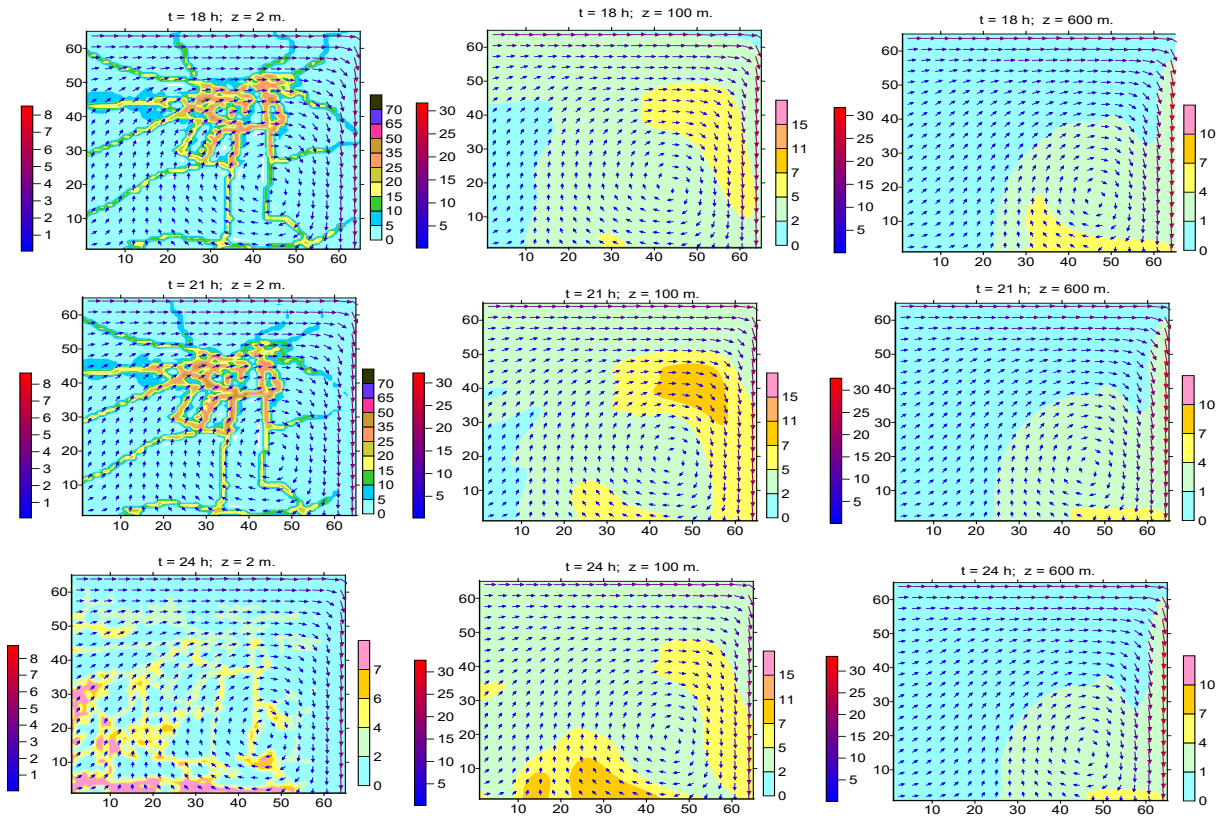


ნახ. 3. PM10-ის კონცენტრაციის (მკგ/მ³) და ქარის სიჩქარის ვექტორის (მ/წმ) სივრცული განაწილება მიღებული რიცხვითი მოდელირებით, როცა $t = 9, 12$ და 15 სთ–ს.

დილის 9 საათის შემდეგ იწყება კონცენტრაციის ნელი შემცირების პროცესი ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის ქვედა და ინტენსიური ზრდა მიწისპირა ფენის ზედა ნაწილში (ნახ.3). მიწისპირა ფენაში კონცენტრაციის შემცირების პროცესი გრძელდება 13–15 სთ–მდე. ამ დროს ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების დონე საგრძნობია ქალაქის ცენტრალურ ნაწილში შედარებით მცირე ფართობის მქონე ტერიტორიებზე

უქიმერიონის, გამარჯვების, ქალაქი მუზეუმისა და ნიკეას აე-ბში. ან რაიონებში კონცენტრაციის მნიშვნელობები არ აღემატება 25 მკგ/მ³-ს. აღნიშნული ტერიტორიების გარეთ კონცენტრაციის მნიშვნელობები 1–10 მკგ/მ³-ის ინტერვალშია. ანალოგიურად მცირდება დაბინძურების დონე 100 და 600 მ სიმაღლეებზე. ამ დონეებზე იზოწირების ზედაპირული განაწილების სურათი ნათლად აჩვენებს ცირკულაციური მოძრაობის გავლენას ინგრედიენტის გადატანის პროცესზე.

დღის 15 სთ–ის შემდეგ იწყება კონცენტრაციის ზრდის მეორე ეტაპი, რომელიც მიმდინარეობს აეროზოლის გაფრქვევის მუდმივი სიჩქარის დროს (10–დან 18 სთ–მდე) და გრძელდება 21 სთ–მდე ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში 2 მ სიმაღლეზე (ნახ. 4).

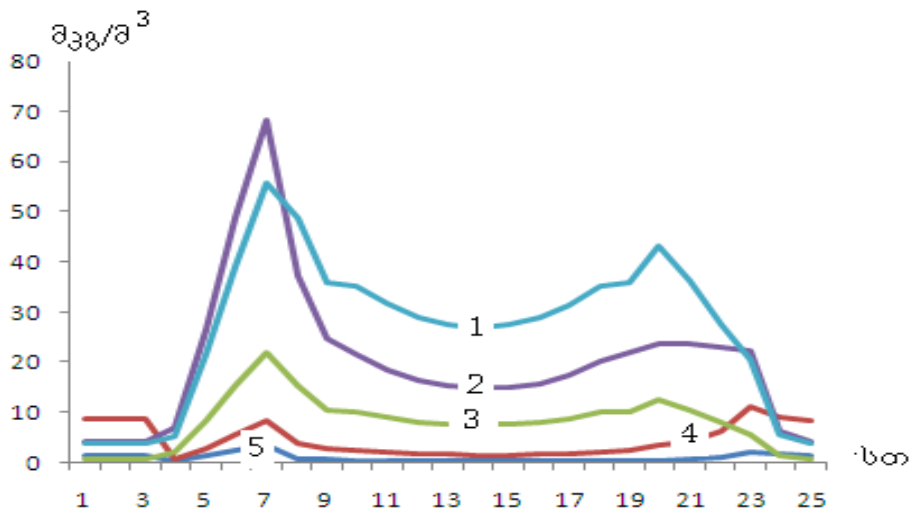


ნახ. 4. PM10-ის კონცენტრაციის (მკგ/მ³) და ქარის სიჩქარის ვექტორის (მ/წმ) სივრცული განაწილება მიღებული რიცხვითი მოდელირებით, როცა t = 18, 21 და 24 სთ–ს.

კონცენტრაციის სივრცული განაწილება თვისობრივად მსგავსია და რაოდენობრივად ახლოსაა 12 სთ–ზე მიღებული განაწილების. დროის მოცემული ინტერვალისათვის დამახასიათებელია მინარევის დივერგენტული გატანა მოდელირების არის ცენტრიდან მის სამხრეთ და სამხრეთ–დასავლეთ საზღვრებისაკენ.

შედეგად ქალაქის ურბანულ ნაწილში კონცენტრაციის მნიშვნელობა 2–5 მკგ/მ³-ია, ხოლო სამხრეთ საზღვართან 7–8 მკგ/მ³. ჩატარებულმა რიცხვითმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ მუდმივი ფონური ქარის დროს ატმოსფეროში გაფრქვეული აეროზოლის კონცენტრაციის დროში ცვლილება კვაზისტაციონალურია.

ნახ. 5-ზე ნაჩვენებია გამოთვლებით მიღებული PM10-ის კონცენტრაციების დროში ცვლილების გრაფიკი 5 ძირითადი ტიპის პუნქტისათვის.



ნახ. 5. PM10-ის კონცენტრაციების დროში ცვლილება ავტომაგისტრალების (1), ქალაქის ცენტრალური ქუჩების (2), სამრეწველო (3), სასოფლო-სამეურნეო ზონების (4), და დაუსახლებელი ტერიტორიების (5) პუნქტებში მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე.

ნახ.5-დან ჩანს, რომ კონცენტრაციის დროში ცვლილება თვისობრივად ერთნაირია იმ პუნქტებისათვის, სადაც ადგილი აქვს ინტენსიურ საავტომობილო მოძრაობას. ამ პუნქტებში კონცენტრაციის დროში ცვლილება ხასიათდება 2 მაქსიმუმის (7 და 21 სთ-ზე) და ორი მინიმუმის (4 და 15 სთ-ზე) არსებობით. რაც შეეხება სოფლის ტიპის დასახლებულ და დაუსახლებელ ტერიტორიებს, მათ მიდამოებში კონცენტრაციის დროში ცვლილება თვისობრივად ანალოგიურია მხოლოდ მნიშვნელობები არ აღემატება 5 მკგ/მ³-ს და სუსტადაა დამოკიდებული ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობაზე.

რიცხვითი მოდელირების შედეგები შედარებულია 2023 წელს ჩატარებული სპეციალური ექსპედიციური გაზომვის შედეგებთან. შედარებამ აჩვენა, რომ თეორიული და ექსპერიმენტული გაზომვის შედეგები, ძირითადად, 30% სიზუსტით ემთხვევიან. დიდ განსხვავებებს ადგილი აქვს იმ ტერიტორიებზე, სადაც მიმდინარეობდა აქტიური

საგზაო სამუშაოები (ავტოქარხნის აე) და მუშაობდა ასფალტო-ბეტონის საწარმო (ნიკეას ქუჩის დასაწყისი).

დასკვნა. რიცხვითი მოდელირებით გამოკვლეულია ქ. ქუთაისის ტერიტორიაზე ავტოტრანსპორტის მიერ წარმოშობილი PM10–ის სივრცული განაწილებისა და დროში ცვლილების თავისებურება ივნისის თვეში ფონური მსუბუქი ნიავის დროს. ნაჩვენებია, რომ გამოთვლილი კონცენტრაციების მნიშვნელობები დაკვირვებული სიდიდეების ფარგლებშია. სივრცული განაწილება მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული როგორც ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობაზე, ასევე ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის კინემატიკაზე და ქვეფენილ ზედაპირზე თერმული რეჟიმის დღეღამური ცვლილებით ფორმირებულ ლოკალურ ცირკულაციურ სისტემაზე. განსაზღვრულია ქალაქის და მიმდებარე ტერიტორიებზე მაღალი და საშუალო დაბინძურების დონეები და მათი მდებარეობის ცვლილება დღეღამის განმავლობაში.

მადლიერების გამოხატვა. სამეცნიერო კვლევა დაფინანსებული და შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის FR-22-4765 გრანტის ფარგლებში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Pope C.A., Burnett R.T., Thun M.J., Calle E.E, Krewski D., et al. (2002) Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *J. Am. Med. Assoc.* **287**: 1132–1141.
2. World Health Organization. Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air– REVIHAAP Project. First result.
3. Mortality and burden of disease from ambient air pollution-WHO.
https://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/burden/en/.
4. Integrated Science Assessment for Particulate Matter. (2019) . EPA. United States Environmental Protector Agency. p.1967. EPA/600/R-19/188. www.epa.gov/isa.
5. Agrawal G., Mohan D., Rahman H. (2021) Ambient air pollution in selected small cities in India: Observed trends and future challenges. *IATSS Research.* **45**, Issue 1 : Pages 19-30.
<https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2021.03.004>.
6. Kobza J., Geremek M., Dul L. (2018) Characteristics of air quality and sources affecting high levels of PM10 and PM2.5 in Poland, Upper Silesia urban area Environmental Monitoring and Assessment. **190**, Article number: 515 (2018)

7. World's most polluted cities (historical data 2017-2022). <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities>.
8. Girish Agrawal, Dinesh Mohan, Hifzur Rahman^bAmbient air pollution in selected small cities in India: Observed trends and future challenges. IATSS Research. Volume 45, Issue 1, April 2021, Pages 19-30. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2021.03.004>.
9. Air quality in Tbilisi. IQ Air. <https://www.iqair.com/georgia/t-bilisi/tbilisi>.
10. Air quality in Baku. Air quality index (AQI) and PM2.5 air pollution in Baku. <https://www.iqair.com/azerbaijan/baki/baku>
11. Air quality in Armenia. Air quality index (AQI) and PM2.5 air pollution in Armenia. <https://www.iqair.com/armenia>.
12. Environmental pollution, https://air.gov.ge/reports_page
13. Amiranashvili, A. G., Kirkitadze, D. D., Kekenadze, E. N. (2020). Pandemic of Coronavirus COVID-19 and Air Pollution in Tbilisi in Spring 2020. Journals of Georgian Geophysical Society, **23(1)**. <https://doi.org/10.48614/ggs2320202654>
14. Surmava, A. A., Kukhalashvili, V. G., Gigauri, N. G., & Intskirveli, L. N. (2023). PM2.5 and PM10 in the Atmosphere of Kutaisi City. Journals of Georgian Geophysical Society, 26(2). <https://doi.org/10.60131/ggs.2.2023.7445>
15. Surmava A., Intskirveli L., Kukhalashvili V. (2021) Numerical Modeling of the Transborder, Regional and Local Diffusion of the Dust in Georgian Atmosphere, p.139, Publishing House, Technical University”, Tbilisi, Georgia. ISBN 978-9941-28-810-4, <http://www.gtu.ge> (in georgian)
16. Surmava A., Intskirveli L., Kordzakhia G. (2020) Numerical modeling of dust propagation in the atmosphere of a city with complex terrain. The case of background eastern light air. Journal of Applied Mathematics and Physics , **8.7**:1222-1228. <https://doi.org/10.4236/jamp.2020.87092>
17. Kazakov A. L., Lazriev G. L. On Parametrization of Atmospheric Boundary Layer and Active Soil Layer. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 15, 1978, pp. 257-265.
18. Marchuk G.I. Mathematical modeling in the problem of the environment. Moscow, Science, 1982, 320 p. (in Russian).

Numerical Investigation of the Kutaisi City Atmosphere Pollution by PM 10. I. A Case of the Background Western Light Breeze

*,**Aleksandre Surmava, **Vepkhia Kukhalashvili, *Natia Gigauri,*** Leila Gverdtsiteli,

**Liana Intskirveli

*Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, 150-g,
D.Aghmashenebeli Ave., Tbilisi, 0112, Georgia

**M. Nodia Institute of Geophysics at the Iv. Javakishvili Tbilisi State University, 1,
M.Aleksidze Str., Tbilisi, 0171, Georgia

*** Georgian Technical University, 77, M.Kostava Str., Tbilisi, 0171, Georgia

Reviewers: Dimitri Eristavi, Professor, Head of the Environmental Engineering and Ecology Department of STU-A. Georgia Tbilisi. d.eristavi@gtu.ge

Giorgi Mchedlishvili, professor, STU-A Department of Environmental Engineering and Ecology. Georgia Tbilisi. G. mchedlishvili@gtu.ge

Annotation

The study of Kutaisi atmospheric air pollution with PM10 is carried out by the joint integration of the 3D regional model of the evolution of atmospheric processes and the transfer - diffusion equation of impurities. Figures of PM10 concentration change over time and spatial distribution were obtained. It is shown that the topography of the city and the surrounding area determines the generation of surface layer anticyclonic eddies of wind speed. The formed wind speed field contributes to the removal of PM10 from the city, the process of "self-cleaning" of the atmosphere. Calculations show that the process of spreading aerosols takes place in four stages and depends on the intensity of traffic, the location of highways and the terrain of the city. From 4 to 7 a.m. there is a rapid increase in concentration, from 7 to 3 p.m. - a weak decrease or constancy of concentration, in the interval from 3 p.m. to 9 p.m. there is an increase in concentration, and from 9 p.m. to 6 a.m. - city air self-cleaning. Areas of relatively high pollution are defined. It is accepted that the thermal stability of the atmosphere in the surface layer of the atmosphere plays an important role in the time change of microaerosol concentration and in the process of formation of high concentrations.

Key words: atmospheric PM10 pollution, concentration, light breeze, numerical modeling.

**მდინარე მტკვრის აუზის მიკროშენაკადების –
ლოჭინისა და ორხევის მიკრობიოლოგიური გამოკვლევა**

ჯიმშერ ქერქაძე – ასოც. პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, გარემოს-
დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, სტუ-ის ქიმიური
ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი; E-mail: j.kerkadze@gtu.ge;
მობ.: (599) 274 639; საქართველო, 0171, თბილისი, მ. კოსტავას 69.

გიული ჯოხაძე – ასოც. პროფესორი, ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი, ქიმიური და
ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, სტუ-ის ქიმიური
ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი; E-mail: g.jokhadze@gtu.ge;
მობ.: (599) 276 245; საქართველო, 0171, თბილისი, მ. კოსტავას 69.

ირაკლი როსტომაშვილი – აკადემიური დოქტორი; E-mail: rostomashviliirakli@yahoo.com;
მობ.: (591) 807 519; საქართველო, 0171, თბილისი, მ. კოსტავას 69.

მაია ოჩიგავა – სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის
ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის სადოქტორო პროგრამის
დოქტორანტი; E-mail: maka_och@yahoo.com; მობ.: (598) 660 035;
საქართველო, 0171, თბილისი, მ. კოსტავას 69.

რაულ კოკილაშვილი – ასოც. პროფესორი, ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი, სასურსათო
ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, სტუ-ის აგრარული მეცნიერებებისა და
ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტი; E-mail: raul.kokilashvili@gmail.com;
მობ.: (599) 537 025; საქართველო, 0192, თბილისი, დ. გურამიშვილის გამზ. 17.

შალვა ანდღულაძე – პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, გარემოსდაცვითი
ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლო-
გიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი; E-mail: shalvaandguladze@gtu.ge;
მობ.: (593) 310 300; საქართველო, 0171, თბილისი, მ. კოსტავას 69.

რეცენზენტები:

დიმიტრი ერისთავი – პროფესორი, ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი, სტუ-ის ქიმიური
ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი; გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და
ეკოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი; E-mail: d.eristavi@gtu.ge; მობ.: (599) 115
670

თეიმურაზ ბუაჩიძე – პროფესორი, ბიოლოგიის მეცნიერებათა კანდიდატი, ქიმიური და
ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და
მეტალურგიის ფაკულტეტი; E-mail: tbuachidze@gtu.ge; მობ.: (599) 960 580

ანოტაცია

ქალაქ თბილისის ინდუსტრიულ ზონაში მოქცეული მდინარე მტკვრის აუზის მიკროშენაკადებიდან – ლოჭინიდან და ორხევიდან აღებულ ზედაპირული წყლის სინჯებზე ჩატარებული მიკრობიოლოგიური კვლევით ნაჩვენებია, რომ საერთო კოლიფორმული ბაქტერიების (ლაქტოზადადებითი ნაწლავური ჩხირები და *Escherichia coli*) შემცველობის მიხედვით, მდინარე ლოჭინის მონაცემები მდინარე ორხევის მონაცემებზე გაცილებით უფრო მაღალია. თუმცა, თავის მხრივ, ორივე საკვლევი მდინარისათვის, ამავე ინდიკატორების მიხედვით, დაფიქსირებული ეს მაჩვენებლები, ნორმატიულად დადგენილს ბევრად აღემატება. აღნიშნული ფაქტი უცილობლად მიუთითებს მოსალოდნელ პოტენციურ საფრთხეზე ორივე საკვლევი მდინარის ზედაპირულ წყლებთან მიმართებაში, ამიტომაც ეს მცირე მდინარეები ბაქტერიოლოგიური დაბინძურების მხრივ ლოკალურ კერებად შეიძლება მივიჩნიოთ, რადგანაც მათი კალაპოტებისა და ხეობების მიმდებარედ ფიქსირდება არასანქცირებული ნაგავსაყრელები, ასევე ადგილი აქვს ახლომდებარე დასახლებული პუნქტებიდან საყოფაცხოვრებო და სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების ჩამდინარე წყლების არინებას. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საკანალიზაციო სისტემა ყველგან გაუმართავია, შესამჩნევია ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების არარსებობა და სხვა სახის დარღვევები.

საკვანძო სიტყვები: ინდიკატორული მიკროორგანიზმები, კოლიფორმები, მიკრობიოლოგიური კვლევა, ფეკალური დაბინძურება, ქრომოგენური აგარი, წყლის ხარისხი.

შესავალი

წყალსატევების მიკრობიოლოგიური კვლევა მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტია გარემოს უსაფრთხოებისა და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის უზრუნველსაყოფად. ანალიზის თანამედროვე მეთოდები კი შესაძლებელს ხდის წყლის ეკოსისტემების მდგომარეობის შესახებ ზუსტი და დეტალური მონაცემების მოპოვებას, რაც თავის მხრივ, ხელს უწყობს გარემოს დაცვის, პოტენციური საფრთხეების იდენტიფიცირებისა და წყლის ხარისხის გაუმჯობესებისათვის ეფექტური ზომების მიღების შესაძლებლობას.

მდინარეების მიკრობიოლოგიური გამოკვლევების მიზანია წყლის სანიტარული მდგომარეობის შეფასება, ზოგადი მიკრობული დაბინძურების დადგენა და ისეთი ინდიკატორული მიკროორგანიზმების იდენტიფიცირება, როგორცაა: კოლიფორმული ბაქტერიები (საერთო კოლიფორმები) და ფეკალური კოლიფორმები (თერმომდგრადი კოლიფორმები). ფეკალური კოლიფორმების ჯგუფში შედის *Escherichia coli* (*E. coli*), რომელიც ფეკალური დაბინძურების ძირითადი ინდიკატორია. *E. coli*-ის არსებობა წყალში პირდაპირ მიუთითებს მის ფეკალურ დაბინძურებაზე.

ძირითადი ნაწილი

ქალაქ თბილისის ადმინისტრაციულ ფარგლებში გამავალი მდინარე მტკვარი თავისი მრავალრიცხოვანი მიკროშენაკადით ქმნის ისეთ დატოტილ, ერთიან სამდინარეო ქსელს, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს არა მარტო ჩვენი დედაქალაქის ზოგად იერსახეზე, არამედ წარმოადგენს მისი ეკოლოგიური კეთილდღეობის უმნიშვნელოვანეს ფაქტორსაც.

მდინარე მტკვრის აუზის მიკროშენაკადების შესახებ სამეცნიერო ლიტერატურაში [1] არსებული და ინტერნეტ-რესურსებით მოძიებული ჰიდროგრაფიული და ეკოლოგიური შინაარსის ინფორმაციის გაანალიზების შედეგად, საკვლევ ობიექტებად შეირჩა ჩვენი დედაქალაქის ჩრილო-აღმოსავლეთით მდებარე ინდუსტრიულ ზონაში გამავალი ორი მცირე მდინარე – ლოჭინი და ორხევი. ასეთი არჩევანი ძირითადად განპირობებული იყო ორი არგუმენტის გამო. ერთი ის, რომ სხვებისააგან განსხვავებით, ამ მცირე მდინარეთა ხეობები და კალაპოტები იმყოფება საკმაოდ მძლავრი ანთროპოგენური ზემოქმედების ქვეშ, რაც გულისხმობს ერთმანეთის მიმდებარედ და მონაცვლელობით განთავსებული სამოქალაქო ტიპის დასახლებებისა და საწარმოო ობიექტებით წარმოდგენილი სამრეწველო ზონით გარშემორტყმულ ტერიტორიულ არეალს. მეორე, ეს სამდინარეო ობიექტები, მდინარე მტკვრის სხვა მიკროშენაკადებისაგან განსხვავებით, გამოირჩევა მუდმივი ჩამონადენის არსებობით, რაც ორივე მდინარეზე მთელი კალენდარული წლის განმავლობაში სისტემატური სეზონური მონიტორინგული დაკვირვების შესაძლებლობას იძლევა.

სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტო 2015 წლიდან დაწყებული დღემდე სისტემატურ მონიტორინგულ დაკვირვებას აწარმოებს სამდინარეო წყლის რესურსებზე საქართველოს მასშტაბით, უშუალოდ ამ მიზნით შემუშავებული პროგრამის მიხედვით. თუმცა ეს სააგენტო აღნიშნულ ლოკალურ დაკვირვებას ანხორციელებს თითოეული მდინარის მუდმივად შერჩეული ერთი წერტილიდან (ე. წ. კვეთიდან) აღებულ სინჯზე ჩატარებული ანალიზებით, მათი მხოლოდ ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების დადგენის მიზნით. ასეთი მიდგომა კი თავისთავად გამორიცხავს საკვლევ მდინარეზე სანიტარულ-ჰიგიენური პირობების დასადგენად მიკრობიოლოგიური კვლევების ჩატარების შესაძლებლობას, რადგანაც მსგავსი ტიპის კვლევები საკვლევ მდინარის რამდენიმე სხვადასხვა კვეთიდან აღებულ სინჯზე მიკრობიოლოგიური ანალიზების ჩატარებით არის შესაძლებელი.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენ მიერ ორივე მდინარეზე სადამკვირვებლო პუნქტებად შეირჩა არა თითო-თითო, არამედ 4-4 კვეთი, ეს ფაქტი საანალიზოდ აღებულ ყოველ სინჯზე ჰიდროქიმიურ მაჩვენებელთა დადგენის თანაბრად, მიკრობიოლოგიური კვლევების ჩატარების შესაძლებლობასაც იძლევა [2,3].

საკვლევ ობიექტების – ლოჭინისა და ორხევის ზედაპირული წყლების მიკრობიოლოგიური ანალიზი ჩატარდა შპს სამეცნიერო-კვლევითი ფირმა „გამას“ საგამოცდო ლაბორატორიაში. მიკრობიოლოგიური კვლევა ორივე მდინარისათვის ჩატარდა წინასწარ შერჩეული კვეთებიდან 2022 წლის თებერვალში, ზამთრის სეზონისათვის აღებულ ზედაპირული წყლის სინჯებზე, რომელთა აღებაც მოხდა სტერილური ჭურჭლით, ISO სტანდარტული მეთოდიკის შესაბამისად და დაბინძურების ისეთ მაჩვენებელთა გამოსავლენად, როგორცაა, საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები და E-coli (ეშერიხია კოლი). როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ეს ბაქტერიები წარმოადგენს ზედაპირული წყლების ფეკალური დაბინძურების ინდიკატორებს. მათი გამოკვლევით კი შესაძლებელია სათანადო სიზუსტით დადგინდეს და შეფასდეს წყლის სანიტარულ-ჰიგიენური ხარისხი.

ზედაპირული წყლის სინჯები, როგორც უკვე ავლიშნეთ, აღებულია საკვლევ მდინარეთა 4-4 სხვადასხვა წერტილში, პოტენციური დაბინძურების ზონების (სამრეწველო საწარმოები, სასოფლო-სამეურნეო მიწები, დასახლებული პუნქტები, ნაგავსაყრელები და ა. შ.) გათვალისწინებით.

სინჯების დამუშავება ხდება მიკროორგანიზმების გამოყოფის მიზნით. იგი მოიცავს ფილტრაციას, ცენტრიფუგირებასა და სხვადასხვა მკვებავი არეების გამოყენებას მიკროორგანიზმების კულტივირებისათვის.

მიკრობიოლოგიური კვლევისათვის ზემოაღნიშნულ ლაბორატორიაში გამოყენებულ იქნა სტანდარტული ISO 9308-1:2014 პირდაპირი დათესვისა და მემბრანული ფილტრაციის მეთოდი [4].

ამ მეთოდით მიკროორგანიზმების საკვებ არედ გამოიყენება კოლიფორმების ქრომოგენური აგარი (CCA). განსაზღვრული მოცულობის საკვლევი წყალი კი იფილტრება 0,45 მკმ ზომის მემბრანულ ფილტრზე. თავის მხრივ, საკვებ არეზე ადგილი აქვს მიკროორგანიზმების ზომაში მომატებას. ამ დროს *E-coli* ვლინდება ტიპური ლურჯი შეფერილობის სახით, ხოლო კოლიფორმი წარმოდგენილია მოვარდისფერო-მოწითალო შეფერილობის მქონე ოქსიდაზა უარყოფით კოლონიად. კვლევის მიღებული შედეგები გამოისახება მიკროორგანიზმებისათვის ეტალონურად მიჩნეულ მოცულობაში კოლონიაწარმომქმნელი ერთეულის (კწე) რაოდენობის გაზომვით.

თუ საერთო კოლიფორმული ბაქტერიებისა და *E-coli*-ის რაოდენობათა თანაფარდობა 10-ზე ნაკლებია, ეს ფაქტი საკვლევი მდინარის ზედაპირულ წყალთან მიმართებაში პოტენციური ეპიდემიური საფრთხის არსებობაზე მიუთითებს. ხოლო თუკი საკვლევი სინჯის 100 მლ-ში *E-coli*-ის რაოდენობა 100 კწე-ზე უფრო მაღალი მაჩვენებლით გამოირჩევა, მაშინ ეს ფაქტი ახალი ფეკალური დაბინძურების მომასწავებელია.

ჩვენ მიერ, საკვლევ ობიექტებზე ჩატარებული მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, რომლებიც ცხრილი 1-ის სახით არის წარმოდგენილი, ნაჩვენებია, რომ მათ ზედაპირულ წყლებში, ისეთი ძირითადი საკვლევი პარამეტრი, როგორცაა საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, რომელთა რიცხვსაც მიეკუთვნება ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირები და *E-coli*, 1.0 ლიტრ საანალიზოდ აღებულ წყალში ორივე მდინარისათვის (თუმცა, ეს ყველაფერი განსაკუთრებით უფრო თვალსაჩინოა მდინარე ლოჭინთან მიმართებაში) რაოდენობრივად ბევრად აღემატება ნორმატიული დოკუმენტით [5] რეკრეაციული და წყალდაცვითი ზონებისათვის გათვალისწინებულ დასაშვებ 5000-იან მაჩვენებელს. ლაბორატორიულად დადგენილი ორივე მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლის ერთმანეთთან თანაფარდობაც, რომელიც

თითქმის ყველა საანალიზო სინჯისათვის 10-ზე ნაკლებია (გარდა მდ. ლოჭინზე აღებული № 2 ნიმუშისა), ორივე მდინარის ზედაპირულ წყლებთან მიმართებაში, ასევე მოსალოდნელ ეპიდემიურ საფრთხეზე მიუთითებს.

ცხრილი 1

საკვლევ მდინარეთა ზედაპირული წყლის სინჯების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

№	ნიმუშის/ სინჯის დასახელება	ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირები 1 ლ წყალში	ემერიხია კოლის ჩხირები (<i>E. Coli</i>) 1 ლ წყალში
მდ. ლოჭინი			
1	ნიმუში № 1	6 000	5 000
2	ნიმუში № 2	340 000	30 000
3	ნიმუში № 3	350 000	50 000
4	ნიმუში № 4	36 000	34 000
მდ. ორხევი			
5	ნიმუში № 5	950	180
6	ნიმუში № 6	35 000	33 000
7	ნიმუში № 7	34 000	32 500
8	ნიმუში № 8	34 000	32 000
<p>ნორმირებული მაჩვენებლების მნიშვნელობა ნორმატიული დოკუმენტის მიხედვით: ლაქტოზადადებითი ნაწლავის ჩხირები - არაუმეტეს 5 000 ჩხირი 1 ლ წყალში; კოლიფაგები - არაუმეტეს 100 ფაგი 1 ლ წყალში;</p>			

მდ. მტკვრის მიკროშენაკადების ლოჭინისა და ორხევის ზედაპირული წყლების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, ეს მდინარეები ბაქტერიოლოგიური დაბინძურების ლოკალურ კერებად შეიძლება მივიჩნიოთ, რადგანაც მათი კალაპოტებისა და ხეობების მიმდებარედ ფიქსირდება არასანქცირებული ნაგავსაყრელები, ასევე ადგილი აქვს ახლომდებარე დასახლებული პუნქტებიდან საყოფაცხოვრებო და სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების ჩამდინარე წყლების არინებას. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საკანალიზაციო სისტემა ყველგან გაუმართავია, ამასთანავე შესამჩნევია ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების არარსებობა და სხვა სახის დარღვევებიც.

ამავე დროს დამატებით უნდა აღვნიშნოთ ისიც, რომ საკვლევ მდინარეებზე საერთო ეპიდემიოლოგიური სურათი კიდევ უფრო მეტად მძიმე იქნებოდა, მათ მიმართ

მიკრობიოლოგიური დაბინძურების ისეთი მაჩვენებლების დადგენის შემთხვევაში, როგორცაა მეზოფილური აერობები, ფაკულტატური ანაერობები, სტრეპტოკოკი, სალმონელა და კოლიფაგები. ჩვენ შემთხვევაში ასეთი ტიპის კვლევები შეგნებულად არ განხორციელებულა, რადგანაც ზემოაღნიშნული ნორმატიული დოკუმენტის [5] შესაბამისად ყველა ეს დასახელებული მიკრობიოლოგიური მაჩვენებელი ზოგადად, მოქმედი კანონმდებლობის მიხედვით, ამჟამად ნორმირების გარეშეა დატოვებული.

დასკვნა

მდინარე მტკვრის აუზის საკვლევ მცირე მდინარეთა – ლოჭინისა და ორხევის სადამკვირვებლო კვეთებიდან აღებული ზედაპირული წყლის სინჯებში კოლიფორმული ბაქტერიების შემცველობაზე ჩატარებული მიკრობიოლოგიური გამოკვლევით დადგენილ იქნა, რომ მდ. ლოჭინის წყალში ლაქტოზადადებითი ჩხირების შემცველობის მხრივ გასაშუალოებული მონაცემები 7-ჯერ მეტია, ხოლო *E-coli*-ს ბაქტერიებით დაბინძურებისა კი 1,5-ჯერ აღემატება იგივე მაჩვენებლების მიხედვით მდ. ორხევისაზე დაფიქსირებულ შედეგებს. თუმცა, ამ ნაწლავური ჩხირებისათვის ნორმატიულად დადგენილ მაჩვენებლებთან მიმართებაში, ორივე საკვლევ მდინარეზე გამოვლენილი ეს მონაცემები, თავის მხრივ, კიდევ უფრო მაღალი და პოტენციურად სახიფათოა. რაც ორივე მდინარეს როგორც ბაქტერიოლოგიური დაბინძურების ლოკალურ კერებს ისე მოიაზრებს.

ლიტერატურა:

1. Basilashvili, Ts. (2021) Hydrographic network of the Kura River in the basin of Tbilisi. Science and Technology, 3 (737),17-29.
2. Fomin, G.S.(2000) Water: Control of chemical, bacterial and radiation safety according to international standards. Moscow:Protector.
3. Ashbolt N., Grabow W., & Snozzi M. (2001) Water Quality: Guidelines, Standards and Health. In L. Fewtrell and J. Bartram (Ed.), Indicators of microbial water quality (pp. 289-315). London: IWA Publishing.
4. ISO 9308-1 (2014). Water quality Enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria - Part 1: Membrane filtration method for waters with low bacterial background flora.
5. Decree № 425 (2014) On the approval of the technical regulations: Protection of surface waters of Georgia from pollution. Tbilisi: Government of Georgia.

Microbiological Research of Microtributaries of the Kura River Basin –

Lochini and Orkhevi

Jimsher Kerkadze – Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Department of Environmental Engineering and Ecology, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Georgian Technical University; E-mail: j.kerkadze@gtu.ge ; Georgia, Tbilisi.

Giuli Jokhadze – Associate Professor, Candidate of Chemical Sciences, Department of Chemical and Biological Technologies, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Georgian Technical University; E-mail: g.jokhadze@gtu.ge ; Georgia, Tbilisi.

Irakli Rostomashvili – Academic doctor, E-mail: rostomashviliirakli@yahoo.com ; Georgia, Tbilisi,.

Maia Ochigava – Doctoral student of chemical and biological engineering doctoral program of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Georgian Technical University;

E-mail: maka_och@yahoo.com ; Georgia, Tbilisi.

Raul Kokilashvili – Associate Professor, Candidate of Chemical Sciences, Department of Grocery Technology, Faculty of Agricultural Science and Biological systems engineering, Georgian Technical University; E-mail: raul.kokilashvili@gmail.com ; Georgia, Tbilisi

Shalva Andguladze – Professor, Doctor of Technical Sciences, Department of Environmental Engineering and Ecology, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Georgian Technical University; E-mail: shalvaandguladze@gtu.ge Georgia, Tbilisi.

Article Reviewers:

Dimitri Eristavi – Professor, Candidate of Chemical Sciences, Head of the Department of Environmental Engineering and Ecology, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Georgian Technical University; E-mail: d.eristavi@gtu.ge

Teimuraz Buachidze – Professor, Candidate of Biological Sciences, Department of Chemical and Biological Technologies, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Georgian Technical University; E-mail: tbuachidze@gtu.ge

Abstract

Microbiological studies carried out on surface water samples taken from microtributaries of the Kura River basin - Lochini and Orkhevi - located in the industrial zone of the city of Tbilisi, show that the Lochini River data on the content of total coliform bacteria (lactosepositive intestinal sticks and Escherichia coli) are significantly higher than data from the Orkhevi River. However, on the other hand, according to the same microbiological indicators, for both research rivers, these indicators significantly exceed the norm. This fact undoubtedly indicates the expected potential danger in relation to surface waters for both rivers under study. Therefore, these small rivers can be considered as local centers of bacteriological pollution, since unauthorized landfills are located near their riverbeds and valleys, and domestic and agricultural wastewater is also discharged from nearby settlements. It should also be noted that the sewage system is faulty everywhere, there is a lack of treatment facilities and other types of violations.

Keywords: chromogenic agar, coliforms, fecal pollution, indicator microorganisms, micro-bi-olo-gical research, water quality.

UDC 574. 005. 93.

ბიომრავალფეროვნება და ბუნებრივი რესურსების ინტეგრირებული მართვა საქართველოში

ვაჟა ზეიკიძე – ეკონომიკის აკადემიური დოქტორი, სტუ-ის ირ.ჟორდანას სახელობის საქართველოს საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი ცენტრის, მიწის, წყლისა და ტყის რესურსების შემსწავლელი განყოფილების უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი. ელ.ფოსტა: v.zeikidze@gtu.ge , ტელ: 599 95 68 01, მისამართი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მე-10 კორპუსი, მე-5 სართული, 515. საქართველო, ქ.თბილისი. მ.კოსტავას ქ. 69ა, 0160.

რუსუდან ფირცხალავა – ეკონომიკის აკადემიური დოქტორი, სტუ-ის ირ.ჟორდანას სახელობის საქართველოს საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი ცენტრის, მიწის, წყლისა და ტყის რესურსების შემსწავლელი განყოფილების უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი, სწავლული მდივანი. ელ.ფოსტა: r.pirtskhalava@gtu.ge , ტელ:

599 46 93 07, მისამართი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მე-10 კორპუსი, მე-5 სართული, 515. საქართველო, ქ.თბილისი. მ.კოსტავას ქ. 69ა, 0160.

ანოტაცია

საქართველოს ეკოსისტემათა ბიომრავალფეროვნების კონსერვაცია-შენარჩუნებას ქვეყნისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობა გააჩნია და ამ გზაზე მეტად მნიშვნელოვანია ქვეყნის ბუნებრივი რესურსების მართვის მდგრადი პრინციპების გამოყენება. წარმოდგენილ სტატიაში ექსპერტულ შეფასებაზე დაყრდნობით განხილული და გაანალიზებულია ეკოსისტემათა ბიომრავალფეროვნების არსებული მდგომარეობა და მოცემულია სამომავლოდ გასატარებელი ღონისძიებები, რომელიც ხელს შეუწყობს ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციას.

სტატიაში ბიომრავალფეროვნების დაცვის და ბუნებრივი რესურსების მდგრადი გამოყენების ევროკავშირის პრაქტიკული გამოცდილების გაანალიზების საფუძველზე, აღწერილია ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის კუთხით საქართველოში გასატარებელი ღონისძიებები. ასევე დიდი ყურადღება აქვს დათმობილი ქვეყნის უნიკალური ბუნებრივი რესურსების: მიწის, წყლისა და ტყის რესურსების გამოყენებას, გაანალიზებულია მათი გამოყენების პროცესში არსებული პრობლემები და ჩამოყალიბებულია მომავალში მათი მდგრადი მართვის პირობებში გასატარებელი ღონისძიებები.

სტატიაში მოცემულია მეცნიერულად დასაბუთებული დასკვნები, რომელთა პრაქტიკაში დანერგვა უზრუნველყოფს ბუნებრივი რესურსების ეფექტურ და მდგრად გამოყენებას და საშუალებას მისცემს მომავალ თაობებს იცხოვრონ ეკოლოგიურად სუფთა გარემოში.

საკვანძო სიტყვები: ბიომრავალფეროვნება, ბუნებრივი რესურსები, ინტეგრირებული მართვა, დაცული ტერიტორიები.

შესავალი

ეკოსისტემათა ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნების პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალური გახდა თანამედროვე მსოფლიოში. ეკოსისტემების გამართული ფუნქციონირება უზრუნველყოფს დედამიწაზე კლიმატის რეგულაციას, ჟანგბადის

გამომუშავებას, ნიადაგის წარმოქმნას, წყლის ხარისხისა და დაავადებათა კონტროლს და სხვ. ეკოსისტემების ფუნქციონირებასთანაა დაკავშირებული ესთეტიკური, კულტურული, სარეკრიაციო და სულიერი ღირებულებების შენარჩუნება. ადამიანის ურბანული ზემოქმედების შედეგად ჰაბიტატების ფრაგმენტაციამ ფართო მასშტაბები მიიღო. მაგალითად ევროპის კონტინენტზე გადაშენების პირას დგას ძუძუმწოვრების 42%, ფრინველების 43%, მწერების 45%, ამფიბიების 30%, ქვეწარმავლების 45%, მტკნარი წყლის თევზების 52% სახეობა, გლობალური გადაშენების წინაშე დგას 800 სახეობის მცენარეულობა. ეკოსისტემების ბიომრავალფეროვნების კონსერვაცია და შენარჩუნება განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოსთვის. საქართველო, როგორც კავკასიის შემადგენელი ნაწილი შედის ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის 200 გლობალურ ეკორეგიონში და საქართველოს ბიომრავალფეროვნება ეკოსისტემურ, სახეობრივ და გენეტიკურ დონეზე მნიშვნელოვანი საფრთხის მატარებელია, ამიტომ იგი შეტანილია მსოფლიოს ბიომრავალფეროვნების 34 ცხელ წერტილს შორის.

ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციისა და შენარჩუნების საფუძველს წარმოადგენს ქვეყნის ბუნებრივი რესურსებისადმი ეკოსისტემური მიდგომა და მათი მდგრადი გამოყენება. ეს ცნებები განსაკუთრებით აქტუალურია ნიადაგთან, წყალთან, მცენარეულ და ცხოველურ სამყაროსთან მიმართებაში. სწორედ მდგრადი მენეჯმენტი და ეკოსისტემური მიდგომა, გულისხმობს ისეთი მეთოდების გამოყენებას, როგორც არის მდგრადი გარემოსდაცვითი, სოციალური და ეკონომიკური მეთოდები, რომელიც დიდ სარგებელს მოუტანს მომავალ თაობებს.

წარმოდგენილი სტატია ეძღვნება სწორედ ქვეყნის ბუნებრივი რესურსების ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციისა და მდგრადი მართვის საკითხების შესწავლასა და გაშუქებას. „ევროკავშირის სამეზობლო პოლიტიკის სტრატეგიული გეგმა“ ეხება სწორედ ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციასა და მეზობელი ქვეყნების ბუნებრივი რესურსების გამოყენების მდგრად მართვას, რომელიც საბოლოო ჯამში შესაბამის სუბიექტებს შორის კოორდინირებას უზრუნველყოფს. ბიომრავალფეროვნების მართვასთან დაკავშირებულ საკითხებში საქართველოს აქტიური ჩართვა უზრუნველყოფს გარემოსდაცვითი ეროვნული სტრატეგიების ფორმირებასა და ქვეყნის მიერ ნაკისრი საერთაშორისო ვალდებულებების შესრულებას.

ძირითადი ტექსტი

ბუნებრივი რესურსების არამდგრადმა გამოყენებამ და მსოფლიოში მიმდინარე კლიმატის ცვლილებებმა სერიოზული საფრთხეები შეუქმნეს ქვეყნის ეკოსისტემათა ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებას. გამომდინარე აქედან, საქართველოსთვის მეტად მნიშვნელოვანია საკუთარი ბუნებრივი რესურსების ინტეგრირებული მართვა, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ბუნებრივი კატასტროფები და შენარჩუნდეს ეკოსისტემების ბიომრავალფეროვნება, საზოგადოებრივი ცხოვრების მაღალი დონის უზრუნველსაყოფად.

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევები, ეფუძნება ექსპერტულ შეფასებებს, მეცნიერულ ანალიზსა და რაოდენობრივი კვლევის მეთოდებს მიწის, წყლის, ტყის მართვის, უნიკალური ლანდშაფტებისა და ეკოსისტემების ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის, მდგრადი ურბანული განვითარების და ეკონომიკური ზრდის მიღწევის პროცესში. საქართველოში ბიზნესი მჭიდროდაა დაკავშირებული ეკოსისტემებთან. თავის მხრივ ბიომრავალფეროვნების და ბუნებრივი რესურსების ინტეგრირებული მართვა დადებით გავლენას ახდენს ქვეყნის კერძო სექტორის საქმიანობაზე და ბიზნესის პირდაპირ ფუნქციას განეკუთვნება სწორედ მონაწილეობის მიიღება დეგრადირებული მიწების აღდგენაში, ადგილობრივი ეკოსისტემების ბიომრავალფეროვნების დაცვასა და ინტეგრირებულ მართვაში.

ამ გზაზე საკვანძო საკითხებს განეკუთვნება:

- ქვეყანაში მიწათსარგებლობის და ინტეგრირებული მართვის მოწინავე პრაქტიკის დანერგვა;
- ტყის დეგრადაციის შემცირებასა და ტყის განახლების პროცესში აქტიური ჩართვა;
- მთის ეკოსისტემების, მათ შორის ბუნებრივი სათიბ-სამოვრების ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის უზრუნველყოფა;
- ინოვაციების წახალისება ბუნებრივი რესურსების და ნედლეულის ეფექტიანი გამოყენების პროცესში;
- თანამშრომლობა სახელმწიფოსა და კერძო სექტორს შორის ნიადაგის შენარჩუნებისა და ტყის მართვის ერთობლივი გამხორციელების მიზნით.

ევროკავშირის ქვეყნებში ამ მიზნით შექმნილია დაცული ტერიტორიების ეკოლოგიური ქსელი „natura 2000“, რომელიც მოწოდებულია საფრთხის წინაშე მყოფი სახეობების დასაცავად, ამასთან ერთად არსებობს „ზურმუხტის ქსელი“, რომელშიც ჩართვა შეუძლიათ ევროკავშირის არა წევრ სახელმწიფოებს და ამავდროულად მოემზადოს „natura 2000“ ქსელში ჩასართავად. საქართველო 1994 წელს მიუერთდა კონვენციას „ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შესახებ“, ამ გადაწყვეტილებამ გზა გაუხსნა გარემოსდაცვით კურსს და ქვეყანა მიუერთდა მრავალ მნიშვნელოვან კონვენციასა და შეთანხმებებს ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის კუთხით. საქართველოს ეკოსისტემათა ბიომრავალფეროვნების შესანარჩუნებლად ბევრი რამ აქვს გასაკეთებელი. ქვეყანა დაცული ტერიტორიების მოცულობით მნიშვნელოვნად ჩამორჩება ევროკავშირს. დაცული ტერიტორიების მენეჯმენტი უნდა ხორციელდებოდეს არა მარტო ცენტრალური ხელისუფლების მიერ გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს შემადგენლობაში შემავალი სსიპ დაცული ტერიტორიების ეროვნული სააგენტოს მიერ, არამედ ადგილობრივი თვითმმართველობების და რეგიონული ორგანოების აქტიური ჩართულობით. დაცული ტერიტორიების ფორმირების პროცესში ძირითადი ამოსავალი კონცეფცია უნდა გახდეს ბიომრავალფეროვნების კონსერვაცია და მისი თანმდევი პროდუქტი უნდა გახდეს ტურისტული ინფრასტრუქტურის დახვეწა-ფორმირება. საქართველო აქტიურადაა ჩართული ბიომრავალფეროვნების ფინანსური სახსრების მოძიებისა და მართვის საერთაშორისო პრაქტიკაში. 2019 წლისათვის ქვეყანამ დაასრულა ბიომრავალფეროვნების ფინანსირებისა და ინსტიტუციური შესაძლებლობების(PIR), ბიომრავალფეროვნების დანახარჯების(BER), ფინანსური საჭიროებების(FNA) და ბიომრავალფეროვნების დაფინანსების გეგმის(BFP) შედგენა.

ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნების და ბუნებრივი რესურსების ინტეგრირებული მართვის კუთხით მეტად მნიშვნელოვანია საქართველოსა და ევროკავშირს შორის ასოცირების შეთანხმების დღის წესრიგის მიხედვით გარემოსდაცვის სფეროში ევროკავშირის 22 დირექტივასა და 4 რეგულაციასთან დაახლოებას, რომელიც ეხება მიწის, წყლის, ტყის რესურსების მდგრად მართვასა და თევზჭერის დარეგულირების საკითხებს. ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის ხელშეწყობისა და ბუნებრივი რესურსების მდგრადი მართვის სრულყოფის მიზნით

საქართველოს მთავრობის მიერ დამუშავებული და დამტკიცებული იქნა „2022 – 2026 წლებისათვის საქართველოს გარემოს დაცვის მოქმედებათა მეოთხე ეროვნული პროგრამა“, რომელიც წარმოადგენს მთავარ სტრატეგიულ დოკუმენტს ქვეყნის გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების ინტეგრირებული მართვის სფეროში.

მიწის რესურსების მართვის სრულყოფის კუთხით დიდი ყურადღება ეთმობა ქვეყანაში მიმდინარე ნიადაგის დეგრადაციის პროცესს. სასოფლო-სამეურნეო მიწის 35% დეგრადირებულია და ყველაზე გავრცელებულ ფორმას მიწის (ნიადაგის) ეროზია წარმოადგენს, რომელიც ბოლო პერიოდში საგრძნობლად გაიზარდა. დეგრადირებული სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან 380 ათასი ჰექტარი სახნავ მიწაზე მოდის, ხოლო 570 ათასი ჰექტარი ბუნებრივ სათიბ-სამოვრებზე¹. ბუნებრივი პროცესებიდან მიწის დეგრადაციაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს კლიმატის ცვლილება, ხოლო ანთროპოგენული ფაქტორებიდან აღსანიშნავია: ტყის უკონტროლო ჩეხვა, სამოვრების არამდგრადი მართვა, სამელიორაციო სისტემების მოშლა, ქარსაფარი ზოლების გაჩეხვა და სხვა. ნიადაგის დანაკარგები განასაკუთრებით დიდია მეორადი დაჭაობების და საშენი მასალების მოპოვების პროცესში ადამიანის უკანონო ქმედებების გამო. ქვეყანაში მიწის დეგრადაციის პროცესის შეჩერების მიზნით აუცილებელია ქარსაფარი ზოლების მართვის ახალი პრაქტიკის დანერგვა, სახნავ მიწებზე თესლბრუნვების პრაქტიკის აღდგენა და ნიადაგის დამუშავების თანამედროვე ტექნოლოგიების ათვისება. ბუნებრივი სამოვრების ნიადაგის დეგრადაციის შეჩერების მიზნით აუცილებელია ქვეყანაში სამოვრების მართვის პოლიტიკის შემუშავება, რომელშიც განსაზღვრული იქნება სხვადასხვა სახელმწიფო უწყების, მუნიციპალიტეტებისა და კერძო სექტორის პასუხისმგებლობები.

წყლის რესურსი ქვეყნისათვის მრავალფუნქციური გამოყენების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი რესურსია და მისი არამდგრადი გამოყენება გამოუსწორებელ ზიანს აყენებს წყალზე დამოკიდებულ ეკოსისტემებს და საფრთხეს უქმნის ადამიანის საჭიროებისათვის წყლის სათანადო რესურსებით უზრუნველყოფას. დღეისათვის საქართველოსათვის გამოწვევად რჩება წყლის რესურსების დაბინძურება, რომელიც საფრთხის ქვეშ აყენებს წყლის რესურსებზე ხელმისაწვდომობასაც.

¹ 2014-2017 წლების გარემოს მდგომარეობის შესახებ ეროვნული მოხსენება, 2019, გვ. 101

საქართველოში წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის კომპლექსური სისტემა მოიცავს: სამართლებრივ-ინსტიტუციური საფუძვლების შექმნას და წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის სისტემის, კერძოდ მდინარეთა სააუზო მართვის სისტემის დანერგვას; ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ჩამდინარე წყლით დაბინძურების საკითხის მოწესრიგებას; ეკოლოგიური სტატუსის მიხედვით წყლის ობიექტების კლასიფიკაციას; წყლის რესურსების მართვის ეკონომიკური მექანიზმების ამოქმედებას და წყლის რესურსებით სარგებლობის სრულყოფილი მონიტორინგის სისტემის შექმნას.

ქვეყანაში წყლის რესურსების ეფექტური მართვის მიზნით აუცილებელია დაინერგოს წყლის მართვის ისეთი ეკონომიკური ინსტიტუტის ამოქმედება, როგორცაა მოსაკრებლების დაწესება წყლით სარგებლობის პირობებისათვის.

ქვეყანაში ტყის მასივების შენარჩუნება, დაცვა და აღდგენა მიჩნეულია ერთ-ერთ სტრატეგიულ მიმართულებად გაუდაბნოების წინააღმდეგ ბრძოლისათვის. საქართველოს როგორც საერთაშორისო თანამეგობრობის წევრს აღებული აქვს გაეროს მდგრადი განვითარების მიზნების განხორციელების ვალდებულება, რომელიც მრავალ საკითხთან ერთად მოიცავს ტყის მდგრადი მართვის დანერგვას 2030 წლამდე პერიოდისათვის (მიზანი 15, ამოცანა 15,1 და 15,2).

საქართველოში ტყის რესურსების ინტეგრირებული მართვის დანერგვის მიზნით მიზანშეწონილად მიგვაჩნია სოფლად მცხოვრები მოსახლეობისათვის ენერჯის ალტერნატიული წყაროების და ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების გამოყენება, რაც მნიშვნელოვნად შეამცირებს ტყეებზე ზეწოლას, რაც საბოლოო ჯამში ქვეყანაში ხელს შეუწყობს ტყეების აღდგენასა და ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესებას. ტყეების დეგრადირებული უბნების აღდგენის მიზნით მიზანშეწონილად მიგვაჩნია დეგრადაციის ხარისხის შეფასება ახალი მეთოდოლოგიის გამოყენებით და აღდგენისათვის საჭირო სარეპროდუქციო სახეობების შერჩევა. საერთაშორისო პრაქტიკის გათვალისწინებით სასურველია რეკრეაციული მიზნებისათვის ტყეების იჯარით გაცემის პროცესის განვითარება ქვეყანაში და შედეგად მდგრადი მოპოვებით მიღებულ ტყის რესურსებზე ადგილობრივ წარმოებისათვის ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფილყოფა.

ქვეყნის ბუნებრივი რესურსების მდგრადი მართვის უზრუნველსაყოფად მიზანშეწონილია მრავალმხრივი საფრთხეების ადრეული შეტყობინების სიტემის დანერგვა, რაც სამომავლოდ ბიომრავალფეროვნებისა და ბუნებრივი რესურსების ინტეგრირებული მართვის მექანიზმის შემუშავებისა და დანერგვის ერთ-ერთი მთავარი წინაპირობაა.

დასკვნა

ჩატარებული სამეცნიერო კვლევებისა და მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია შემდეგი დასკვნების გაკეთება:

- საქართველოს ეკოსისტემათა ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის ხელშეწყობისათვის გარემოსდაცვის და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს გარემოზე ზედამხედველობის დეპარტამენტი უნდა დაკომპლექტდეს ბიომრავალფეროვნების ეფექტური მართვის და მონიტორინგის გამოცდილების მქონე რეინჯერებით. ამასთან ერთად მიზანშეწონილია კერძო და საჯარო სექტორის ერთობლივი დაგეგმილი ნაბიჯების გადადგმა ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის ხელშესაწყობად.
- უნდა განხორციელდეს ქვეყანაში ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციით დაინტერესებული მხარეების სტიმულირების მექანიზმის შემუშავება. ევროკავშირის ქვეყნებში გავრცელებული ინსტრუმენტია კომპენსაცია-ეკოლოგიური სუბსიდიები, რომელიც დააინტერესებს მიწის მესაკუთრეებს გამოიყენონ ბიომრავალფეროვნების მართვის მდგრადი მეთოდები.
- აუცილებელია ქვეყანაში ბიომრავალფეროვნების სამართლებრივი ჩარჩოს სრულყოფა, რომელიც დაკავშირებული იქნება გარემოსდაცვითი კანონების და რეგულაციების დახვეწასთან და აისახება მართვის ეროვნული სტრატეგიების ჩამოყალიბების მექანიზმში.
- მნიშვნელოვანია საზოგადოების გარემოსდაცვითი ცნობიერების ამაღლება, რომლის განხორციელება შესაძლებელია სახელმწიფო ხელისუფლების ორგანოების მხრიდან საგანმანათლებლო და ცნობიერების ამაღლების პროგრამების დაფინანსების გზით.
- საქართველოში ბუნებრივი რესურსების ინტეგრირებული მართვის დანერგვისათვის აუცილებელია: ნიადაგის დეგრადაციის, წყლის დაბინძურების

და ტყის რესურსების შენარჩუნების მიზნით ქვეყანაში რესურსების მდგრადი მართვის პოლიტიკის შემუშავება, რომელშიც განსაზღვრული იქნება სხვადასხვა სახელმწიფო უწყების, მუნიციპალიტეტებისა და კერძო სექტორის პასუხისმგებლობა, მათ მიერ გასატარებელი ღონისძიებები და შესაბამისი მონიტორინგის სისტემის ჩამოყალიბება.

ბიბლიოგრაფია

1. National Report on the State of the Environment 2014-2017, 2019, p. 101(In Georgian)
2. Ministry of Environment Protection and Agriculture of Georgia, 2017-2018 Implementation Monitoring Report of the 3rd National Program of Environmental Protection Actions (In Georgian): <https://mepa.gov.ge/Ge/Files/ViewFile/22613>
3. Ministry of Environment Protection and Agriculture of Georgia, 2020 Implementation Monitoring Report of the 3rd National Program of Environmental Protection Actions (In Georgian): <https://mepa.gov.ge/Ge/Files/ViewFile/47253>
4. Ministry of Environment Protection and Agriculture of Georgia, Climate Change 2030 Strategy of Georgia, (2021) (In Georgian).
5. Fourth National Environmental Protection Action Program of Georgia for 2022-2026 (2022) (In Georgian).
6. M. Machavariani & N. Sokhadze (2020) Development of community forest management in Georgia (In Georgian).
7. N.Chitanava (2020) Peculiarities of the formation of the organizational-economic mechanism of land resources management in Georgia (In Georgian).
8. N.Chitanava, R.Pirtskhalava (2022). Conceptual and Methodological Aspects of Forecasting, Strategic Planning of Rational Use of land resources. Magazine “Business and Legislation”, (In Georgian) volume 15 (1), pp.1-16. ISSN 1987-6041.
9. Forest fire emergency management (prevention, preparedness) audit report, 2021(In Georgian).

Biodiversity and Integrated Management of Mineral Resources in Georgia

Annotation

Vazha Zeikidze – Georgian Technical University I.Jordania The Center Studying Productive Forces and Natural Resources of Georgia. Academic Doctor of Economics, Senior Researcher of the Department of Land, Water and Forest Resources. E-mail: v.zeikidze@gtu.ge , Tel: 599 95 68

01, adress: 10th Building of the Technical University of Georgia, 5th floor, 515. Tbilisi, Georgia.
M.Kostava st. 69a, 0160.

Rusudan Pirtskhalava – Georgian Technical University I.Jordania The Center Studyng
Productive Forces and Natural Resources of Georgia. Academic Doctor of Economics, Senior
Researcher of the Department of Land, Water and Forest Resources. E-mail:
r.pirtsckhalava@gtu.ge ,Tel: 599 46 93 07, adress: 10th Building of the Technical University of
Georgia, 5th floor, 515. Tbilisi, Georgia. M.Kostava st. 69a, 0160.

Annotation

Biodiversity conservation of Georgia's ecosystems is of vital importance for the country, and on this path, it is very important to use sustainable principles of natural resources management of the country. In the presented article, based on expert assessment, the current state of ecosystem biodiversity is discussed and analyzed, and measures to be taken in the future, which will promote biodiversity conservation, are given.

Based on the analysis of the practical experience of the European Union in the protection of biodiversity and sustainable use of natural resources, the article supports the measures to be implemented in Georgia in terms of biodiversity conservation.

The article also pays great attention to the use of the country's unique natural resources: land, water and forest resources, the problems in the process of their use are given, and the measures to be carried out under the conditions of their sustainable management in the future are established.

The article contains scientifically based conclusions, the implementation of which in practice will ensure efficient and sustainable use of natural resources and allow future generations to live in an ecologically clean environment.

Key words: biodiversity, natural resources, integrated management, protected areas.

თბილისის ლიქენების და საჭმელი სოკოების ბიომრავალფეროვნება

ი. კუპრაძე*, ე. სვანიძე, ა. ჯორჯაძე

(ილიას უნივერსიტეტის ბოტანიკის ინსტიტუტი)

რეცენზენტები: დიმიტრი ერისთავი, პროფესორი, სტუ-ს გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის უფროსი. საქართველო, თბილისი d.eristavi@gtu.ge

გიორგი მჭედლიშვილი, სტუ-ს გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის პროფესორი. საქართველო, თბილისი. G.mchedlishvili@gtu.ge

ანოტაცია

სტატიაში მოცემულია თბილისის ურბანულ ტერიტორიაზე (როგორც ძირითად პროსპექტებზე ასევე გარეუბნებში და მიმდებარე მწვანე ზონებში) სხვადასხვა ლიტერატურული მონაცემების, ჰერბარიუმებში დაცული ნიმუშებისა და აგრეთვე 2023 წელს შეგროვებული ლიქენების და საჭმელი სოკოების ანალიზი. ამ ტერიტორიის მიზანმიმართული შესწავლა ლიქენოლოგიური და მიკოლოგიური თვალსაზრისით ამ დრომდე არ ჩატარებულა. ეს არის პირველი მცდელობა თავი მოგვეყარა სხვადასხვა წყაროებში გაბნეული ინფორმაციისათვის და ასევე შეგვესო ახალი მასალებით.

შედეგად გამოვლინდა ლიქენების 31 გვარის 41 სახეობა და საჭმელი სოკოების 24 გვარის 32 სახეობა

კვლევის შედეგად აღწერილი ლიქენებიდან სახეობრივი მრავალფეროვნებით გამოირჩევა გვარები *Cladonia*, *Peltigera* და *Physcia*. შეხვედრილობის სიხშირე მაღალია გვარ *Xanthoria*-სა და გვარ *Cladonia*-ს წარმომადგენლებში. რაც შეეხება სუბსტრატს, სახეობების უმრავლესობა ეპიფიტია

საჭმელი სოკოებიდან, სახეობრივი მრავალფეროვნებით გვარი *Agaricus*-ი გამოირჩევა, რაც შეეხება შეხვედრილობის სიხშირეს, აქ დომინანტია *Agaricus campester* Fr. ex L., *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini და *Marasmius oreades* (Bolton) Fr.. სამივე სახეობა

გაზაფხულიდან გვიან შემოდგომამდე გვხვდება თბილისის მთელ ტერიტორიაზე. კვლევის შედეგად აღწერილი მაკრომიცეტების დიდი უმრავლესობა ნიადაგზე სახლობს.

საკვანძო სიტყვები: ბიომრავალფეროვნება, ლიქენები, საჭმელი სოკოები, თბილისი,

შესავალი

თბილისისა და მისი მიდამოების სოკოების და ლიქენების შესწავლის საწყისად უნდა ჩაითვალოს 1881 წელი. როდესაც თბილისის ბოტანიკურ ბაღთან ჩამოყალიბდა მიკოლოგიური კაბინეტი, რომელიც სწავლობდა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სოკოვან დაავადებებს, ამავდროულად გარკვეული ყურადღება ექცეოდა მაკროსოკოების და ლიქენების შესწავლასაც [1]. ცალკეული მონაცემები თბილისის ლიქენების და სოკოების შესახებ გვხვდება უცხოელი მკვლევარების ნაშრომებში [2, 3, 4]. მიუხედავად ამისა, თბილისის ურბანული ტერიტორიის და მწვანე ზონების სპეციალური მიკოლოგიური და ლიქენოლოგიური კვლევები დღემდე არ ჩატარებულა. არსებობს მხოლოდ სხვადასხვა ლიტერატურულ წყაროებში გაბნეული არასრული მონაცემები და ერთეული საჰერბარიუმო ნიმუშები.

სტატიაში მოცემულია 2023 წელს თბილისის ურბანულ ტერიტორიაზე - ძირითად პროსპექტებზე, გარეუბნებში და მიმდებარე მწვანე ზონებში შეგროვებული ლიქენების და საჭმელი სოკოების ნიმუშების, ლიტერატურული მონაცემების [1, 5, 6, 7, 8, 9] და სხვადასხვა ჰერბარიუმებში [10, 11, 12] დაცული კრიპტოგამების ანალიზი.

ძირითადი ნაწილი

საკვლევი ტერიტორია

თბილისის და მისი მიდამოების ბუნებრივი პირობები მეტად მრავალფეროვანია. იგი მოქცეულია მდ. მტკვრის აუზში და მისი სიმაღლე მერყეობს 400-დან 1400 მზდ-მდე. რელიეფი მეტად რთული, მთაგორიანია და დასერილია მრავალი პატარა ხეობებით და ხევებით. თბილისსა და მის მიდამოებში გამოყოფილია მშრალი ველების, გარდამავალი ტყე-ველის და მთა-ტყის ზონა. ნიადაგებიდან გავრცელებულია წაბლა და გაჯიანი, ბიცობიანი და მლაშე ნიადაგები. გვხვდება მდელოს ყავისფერი და ალუვიური ნიადაგები. აგრეთვე რუხი-ყავისფერი და ძლიერ ჩამორეცხილი ნიადაგები. ზედა ზონაში

ძირითადად გავრცელებულია ტყის ყავისფერი ნიადაგები. თბილისი და მისი მიდამოები მოქცეულია ზომიერად მშრალ სუბტროპიკულ ზონაში. აღსანიშნავია მდ. მტკვარი, მისი მარჯვენა შენაკადები დიღმის წყალი, ვერე, ლელვთახევი და მარცხენა შენაკადები გლდანულა და ლოჭინი. ასევე აღნიშვნის ღირსია წყალსატევები „თბილისის ზღვა“, ხოლო ტბებიდან ლისი და კუს ტბა [13, 14, 15].

მცენარეთა საფარიდან აღსანიშნავია, ბუნებრივი მცენარეულობა ველის, ჯაგეკლიანი ველის, სხვადასხვა ბუჩქებით და ფართოფოთლოვანი ტყეებით, მეორეს მხრივ, ხელოვნურად გაშენებული ნარგაობა ბაღ-პარკების და ქუჩების გამწვანების სახით, სადაც გარდა ადგილობრივისა, მრავლად არის ეგზოტიკური ბუჩქები და ხემცენარეები. [15]

ნიმუშების შეგროვება და იდენტიფიკაცია

ლიქენების და სოკოების ნიმუშების შეგროვება ხდებოდა 2023 წელს მარტიდან ნოემბრის ჩათვლით. როგორც მარშრუტული მეთოდით ასევე სპორადულად. ლიქენებთან მიმართებაში ყურადღება მახვილდებოდა ქალაქის ოთხ ზონაზე: პირველი ზონა - ძლიერ დანაგვიანების ზონა ხასიათდება მჭიდრო დასახლებით, ტრანსპორტის დიდი მოძრაობით და შედარებით მცირე მცენარეული ნარგაობით; მეორე ზონა - ზომიერად დანაგვიანებული, მოიცავს ქალაქის შემადლებულ მონაკვეთებს, ტრანსპორტის ნაკლები ინტენსივობის მოძრაობით; მესამე ზონა - ჰაერის სუსტი დანაგვიანებით, აქ უფრო მეტია მწვანე ნარგაობა, ნაკლებადაა დასახლებული და მეტადაა შემადლებული ადგილები; მეოთხე ზონა - „პირობითად სუფთა“. ეს ზონა მოიცავს ძირითადად: მთაწმინდა-კუს ტბის მონაკვეთს, ლისის ტბას, თბილისის ზღვის მიმდებარე ადგილებს და ბოტანიკურ ბაღს.

ველზე ხორციელდებოდა ნიმუშების და ბუნებრივი ადგილსამყოფელის ფოტოგრაფირება (Nicon coolpix L830), ჰაბიტატის და სუბსტრატის აღწერა. ნიმუშების იდენტიფიკაცია ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბოტანიკის ინსტიტუტის სოკოებისა და სპოროვან მცენარეთა განყოფილებაში მოხდა. საჭერბარიუმო ნიმუშები ინახება ილიას უნივერსიტეტის ბოტანიკის ინსტიტუტის სოკოებისა და სპოროვან მცენარეთა განყოფილების ჰერბარიუმში (TBI).

სახეობების იდენტიფიკაციისთვის ვიყენებდით სხვადასხვა სარკვევებს [16, 17, 18, 19, 20, 21]

სოკოების და ლიქენების სახელწოდებები და ავტორთა სახელები მოცემულია Index Fungorum -სი მიხედვით [22]

შედეგები

2023 წელს შეგროვებული ნიმუშების იდენტიფიკაციის, ლიტერატურული და საჰერბარიუმო მონაცემების ანალიზის შედეგად, თბილისის ურბანული ნაწილისთვის და მიმდებარე მწვანე ზონებისთვის გამოვლინდა ლიქენების 31 გვარის 41 სახეობა და საჭმელი სოკოების 24 გვარის 32 სახეობა (ცხრ. 1, ცხრ. 2).

ლიქენებიდან სახეობრივი მრავალფეროვნებით გამოირჩევა გვარები *Cladonia*, *Peltigera* და *Physcia*. შეხვედრილობის სიხშირით გამოირჩევა გვარ *Xanthoria*-სა და გვარ *Cladonia*-ს წარმომადგენლები. სუბსტრატზე დასახლების მიხედვით სახეობების მრავალფეროვნებით გამოირჩევიან ეპიფიტები (მერქანზე მოსახლე) 19 სახეობა; 15 სახეობა ეპილითია (ქვები, ლოდები, ბეტონი) და 9 სახეობა ეპიგეურია, გვხვდება ნიადაგზე (ცხრ. 1). მიუხედავად ეპიგეური სახეობების შედარებითი სიმცირისა, სუბსტრატის დაფარულობის მიხედვით პირველ ადგილზე არიან - *Cladonia foliacea* (Huds.) Willd., *Cladonia furcata* (Huds.) Baumg., *Cladonia rangiformis* Hoffm.. ეპიფიტური სახეობებიდან ყველაზე ხშირად გვხვდებოდა *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Physconia distorta* (With.) J.R. Laundon., *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.); ქალაქის იმ უბნებში, რომლებიც ხასიათდება მჭიდრო დასახლებით, ტრანსპორტის დიდი მოძრაობით და შედარებით მცირე მცენარეული ნარგაობით ძირითადად გვხვდება ეპილითური სახეობა *Polyozosia dispersa* (Pers.) S.Y. Kondr., Lőkös & Farkas და ტოქსიტოლერანტული ეპიფიტური/ეპილითური *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg-ის ცუდად განვითარებული თალუსით. ქალაქის შემადგენელ ადგილებში, სადაც ტრანსპორტის ნაკლები ინტენსივობის მოძრაობაა ჭარბობს ისეთი სახეობები როგორცაა *Catapyrenium cinereum* (Pers.) Körb., *Lecanora argentata* (Röhl.) Malme, *Phaeophyscia orbicularis* - კარგად განვითარებული თალუსით, *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.-ს მცირედად განვითარებული თალუსით. გამოვლენილ სახეობათა დაახლოებით 50% აღწერილია ქალაქის იმ ადგილებიდან, სადაც მეტია მწვანე ნარგაობა, ნაკლებადაა დასახლებული და მეტადაა შემადგენელი ადგილები.

საჭმელი სოკოების უმრავლესობა - 30 სახეობა - ბაზიდიუმის სოკოების წარმომადგენელია, 2 სახეობა - ჩანთიანი მაკრომიცეტია. სახეობების მრავალფეროვნებით გამოირჩევა გვარი *Agaricus*-ი. შეხვედრილობის სიხშირით ყველაზე ხშირად გვხვდებოდა *Agaricus campester* Fr. ex L., *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini და *Marasmius oreades* (Bolton) Fr.. სამივე სახეობა გაზაფხულიდან გვიან შემოდგომამდე გვხვდება თბილისის მთელ ტერიტორიაზე. *Cyclocybe aegerita* აქტიურად სახლდება ალვის ხეების ჯირკვბზე, გადანაჭრებზე და ძირებზე. *Agaricus campester* და *Marasmius oreades* გვხვდება ბალ-პარკებში და სკვერებში, ნიადაგზე ბალახებში, ღია ადგილებში. ასევე შედარებით ხშირად გვხვდებოდა *Lepista personata* (Fr.) Cooke. ეკოლოგიური ჯგუფებიდან სახეობების უმრავლესობა ნიადაგის საპროტროფია (ცხრ. 2). მდ. მტკვრის ჭალებში, დიდმის ტერიტორიაზე შეგვხვდა *Morchella esculenta* (L.) Pers. და *Morchella semilibera* DC, ორივე სახეობა გვხვდება მხოლოდ გაზაფხულზე. თბილისის ხელოვნური ფიჭვნარებისთვის დამახასიათებელია *Lactarius deliciosus* (L.) Gray., *Chroogomphus rutilus* (Schaeff.) O.K. Mill., *Suillus granulatus* (L.) Roussel და *Tricholoma portentosum* (Fr.) Quél.. ამათგან განსაკუთრებით ხშირად და უხვად გვხვდება *Suillus granulatus*. ცოცხალ ხეებზე, ძირითადად ალვის ხეებზე დაფიქსირდა *Ceriporus squamosus* (Huds.) Quél., *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill და *Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer. საჭმელი სოკოს არცერთი სახეობა არ შეგვხვდებოდა ჭადარზე.

დასკვნა

სრულფასოვანი მიკოლოგიური და ლიქენოლოგიური კვლევებისთვის ერთი წელი არ არის საკმარისი. შევეცადეთ თავი მოგვეყარე დღევანდლამდე არსებული მონაცემებისთვის თბილისის საჭმელი სოკოების და ლიქენების შესახებ და დაგვემატებინა ჩვენ მიერ (2022-2023 წწ.) შეგროვებული ნიმუშები. ამ მიმართულებით კვლევები შემდგომშიც გაგრძელდება.

თბილისის ურბანული ეკოსისტემის და მიმდებარე ტერიტორიის მიკოფლორის და ლიქენოფლორის შესწავლისას გამოვლინდა ლიქენების 41 სახეობა და საჭმელი სოკოების 32 სახეობა.

ლიქენების სახეობათა დაახლოებით 50% შეგროვებულია თბილისის შემადლებული ადგილებიდან, რომელიც მეტადაა გამწვანებული და შედარებით ნაკლებადაა დასახლებული.

საჭმელი სოკოების უმრავლესობა გვარ *Agaricus* -ის წარმომადგენელია (ქამები). თბილისის ტერიტორიაზე ნანახია ამ გვარის 5 სახეობა: *Agaricus arvensis*, *Agaricus bisporus*, *Agaricus bitorquis*, *Agaricus campester* და *Agaricus sylvaticus*. მათ შორის ყველაზე ხშირად გვხვდებოდა *Agaricus campester*. ეკოლოგიური ჯგუფებიდან დომინირებენ ნიადაგის საპროტროფები. მერქნისდამშლელი სოკოებიდან - ქსილოფიტებიდან, ყველაზე ხშირად გვხვდებოდა *Cyclocybe aegerita*. ჭადრებზე საჭმელი სოკოების სახეობები არ შეგვხვდებოდა.

ცხრილი 1.

თბილისის ლიქენები

სახეობა	სუბსტრატი
<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Flot.	ეპიფიტი
<i>Athallia holocarpa</i> (Hoffm.) Arup, Frödén & Søchting	ეპიფიტი
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold	ეპიფიტი
<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll.Arg.	ეპიფიტი/ეპილითი
<i>Catapyrenium cinereum</i> (Pers.) Körb.	ეპიგეური/ეპიფიტი
<i>Cetrelia cetrarioides</i> (Del. ex Duby) W.L. Culb. & C. Culb.	ეპიფიტი
<i>Cladonia foliacea</i> (Huds.) Willd.	ეპიგეური
<i>Cladonia furcata</i> (Huds.) Baumg.	ეპიგეური
<i>Cladonia rangiformis</i> Hoffm.	ეპიგეური
<i>Collema granulatum</i> (Huds.) Röhl.	ეპილითი
<i>Collema nigrescens</i> (Huds.) DC.	ეპიფიტი
<i>Cornicularia steppae</i> Savicz	ეპილითი
<i>Dermatocarpon miniatum</i> (L.) W. Mann	ეპილითი
<i>Diploschistes scruposus</i> (Schreb.) Norman	ეპილითი

<i>Evernia divaricata</i> (L.) Ach.	ეპიფიტი
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	ეპიფიტი
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	ეპიფიტი
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	ეპიფიტი
<i>Lathagrium cristatum</i> (L.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin	ეპილითი
<i>Lecanora argentata</i> (Röhl.) Malme	ეპილითი
<i>Lecanora glabrata</i> (Ach.) Nyl.	ეპილითი
<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	ეპიგეური
<i>Peltigera horizontalis</i> (Huds.) Baumg.	ეპიგეური
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg	ეპიფიტი/ეპილითი
<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.	ეპიფიტი
<i>Physconia distorta</i> (With.) J.R. Laundon	ეპიფიტი
<i>Physconia muscigena</i> (Ach.) Poelt	ეპიგეური
<i>Pleurosticta acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsch	ეპიფიტი
<i>Poeltonia grisea</i> (Lam.) S.Y. Kondr., Lőkös & Hur	ეპიფიტი/ეპილითი
<i>Polyozosia dispersa</i> (Pers.) S.Y. Kondr., Lőkös & Farkas	ეპილითი
<i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Schreb.) M. Choisy	ეპილითი
<i>Romjularia lurida</i> (Ach.) Timdal	ეპილითი
<i>Scytinium lichenoides</i> (L.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin	ეპილითი/ეპიგეური
<i>Toniniopsis bagliettoana</i> (A. Massal. & De Not.) Kistenich & Timdal	ეპიფიტი
<i>Tornabea scutellifera</i> (With.) J.R. Laundon	ეპიფიტი
<i>Umbilicaria hirsuta</i> (Sw. ex Westr.) Ach.	ეპიგეური
<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh. ex Ach.) Hale	ეპილითი
<i>Xanthoparmelia pulla</i> (Ach.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch	ეპილითი
<i>Xanthoria elegans</i> (Link) Th. Fr.	ეპილითი
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	ეპიფიტი

სახეობები დალაგებულია ანბანური თანმიმდევრობით

სახეობა	ეკოლოგიური ჯგუფი
<i>Agaricus arvensis</i> Schaeff.	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Agaricus bisporus</i> (J.E. Lange) Imbach	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Agaricus bitorquis</i> (Quél.) Sacc.	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Agaricus campester</i> Fr. ex L.	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Agaricus sylvaticus</i> Schaeff.	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P. Kumm.	პარაზიტი/ქსილოფიტი
<i>Aspropaxillus lepistoides</i> (Maire) Kühner & Maire	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Auricularia auricula-judae</i> (Bull.) Quél.	ქსილოფიტი
<i>Bovista plumbea</i> Pers.	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Calocybe gambosa</i> (Fr.) Donk	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Cerioporus squamosus</i> (Huds.) Quél.	პარაზიტი/ქსილოფიტი
<i>Chroogomphus rutilus</i> (Schaeff.) O.K. Mill.	მიკორიზული
<i>Coprinopsis atramentaria</i> (Bull.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Coprinus comatus</i> (O.F. Müll.) Pers.	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Cyclocybe aegerita</i> (V. Brig.) Vizzini	ქსილოფიტი
<i>Flammulina velutipes</i> (Curtis) Singer	ქსილოფიტი

<i>Lactarius deliciosus</i> (L.) Gray	მიკორიზული
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill	პარაზიტი/ქსილოფიტი
<i>Lepista personata</i> (Fr.) Cooke	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Lepista sordida</i> (Schumach.) Singer	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Macrolepiota mastoidea</i> (Fr.) Singer	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Macrolepiota procera</i> (Scop.) Singer	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Marasmius oreades</i> (Bolton) Fr.	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Morchella esculenta</i> (L.) Pers.	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Morchella semilibera</i> DC.	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Phallus hadriani</i> Vent.	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Phallus impudicus</i> L.	ნიადაგის საპროტროფი
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	ქსილოფიტი
<i>Suillus granulatus</i> (L.) Roussel	მიკორიზული
<i>Tricholoma portentosum</i> (Fr.) Quél.	მიკორიზული
<i>Volvariella bombycina</i> (Schaeff.) Singer	ქსილოფიტი
<i>Volvopluteus gloiocephalus</i> (DC.) Vizzini, Contu & Justo	ნიადაგის საპროტროფი

სახეობები დალაგებულია ანბანური თანმიმდევრობით

ლიტერატურა

1. Nakhutsrishvili I.G. (1986). Flora of spore-producing plants of Georgia (A conspectus), Metsniereba, Tbilisi (in Russian)
2. Acharius E. (1810). *Lichenographia Universalis*. 1-696. Gottingae; Apud Iust. Frid. Danckwerts.
3. Steiner, J. (1919). Flechten aus Transkaukasien [Lichens from the South Caucasus]. *Annales Mycologici Editi in Notitiam Scientiae Mycologicae Universalis*, 17, 1–132.
4. Pakhunova V.G. (1933). Data on studying lichens in Georgia. Works of Tiflis Botanical Garden 1: 303-348. (in Russian)
5. Gulmagarashvili V. Kh. (1977). Aphyllophorales in eastern Georgia. Candidate's Dissertation. (in Georgian)
6. Chelidze N. V. (1971). Lichens of arid localities in eastern Georgia. Candidate's Dissertation. (in Georgian)
7. Jorjadze A. & Batsatsashvili K., Kupradze I., Tigishvili K. (2022). Herbarium Catalogue of Georgian Fungi – Macromycetes. Ilia State University
8. Kupradze I. & Batsatsashvili K., Jorjadze A., Tigishvili K. (2022). Herbarium Catalogue of Georgian Lichens. Ilia State University
9. Inashvili Ts. & Kupradze I., Batsatsashvili K. (2022). A Revised Catalog of Lichens of Georgia (South Caucasus). *Acta Mycologica* 57(3), 1 – 46.
10. TBI, Herbarium Institute of Botany, Ilia State University. Tbilisi, Georgia.
11. TGM, Herbarium Georgian National Museum. Tbilisi, Georgia.
12. AUMH, Herbarium Agricultural University of Georgia. Tbilisi, Georgia.
13. Ukleba D. (1957) Natural conditions of Tbilisi and its surroundings. "Tbilisi" collection/economic-geographic description/, Tbilisi (in Georgian)
14. Ketskhoveli N. (1958) Past and present vegetation of Tbilisi and its surroundings. Tbilisi, 1500 anniversary collection (in Georgian)
15. Sabashvili M. & Ambokadze V. (1970). The soils of the Tbilisi area, their Use and protection. Metsniereba, Tbilisi (in Georgian)
16. Ketskhoveli N. (1959). Vegetation of Georgia. Acad. Scien. Georgia, Tbilisi.
17. Nakhutsrishvili I. (2007). Mushrooms of Georgia. Buneba Printi, Tbilisi, Georgia.

18. Læssøe T. & Petersen J. (2019). Fungi of Temperate Europe (2-Volume Set). Princeton University Press
19. Michael J.(1995) „The Encyclopedia of Fungi of Britain and Europe” David&Charles |Book
20. Wasser S.P. & Nevo E. (2005),„Lichen-Forming, Lichenicolous, and Allied Fungi of Israel” Ruggell A.R.A Gantner Verlag K.-G.
21. Brodo I.M, Sharnoff S.D.,Sharnoff S.(2001) „ Lichens of North America”, Yale University Press/ New Haven and London
22. Index Fungorum. <http://www.indexfungorum.org/Index.htm>, 2023

Biodiversity of lichens and edible mushrooms of Tbilisi

i. Kupradze*, E. Svanidze, A. Jorjadze

(Botany Institute of Ilia University)

Reviewers: Dimitri Eristav, Professor, Head of the Department of Environmental Engineering and Ecology, STU. Georgia, Tbilisi d.eristavi@gtu.ge

Giorgi Msetlishvili, professor of the Department of Environmental Engineering and Ecology of Stu. Georgia Tbilisi. G. mchedlishvili@gtu.ge

Abstract

The article provides an analysis of various literary data and specimens preserved in herbariums, as well as lichens and edible mushrooms collected in 2023, in the urban area of Tbilisi (both on the main avenues and in the suburbs and adjacent green zones). A purposeful study of this area from the lichenological and mycological point of view has not been conducted until now. This is the first attempt to gather information scattered in different sources and also to fill it with new materials.

As a result, 41 species of 31 genera of lichens and 32 species of 24 genera of edible mushrooms were identified.

Among the lichens described as a result of the research, genera Cladonia, Peltigera and Physcia are distinguished by their species diversity. The frequency of occurrence is high in representatives

of the genus *Xanthoria* and the genus *Cladonia*. As for the substrate, the majority of species are epiphytes

Among the edible mushrooms, the genus *Agaricus* stands out for its species diversity. As for the frequency of the meeting, the dominant one here is *Agaricus campester* Fr. ex L., *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini and *Marasmius oreades* (Bolton) Fr. All three species can be found throughout Tbilisi from spring to late autumn. The vast majority of macromycetes described as a result of the research live on the soil.

Key words: Biodiversity, Lichens, Mushrooms, Tbilisi

ურბანიზაციის გავლენა ქალაქ თბილისის ბრიოფიტების მრავალფეროვნებაზე.

ქეთევან ტიგიშვილი, ქეთევან ფეიქრიშვილი, არჩილ ყველაშვილი

(ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბოტანიკის ინსტიტუტი, სოკოებისა და სპოროვან მცენარეთა განყოფილება)

რეცენზენტი: იზოლდა ბაზღაძე - სტუ-ს გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი. საქართველო, თბილისი. ასოცირებული პროფესორი.

Bazghadzeizolda04@gtu.ge

ანოტაცია

ქალაქ თბილისში პირველად შევისწავლეთ ბრიოფიტების მრავალფეროვნება. ქალაქის სამ განსხვავებულ ნაწილში: ურბანული ზონა, მწვანე ინფრასტრუქტურის (ბაღ-პარკები და ქალაქთან მიმდებარე მწვანე ზონები) ჰაბიტატები და თბილისის მიდამოები. ბრიოფიტებზე ურბანული პროცესების გამოსავლენად. აღნიშნულ ზონებში, ერთმანეთს შევადარეთ ხავსების ორი სასიცოცხლო ფორმის (აკროკარპული და პლეუროკარპული) სახეობების თანაფარდობა[1]. გავაანალიზეთ ბრიოფიტების მრავალფეროვნების ცვლილება ცენტრიდან პერიფერიებისაკენ მიმართულ ვექტორზე. სპირმანის რანგობრივი კოეფიციენტის საშუალებით დავამყარეთ კავშირი ცენტრიდან

მწვანე ზონის ობიექტებს შორის მანძილსა და ბრიოფიტების სახეობრივ მრავალფეროვნებას შორის.

გავაანალიზეთ, მდინარე მტკვრის მარჯვენა და მარცხენა სანაპიროს მწვანე ზონების, ბრიოფიტების სახეობრივი მრავალფეროვნების კავშირი ქალაქის მომიჯნავე გეოგრაფიულ და მცენარეულ კომპლექსებთან. ლიტერატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით [2, 3, 4, 5, 6] და ჩვენი გამოკვლევების საფუძველზე შევეცადეთ გამოგვევლინა ქალაქ თბილისში ბრიოფიტების მრავალფეროვნების ძირითადი საყრდენი.

საკვანძო სიტყვები: ხავსი, სასიცოცხლო ფორმა, აკროკარპული, პლეუროკარპული, ბრიოფიტების მრავალფეროვნება, ურბანიზაცია, თბილისი.

შესავალი

საქართველოს ბრიოფიტების მრავალფეროვნების შესწავლის მიუხედავად, [7,8] ცნობილი არ იყო მონაცემები თბილისის ბრიოფიტების შესახებ. ჩვენ მიერ 2020-2023 წლებში პირველად იქნა შესწავლილი ქალაქ თბილისის ბრიოფიტების მრავალფეროვნება, ტაქსონომია, სტრუქტურა, განაწილება ქალაქის რაიონების და სუბსტრატების მიხედვით, თითოეული სახეობის შეხვედრილობის სიხშირე. ხავსების ურბანული ფლორა შევადარეთ ქალაქის ბად-პარკების, ქალაქთან მიმდებარე მწვანე ზონების და თბილისის მიდამოების [9] ბრიოფლორებს.

ძირითადი ნაწილი

საკვლევო ტერიტორია

თბილისი მდებარეობს აღმოსავლეთ საქართველოში, ამიერკავკასიის ცენტრალურ ნაწილში, მდინარე მტკვრის ხეობაში, ჩრდლოეთ განედის $41^{\circ} 43'$ და აღმოსავლეთ გრძედის $44^{\circ} 49'$. ზღვის დონიდან 400–800 მეტრ სიმაღლეზე. ქალაქს დასავლეთიდან საზღვრავს თრიალეთის ქედის ჩრდილო განშტოებანი, აღმოსავლეთიდან-ძეძვის, ყეენისა და მახათის მთების კალთები, ხოლო სამხრეთიდან-თრიალეთის ქედის სამხრეთ-აღმოსავლეთი განშტოებები.

თბილისის მიდამოების ბუნებრივი მცენარეულობა წარმოდგენილია ტყისა და ველის ელემენტებით [10].

ნიმუშების შეგროვება და იდენტიფიკაცია

ნიმუშების შეგროვება ხდებოდა წინასწარ შემუშავებული მარშრუტებით. რომელიც მოიცავდა ქალაქის ყველა რაიონს და მწვანე ზონას.
ცხრილი 1. სახეობების განაწილება რაიონების და მწვანე ზონების მიხედვით

რაიონი	სახეობების რაოდენობა
ვაკე-საბურთალო	73
გლდანი-ნაძალადევი	51
დიდუბე-ჩუღურეთი	41
ისანი-სამგორი	14
მთაწმინდა-კრწანისი	50
მწვანე ზონები	
ვერის ბაღი	2
9 აპრილის ბაღი	4
არტოს ბაღი	3
ვაკის პარკი	11
მუშტაედის ბაღი	7
ილიას ბაღი	4
კიკვიძის ბაღი	2
კახიძის ბაღი	8
გამოფენა	9
დიღმის ტყე-პარკი	14
მთაწმინდა	25
კუს ტბა	21
ლისის ტბა	22
დენდროლოგიური პარკი	26

ნიმუშების იდენტიფიკაცია ხდებოდა ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბოტანიკის ინსტიტუტის სოკოებისა და სპოროვან მცენარეთა განყოფილებაში და აქვე ინახება ჰერბარიუმში(TBI). სახეობების ინდენტიფიკაციისთვის ვიყენებით შემდეგ სარკვევებს: Pedrotti, C., Mosses flora of Italy. Sphagnopsida Andreaeopsida Bryopsida (I parte). Antonio Delfino Editore medicina-science.; Smith, A. J. E., (2004) The moss flora of Britain and Ireland second edition. Cambridge University Press.; Paton, J. A., (1999) The Liverwort flora of the British isles. Harley books.; Savich-Lyubitskaya L. I., Smirnova Z. N. (1970). Key to leafy mosses of the USSR.; Melnichuk V. N. (1978). Key to leafy mosses of the middle zone and south of the European part of the USSR; Frey W, Frahm J., (2006). The liverworts, mosses and ferns of Europe; [11,12,13,14,15,16]. ბრიოფიტების აკროკარპულ და პლეუროკარპულ ფორმებს შორის თანაფარდობის ცვლილება, ქალაქის ზონების მიხედვით, შევამოწმეთ სპირმანის რანგობრივი კოეფიციენტის მიხედვით [17].

ხავსების სახეობების სახელწოდებები და ავტორთა სახელები მოცემულია <https://www.worldfloraonline.org/> 2023 მიხედვით.

თბილისის ურბანული სივრცეში გამოვლინდა ღეროფოთლოვანი ხავსების 81 სახეობა 12 ოჯახიდან და 28 გვარიდან და 4 სახეობის ღვიძლის ხავსი 4 ოჯახიდან და 4 გვარიდან.

ცხრილი 2. თბილისში

გავრცელებული სახეობების ტაქსონომიური სტრუქტურა.

რიგი	ოჯახი	გვარი	სახეობა
		Amblystegium	<i>Amblystegium subtile</i> (Hedw.) Schimp. <i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Schimp.

Amblystegiaceae	Scorpidium	<i>Drepanocladus revolvens</i> (Sw.) Warnst.
	Hygroamblystegium	<i>Hygroamblystegium humile</i> (P.Beauv.) Vanderp., Hedenäs & Goffinet
	Palustriella	<i>Cratoneuron commutatum</i> (Hedw.) G.Roth
	Brachythecium Schimp.	<i>Brachythecium starkii</i> (Brid.) Schimp. <i>Brachythecium salebrosum</i> (Hoffm. ex F.Weber & D.Mohr) Schimp. <i>Brachythecium glareosum</i> (Bruch ex Spruce) Schimp. <i>Brachythecium campestre</i> (Müll.Hal.) Schimp. <i>Brachythecium velutinum</i> (Hedw.) Schimp. <i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.) Schimp

Hypnales	Brachytheciaceae		<i>Brachythecium reflexum</i> (Starke) Schimp.	
			<i>Homalothecium lutescens</i> (Hedw.) H.Rob.	
		Homalothecium Schimp.		
		Oxyrrhynchium (Schimp.) Warnst.	<i>Eurhynchium hians</i> (Hedw.) Sande Lac. <i>Eurhynchium praelongum</i> (Hedw.) Schimp.	
			<i>Rhynchostegium riparioides</i> (Hedw.) Cardot	
	Hypnaceae		Hypnum Hedw.	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.
			Homomallium (Schimp.) Loeske	<i>Homomallium incurvatum</i> (Schrad. ex Brid.) Loeske
			Pylaisia Bruch & Schimp.	<i>Pylaisia polyantha</i> (Hedw.) Schimp.
	Thuidiaceae		Abietinella Müll.Hal.	<i>Thuidium abietinum</i> (Hedw.) Schimp.
	Leskeaceae		Leskea Hedw.	<i>Leskea polycarpa</i> Ehrh. ex Hedw.
			<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	

Bryales

Bryaceae

Bryum Hedw.

Bryum
caespiticium Hedw.
Bryum elegans Nees
Bryum murale
(Hedw.) With.
Bryum sauteri Bruch
& Schimp.
Bryum inclinatum
(Hedw.) Dicks. ex
With.
Bryum capillare
Hedw.
Bryum klinggraeffii
Schimp.
Bryum bicolor Dicks.
Bryum cirrata
Bryum torquescens
Bruch ex De Not.
Bryum badium
(Bruch ex Brid.)
Schimp.
Bryum
campestre Lindb.
Bryum
pallescens Schleich.
ex Schwägr.
Bryum
mildeanum Jur.
Bryum
gemmaiparum De Not.

			<i>Bryum turbinatum</i> (Hedw.) Turner
		Pohlia Hedw.	<i>Pohlia cruda</i> (Hedw.) Lindb.
Marchantiales	Aytoniaceae	Mannia Corda	<i>Mannia fragrans</i> (Balb.) Frye & L.Clark
Fissidentales	Fissidentaceae	Fissidens Hedwig, 1801	<i>Fissidens exilis</i> Hedw.
Funariales	Funariaceae	Entosthodon Schwägr.	<i>Funaria pallescens</i> (Jur.) Lindb. <i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.
		Grimmia Hedw.	<i>Grimmia pulvinata</i> (Hedw.) Sm.
Grimmiales	Grimmiaceae	Schistidium Brid., 1819	<i>Schistidium apocarpum</i> (Hedw.) Bruch & Schimp.
Lunulariales	Lunulariaceae	Lunularia Adans.	<i>Lunularia cruciata</i> (L.) Dumort. ex Lindb.
Leucodontales	Leucodontaceae	Leucodon Schwägr.	<i>Leucodon sciuroides</i> (Hedw.) Schwägr.
			<i>Orthotrichum diaphanum</i> Schrad. ex Brid. <i>Orthotrichum affine</i> Schrad. ex Brid <i>Orthotrichum anomalum</i> Hedw.

Orthotrichales	Orthotrichaceae	Orthotrichum Hedw.	<i>Orthotrichum fastigiatum</i> Bruch ex Brid. <i>Orthotrichum fallax</i> Bruch ex Brid. <i>Orthotrichum striatum</i> Hedw <i>Orthotrichum speciosum</i> Nees <i>Orthotrichum lyellii</i> Hook. & Taylor
Pelliales	Pelliaceae	Pellia Raddi	<i>Pellia neesiana</i> (Gottsche) Limpr. <i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dumort.
		Syntrichia Brid.	<i>Syntrichia ruralis</i> (Hedw.) F.Weber & D.Mohr <i>Syntrichia subulata</i> (Hedw.) F.Weber & D.Mohr <i>Syntrichia papillosa</i> (Wilson) Jur. <i>Syntrichia inermis</i> (Brid.) Bruch <i>Syntrichia pulvinata</i> (Jur.) Jur.

Pottiales	Pottiaceae	Didymodon Hedw.	<i>Didymodon linearis</i> Sw. <i>Didymodon vinealis</i> (Brid.) R.H.Zander <i>Didymodon rigidulus</i> Hedw. <i>Didymodon</i> <i>nicholsonii</i> Culm. <i>Barbula</i> <i>tophacea</i> (Brid.) Mitt. <i>Barbula</i> <i>unguiculata</i> Hedw. <i>Barbula convoluta</i> Hedw.
		Pterygoneurum Jur.	<i>Pterygoneurum</i> <i>ovatum</i> (Hedw.) Dixon
		Pleurochaete Lindb.	<i>Pleurochaete</i> <i>squarrosa</i> (Brid.) Lindb.
		Eucladium Bruch & Schimp.	<i>Eucladium</i> <i>verticillatum</i> (Hedw.) Bruch & Schimp.
		Tortula Hedw.	<i>Tortula muralis</i> Hedw. <i>Tortula pulvinata</i> (Jur.) Limpr. <i>Tortula</i> <i>inermis</i> (Brid.) Mont.

			<i>Tortula subulata</i> Hedw.
			<i>Tortula obtusifolia</i> (Schwägr.) Mathieu
			<i>Phascum</i> <i>cuspidatum</i> Hedw.
		Bryoerythrophyllum P.C.Chen	<i>Bryoerythrophyllum</i> <i>recurvirostrum</i> (Hedw.) P.C.Chen
Porellales	Radulaceae	Radula Dumort.	<i>Radula</i> <i>complanata</i> (L.) Dumort.
12	16	32	85

სახეობების თითქმის 50% გაერთიანებულია Pottiaceae და Bryaceae-ს ოჯახებში. სახეობრივ სპექტრში, აღნიშნული ოჯახების სახეობების სიჭარბე, რომლებიც ძირითადად ღია ადგილების ქსეროფიტული, ქსერომეზოფიტული და მეზოქსეროფიტული სახეობებით არის წარმოდგენილი, გარკვეულწილად მიუთითებს საკვლევ ობიექტის კლიმატურ-გეოგრაფიული თავისებურებაზე. ურბანულ ზონაში ბრიოფიტების აკროკარპული ფორმების რაოდენობა 3-ჯერ აღემატება პლეუკარპულს. მოცემულ თანაფარდობაში ასახულია ურბანული პროცესების: სითბური სტრესის, ჰაერის დაბინძურების მაღალი მაჩვენებლების, მოსახლეობის გაზრდილი სიმჭიდროვის გავლენა ბრიოფიტების ტაქსონომიურ სტრუქტურაზე. ადგილი აქვს მათ ქსეროფიტიზაციას, ანთროპოგენური ლანდშაფტებისათვის დამახასიათებელი და დაბინძურებული ჰაერის მიმართ რეზისტენტული სახეობების სიჭარბეს და დამკვიდრებას [1] აგრეთვე, სახეობების სასიცოცხლო ფორმებს შორის ბალანსის დარღვევას. ქალაქის ურბანულ ზონაში გამოვყავით ყველაზე ფართოდ გავრცელებული სახეობები, რომელთაგან 9 აკროკარპულია და მხოლოდ ერთია პლეუროკარპული:

N	სახეობა	ნიმუში
1	<i>Orthotrichum diaphanum</i> Schrad. ex Brid.	84
2	<i>Tortula muralis</i> Hedw.	82
3	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	61
4	<i>Bryum caespiticium</i> Hedw.	42
5	<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Schimp.	31
6	<i>Bryum bicolor</i> Dicks.	30
7	<i>Bryum capillare</i> Hedw.	25
8	<i>Barbula convoluta</i> Hedw.	21
9	<i>Barbula unguiculata</i> Hedw.	18
10	<i>Syntrichia ruralis</i> (Hedw.) F. Weber & D. Mohr	17

Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp. პლევროკარპული სახეობაა. თბილისის მიდამოებისთვის, სადაც ბუნებრივი მცენარეულობა შენარჩუნებულია ბრიოფიტების აკროკარპული და პლევროკარპული სახეობებს შორის ფარდობა დაახლოებით 1,3-ის ტოლია [9]. ქალაქის ბაღ-პარკებისა

და მიმდებარე მწვანე ზონებისთვის დავაფიქსირეთ 56 სახეობა-*Abietina abietinella* (Hedw.) M. Fleisch., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp., *Barbula unguiculata* Hedw., *Barbula convoluta* Hedw., *Barbula rigidula* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Schimp., *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp., *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp., *Brachythecium populeum* (Hedw.) Schimp., *Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp., *Brachythecium starkii* (Brid.) Schimp., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum capillare* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum pallens* Sw., *Bryum pallescens* Schleich. ex Schwägr., *Bryum bimum* (Schreb.) Turner, *Cirriphyllum crassinervium* (Taylor ex Wilson) Loeske & M. Fleisch., *Cirriphyllum flotowianum* (Sendtn.) Ochyra, *Didymodon vinealis* (Brid.) R.H. Zander, *Didymodon ferrugineus* (Schimp. ex Besch.) M.O. Hill, *Didymodon insulanus* (De Not.) M.O. Hill, *Entodon concinnus* (De Not.) Paris, *Eurhynchium hians* (Hedw.) Sande Lac., *Fissidens osmundioides* var. *pensylvanicus*

Brid., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H. Rob., *Homalothecium sericeum* (Hedw.) Schimp. , *Hypnum cupressiforme* Hedw. , *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwägr. , *Leskeella nervosa* (Brid.) Loeske , *Leskea polycarpa* Hedw., *Neckera besserii* (Lobarz.) Jur., *Orthotrichum diaphanum* Schrad. ex Brid., *Orthotrichum speciosum* Ness, *Orthotrichum pumilum* Bruch & Schimp., *Orthotrihum fastigiatum* Bruch ex Brid., *Orthotrichum fallax* Bruch ex Brid., *Orthotrichum rupestre* Schleich. ex Schwägr. , *Orthotrichum lyellii* Hook. & Taylor , *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.J. Kop., *Pleurochaete squarrosa* (Brid.) Lindb., *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp., *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr, *Syntrichia princeps* (De Not.) Mitt., *Syntrichia ruraliformis* (Besch.) Mans., *Syntrichia papillosa* (Wilson ex Spruce) Spruce, *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch & Schimp., *Schistidium brunescens* (Urb.) Bécquer & Skean , *Schistidium gracile* (Röhl.) Limpr., *Radula complanata* (L.) Dumort., *Tortula lanceolata* (Hedw.) P. Beauv., *Tortula truncata* (Hedw.) Mitt. , *Tortella tortuosa* (Schrad. ex Hedw.) Limpr.

ქალაქის მწვანე ზონის ჰაბიტატებსა და შემოგარენშიც დომინანტი ოჯახები წარმოდგენილია აკროკარპული Pottiaceae-ს და პლეუროკარპული Brachytheciaceae-ს წარმომადგენლებით, რაც ბრიოფლორაში ტყის სახეობების მეტ მონაწილეობაზე მიუთითებს. აკროკარპული და პლეუროკარპული სახეობების ფარდობა 1,5-ის ტოლია, გაცილებით ნაკლები ვიდრე ქალაქის ურბანულ ზონაში. ქალაქის ცენტრალური უბნების პატარა ბაღებში პლეუროკარპული სახეობები საერთოდ არ გვხვდება, ხოლო სახეობების საერთო რაოდენობა არ აღემატება 10. აქ გვხვდება ღია სივრცის ანთროპოგენული ჰაბიტატების ეპიგეური სახეობები - *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum argenteum* Hedw., *Barbula unguiculata* Hedw., *Tortula lanceolata* (Hedw.) P. Beauv.

ქალაქის შედარებით ორ დიდ პარკში (ვაკის და დიდმის ტყე-პარკი) სხეობების რაოდენობა 10-ზე მეტია. აქ კარგად არის გამოსახული ტყის ჰაბიტატებთან ასოცირებული ტაქსონები, ეგრეთ წოდებული ტყის ელემენტები - *Brachythecium populeum* (Hedw.) Schimp., *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp. , *Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp. , *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Schimp., *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp., *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp. , *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwägr., *Amblystegiella subtilis* (Hedw.) Loeske, *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp.,; შეიძლება ითქვას რომ ეს პარკები,

ქალაქის ცენტრალური ნაწილისთვის, ბრიოფიტების მრავალფეროვნების თვალსაზრისით საყრდენი წერტილებია [3,4,5,6].

ქალაქის მწვანე ზონაში ხავსების ორ ჯგუფს შორის სხვაობის შემცირება გამოიწვია ქალაქთან მიმდებარე, შედარებით დიდი მოცულობის მწვანე ზონებმა. სადაც მატულობს ბრიოფიტების სახეობების რიცხვი 20-მდე და მცირდება თანაფარდობა პლეუროკარპულ და აკროკარპულ სახეობებს შორის. რაც ურბანიზაციის ნაკლებ გავლენაზე, უფრო სუფთა გარემოზე და იმ ბუნებრივი მცენარეულობის გავლენაზე მიუთითებს, რომელიც ქალაქთან მიმდებარე მწვანე ზონებთან გვხვდება[2]. მდინარე მტკვრის მარჯვენა სანაპიროების ბალ-პარკები და ქალაქთან მიმდებარე მწვანე ზონები, თრიალეთის ქედის სისტემის განშტოებებს ემიჯნება და მის გავლენას განიცდის. ბრიოფიტების შემადგენლობაში მეტი ტყის ელემენტია. მტკვრის მარჯვენა სანაპიროზე, მწვანე ზონებში გავრცელებული ყველა სახეობა გვხვდება. მარცხენა სანაპიროს ობიექტებში კი სახეობების რაოდენობა 36 შეადგენს, რაც მთელი მრავალფეროვნების დაახლოებით 65%-ის ტოლია. ბრიოფლორის გადარიბების მიზეზს, სავარაუდოდ, მტკვრის მარცხენა სანაპიროზე გაბატონებული სტეპური ლანდშაფტი წარმოადგენს. აქ კარგად არის გამოსახული ტყის პირების, ბუჩქნარების ანუ მომიჯნავე არელების სახეობები - *Abietina abietinella var. abietina*, *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H. Rob. , *Entodon concinnus* (De Not.) Paris და სხვა.

სტეპის, ანუ ველის ელემენტები _ *Pleurochaete squarrosa* (Brid.) Lindb., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr.

დასკვნა

ზოგადად, ბრიოფიტების აკროკარპულ და პლეუროკარპული ფორმების შეფარდება ქალაქის სამ განსხვავებულ ზონაში: თბილისის შემოგარენი (1,3); მწვანე ზონა(1,5) და ურბანული ნაწილი (3), პერიფერიებიდან ცენტრისკენ მიმართულ ვექტორზე იზრდება რაც ურბანული პროცესების გავლენაზე მიუთითებს, შესაბამისად მცირდება ბრიოფიტების მრავალფეროვნება.

გაირკვა რომ, თბილისის ურბანული სივრცის, ბალ-პარკების და მიმდებარე მწვანე ზონების ბრიოფიტების მრავალფეროვნება მატულობს ცენტრიდან პარკამდე მანძილისა და პარკის ფართობის ზრდის პროპორციულად. აღნიშნული დამოკიდებულება ორ

ცვლადს შორის გამოვსახეთ, სპირმენის რანგობრივი კორელაციური მეთოდით. პირველ შემთხვევაში სპირმენის კოეფიციენტის რიცხვითი მნიშვნელობა 0,563-ის ტოლია, მეორე შემთხვევაში კი 0,773-ის, რაც ნიშნავს, რომ ცვლადებს შორის დამოკიდებულება ძლიერია. ქალაქის ბალ-პარკებისათვის დომინანტი სახეობებია: ეპიფიტი *Orthotrichum diaphanum* Schrad. ex Brid. ის ნიტროფილურ სახეობას წარმოადგენს და ურბანოგენული აზოტის ოქსიდებით დაბინძურებული ჰაერის საუკეთესო ინდიკატორია და მეორე სახეობა ფოთლოვანი ხეების ზროზე *Bryum caespiticium* Hedw. , რომელიც ღია სივრცეების ანთროპოგენური ჰაბიტატების ეპიგეური სახეობაა. ურბანულ ზონაში ყველაზე ფართო გავრცელებით გამოირჩევა აგრეთვე ეპიფიტური სახეობა *Orthotrichum diaphanum* Schrad. ex Brid. როგორც ავლნიშნეთ ნიტროფილურ სახეობას წარმოადგენს, შემდეგი ყველაზე ფართოდ გავრცელებული და რეზისტენტული სახეობა ურბანულ ფლორაში არის ეპილითური *Tortula muralis* Hedw., რომელიც ქალაქის პირობებში ანთროპოგენური ლანდშაფტის, ბეტონის დომინანტური სახეობაა. გაირკვა, აგრეთვე, რომ ქალაქის შედარებით დიდი ზომის პარკები ბრიომრავალფეროვნების მთავრ საყრდენს წარმოადგენს რასაც განაპირობებს მომიჯნავე ბუნებრივი მცენარეულობა.

ლიტერატურა

- 1.Spangler,K. (2021). Bryophyte Ecosystem Services: How Bryophytes Impact Ecosystem Processes and Their Use in Urban Systems. Portland State University.
- 2.Fudali,E. (2011). The ecological structure of the bryoflora of Wroclaw,s parks and cemeteries in relation to their localization and origin;
3. Polaino-Martin, C ., Gabriel, R ., Borges, PAV ., & Cruz, R . (2020) Bryophytes of Azorean parks and gardens (I):«Reserva Florestal de Recreio do Pinhal da Paz»: São Miguel Island IS Albergaria Arquipelago. Life and Marine Sciences.
- 4.Oishi,Y. (2019). The influence of microclimate on bryophyte diversity in an urban Japanese garden landscape, Landscape and Ecological Engineering;
- 5.Zechmeister,H., & Kropik,M. (2023) . The Bryophyte Flora of Vienna. Plants 12.16
6. Xiangzhang, W., Fumin, L., Yiyi, S., & Jing, Y. (2024). Distribution pattern of bryophyte diversity
- 7.Chikovani,N., & Svanidze,T. (2004) Checklist of bryophyte species of Georgia.

8. Tigishvili, T., & Bakalin, V. (2016) .A new checklist of the liverworts and hornworts of Georgia (Caucasus). *Botanica Pacifica: a Journal of Plant Science and Conservation*.
9. Mayashvili, A., (1952-1993). *Flora of Tbilisi area. I, II* Tbilisi.
10. Gagnidze, R., Kutatdzeldze, A., Erkomaishvili, A., Giorgadze, P., Menteshashvili, T., Shengelia, Z., Cicvidze, A., & Chelidze, (1987). *Botanical excursions in the vicinity of Tbilisi*. Tbilisi State University.
11. Pedrotti, C. C., Mosses flora of Italy. *Sphagnopsida Andreaeopsida Bryopsida (I parte)*. Antonio Delfino Editore medicina-science.;
12. Smith, A. J. E., (2004) *The moss flora of Britain and Ireland* second edition. Cambridge University Press.;
13. Paton, J. A., (1999) *The Liverwort flora of the British isles*. Harley books.;
14. Savich-Lyubitskaya L. I., Smirnova Z. N. (1970). *Key to leafy mosses of the USSR*.;
15. Melnichuk V. N. (1978). *Key to leafy mosses of the middle zone and south of the European part of the USSR*.;
16. Frey W, Frahm J., (2006). *The liverworts, mosses and ferns of Europe*.;
17. Khawla Ali, A., (2022). *Spearman's correlation coefficient in statistical analysis*. *Nonlinear Anal.*

The influence of urbanization on the diversity of bryophytes in the city of Tbilisi

Ketevan Tigishvili, Ketevan Feikrishvili, Archil Nakhashvili (Institute of Botany, Ilia State University, Department of Fungi and Spore Plants)

Reviewer: Izolda Bazhdze - Department of Environmental Engineering and Ecology of STU. Georgia Tbilisi. Associate Professor. Bazghadzeizolda04@gtu.ge

Abstract

Bryoflora of Tbilisi is poorly studied. No previous data of bryophytes from urban areas of Tbilisi was known. The diversity of bryophytes was studied and analyzed in three different parts of the city of Tbilisi: urban areas, habitats of green spaces (gardens, parks and green areas adjacent to the city) and suburbs of Tbilisi. To identify connections between urbanization and bryophyte diversity, we compared the species ratio of two life forms of mosses (acrocarpous and pleurocarpous) for each particular environment. Spearman's rank correlation coefficient was used to assess relationship

between variables. We noticed connections between bryophyte diversity and specific plant complexes, as well as between bryophyte diversity and geographic areas. Our study revealed that urban green spaces are main sanctuaries for bryophytes in Tbilisi.

Key words: moss, life form, akrokarpous ,pleurokarpous, diversity of bryophytes, urbanization, Tbilisi.

UDC 621.04

ფიბრობეტონის გამოყენება სამშენებლო ელემენტების დამზადებაში

დავით ნოზაძე, ტ.მ.დ., პროფესორი, ტელ. 599 14 74 63, E-mail: dnozadze@gtu.ge

სლავა მებონია, ტ.მ.დ., პროფესორი, ტელ. 577 19 02 54, E-mail:

meboniaslava04@gtu.ge

გელა ოთარაშვილი, ტ.მ.კ., ასოც. პროფესორი, ტელ. 595 35 42 80, E-mail:

gotarashvili@gtu.ge

მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების
დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო,
0175, თბილისი, კოსტავას 69 შესავალი

რეცენზენტები:

დავით ნიჟარაძე, აკადემიური დოქტორი, უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი

ჯემალ ჯავახიშვილი, აკადემიური დოქტორი, უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი

რაფიელ დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი

ბოჭკოვანი ბეტონი ანუ ფიბრობეტონი არის ერთ-ერთი საუკეთესო მასალა სამშენებლო, სარემონტო სამუშაოებისა და ბეტონის პროდუქტების წარმოებისათვის. ფიბრობეტონი არის ერთ-ერთი ძირითადი მასალა გზების და წყალ-კანალიზაციის მშენებლობა-რეაბილიტაციისათვის. მაგალითად, საქართველოს რეგიონებში სარეალიზაციო პროექტებში მნიშვნელოვანი სახსრებია გათვალისწინებული საგზაო-სადრენაჟე და საკანალიზაციო მილების შესაძენად. ასეთი ტიპის მილები ძირითადად უცხოური წარმოებისაა. შესაბამისად, ადგილობრივი წარმოების საგზაო-სადრენაჟე მილებზე

საქართველოს ბაზარზე არსებობს მოთხოვნილება და ამ პროდუქტის მიწოდება წარმოადგენს აქტუალურ პრობლემას. ასევე დიდია მოთხოვნილება ადგილობრივი წარმოების ფიბრობეტონის არხებზე და სანიაღვრე ლიუკების ხუფებზე. აღნიშნული პრობლემის გადაწყვეტა შესაძლებელია ახალი თაობის კომპოზიციური ბეტონის ე. წ. ფიბრობეტონის გამოყენებით.

1. ძირითადი ნაწილი

სამეცნიერო-ტექნიკური ლიტერატურის ანალიზი, გვიჩვენებს, რომ ფიბრობეტონს გააჩნია მთელი რიგი უპირატესობები ჩვეულებრივ რკინაბეტონთან შედარებით [1-5]:

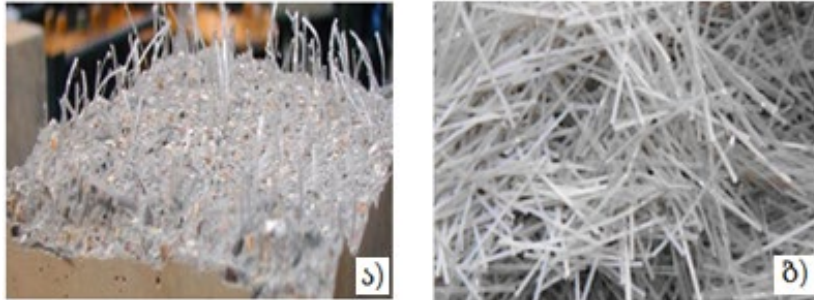
1. მაღალი სიმტკიცე და მდგრადობა დატვირთვის მიმართ. ფიბრობეტონის მატრიცის შიგნით თანაბრად განაწილებული ბოჭკოების არსებობა ზრდის ბეტონის ნარევის სიმტკიცეს თითქმის 50%-ით. ფოლადის ბოჭკოვან რკინაბეტონს და მინის ბოჭკოვან რკინაბეტონს აქვს ყველაზე მაღალი მაჩვენებლები.
2. ქიმიური ნეიტრალურობა და აგრესიული გარემოსადმი გამძლეობა. უდიდესი ქიმიური ნეიტრალურობა გააჩნია პოლიმერული ბეტონს, რომელიც შეიცავს პოლიპროპილენის ბოჭკოებს.
3. ჩაჯდომის მინიმალური დონე ხდის ფიბრობეტონს ოპტიმალურ სამშენებლო მასალად რთული საძირკვლების ჩამოსასხმელად.
4. შესანიშნავი წყალგაუმტარობა და ყინვაგამძლეობა. ნებისმიერი კლასის ჩვეულებრივი ბეტონი შეიცავს მიკრობზარებს, რომლებიც გამყარების პროცესში ივსება წყლით. დაბალ ტემპერატურაზე წყალი იყინება და ანგრევს ბეტონის სტრუქტურას. ფიბრობეტონში მიკრობზარები 90%-ით დაკავებულია ბოჭკოებით, ამიტომ მასალა შთანთქმავს მინიმალურ ტენიანობას და აქვს გაზრდილი ყინვაგამძლეობა.

თანამედროვე ბოჭკოვანი ბეტონი გამოდის 2 ტიპის:

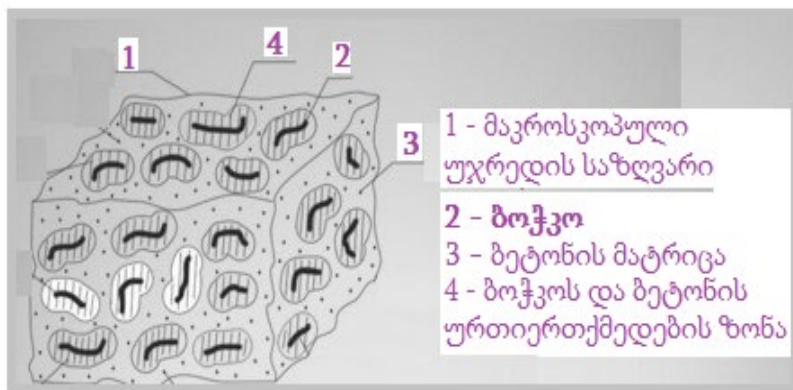
1. არალითონური; ამ მასალების საფუძველია ნახშირბადი, პოლიეთილენი, ბაზალტი, ბამბა, აკრილი ან მინა.
2. ლითონური; საწყისი მასალაა ფოლადი, რომელიც განსხვავდება ზომით და ფორმით.

მშენებლები მეტ უპირატესობას ანიჭებენ პოლიპროპილენის და ბაზალტზე დაფუძნებულ ბოჭკოს. ბაზალტისა და პოლიმერების ნარევი მნიშვნელოვნად ამცირებს მზა პროდუქციის კუთრ წონას და ზრდის მათი სიმტკიცეს.

ქვემოთ ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია ბაზალტისა და პოლიპროპილენის ბოჭკოების ფოტოსურათი, ხოლო ნახ. 2-ზე - ფიბრობეტონის სტრუქტურა.



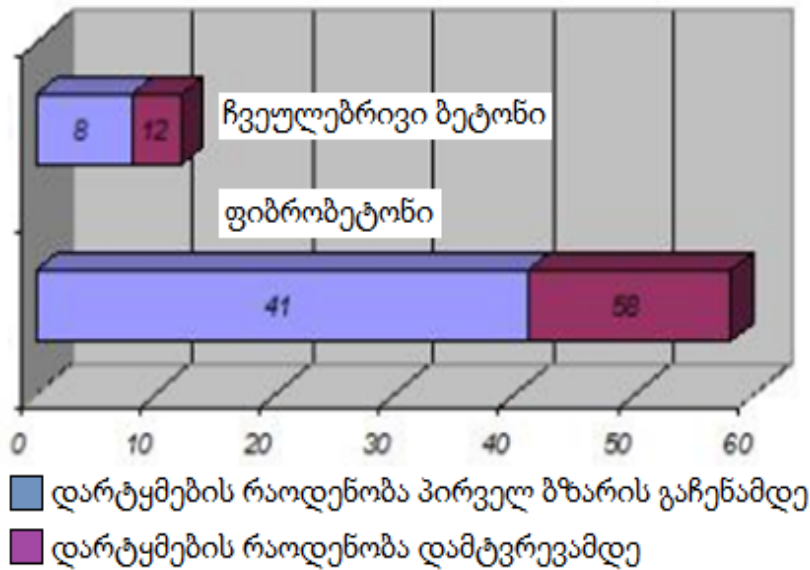
ნახ. 1. ბაზალტისა (ა) და პოლიპროპილენის (ბ) ბოჭკოები



ნახ. 2. ფიბრობეტონის სტრუქტურა

ამ ნახაზზე გამოკვეთილია მაკროსკოპული უჯრედის საზღვრები 1, ბოჭკოები 2, ბეტონის მატრიცა 3, ბოჭკოებისა და ბეტონის ურთიერთქმედების ზონები 4.

ფიბრობეტონი ბეტონის სახეობაა, რომელიც გამოირჩევა განსაკუთრებული სიმტკიცით მასალის ბოჭკოებით გამაგრების გამო, რაც ნათლად ილუსტრირებულია ნახ. 3-ზე მოცემული დიაგრამით.



ნახ. 3. სიმტკიცის დიაგრამა

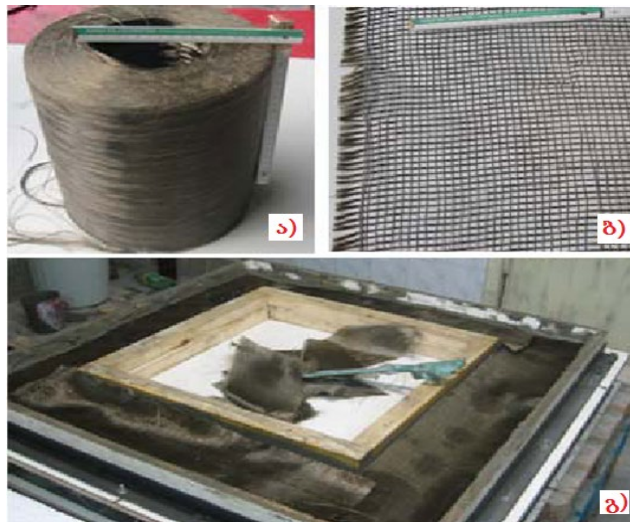
ფიბრობეტონი არის ერთ-ერთი საუკეთესო მასაპირკეთებელი მასალა შენობებისათვის და სხვა სამშენებლო ნაგებობებისათვის. ნახ. 4-ზე წარმოდგენილია ფიბრობეტონის ფილებით მოპირკეთებული შენობის ფასადი (ა), ტროტუარის ფილები (ბ) და სხვა ნაკეთობები - კარნიზის ელემენტები (გ,დ), ლიუკის სახურავი (ე), ქოთანები, იატაკის ფილები (ზ).



ნახ. 4. ნაკეთობები ფიბრობეტონისგან

ფიბრობეტონის დამზადების ტექნოლოგია შემდეგში მდგომარეობს. ფიბრობეტონის შემადგენელი კომპონენტებია ქვიშა, ცემენტი, ჰიდროფობიზატორი, პლასტიფიკატორი. ამ მასალების და წყლის ერთმანეთში შერევა ხდება შემდეგი მიმდევრობით: ქვიშა-ცემენტის წყალხსნარში ემატება ჰიდროფობიზატორი და პლასტიფიკატორი. დამზადებულ მასას საჭიროებისამებრ ემატება მოკლე ბაზალტის ბოჭკოები. მიღებული

მასა მაღალი წნევით მიესხურება წინასწარ მომზადებულ და დამუშავებულ ყალიბს, რომლის არმირება ხდება ბაზალტის ძაფის საარმატურე ქსოვილებით (იხ. ნახ. 5) სენდვიჩის პრინციპით.



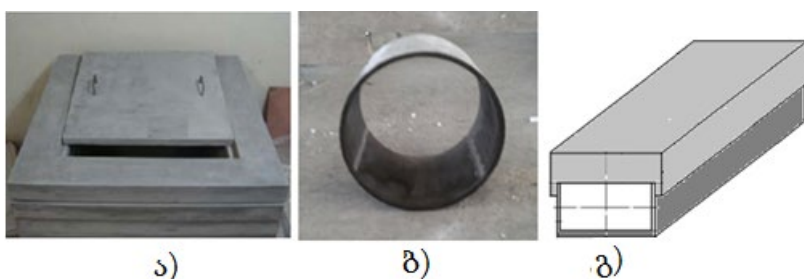
ნახ. 5. ფიბრობეტონის ნაკეთობის დასამზადებლად საჭირო ატრიბუტები:
ა - ბაზალტის ბოჭკოს გორგალი; ბ - საარმატურე ქსოვილი; გ- ყალიბი

გაშრობის შემდგომ ვიღებთ ნიმუშს ყალიბიდან და ვდებთ უკვე საბოლოოდ გასაშრობად საწყობში 28 დღის განმავლობაში, ამასთან ნიმუში აუცილებლად პოლიეთილენის პარკში უნდა იყოს შეფუთული. შრობის ასეთი რთული პროცედურა აუცილებელია, რათა შრობის პროცესში ნიმუშს არ გაუჩნდეს ბზარები და არ გაუარესდეს მექანიკური თვისებები. ზემოთაღნიშნული დროის შემდეგ კომპოზიციური ბეტონი იღებს ექსპლუატაციისათვის საჭირო სიმტკიცეს.

ასეთი ტექნოლოგიით საწარმო Fibrobet-ში (საქართველო, თბილისი) დამზადდა შენობების ფასადის მოსაპირკეთებელი ფილები, რომლებიც გამოყენეს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის შენობის ფასადის მოსაპირკეთებლად. ფილები გამოირჩევა მაღალი სიმტკიცითა და მდგრადობით დატვირთვის მიმართ, არის გამძლე ატმოსფერული გარემოს მიმართ, მათ ახასიათებს შესანიშნავი წყალგაუმტარობა და ყინვაგამძლეობა. აღნიშნული შენობის ფასადი წარმოდგენილია ნახ. 6-ზე.



ნახ. 7. აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის შენობა ამავე ტექნოლოგიით საწარმო Fibrobet-ში მიღებულ იქნა ფიბრობეტონის სხვადასხვა ნაკეთობები (ნახ. 7): ლიუკების ხუფები, საგზაო-სადრენაჟე მილები და საკაბელო არხები [6-8].



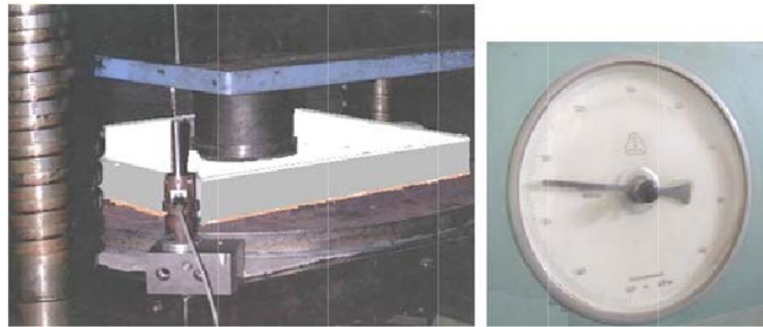
ნახ. 7. ლიუკების ხუფი (ა), საგზაო-სადრენაჟე მილი (ბ) და საკაბელო არხი (გ) ლიუკების ფიბრობეტონის ხუფები ფოლადისა და თუჯის ლიუკებთან შედარებით გაცილებით იაფია. მათი დასამზადებლად იყენებენ ისეთ კომპონენტებს, როგორცაა ქვიშა, ცემენტი, ჰიდროფობიზატორი, პლასტიფიკატორი. არმატურისათვის გამოიყენება ბოჭკოვანი ტექსტილის ქსოვილი, ასევე ბაზალტის ბოჭკოები.

ნახ. 8-ზე წარმოდგენილია ფიბრობეტონის საგზაო-სადრენაჟე მილის დამზადებისათვის საჭირო ყალიბი და მასის დატანის ოპერაცია.



ნახ. 8. ფიბრობეტონის მილი (ა), ყალიბი (ბ) და მასის დატანა (გ)

დამზადებული ნაკეთობები ექვემდებარება გამოცდას სიმტკიცეზე. ნახ. 9-ზე. ნაჩვენებია ფიბრობეტონის ხუფის გამოცდა ჰიდრავლიკურ წნეხზე. ცდების შედეგები მოყვანილია ცხრილში 1.



ნახ. 9. ფიბრობეტონის ხუფის გამოცდა ჰიდრავლიკურ წნეხზე

ცხრილი 1

კლასი	დატვირთვა, კნ
A-15	15
B-125	125
C-250	250
D-400	400

ამ სტატიის ავტორების მიერ შემუშავებულია ზემოთაღნიშნული ელემენტების ანგარიშის მეთოდოლოგია [6-8], რომელიც საშუალებას გვაძლევს გამოვთვალოთ მათი ზომები სიმტკიცის პირობის გათვალისწინებით:

- სანიაღვრე ლიუკის ხუფის სისქე $h = \sqrt{\frac{3P\mu}{2\pi[\sigma]} \left[\ln \frac{b(1+\mu)}{2r_0\mu} + \frac{1+k}{\mu} \right]}$, სადაც P არის მოქმედი

დატვირთვა; μ – პუასონის კოეფიციენტი; $[\sigma]$ - დასაშვები ძაბვა; b - ხუფის სიგანე; r_0 – დატვირთვის განაწილების ბაქნის წრის რადიუსი; k – ხუფის ზიმების თანაფარდობის კოეფიციენტი.

- საგზაო-სადრენაჟე მილის კედლის სისქე გამოითვლება ფორმულიდან: $h = \sqrt{\frac{6W}{l}}$, აქ W

არის ამ კვეთის ღუნვისადმი წინაღობა; l - მილის სიგრძე (l უდრის 1 მ); $W = \frac{M_{MAX}}{[\sigma]}$, აქ

M_{MAX} – მაქსიმალური მღუნავი მომენტი საშიშ კვეთში, რომელიც უდრის $M_{MAX} = \frac{PR}{\pi}$; P არის მოქმედი დატვირთვა; R – მილის რადიუსი; $[\sigma]$ - დასაშვები ძაბვა.

- საკაბელო არხის სახურავის სისქე $h = \sqrt{\frac{6W}{b}}$, სადაც b არის სახურავის სიგანე; სახურავის

კვეთის ღუნვისადმი წინაღობა იანგარიშება იმავე ფორმულით, რაც იყო გამოყენე-

ბული მილის კედლისთვის.

ზემოთ მოყვანილი ფორმულებით კონკრეტული ზომის ლიუკის ფიბრობეტონის ხუფისთვის შესრულებული ანგარიშის შედეგები პრაქტიკულად დაემატება ცდების მონაცემებს.

3. დასკვნა

დასკვნის სახით შეიძლება აღინიშნოს, რომ ზემოთ აღწერილი ტექნოლოგიით მიღებული ფილები, რომლებიც გამოიყენება შენობების შეკიდული ფასადებისათვის არის თბო-ენერგოეფექტური და, შესაბამისად, ეკოლოგიური. ასევე ხელსაყრელია ეკოლოგიური თვალსაზრისით სხვა ფიბრობეტონის ნაკეთობები, კერძოდ სანიაღვრე ლიუკების ხუფები, საგზაო-სადრენაჟო მილები და საკაბელო არხების სახურავები, რომლებიც წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული საგზაო მშენებლობაში.

ლიტერატურა

1. Klyuev A.V. Steel fiber reinforced concrete for prefabricated monolithic construction // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova. – 2011. – № 2. – Pp. 60 – 63.
2. Klyuev A.V. Strengthening bendable structures with carbon fiber-based composites // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova. – 2011. – № 3. – Pp. 38 – 41.
3. Klyuev A.V., Lesovik R.V. Steel fiber reinforced concrete on composite binders and technogenic sands KMA for bendable structures // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova. – 2012. – №. 2. – Pp. 14 – 16.
4. Klyuev S.V., Lesovik R.V., Klyuev A.V. Fiber-reinforced concrete based on KMA technogenic sand and composite binders for industrial and civil construction. – Belgorod: Publishing house of BSTU named after. V.G. Shukhova. – 2012. – 124 p.
5. Bazhenov Yu.M. Concrete technology. M., published by ASV, 2002. – 500 p.
6. D. Nozadze, S. Mebonia, P. Ejibia, A. Tutberidze production and research of fiber concrete road pipes. Proceedings of GTU № 3 (493), Tbilisi, 2014. - p. 34-37.
7. D. Nozadze, S. Mebonia, P. Ejibia, D. Demetradze, G. Gogoladze. Production and research of fiber concrete cable channels. Proceedings of GTU № 2(496), , Tbilisi, 2015. - p. 129-134.
8. D. Nozadze, S. Mebonia, P. Ejibia, G. Otarashvili. Manufacturing technology of fiberglass manhole covers. Science and Technologies, № 3(723), Tbilisi, 2016. - pp. 99-104.

რეზიუმე: განხილულია ფიბრობეტონის სამშენებლო ელემენტების გამოყენების სფეროები. შემოთავაზებულია ფიბრობეტონის ნაკეთობების, მათ შორის სანიაღვრე ლიუკების ხუფების, საგზაო-სადრენაჟე მილებისა და საკაბელო არხების დამზადების ტექნოლოგია. მოყვანილია ამ ელემენტების ზომების საანგარიშო ფორ-მულები კონკრეტული ზომის ნაკეთობისათვის სიმტკიცის პირობების გათვალის-წინებით. აღნიშნული ტექნოლოგიით მიღებული ფიბრობეტონის სამშენებლო ელემენტები შეიძლება გამოყენებულ იქნას მშენებლობის სხვადასხვა დარგებში.

საკვანძო სიტყვები: ფიბრობეტონი; ბოჭკო; სტრუქტურა; სამშენებლო ელემენ-ტი; დატვირთვა.

USE OF FIBER CONCRETE IN THE PRODUCTION OF BUILDING ELEMENTS

D. Nozadze , S. Mebonia, G. Otarashvili

Department of metallurgy, materials science and processing of metals, Georgian Technical University, Georgia, 0175, Tbilisi, Kostava St., 69

Recezents:

David Nizharadze, academic doctor, senior scientific worker, tel. 577 39 24 71

Jemal Javakhishvili, academic doctor, senior scientific worker, tel. 577 39 24 72

R. Dvali Institute of Machine Mechanics, 10, Mindeli str., Tbilisi, 0186, Georgia

Resume: Areas of use of fiber concrete building elements are discussed. The technology for manufacturing fiber concrete products, including manhole covers, road-drainage pipes and cable channels, is offered. Formulas for calculating the dimensions of these elements are provided, taking into account the strength conditions for a product of a specific size. Fibro concrete building elements obtained by the mentioned technology can be used in various fields of construction.

Keywords: Fibro concrete; fiber structure; construction element; load.

**Natural occurrence entomopathogenic fungi: *Beauveria bassiana* and *Metharizium anizopliae*
from population of Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera:
Chrysomelidae) in Georgia**

Nino Matcharashvili^{1*}, Medea Burjanadze²

¹ Master student of Faculty of Agricultural Sciences And Biosystem Engineering Georgian Technical University, Tel: +995 598 69 10 60, nmach2018@agruni.edu.ge, Tbilisi, Georgia

² Professor, Faculty of Agricultural Sciences And Biosystem Engineering Georgian Technical University, Institute “Talga”, +995 593 91 29 74, m.burjanadze@gtu.ge

Abstract

The paper demonstrated Colorado potato beetle (CPB), *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) its nature enemies such entomopathogenic fungi. Six isolates were obtained from larvae and adults of the population of *L. decemlineata*, at the different geographical and climatic zone of potato production. Morphological study show that five isolates belong to genus to of *Beauveria* and one isolates of *Metharizium*. Microscopic observation of colony growth and conidia arrangement showed general and typical characteristics of *Beauveria bassiana* in five isolates and one isolate *Metharizium anizopliae*.

Distribution of EPF among the insect, horizontal transmission, it is important issue for the control *L. decemlineata*. Experimental results show that adult of the *L. decemlineata* were infected with a fungal diseases as a result of movement in the soil and spread naturally among them.

The beetles moved as on the surface of the soil, as they were moving deep into the soil. On the 5th appeared single beetles infected with mycosis; on the 9th day their number increased and infected beetles achieved around 50%; Finally, on the 14th day all the beetles were infected and their mortality reached 100%.

The identification and investigation of mycosis infection in the population of Colorado potato beetle, which has developed resistance to many insecticides used, is very important to reduce economic losses and save environment from pollution and is an important pathogen that can be used for the control this insects.

Introduction

Potatoes are one of the most important staple foods in the world after wheat and rice and the third largest crop in the world in terms of human consumption (FAOSTAT 2019). In Georgia, the potato is the most widely grown crop after in vegetable production (GEOSTAT 2020). A wide range of insects can damage potatoes directly by feeding on the tubers and spoiling the crop or indirectly by

feeding on leaves or stems. Tuber yield losses due to insects are estimated at 75% without crop protection (James 2011).

The Colorado potato beetle (CPB), *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: hrysomelidae), is a serious pest of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the USA and Europe, as well as in Asia (Jolivet 1991; Weber 2003). The first serious damage to the potato was reported in Colorado, USA (Riley 1875). By the end of the twentieth century, the pest had spread throughout Europe and Asia and continued to expand its geographic range to new regions of the world (Wang et al. 2017). In Georgia, the pest was first discovered in 1965 in Gagra (Abkhazia) (Burjanadze, 1988; Goderdzishvili and Parulava, 1981; Antadze, 1981).

The beetle survives by feeding on cultivated and wild solanaceous plants, like potato, eggplant and tomato. Both larvae and adults of CPB damage the leaves of potato plants. However, the main damage is caused by larval feeding (Kıvan & Aysal, 2014).

At present for the control CPB various chemical insecticides were used. The rapid development of resistance to various chemical insecticides requires the development of approaches to the control of *L. decemlineata* populations using natural enemies. The most widely used biological agents in biological control are entomopathogens (Deacon, 1983). Among them, entomopathogenic fungi (EPF) especially infect the pest through integument, their ease of production and high adaptability make them potentially more useful than the others. EPF have three mechanisms of action including causing mechanical damage to tissues and producing toxic metabolites. In this way, they can cause the direct death of insects or weaken them, and limit their vital activities (Kulkarni, 2015).

The widely distributed entomopathogenic hyphomycete *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycota: Hyphomycetes) has been studied for microbial control of CPB (Lipa 1985; Wraight and Ramos 2017; Ropek and Kolodziejczyk 2019; Eski et al. 2022). *B. bassiana* shows efficient control against adult and all larval stages of CPB and provides a very high level of control during the potato growing season because it can continue to reproduce after application. However, its pathogenicity is greatly affected by abiotic factors such as moisture, sunlight, and ultraviolet rays (Fernandes et al. 2015; Acheampong et al. 2020).

The objectives of this research was to find and identify a entomopathogenic fungi, spread in the population of *L. decemlineata*, at the different geographical and different zone of potato production.

Material and Methods

Collection of insects

Adults and larvae of *L. decemlineata* (I-V instars) were collected from four different geographical areas at different altitudes (600-1200 m a.s.l), potato fields: Kumisi, Tetrackaro, Bulachauri and Tianety, 2023-2024.

Isolation of entomopathogenic fungi

Single insects with the symptoms characteristic of entomopathogenic fungus have been transfer in laboratory for detection fungi strains. Adults and larvae of CPB placed in moister chamber for develop fungi mycelium. Fungi isolated from The insect cadaver were cultivated on artificial media and incubated at $23 \pm 2^{\circ}$ C for 12-15 days.

Colony growth and morphology

Colony descriptions and measurements were determined from cultures grown on full strength potato dextrose agar (PDA) (Difco™) on Petri dishes (\varnothing 90 mm), The plates were incubated at 25° C in the dark at $23 \pm 2^{\circ}$ C in darkness fro 10-14 day from inoculation. Terms and notations used to describe colony coloration, hyphae and conidia (Evlakhova,1974; Roberts & Humber, 1981; Humber, 1997,) . Microscopic measurements of conidiogenous cells and conidia were taken from PDA cultures at 5–15 days and images were acquired with a light microscope. Terminology for conidial shape follows (. Vellinga, , 1988) hyphae and conidia's measurements were taken.

Horizontal transmission of Beauveria bassiana

Experiments were carried out to determine the biological activity and distribution infection of the fungus *Beauveria bassiana* in relation to the adult of the Colorado potato beetle. In the glass dishes (volume 2 liter), 1/3 volume with moister soil, were placed 30 adults of CPB, in each other container, with 3 replication.

Results and Discussion

Identification of Entomopathogenic Fungi

Samples, which were obtained from 4 different geographical sites at different altitudes (600-1200 meters above sea level (m a.s.l.) and climate zones, each representing a unique agricultural ecosystem in Georgia. In the nature we are fined I infected larvae an adults (Figur 1) were fined in the nature which transfer to laboratory for the study.



Figure 1. Occurrences infected larvae and Adults of *L.decemlineata* in nature: a - larvae with *Beauveria bassiana*; b – beetles with *Beauveria bassiana*; c – adult with *Metharizium anizopliae*

Five isolates of *Beauveria bassiana* and one isolates of *Metharhizium anizoplia* were obtained from larvae and adults of *L. decemineata*, as described in Table 2.

Table 2. Sites of investigation of *Leptinotarsa decemlineata* in cultivated potato field

Name of isolates	Name of sites	Geographical location (lat.N,long.E)	Altitude	Name of isolates	year
CPB 1	Kumisi	41 ⁰ 61' 36", 44 ⁰ 78' 21"	950	<i>B. bassiana</i>	2024
CPB 2	Tetritckaro	41 ⁰ 55' 22", 44 ⁰ 48' 18"	1000	<i>B. bassiana</i>	2024
CPB 3	Shovi, GCM**	42 ⁰ 35' 36", 43 ⁰ 00' 88"	1800	<i>B. bassiana</i>	2023
CPB 4	Shovi, GCM	42 ⁰ 23' 76", 43 ⁰ 10' 13"	1650	<i>B. bassiana</i>	2023
CPB 5	Shovi,Glola, GCM	42 ⁰ 33' 36", 43 ⁰ 00' 58"	1730	<i>B. bassiana</i>	2023
CPB 6	Shovi, Glola,GCM	42 ⁰ 44' 07", 43 ⁰ 77' 01"	1780	<i>M.anizopliae</i>	2023

*LCM- Lesser Caucasian Mountain; GCM**- Grate Caucasian Range

Morphological study of fungal isolation

Colony growth characteristics and appearance are similar among the majority of *Beauveria* species. All six isolates were cultured on full-strength Potato dextrose agar (Ø 90mm) at 23 ± 2° C at 12-15 days grows average 10–40 mm diam. The five culture appears as white to light yellow colonies having a cottony, powdery, velutinous and woolly texture that frequently becomes farinaceous as conidia accumulate on the surface of aging cultures. One isolation was different color, beginning with cream-yellow, later green.

Microscopic observation of colony growth and conidia arrangement showed general and typical characteristics of *Beauveria* in five isolates. Five species of *Beauveria bassiana* and one

species *Metarhizium anizoplia* were identified. Morphological characterization of *Beauveria* species are given in Table 2.

Table 2. Morphological characterization of isolates *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anizopliae*

<i>Species</i>	<i>Colony description</i>	<i>Colony size (Ø mm)</i>	<i>Size of conidia (µm)</i>	<i>Form of conidia</i>
<i>Beauveria bassiana</i> (CPB 1, CPB 2, CPB 3, CPB 4, CPB,5)	cottony, powdery, velutinous, white or yellow white appressed to agar surface	13–30	(1.5) 2.0 – 3.0 (4.0) x (1.5) 2.0 – 2.5 (- 3.0)	globose, subglobose , broadly ellipsoid forming short chains
<i>Metarhizium anizopliae</i> (CPB 6)	subvelutinous, velutinous to cottony, closely appressed to agar surface dark green	14–34	7.5-10.2 x 4.0–4.5 12.5-15.0 x 2.5-3.0	elongated ellipsoidal to cylindrical in shape

Colony of *M.anizopliae* growth on full-strength PDA 14–34 mm diam. at 12 day at 23°C. Surface mycelium subvelutinous , closely appressed to agar surface, at the s yellowish green to dark green. Conidia aggregated as, 0.1 mm spherical clusters, white in mass, conidia occasionally. Forming a farinaceous surface layer in older cultures. Colony reverse a dark green color. The conidia, which were oval in shape (n = 30), varied 9.0 (7.5–10.2) µm in length and 4.3 (4.0–4.5) µm in width. The matured spores are commonly elongated ellipsoidal to cylindrical in shape, with dimensions 12.5-15.0 x 2.5-3.0 µm (Figure 2, c,d).

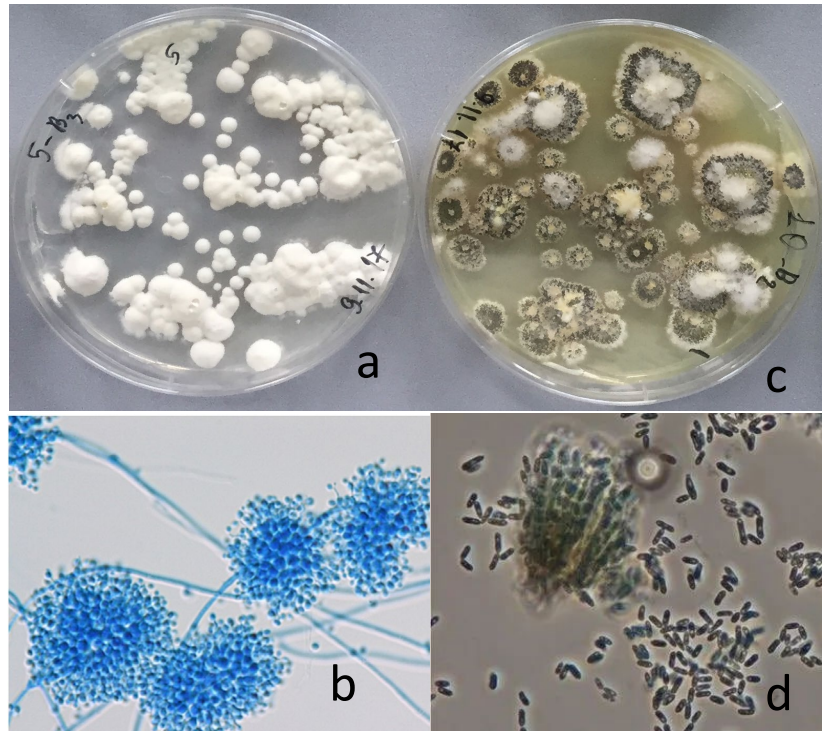


Figure 2. Isolates entomopathogenic fungi from *L. decemlineata*: a - colony of *B. Bassiana*; b – spores of *B. Bassiana*; c-colony of *M. anizopliae* ; d – spores of *M. anizopliae*.

Both fungi are known to produce cuticle-degrading enzymes that facilitate percutaneous infection of the host insect without the need for oral consumption by the target organism (Wright et al., 2002). Fungi exhibit qualities which can make them ideal for this infection strategy including a mild-acting nature, the ability to self-replicate and the ability of fungal conidia to be spread by adults of *L. decemlineata* (Grace & Zoberi, 1992; Cheraghi et al., 2012).

Distribution of EPF among the insect, it is important issue for the control *L. decemlineata*. Experimental results show that adult of the CPB were infected with a fungal diseases as a result of movement in the soil (Figur 3). and spread naturally among them.

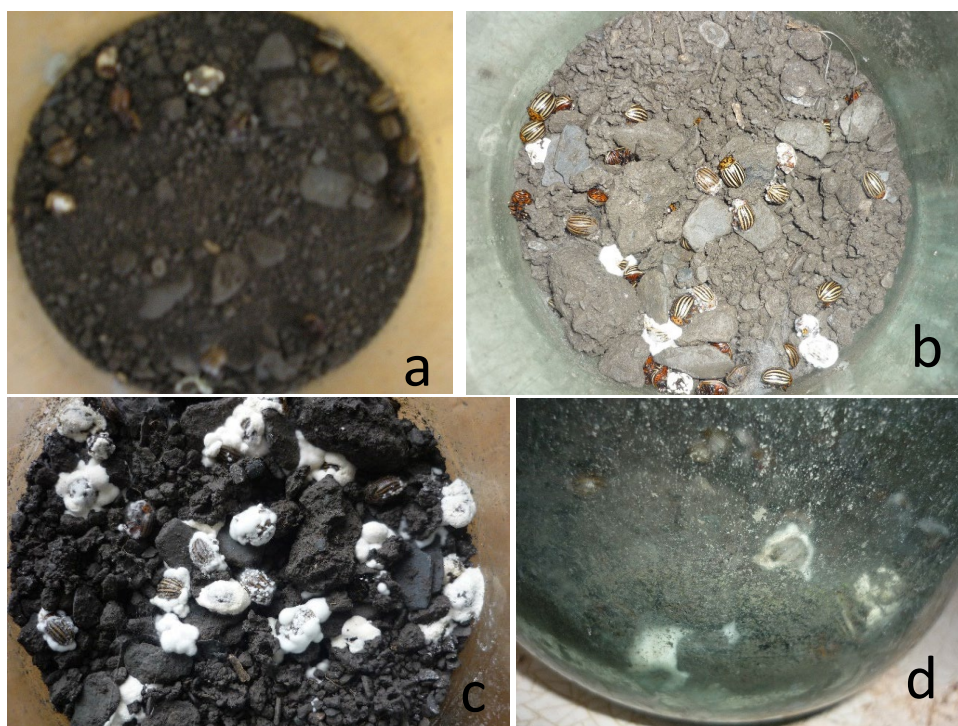


Figure 3. Horizontal transmission of mycosis cause by *B.bassiana* among adult of *L.decemlineata*: a- 5 day; b – 9 day; c - 14 day; d – infected insects in the soil.

The beetles moved as on the surface of the soil, also they were moving deep into the soil. On the 5th day of the beginning experiment, appeared single beetles infected with mycosis, On the 5th day of the experiment, single beetles infected with mycosis appeared, on the 9th day their number increased and infected beetles achieved around 50%, Finally, on the 14th day all the beetles were infected and their mortality reached 100%.

Conclusion

The identification and investigation of mycosis infection in the population of Colorado potato beetle - *L.decemlineata*, which has developed resistance to many insecticides used, is very important to reduce economic losses. It has been shown that *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anizopliae* isolated from naturally infected insects is an important pathogen that can be used for the control this insects. Subsequently, mycoses infection and its high efficiency was demonstrated in laboratory and pot experiments. In addition, the optimum condition for occurrence of maximum pathogenicity of entomopathogenic fungus can be investigated.

References:

- Acheampong, M.A., Hill M.P., Moore, S.D., Coombes, C.A. (2020) UV sensitivity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates under investigation as potential biological control agents in South African citrus orchards. *Fungal Biol* 124(5):304–310.
- Antadze, O.K., Dmbadze, A.N., Parulava, N.I. (1981). Spread Colorado potato beetle in Georgia and its control. *Proceeding of Georgia Research Scientific Institute Plants Protection*, 31, 23-29.
- Burjanadze, M. (1988). Microbiological method of control potato from Colorado Potato beetles in Eastern Georgia. Theses of PhD dissertation, Georgia, 146 p. (in Russia)
- Cheraghi, A., Habibpour, B., Mossadegh, M.S. and Sharififard, M. (2012). *Horizontal Transmission of the Entomopathogen Fungus Metarhizium anisopliae in Microcerotermes diversus Groups*. *Insects*, 3, 709-718; doi:10.3390/insects3030709
- Deacon, J. W. (1983). *Microbial Control of Plant Pests and Diseases*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, US, 88 pp.
- Eski, A., Bayramoglu, Z., Sonmez, E., Biryol, S., Demir, I. (2022) Evaluation of the effectiveness of entomopathogens for the control of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *J Agr Sci Tech* 24(2):393–405.
- Evlakhova, A.A. (1974). *Entomogenous Fungi. Classification, Biology, Practical Significance*, Nauka Press, Leningrad, Russia, pp. 1-260.
- FAOSTAT (2019) Food and agriculture data. <http://www.fao.org/faostat/en>. Accessed 22 Nov 2020
- Fernandes, É.K., Rangel, D.E., Braga, G.U., Roberts, D.W. (2015). Tolerance of entomopathogenic fungi to ultraviolet radiation: a review on screening of strains and their formulation. *Curr Genet* 61:427–440.
- GEOSTAT (2020). <https://www.geostat.ge/en/single-archive/3360>
- Goderdzishvili, G. and Parulava, N. (1981). Colorado potato beetle in Georgia. *Georgian Agricultural.*, 9, 32 p. (In Georgia).
- Grace, J.K., Zoberi, M.H. (1992). Experimental evidence for transmission of *Beauveria bassiana* by workers (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology* 20, 23-28.
- Humber, R. A. (1997). *Fungi Identification*. In: *Manual of Techniques in Insect Pathology*. 1st ed. Chapter V-1, San Diego, CA, USA, pp. 153-185.
- James, C. (2011.) *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops*; ISAAA: Ithaca, NY, USA
- Jolivet, P. (1991). Le doryphore menace l'Asie *Leptinotarsa decemlineata* Say 1824 (Col. Chrysomelidae). *Entomologiste* 47:29–48.

Kıvan, M. & Aysal, T. (2014). Laboratuvar koşullarında *Perillus bioculatus* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae)'un gelişme süresi ve ölüm oranı üzerinde ön çalışmalar. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 5 (1): 23-29 (in Turkish with abstract in English)

Kulkarni, S. A., (2015). Biochemical and Molecular Studies of Chitin Deacetylase from *Metarhizium* species. Savitribai Phule Pune University, Biochemical Sciences Division CSIR-National Chemical Laboratory, (Unpublished) Ph.D Thesis, India, 196 pp.

Lipa, J.J. (1985). Progress in biological control of the Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) in Eastern Europe. Bull OEPP 15(2):207–211.

Riley, C.V. (1875) Seventh Annual Report on the Noxious, Beneficial, and Other Insects of the State of Missouri, 1st ed.; Regan & Carter: Jefferson City, MO, USA

Roberts, D.W., Humber, R.A. (1981). Entomogenous fungi. In: G.T. Cole, B. Kendrick (Eds.), *Biology of Conidial Fungi*, Academic Press, New York, USA, pp. 201-236.

Ropek, D., Kołodziejczyk, M. (2019). Efficacy of selected insecticides and natural preparations against *Leptinotarsa decemlineata*. Potato Res 62:85–95.

Vellinga, E.C. (1988). Glossary. In: C Bas, Th.W. Kuyper, M.E. Noordeloos, E.C. Vellinga (eds.), *Flora Agaricina Neerlandica, Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands*, vol 1. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 54–64.

Wang Y, Tang DX, Duan DE, Wang YB, Yu H (2020) Morphology, molecular characterization, and virulence of *Beauveria pseudobassiana* isolated from different hosts. J Invertebr Pathol 172:107333

Weber, D. (2003). Colorado beetle: pest on the move. Pestic Outlook 14:256–259

Wraight, S.P., Ramos, M.E. (2017). Effects of inoculation method on efficacy of wettable powder and oil dispersion formulations of *Beauveria bassiana* against Colorado potato beetle larvae under low humidity conditions. Biocontrol Sci Technol 27(3):348–363

Wright, M.S., Osbrink, W.L.A., Lax, A.R. (2002) Transfer of entomopathogenic fungi among Formosan subterranean termites and subsequent mortality. J. Appl. Entomol., 126, 20-23.

ბუნებრივი მტრების ენტომოპათოგენური სოკოების *Beauveria bassiana* და *Metharizium anizopliae*-ს გამოვლენა კარტოფილის კოლორადოს ხოჭოს *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) პოპულაციაში, საქართველოში.

ნინო მაჭარაშვილი^{1*} და მედეა ბურჯანაძე²

¹ მაგისტრანტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, აგრარული მეცნიერები და ბიოსისტემის ინჟინერინგის ფაკულტეტის; ტელ: +995 598 69 10 60,

nmach2018@agruni.edu.ge თბილისი, საქართველო

2 პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, აგრარული მეცნიერები და ბიოსისტემის ინჟინერინგის ფაკულტეტი ინსტიტუტი „ტალა“, +995 593 91 29 74, m.burjanadze@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომში ნაჩვენებია კარტოფილის კოლორადოს ხოჭო - *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: hysomelidae) მისი ბუნების მტრები, როგორცაა აენტომოპათოგენური სოკოები. ექვსი იზოლატი იქნა გამოყოფილი *L. decemlineata*-ს მატლებისა და ხოჭოების პოპულაციებიდან, მეკარტოფილეობის სხვადასხვა გეოგრაფიულ და კლიმატურ ზონაში. მორფოლოგიური კვლევები აჩვენებს, რომ ხუთი იზოლატი მიეკუთვნება *Beauveria*-ს და ერთი - *Metharhizium*-ს. კოლონიების ზრდისა და კონდიების განლაგების მიკროსკოპულმა ანალიზმა დაადასტურა *Beauveria bassiana*-ს ზოგადი და ტიპური მახასიათებლები ხუთ იზოლატში და ერთში *Metharizium anizopliae*-ს.

ექს-ის გავრცელება მწერებს შორის, ჰორიზონტალური გადაცემა, მნიშვნელოვანი საკითხია *L. decemlineata* კონტროლისთვის. ექსპერიმენტმა აჩვენებს, რომ *L. decemlineata*-ს ზრდასრული ხოჭოები, ნიადაგში გადაადგილების შედეგად დაინფიცირდა სოკოვანი დაავადებებით და ბუნებრივად გავრცელდა მათ შორის.

ხოჭოები მოძრაობდნენ, როგორც ნიადაგის ზედაპირზე, ასევე ღრმად ჩადიან ნიადაგში. პირველად, მიკოზით ინფიცირებული ხოჭოები გამოჩნდნენ მე-5 დღეს; მე-9 დღეს მათი რიცხვი გაიზარდა და ინფიცირებული ხოჭოების რაოდენობა დაახლოებით 50%-ს შეადგენდა; ხოლო, მე-14 დღეს ყველა ხოჭო იყო ინფიცირებული და მათმა სიკვდილიანობამ 100%-ს მიაღწია.

კარტოფილის კოლორადოს ხოჭოს პოპულაციაში მიკოზური ინფექციების გამოვლენა მნიშვნელოვანია ეკონომიკური ზარალის შემცირების მიზნით, ასევე გარემოს დაბინძურებისგან დასაცავად.

UDC 544.723.5+549.67+622.276.63+622.78

Influence of Heat on the Structure and Porosity of Natural Heulandite

- Vladimer Tsitsishvili** Department of Chemistry & Chemical Technologies, Georgian National Academy of Sciences, Georgia, 0108, Tbilisi, 52, Sh. Rustaveli av.;
Petre Melikishvili Institute of Physical & Organic Chemistry, Tbilisi State University, Georgia, 0186, Tbilisi, 31 A. Politkovskaia str.
E-mail: v.tsitsishvili@gmail.com
- Nanuli Dolaberidze** Petre Melikishvili Institute of Physical & Organic Chemistry, Tbilisi State University, Georgia, 0186, Tbilisi, 31 A. Politkovskaia str.
E-mail: n_dolaberidze@yahoo.com
- Marinela Panayotova** Department of Chemistry, University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1100, Darvenitsa, Sofia, Bulgaria. E-mail: marichim@mgu.bg
- Nato Mirdzveli** Petre Melikishvili Institute of Physical & Organic Chemistry, Tbilisi State University, Georgia, 0186, Tbilisi, 31 A. Politkovskaia str.
E-mail: nato.mirdzveli@gmail.com
- Manana Nijaradze** Petre Melikishvili Institute of Physical & Organic Chemistry, Tbilisi State University, Georgia, 0186, Tbilisi, 31 A. Politkovskaia str.
E-mail: manana.nij955@gmail.com
- Zurab Amiridze** Petre Melikishvili Institute of Physical & Organic Chemistry, Tbilisi State University, Georgia, 0186, Tbilisi, 31 A. Politkovskaia str.
E-mail: zurabamiridze55@gmail.com
- Bela Khutsishvili** Petre Melikishvili Institute of Physical & Organic Chemistry, Tbilisi State University, Georgia, 0186, Tbilisi, 31 A. Politkovskaia str.
E-mail:

Abstract. Chemical composition, structure and porosity of heat-treated natural heulandite from the Tedzami-Dzegvi deposit, selected for the creation of new bactericidal zeolite filter and filler materials, have been studied by chemical analysis, X-ray diffraction patterns, water and benzene adsorption and nitrogen adsorption-desorption methods. It was found that heulandite heating leads to stepwise dehydration proceeding up to ≈ 800 °C, as well as to amorphization starting at ≈ 250 °C and structural

changes: the transition to metastable heulandite B phase at ≈ 340 °C is not fixed, but at a temperature of more than 500 °C it is possible to form a sodium-calcium-magnesium-potassium type of the analcime-like mineral wairakite $(\text{Na,K},\frac{1}{2}\text{Ca},\frac{1}{2}\text{Mg})_2(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, followed by formation of an albite-like feldspar $(\text{Na,K},\frac{1}{2}\text{Ca},\frac{1}{2}\text{Mg})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ at a temperature of about 800 °C. At temperatures above $\approx 1,000$ °C, amorphous aluminosilicate contains crystalline inclusions of cristobalite (polymorph of SiO_2), α -quartz, albite-like feldspar, hematite (Fe_2O_3) and magnetite ($\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$); heating-induced changes in micro- and mesopore systems are insignificant. It is also shown that heat treatment increases the acid resistance of heulandite, which is expressed in a decrease in the degree of dealumination after acid treatment of calcined samples. Thus, heat treatment of heulandite make it possible to obtain materials with different structure and properties.

Keywords: albite, anorthite, cristobalite, hematite, heulandite, magnetite, wairakite.

Introduction

The most promising molecular sieves, sorbents and ion exchangers for various purposes are considered natural and synthetic zeolites, crystalline microporous aluminosilicates of the general formula $\text{M}_x[\text{Si}_y\text{Al}_x\text{O}_{2(x+y)}]\cdot n\text{H}_2\text{O}$, ($\text{M}^+ = \text{Na}^+, \text{K}^+, \frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}, \frac{1}{2}\text{Mg}^{2+}$, etc.), and their properties and application in various industries, agriculture, medicine and environmental protection are covered in detail in reviews of recent years [1-9]. Open-framework uniform structures of zeolites are built from $[\text{SiO}_4]$ and $[\text{AlO}_4]^-$ tetrahedra [10], forming rings of various sizes, the rings form cages, the combination of uniform cages forms channels, a set of infinite channels forms a one-dimensional, two-dimensional or three-dimensional system of micropores. The existence of uniform cages and channels of strictly defined dimensions determines shape-selectivity of zeolites and other unique properties including low density and large volume of free spaces, high degree of hydration and the presence of so-called “zeolite water”, possibility of sorption of molecules and ions, ion exchange capacity and catalytic properties.

Today the Database of Zeolite Structures of the International Zeolite Association [11] includes 256 different types of zeolite frameworks, of which less than 40 occur in Nature, the rest are obtained synthetically. In general, the high uniformity of cationic composition and pore size distribution makes synthetic zeolites more suitable for use as adsorbents and ion exchangers in water treatment and other applications, while large reserves of easily mined natural zeolites are very attractive for economic and environmental reasons. Today natural zeolites have found important applications in industry as water adsorbents (desiccation of organic solvents, heat storage) and active fillers (construction materials, paper, polymers) in agriculture (carriers of agrochemicals and fertilizers, feed additives, treatment of soil and fish ponds) and in environmental protection (wastewater treatment, purification

of gases) and. Natural zeolites are also used as water adsorbents (desiccation of organic solvents, heat storage), active fillers (construction materials, paper, polymers).

It is believed that thermal and/or acidic pretreatment can improve the properties of natural zeolites [12], with the stability of the zeolite framework playing an important role. The crystal structure of zeolites includes three components: an aluminosilicate framework $[\text{Si}_y\text{Al}_x\text{O}_{2(x+y)}]$, cations M^+ that compensate for its negative charge, and water molecules. When the zeolite is heated, water molecules gradually leave the crystal lattice, cations change their positions, which can lead to changes in the structure of the aluminosilicate framework.

The purpose of the work was to study the processes caused by the effects of heat on heulandite-bearing tuff. from the Tedzami-Dzegvi deposit, selected for the creation of new bactericidal zeolite filter and filler materials. Preliminary results of studies of heat-treated heulandite-bearing tuff from the Tedzami-Dzegvi deposit and other zeolites from Kazakhstan and Armenia have been published recently [13-7, 18], this article summarizes these studies and contains additional information not included in these publications.

Main Part

EXPERIMENTAL

In the study, weight loss (TG), difference thermal analysis (DTA) and difference thermal gravimetric (DTG) curves of heulandite-containing tuff from the Tedzami-Dzegvi deposit (HTD sample) were recorded on an NETZSCH STA 2500 Regulus thermal analyzer at a heating rate of 10 °C/min.

Calcination of HTD sample, placed in heat-resistant round-bottomed cups, was carried out in a B400/410 muffle furnace (Naberthem, Carl Stuart Group) in the temperature range of 200-1100°C under static conditions for 1 hour, then the cups with calcined zeolite samples were placed in desiccators with calcined CaCl_2 until completely cooled.

The obtained samples of heat-treated HTD are characterized by X-ray energy dispersion spectra (EDS; obtained from high performance scanning electron microscope JSM-6490LV, JEOL, Japan, equipped with INCA Energy 350 XRED analyzer, Oxford Instruments), powder diffraction (XRD) patterns obtained from a diffractometer D8 Endeavor, Bruker, Germany, employing the Cu-K_α line ($\lambda = 0.154056$ nm); the samples were scanned in the 2Θ range of 5° to 60° with a 0.02° step at a scanning speed of 1°/min. Sorption of water and benzene vapors was measured in static conditions at room temperature and constant pressure. Nitrogen adsorption/desorption isotherms were measured at 77 K using ASAP 2020 Plus analyzer, Micromeritics, Norcross GA, USA.

RESULTS & DISCUSSION

According to the data of chemical analysis and X-ray diffraction patterns [16], the HTD sample contains $\approx 90\%$ of zeolite phase which is a high-silica heulandite (empirical formula of dehydrated sample $(\text{Na}_{0.25}\text{K}_{0.06}\text{Ca}_{0.19}\text{Mg}_{0.15})[\text{AlSi}_{3.6}\text{O}_{9.2}]$) mixed with a small amount ($\approx 10\%$) of chabazite (crystal chemical data $[\text{Ca}_6(\text{H}_2\text{O})_{40}][\text{Al}_{12}\text{Si}_{24}\text{O}_{72}]$ -CHA, [10, pp. 96-97] and containing relatively high amount of sodium and magnesium exchangeable ions. Content of main impurities per aluminum atom is $\text{Fe}_{0.2}$, $\text{Ca}_{0.14}$, and $\text{Ti}_{0.005}$, and by the value of the atomic silicate modulus ($\text{Si}/\text{Al}=3.6$), the HTD sample can be classified as high-silica heulandite belonging to the HEU type (crystal chemical data $[\text{Ca}_4(\text{H}_2\text{O})_{24}][\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}]$ -HEU, [10, pp. 156-157]).

Thermogravimetric analysis.

Thermogravimetric curves of HTD sample are presented in Figure 1, analysis data – in Table 1 [13].

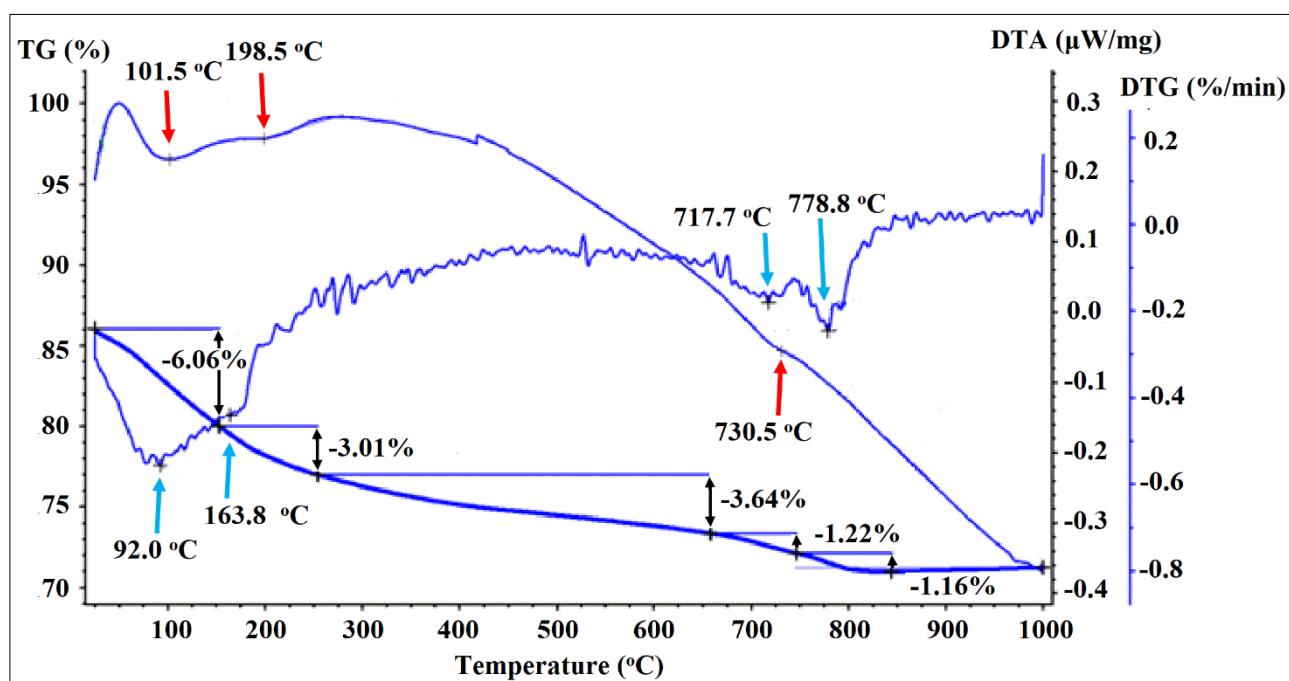


Fig. 1. Thermogravimetric curves of HTD sample (red and blue arrows show endothermic peaks on DTA and DTG curve, respectively).

Table 1

Thermogravimetric analysis of HTD sample.

Weight loss (%)	6.06	3.01	3.64	1.22	1.16
Temperature interval (°C)	<150	150-250	250-650	650-750	750-850
DTG peaks (%/min)	-0.56	-0.44	-0.18	-0.25	
Temperature (°C)	92.0	163.8	717.7	778.8	
DTA peaks (μW/mg)	0.217		0.247		-0.054
Temperature (°C)	101.5		198.5		730.0

The measured total weight loss (15.09%) is in good agreement with the calculated (15.5%) based on the empirical chemical formula ($\text{Na}_{0.25}\text{K}_{0.06}\text{Ca}_{0.19}\text{Mg}_{0.15}$) [$\text{AlSi}_{3.6}\text{O}_{9.2}$] of dehydrated zeolite and the assumption that there are 3 water molecules per aluminum atom, as follows from the heulandite crystal chemical data [$\text{Ca}_4(\text{H}_2\text{O})_{24}$] [$\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}$]-HEU [10, pp. 156-157]. This result makes it possible to conditionally assume in all calculations three water molecules per aluminum atom, or 23.5 water molecules in the unit cell of the HTD sample.

Most of the water ($\approx 9\%$ of the total weight and $\approx 60\%$ of the total water content) is continuously lost at temperatures below ≈ 250 °C, and then part of the remainder ($\approx 24\%$ of the total water content) is slowly dehydrated up to 650 °C, and then the remainder ($\approx 24\%$) dehydrates up to 800 °C.

The first thermogravimetric analysis of zeolites was carried out in the early 1950's by Mitsue Koizumi at Osaka University, Japan. According to his results [17], in heulandite, most of the water ($\approx 12\%$ of the total weight and $\approx 70\%$ of the total water content) was continuously lost at temperatures below ≈ 260 °C, and then part of the remainder ($\approx 2.5\%$ of the total weight) dehydrates rapidly at 280 °C, and then the remainder ($\approx 3\%$) slowly to 700 °C. In general, the picture of heulandite dehydration presented by Koizumi corresponds to that obtained for the HTD sample; the discrepancies can be explained by the presence of chabazite impurity. Additionally, Koizumi noted that the DTA curve shows a slow endothermic change between room temperature and 260 °C, a rather sharp endothermic peak at 341 °C and a very weak endothermic peak at ≈ 450 °C. Frederick A. Mumpton studied seven samples of heulandite and eight samples of clinoptilolite from various sources and postulated the following: no transitions or reactions take place in clinoptilolite up to about 750 °C, while heulandite is far less stable to thermal treatment and along with the endothermic effect of dehydration shows an additional endothermic effect at ≈ 340 °C, "which undoubtedly corresponds to the sluggish heulandite – "heulandite B" reaction" [18]. Mumpton's work was recognized as a classic of zeolite science, and the presence or absence of an endothermic peak at ≈ 340 °C became the main distinguishing feature between heulandite ($\text{Si}/\text{Al} < 4$) and clinoptilolite ($\text{Si}/\text{Al} > 4$) for many years [19, pp. 24-27].

In HTD sample, the DTA and DTG curves show slow endothermic changes between room temperature and 250 °C, but do not have a sharp endothermic peak at ≈ 340 °C. Apparently, in the sample of high-silica heulandite HTD ($\text{Si}/\text{Al} = 3.6$) there is no transition to heulandite B phase, so in a number of properties this sample may be more similar to clinoptilolite.

The weight loss during calcination of dehydrated samples averaged $12 \pm 1\%$, increasing slightly with increasing calcination temperature. Dehydration of the samples was carried out to remove adsorbed water molecules at a relatively low temperature (< 200 °C), so as not to cause amorphization of the aluminosilicate crystal lattice, which begins at temperatures above 200 °C. Under these conditions, with relatively slow heating rate (10 °C/min), approximately 40% of the "zeolite" water molecules

(about 6% of the sample mass) are removed, so there is every reason to believe that the observed weight loss is associated with the gradual removal of the remaining “zeolite” molecules (3H₂O per Al atom in original sample).

Chemical composition.

According to the XR-ED spectra, chemical composition of the surface of the calcined samples undergoes slight changes, which are most reflected in the Si/Al atomic ratio (see Table 2) – after annealing at a temperature of 500 °C, dealumination is observed; at higher temperatures, the modulus Si/Al returns to its previous values.

Table 2

Chemical composition of original (100) and heat-treated samples.

Calcination temperature (°C)	100	200	400	500	600	700	800
Si/Al	3.60	3.68	3.72	4.26	3.77	3.67	3.72
Na/Al	0.25	0.26	0.26	0.26	0.27	0.26	0.25
K/Al	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07
Ca/Al	0.19	0.195	0.19	0.195	0.20	0.19	0.19
Mg/Al	0.15	0.145	0.15	0.155	0.15	0.14	0.15
[Na+K+2(Ca+Mg)]/Al	0.99	1.01	1.00	1.04	1.06	0.98	1.00

The data presented in Table 2 indicate that, as a result of heating, decationization of heulandite does not occur, the negative charge of the framework is completely compensated by sodium, potassium, calcium and magnesium cations. Analysis of the XR-ED spectra shows that the content of oxygen bound to Si and Al atoms of aluminosilicate framework, as well as to hydrogen atoms (water molecules and terminal hydroxyl groups) changes insignificantly. Thus, the change in the chemical composition of the surface of calcined HTD samples is associated not so much with the process of dehydration as with the processes of structural changes.

Structural changes

Information about structural changes was partly obtained from thermal analysis data (the nature and degree of loss of water molecules at a given temperature, the absence of transformation into the metastable phase of heulandite B, etc.), X-ray diffraction analysis gives a more detailed picture.

The assignment of peaks to HEU and CHA types in the powder X-ray diffraction (XRD) pattern of the HTD sample is shown in Figure 2a. Simulated XRD patterns of heulandite (Figure 2b) and chabazite (Figure 2c) are taken from a collection of patterns [20]; the pattern of chabazite is based on rather old data of early 1980’ies [21], but current studies in the field of chabazite synthesis [22] show that the position and intensity of the peaks on XRD patterns strongly depend on the nature and amount

(Si/Al ratio) of compensating ions; therefore, the experimental pattern of high-silica chabazite from [22] is also taken into account (Figure 2d).

Powder XRD patterns of HTD sample calcined at different temperatures (Figure 3) show following: in the temperature range up to 200 °C, the patterns do not change, at higher temperatures the peaks begin to broaden, than the intensity of the heulandite peaks decreases, and at ≈ 500 °C a broad band of amorphous material and a sharp peak of quartz ($2\theta = 26.6^\circ$, see <https://rruff.info/Quartz/R100134>) appear; after annealing at 800 °C, the XRD pattern represents a wide band of amorphous aluminosilicate with an overlay of broadened chabazite peaks and narrow peaks of crystalline inclusions such as quartz and other minerals, as well as iron oxides hematite and magnetite.

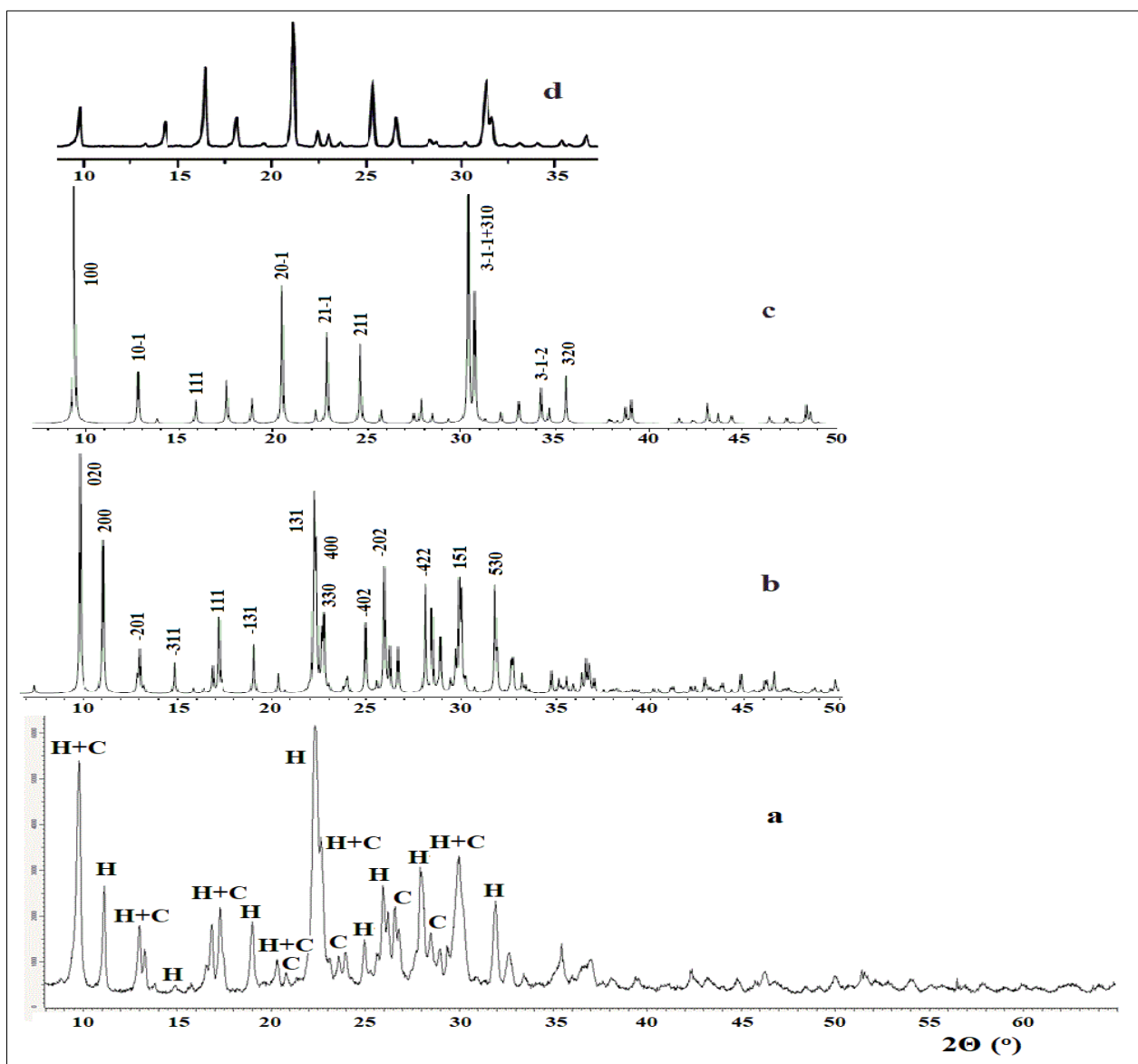


Fig. 2. Powder XRD pattern of the HTD sample (a, H – peak of HEU, C – peak of CHA) compared with the simulated patterns of heulandite (b) and chabazite (c) from [20], and experimental pattern of high-silica chabazite (d) from [21].

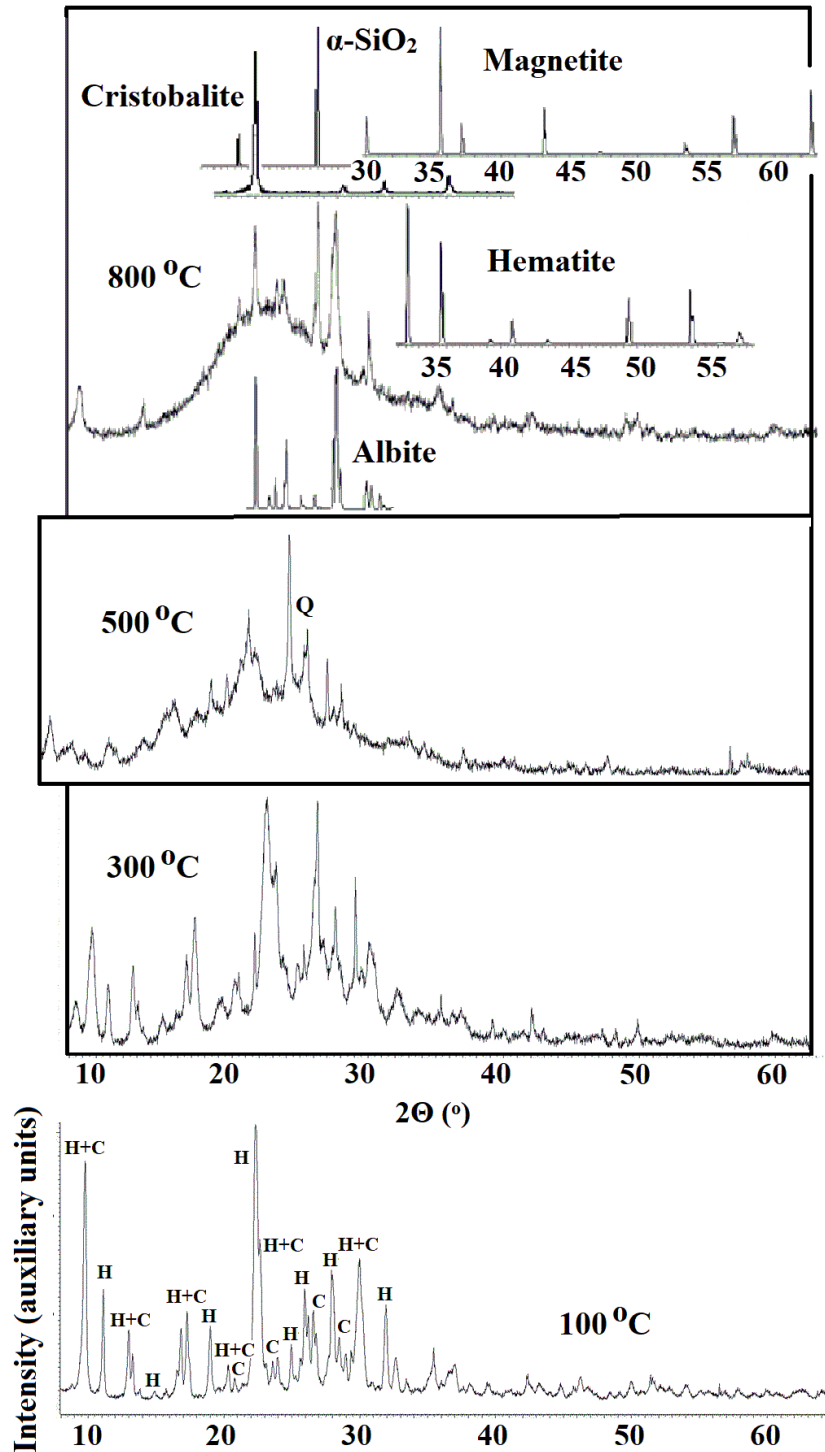


Fig. 3. Powder XRD patterns of initial HTD sample (bottom, H – peaks of main heulandite phase, C – peaks of chabazite) and samples calcined at 300, 500 and 800 °C.

Although it is known that the transition to heulandite B leads to compression along the b axis by 0.7-0.8 Å and, accordingly, to a shift in the position of the low-angle 020 peak, the broadening of the

peaks in the XRD patterns of samples calcined at temperatures above 300 °C does not allow unambiguous registration this effect.

According to Czech scientists Pechar and Rykl [23], heulandite B is stable up to 470 °C; at higher temperatures, an amorphous phase begins to form, from which, at the temperatures exceeding 500 °C, a mixture of quartz and group 9.GB.05 minerals wairakite ($\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) and/or anorthite ($\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$) begins to form. According to the RRUFF database, in the XRD pattern of wairakite, intense peaks are observed at 16° (relative intensity 100%), 26° (64%) and 31° (56%) (see <https://rruff.info/Wairakite>); anorthite is characterized by three intense peaks at 28° (see <https://rruff.info/Anorthite/R040059>). All of these peaks are observed in the XRD pattern of a sample calcined at 500 °C, but the peak at 16° in the synthetic chabazite pattern has high intensity (in the simulated pattern this peak is weak and corresponds to the 111 plane), and the peaks at 26° (-202 in the heulandite pattern), at 31° (310 in the chabazite pattern) and at 28° (-422 in the heulandite pattern) have a fairly high intensity, so it is impossible to unambiguously confirm the formation of group 9.GB.05 minerals; this is indicated only by the appearance of a narrow quartz peak.

Indirect confirmation of the formation of analcime-like (crystal chemical data $[\text{Na}_{16}(\text{H}_2\text{O})_{16}][\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}]$ -ANA) wairakite, which has in its composition one molecule of “zeolite” water per aluminum atom, is slow dehydration, completing at a temperature of about 800 °C, which is typical for this mineral discovered in Wairakei, North Island, New Zealand, by Czechoslovakian mineralogist Alfred Steiner in 1955 [24]. Wairakite was later synthesized in laboratory conditions at temperatures of 200-500 °C and high pressure (500-5,000 bar), and it was shown that dehydration leads to the decomposition of wairakite into quartz and anorthite [25].

It should be taken into account that the cationic composition of the natural wairakite discovered and studied by Steiner was dominated by calcium ($\text{CaO}:\text{Na}_2\text{O} = 11:1$), and the synthesized sample was a monocationic calcium form, while in the HTD sample we studied, the calcium content is lower than the sodium content ($\text{Ca}/\text{Na} = 0.74$, see Table 2), and also potassium and magnesium are present. It can be assumed that when the HTD sample is heated, not monocationic calcium wairakite is formed, but an analcime-like material with all these alkaline and alkaline earth metals, described by the formula $(\text{Na},\text{K},\frac{1}{2}\text{Ca},\frac{1}{2}\text{Mg})_2(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

According to data given by Steiner [24], dehydration of wairakite is completed at temperatures below 800 °C; while according to results of thermogravimetric analysis of the HTD sample (see Table 1), high-temperature endothermic peaks are registered on the DTA curve at 730.5 °C, on the DTG curve at 717.7 and 778.8 °C.

Apparently, these endothermic effects are associated with the formation of new crystalline or amorphous phases. Thus, in the powder XRD pattern of the HTD sample calcined at 800 °C (Fig. 3, top), low-angle broadened peaks of chabazite are visible at $2\Theta = 9.4^\circ$ (plane 100) and $\approx 14^\circ$ (plane

10-1), but the main part of the amorphized zeolite phase is represented by a wide band at 2Θ from 12 to 40° superimposed by narrow peaks at $2\Theta = 20.9^\circ$, 22.0° and 26.6° , as well as widened or poorly resolved peaks at $22-24^\circ$, $27.5-28.5^\circ$ and $30-31.5^\circ$. The weak peak at 20.9° and the strong peak at 26.6° can definitely be attributed to quartz ($\alpha\text{-SiO}_2$), the strong peak at 22.0° can be attributed to the quartz polymorph cristobalite (see <https://rruff.info/cristobalite/R060648>), but strong narrow peak at the same Bragg's angle is characteristic of the XRD pattern sodium feldspar albite, which also has characteristic peaks in the range of $27.5-31.5^\circ$ observed in the experimental pattern (Fig. 3, top).

Figure 4 shows XRD patterns of three endmembers of the plagioclase solid solution series: sodium feldspar albite $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, calcium feldspar anorthite $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ and potassium feldspar orthoclase $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ from RRUFF database (<https://rruff.info/Albite/R100169>, <https://rruff.info/Anorthite/R040059> and <https://rruff.info/Orthoclase/R040055>, respectively).

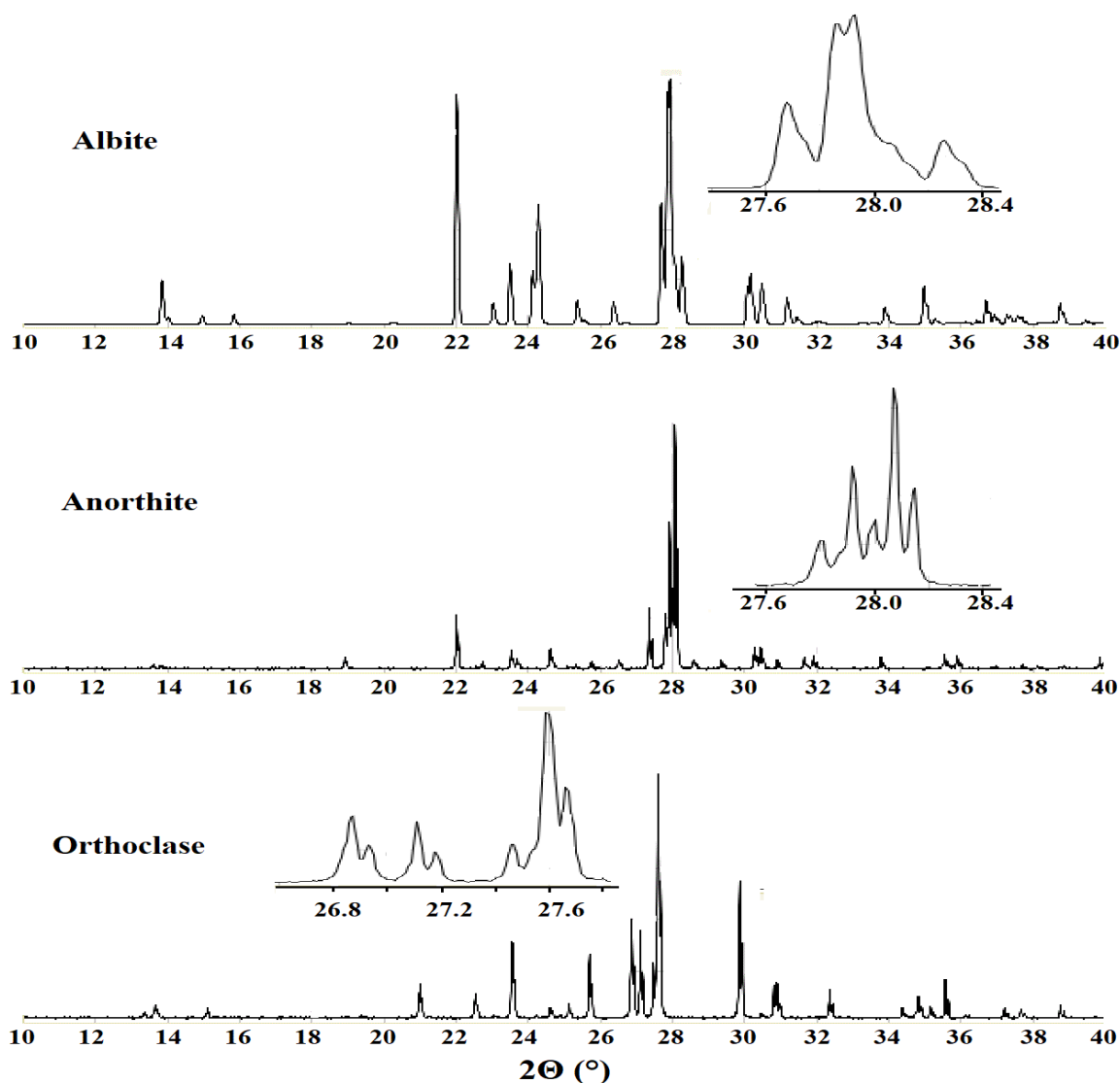


Fig. 4. Powder XRD patterns of albite, anorthite and orthoclase.

The X-ray diffraction patterns of albite and anorthite are characterized by a group of peaks at about 28°; in the X-ray diffraction pattern of orthoclase, this group appears at slightly smaller angles (a peak with maximum intensity at 27.6°). Of course, the above patterns refer to endmembers with a monometallic composition; the composition of the feldspar formed during heating of zeolite will contain not only sodium, calcium and potassium, but also magnesium and, possibly, impurity metals such as zinc and iron. Considering the cationic composition of the studied HTD sample (Na:Ca:K = 1:0.76:0.24 at room temperature), we can assume that the main feldspar formed will be albite with an admixture of anorthite, orthoclase, and possibly other forms, including unnamed magnesium feldspar, and the composition of this field spar can be described by the formula $(\text{Na,K},\frac{1}{2}\text{Ca},\frac{1}{2}\text{Mg})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$. The X-ray diffraction pattern of the sample calcined at 800 °C also shows peaks that are clearly attributed to iron oxides hematite (Fe_2O_3 , peaks in a range of 33 – 60°, see <https://rruff.info/hematite/R110013>), and magnetite ($\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, peaks in a range of 30 – 65°, see <https://rruff.info/magnetite/R061111>). These peaks appear even more clearly after annealing at higher temperatures.

Complete amorphization of all zeolite phases (heulandite, wairakite, and chabazite) is achieved after calcination at 1000 °C; at higher temperatures, the amorphous aluminosilicate contains crystalline inclusions of cristobalite, α -quartz, albite-like feldspar, hematite and magnetite (see Fig. 5).

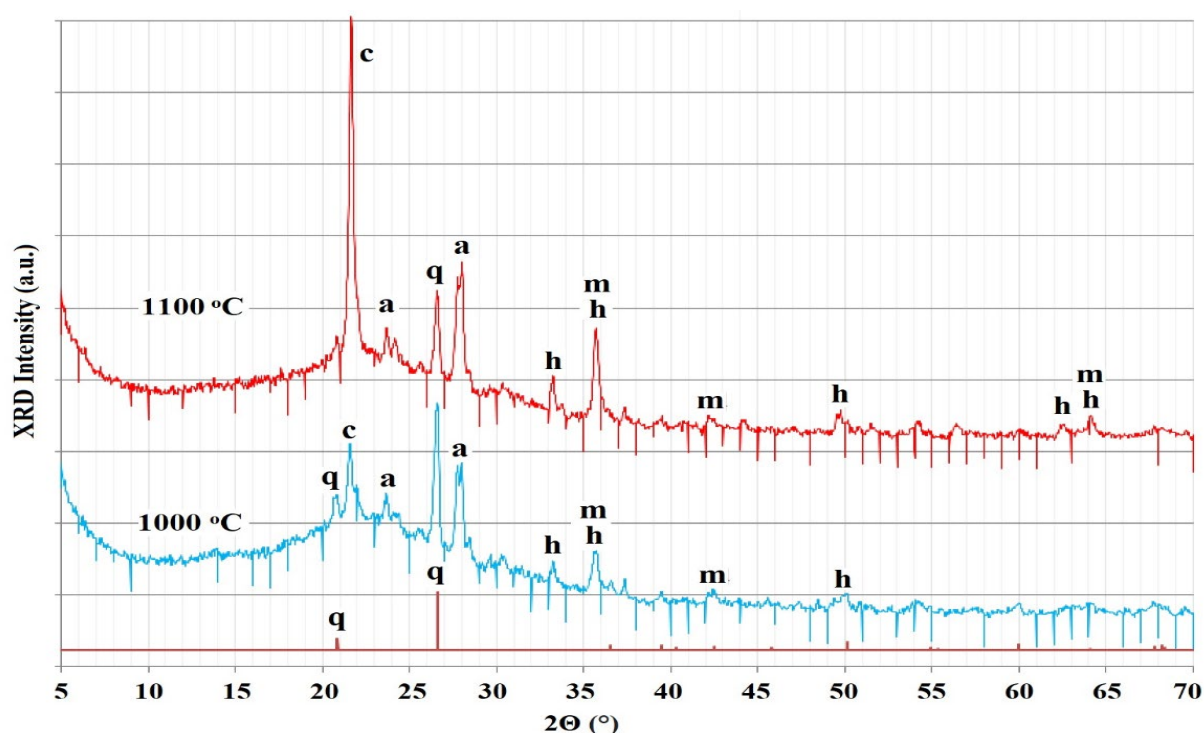


Fig. 5. Assignment of peaks in powder XRD patterns of the HTD sample calcined at 1000 and 1100 °C: q – α -SiO₂, c – cristobalite, a – albite-like feldspar, h – hematite, m – magnetite.

With an increase in the calcination temperature, the intensity of the quartz peak decreases, the intensity of the peak at 22° sharply increases, while the intensity of feldspar peaks does not change up to up to $1,100^\circ\text{C}$, and the peaks of iron oxides become more distinct. Thus, the peak at 22° can certainly be attributed to the quartz polymorph cristobalite, the content of which increases with increasing temperature.

It is believed that upon heating to more than $1,050^\circ\text{C}$ the crystal symmetry of albite changes from triclinic to monoclinic, and albite melts at $1,100\text{--}1,120^\circ\text{C}$ [26].

It is believed that when heated to more than $1,050^\circ\text{C}$, the crystal symmetry of albite changes from triclinic to monoclinic, and albite melts at $1,100\text{--}1,120^\circ\text{C}$ [26], and no feldspar peaks are observed in the XRD patterns of samples heated to $1,200^\circ\text{C}$ and above.

Hematite melts at 1565°C , magnetite begins to decompose at $1,950^\circ\text{C}$ [27], and in the XRD patterns of sample calcined at high temperature ($1,200\text{--}1,300^\circ\text{C}$), the ratio of the intensity of the peak at $2\Theta = 35.8^\circ$, consisting of the peaks of magnetite (75%) and hematite (x), to the intensity of the magnetite peak at $2\Theta = 33.2^\circ$ (100%) is approximately 2:1, which allows us to estimate the relative content of hematite (x) as 125% of the content of magnetite.

Sorption properties

Adsorption of water and benzene. Water molecules have a small kinetic diameter of 0.266 nm and can freely pass through entrance windows into heulandite channels, and the adsorption of water vapor at a relative pressure $p/p_0=0.4$, corresponding to almost complete filling of micropores, is a measure of their volume available for small polar molecules [28], while adsorption at saturated water vapor pressure ($p/p_0\approx 1$) is a measure of the total pore volume. The kinetic diameter of the benzene molecule (0.585 nm) significantly exceeds the sizes of micropores and channels, so that this non-polar molecule can be adsorbed only on the zeolite surface developed due to the presence of meso- and macropores; benzene adsorption capacity is a relative measure of surface area and its hydrophobicity. Results of measurements are shown in Fig. 6.

The volume of micropores accessible for water molecules in untreated HTD sample is about 60% of the total pore volume; adsorption in micropores decreases with an increase in the calcination temperature, reaching very low values ($<0.3\text{ mmol/g}$) at temperatures above 500°C ; it is in no way related to the aluminum content, as was noted in studies of water vapor adsorption on high-silica synthetic zeolites reviewed in [28]. Apparently, a decrease in the adsorption capacity of both a micropores and all pores is caused by the amorphization of zeolite crystal structure occurring during heating.

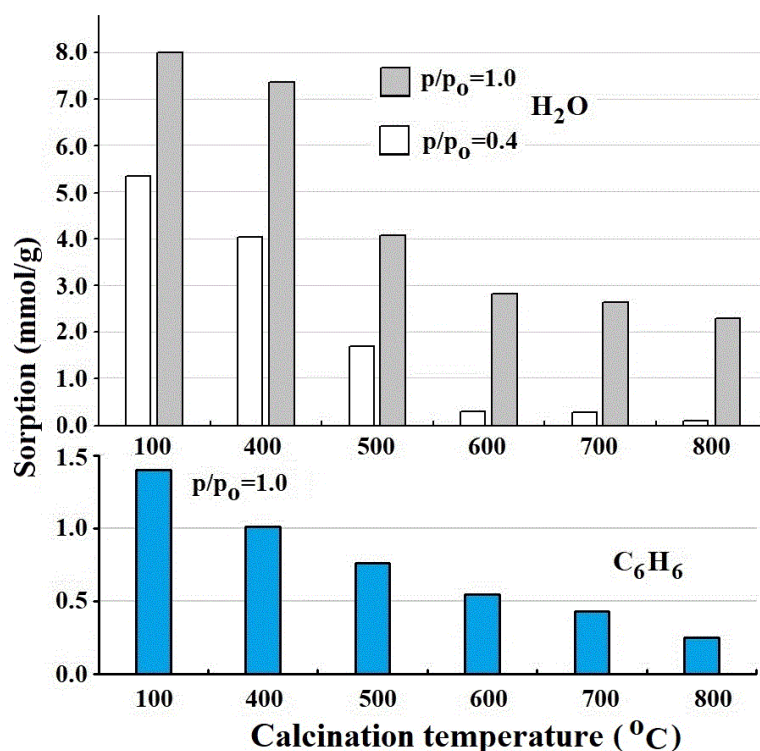


Fig. 6. Water vapor (H₂O) and benzene (C₆H₆) adsorption capacity of calcined HTD samples.

The formation of an analcime-like mineral at a temperature of more than 500 °C cannot lead to an increase in the adsorption capacity, since this material has irregular channels formed by highly distorted 8-rings [10, pp. 46-47] that do not pass water molecules.

A decrease in the adsorption container in the benzene indicates an increase in the hydrophilicity of the surface of the zeolite with an increase in the temperature of calcification, which may explain a slower decrease in the overall adsorption capacity.

More detailed information about the surface and pores was obtained by analyzing nitrogen low-temperature adsorption-desorption isotherms.

Adsorption of nitrogen. In heulandite crystal structure, a 10-membered ring (0.75 x 0.31 nm) and one of the 8-membered rings (0.47 x 0.28 nm) cannot accommodate a nitrogen molecule (kinetic diameter 0.364 nm), which can pass only into one 8-membered ring (0.46 x 0.36 nm).

Analysis of nitrogen low-temperature adsorption-desorption isotherms on the initial HTD sample and its acid-treated forms was described in detail in our work [29]. It was shown that the experimental nitrogen low-temperature (77K) adsorption-desorption isotherms at low relative pressures ($p/p_0 < 0.3$) correspond to the complete filling of micropores (Langmuir plot) and demonstrate the hysteresis loop at $0.4 < p/p_0 < 0.99$, which indicates the presence of a developed system of mesopores. Based on experimental data, The total volume of pores V_p is calculated from the maximum quantity adsorbed

$Q_{1.0}$, measured at saturated pressure of nitrogen gas, and micropore volume V_m is calculated from $Q_{0.4}$, quantity adsorbed at relative pressure $p/p_0=0.4$. The experimental data at low pressure are well described by the Brunauer-Emmett-Teller (BET) equation ($\{Q[(p_0/p) - 1]\}^{-1} = (Q_m C)^{-1} + \{(C - 1)/Q_m C\} (p/p_0)$), where Q is quantity adsorbed at pressure p , Q_m is the monolayer specific volume on the adsorbent surface, C is the ratio of the adsorption equilibrium constant in the first layer and the condensation constant [30]). This makes it possible to calculate the surface area S_{BET} using the formula $S_{BET} = W_m N_A A_x / M$, where N_A is Avogadro constant ($6.023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$), A_x – effective cross-sectional area of nitrogen molecule (0.162 nm^2), M – adsorptive (nitrogen gas) molar volume ($22,414 \text{ mL/mol}$). Estimation of the mesopore size and calculation of the pore size distribution was carried out by the Barrett-Joyner-Halenda (BJH) method [31] using the Kelvin equation, which provides a correlation between the pore diameter and condensation pressure, so that the BJH desorption average pore diameter D_{BJH} is calculated as $D_{BJH} = 2(r_k + t)$, where the critical radius $r_k(\text{\AA}) = 4.15/[\log(p_0/p)]$ for nitrogen desorption at 77 K, and the statistical thickness $t(\text{\AA}) = 3.54[5/\log(p_0/p)]^{0.333}$, according to the Halsey equation [32] and Faass correction [33].

The same approach was used in the study of heat-treated samples, the calculated porosity parameters are given in Table 3.

Table 3

Porosity parameters of initial and calcined samples.

Parameter	Initial	Calcination temperature (°C)				
		400	500	600	700	800
$Q_{1.0} \text{ (cm}^3/\text{g)}$	57.89	57.64	60.0	53.14	50.40	54.16
$Q_{0.4} \text{ (cm}^3/\text{g)}$	4.184	3.879	3.668	3.286	3.207	2.258
$V_p \text{ (mm}^3/\text{g)}$	89.5	89.2	92.8	82.2	78.0	83.8
$V_m \text{ (mm}^3/\text{g)}$	6.47	6.0	5.7	5.1	5.0	3.5
$S_{BET} \text{ (m}^2/\text{g)}$	12.8	11.4	10.5	9.45	9.16	6.52
$D_{BJH} \text{ (nm)}$	17.2	17.6	17.6	17.2	16.1	20.1

The total volume of the pores V_p available for nitrogen molecules slightly increases after calcination of the sample at 500 °C, but at higher temperatures decreases, although these changes have a much smaller scale compared to a decrease in the total volume of pores available for water molecules. The same applies to the volume of a micropores V_m , which decreases insignificantly with an increase in the temperature of calcification up to 700 °C (from 6 to 5 mm^3/g), and after annealing at 700 °C it drops sharply to 3.5 mm^3/g . Surface area S_{BET} decreases monotonically from 12.8 to 6.5 m^2/g with

an increase in the calcination temperature, and the average mesopore diameter D_{BJH} slightly changes as a result of calcination.

Wide hysteresis loop of adsorption-desorption isotherms indicates broad pore size distribution, and the $V(D)$ curve (pore volume V vs. pore diameter D , see Fig. 7) calculated using BJH model from desorption isotherm measured on initial HTD sample shows the presence of mesopores up to 100-200 nm in diameter.

Calcination changes the shape of the $V(D)$ curve indicating decrease of the volume of mesopores, although the difference between the distribution of mesopores in samples calcined at 400 and 800 °C is insignificant. As can be seen from the Figure 7, the main changes in the pore size distribution occur in the region of nano-sized pores with a diameter of less than 50 nm.

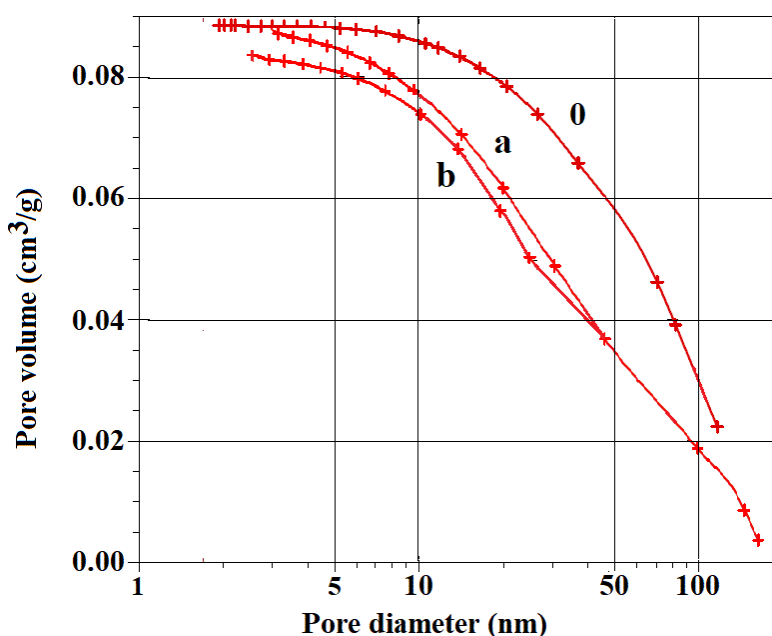


Fig. 7. Pore size distribution $V(D)$ curves calculated by BJH model for initial (0) and calcined at 400 °C (a) and 800 °C (b) HTD samples.

Pore size distribution differential dV/dD vs. pore diameter curves show that the original heulandite is characterized by a wide size distribution of mesopores from 2 to ≈ 200 nm in diameter with a maximum at ≈ 12 nm. After calcination of the HTD sample, the shape of the pore size distribution curve and position of the maximum remain the same, and this is clearly seen in Fig. 8, which shows the differential pore size distribution curves dV/dD for the HTD samples calcined at different temperatures.

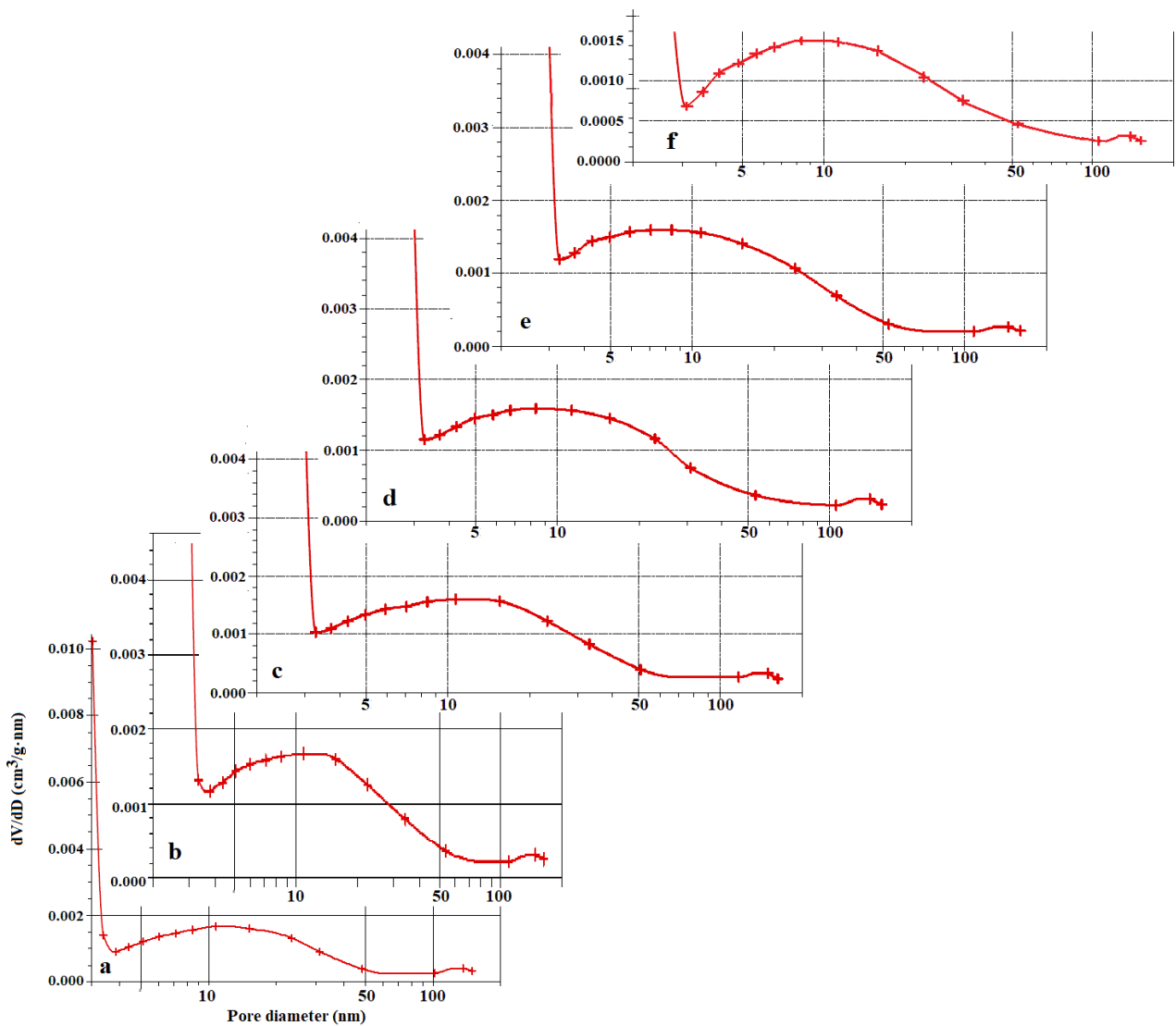


Fig. 8. Pore size distribution dV/dD curves calculated on the basis of the BJH model from desorption isotherms measured on initial (a) and calcined at 400 (b), 500 (c), 600 (d), 700 (e) and 800 (f) °C HTD samples.

Thus, heat treatment does not lead to significant changes in systems of micropores and mesopores, but causes significant structural changes in heulandite. According to measured changes in the Si/Al molar ratio in samples subjected to calcination and then treated with hydrochloric acid solutions (see Fig. 9), such pre-heat treatment significantly reduces the degree of dealumination, especially for samples amorphized by high-temperature calcination.

Perhaps these results are not of practical importance, since at an annealing temperature of 600 °C and above, the corresponding samples lose their adsorption properties, but the structure and properties of the calcined and acid-treated samples require further study and consideration.

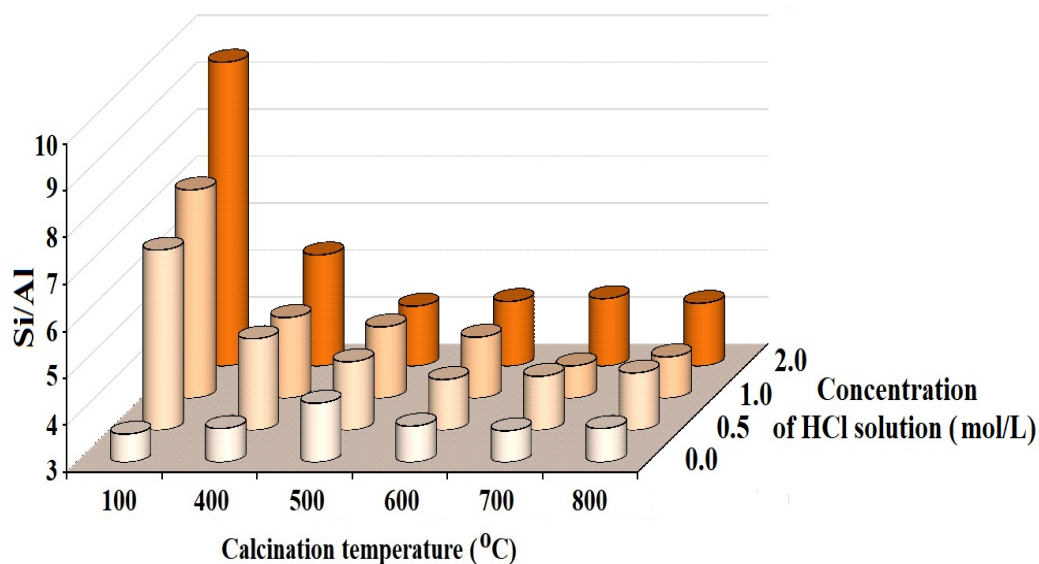


Fig. 9. The Si/Al molar ratio calculated from XR-ED spectra in samples calcined at different temperatures and treated with HCl solutions of various concentrations

Conclusion

Based on the conducted studies, it can be concluded that the thermal treatment of heulandite-containing tuff from the Tedzami-Dzegvi deposit leads to stepwise dehydration, occurring up to ≈ 800 °C, but with the loss of 60% of water molecules at temperatures up to 200 °C, as well as to amorphization, starting at ≈ 250 °C, and the following structural changes: the transition to metastable heulandite B phase at ≈ 340 °C is not fixed, but at a temperature of more than 500 °C it is possible to form a sodium-calcium-magnesium-potassium type of the analcime-like mineral wairakite $(\text{Na}, \text{K}, \frac{1}{2}\text{Ca}, \frac{1}{2}\text{Mg})_2(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, and at a temperature of about 800 °C an albite-like feldspar $(\text{Na}, \text{K}, \frac{1}{2}\text{Ca}, \frac{1}{2}\text{Mg})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ is formed. At temperatures above $\approx 1,000$ °C, amorphous aluminosilicate contains crystalline inclusions of cristobalite (polymorph of SiO_2), α -quartz, albite-like feldspar, iron oxide impurities hematite (Fe_2O_3) and magnetite ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$).

Heating leads to a decrease in the specific volume of micropores and surface area S_{BET} , but overall, heating-induced changes in micro- and mesopore systems are minor. It is also shown that heat treatment increases the acid resistance of heulandite, which is expressed in a decrease in the degree of dealumination after acid treatment of calcined samples.

This work was supported by the International Science and Technology Center (ISTC) under the project GE-2506 “Scientific substantiation of the possibility of creating new bactericidal zeolite filter materials for purification-decontamination of water from various sources”.

References

1. Hardi, G.W., Maras, M.A.J., Riva, Y.R.R., & Rahman S.F. (2020). A review of natural zeolites and their applications: Environmental and industrial perspectives. *International Journal of Applied Engineering Research*, 15(7), 730-734. https://www.ripublication.com/ijaer20/ijaerv15n7_16.pdf
2. Król, M. (2020). Natural vs. Synthetic zeolites. *Crystals*, 10, 622. <https://doi.org/10.3390/cryst10070622>.
3. Li, Y., & Yu, J. (2021). Emerging applications of zeolites in catalysis, separation and host-guest assembly. *Nature Reviews Materials*, 6, 1156–1174.
4. Cataldo, E., Salvi, L., Paoli, F., Fucile, M., Masciandaro, G., Manzi, D., Masini C.M., & Mattii G.B. (2021). Application of zeolites in agriculture and other potential uses: a review. *Agronomy*, 11, 1547-1561.
5. Derbe, T., Temesgen, Sh., & Bitew, M. (2021). A short review on synthesis, characterization, and applications of zeolites. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2021, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2021/6637898>.
6. de Magalhães, L.F., da Silva, G.R., & Peres, A.E.C. (2022). Zeolite application in wastewater treatment. *Adsorpt. Sci. Technol.*, 2022, 4544104, <https://doi.org/10.1155/2022/4544104>.
7. Qazi, U.Y., Javaid, R., Ikhlaq, A., Khoja, A.H., & Saleem, F. (2022). A comprehensive review on zeolite chemistry for catalytic conversion of biomass/waste into green fuels. *Molecules*, 27(23), 8578. <https://doi.org/10.3390/molecules27238578>.
8. Villa, C.C., Valencia, G.A., Córdoba, A.L., Ortega-Toro, R., Ahmed, Sh., & Gutiérrez, T.J. (2022). Zeolites for food applications: A review. *Food Bioscience*, 46, 101577, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101577>.
9. Velarde, L., Nabavi, M.S., Escalera, E., Antti, M.L., & Akhtar, F. (2023). Adsorption of heavy metals on natural zeolites: A review. *Chemosphere*, 328, 138508. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138508>.
10. Baerlocher, Ch., McCusker, L.B. & Olson, D.H. (2007). Atlas of zeolite framework types, 6th revised edition. Amsterdam: Elsevier, http://www.iza-structure.org/books/Atlas_6ed.pdf.
11. Database of Zeolite Structures. https://america.iza-structure.org/IZA-SC/ftc_table.php
12. Grela, A., Kuc, J., Bajda, T. (2021). A review of the application of zeolites and mesoporous silica materials in the removal of non-steroidal anti-inflammatory drugs and antibiotics from water. *Materials*, 14(17), 4994, <https://doi.org/10.3390/ma14174994>.
13. Tsitsishvili V., Machaladze T., Dolaberidze N., Nijaradze M., Mirdzveli N., Djakipbekova N., & Harutyunyan L. (2022). Dehydration and structural transformations during thermal treatment of Georgian, Kazakhstani and Armenian natural heulandite-clinoptilolites. *Scientific Collection «InterConf»*, 136, 356-364. <https://www.researchgate.net/publication/366529838>.

14. Tsitsishvili, V., Dolaberidze, N., Mirdzveli, N., Nijaradze, M., Dzhakipbekova, N., Harutyunyan, L., Amiridze, Z., & Khutsishvili, B. (2023). Thermal treatment of Georgian, Kazakhstani and Armenian natural heulandite-clinoptilolites. *Scientific Collection «InterConf+»*, 29(139), 242-260. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.01.2023.025>.
15. Tsitsishvili, V.G., Dolaberidze, N.M., Nijaradze, M.O., Mirdzveli, N.A., Amiridze, Z.S. & Khutsishvili, B.T. (2023). Acid and thermal treatment of natural heulandite. *Chemistry, Physics and Technology of Surface*, 14(4), 519-533. <https://doi.org/10.15407/hftp14.04.519>.
16. Tsitsishvili, V., Panayotova, M., Miyamoto, M., Dolaberidze, N., Mirdzveli, N., Nijaradze, M., Amiridze, Z., Klarjeishvili, N., Khutsishvili, B., Dzhakipbekova, N., & Harutyunyan, L. (2022). Characterization of Georgian, Kazakh and Armenian natural heulandite-clinoptilolites. *Bull. Georgian Natl Acad. Sci.*, 16(4), 115-122. <http://science.org.ge/bnas/vol-16-4.html>.
17. Koizumi, M. (1953). The differential thermal analysis curves and the dehydration curves of zeolites. *Mineral. J.*, 1(1), 36-47, https://www.jstage.jst.go.jp/article/minerj1953/1/1/1_1_36/_pdf.
18. Mumpton, F. A. (1960). Clinoptilolite redefined. *Amer. Mineral.* 45, 351-369, http://www.minsocam.org/ammin/AM45/AM45_351.pdf.
19. Tsitsishvili, G.V., Andronikashvili T.G., Kirov G.N., & Filizova L.D. (1992). *Natural zeolites*. Chichester (UK): Ellis Horwood.
20. Treacy, M.M.J., & Higgins, J.B. (Editors, 2001). *Collection of simulated XRD powder patterns for zeolites. Fourth Revised Edition*. Amsterdam: Elsevier. http://www.iza-structure.org/books/Collection_4ed.pdf.
21. Calligaris, M., Nardin, G., & Randaccio, L. (1983). Cation site location in hydrated chabazites. Crystal structure of potassium- and silver- exchanged chabazites. *Zeolites*, 3, 205-208, [https://doi.org/10.1016/0144-2449\(83\)90008-8](https://doi.org/10.1016/0144-2449(83)90008-8).
22. Dang, L., Le S., Lobo, R., & Pham, T. (2020). Hydrothermal synthesis of alkali-free chabazite zeolites. *Journal of Porous Materials*, 27, 1481-1489. <https://doi.org/10.1007/s10934-020-00923-y>.
23. Pechar, F., & Rykl, D. (1985). Study of the thermal stability of the natural zeolite heulandite. *Chemical Papers*, 39(3), 369-377, https://www.chemicalpapers.com/file_access.php?file=393a369.pdf.
24. Steiner, A. (1955). Wairakite, the calcium analogue of analcime, a new zeolite mineral. *Mineralogical Magazine and Journal of the Mineralogical Society*, 30(230), 691-698. <https://doi.org/10.1180/minmag.1955.030.230.02>.
25. Liou, J.G. (1970). Synthesis and stability relations of wairakite, $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Contr. Mineral. and Petrol.*, 27, 259–282. <https://doi.org/10.1007/BF00389814>.
26. Greenwood, J.P., & Hess, P.C. (1998). Congruent melting of albite: theory and experiment. *Journal of Geophysical Research*, 103(B12), 29815–29828. <https://doi.org/10.1029/98JB02300>.

27. Lide, D.R. (2000). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 81st Edition. Boca Raton FL: CRC Press LLC.
28. Olson, D.H., Haag, W.O., & Borghard, W.S. (2000). Use of water as a probe of zeolitic properties: Interaction of water with HZSM-5. *Micropor. Mesopor. Mater.*, 35/36, 435-446.
29. Tsitsishvili, V., Dolaberidze, N., Kutsiava, N., Mirdzveli, N., Nijaradze, M., Amiridze, Z., Khutsishvili, B. (2023). Influence of acid on the chemical composition, structure and porosity of natural heulandite. "Chemistry – Achievements and Prospects". Collection of Scientific Works of the International Scientific Conference dedicated to the 90th anniversary of Givi Tsintsadze. Tbilisi: Georgian Technical University, pp. 146-162. <https://old.gtu.ge/ismc/docs/2023/shromebis-krebuli-cincadze-gaertianebuli-2.pdf>.
30. Brunauer, S., Emmett, P. H., & Teller, E. (1938). Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Amer. Chem. Soc.*, 60(2), 309-319.
31. Barrett, E.P., Joiner, L.G., & Halenda, P.P. (1951). The determination of pore volume and area distributions in porous substances. I. Computations from nitrogen isotherms. *J. Am. Chem. Soc.*, 73(1), 373-380.
32. Halsey, G.D. (1948). Physical adsorption on non-uniform surfaces, *J. Chem. Phys.*, 16, 931-938.
33. Faass, G.S. (1981). Correlation of gas adsorption, mercury intrusion, and electron microscopy pore property data for porous glasses. Thesis, Chemical Engineering, Georgia Institute of Technology, US. <http://hdl.handle.net/1853/32965>.

UDC 544.723.5+549.67+622.276.63+622.78

სითბოს გავლენა ბუნებრივი ჰეილანდიტის სტრუქტურასა და ფორიანობაზე

ვლადიმერ ციციშვილი	ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიების განყოფილება, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, საქართველო, 0108, თბილისი, შ. რუსთაველის გამზ. 52; თსუ, პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ა. პოლიტკოვსკაიას ქ. 31 E-mail: v.tsitsishvili@gmail.com
ნანული დოლაბერიძე ²	თსუ, პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ა. პოლიტკოვსკაიას ქ.31 E-mail: n.dolaberidze@yahoo.com

მარინელა პანაიოტოვა	“წმ. ივან რილსკი“ სამთო და გეოლოგიური უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტი, 1100 დარვენიცა, სოფია, ბულგარეთი. E-mail: marichim@mgu.bg
ნატო მირძველი	თსუ, პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ა. პოლიტკოვსკაიას ქ.31 E-mail: nato.mirdzveli@gmail.com
მანანა ნიუარაძე	თსუ, პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ა. პოლიტკოვსკაიას ქ.31 E-mail: manana.nij955@gmail.com
ზურაბ ამირიძე	თსუ, პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ა. პოლიტკოვსკაიას ქ.31 E-mail: zurabamiridze55@gmail.com
ბელა ხუციშვილი	თსუ, პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ა. პოლიტკოვსკაიას ქ.31 E-mail:

ანოტაცია. ახალი ბაქტერიციდული ცეოლითური ფილტრებისა და შემავსებლების შესაქმნელად შერჩეული, თეძამი-ძეგვის საბადოს, თერმულად დამუშავებული ჰეილანდიტ-შემცველი (90%-მდე) ტუფის ქიმიური შედგენილობა, სტრუქტურა და ფორიანობა შესწავლილია ქიმიური ანალიზის (რენტგენული გამოსხივების ენერჯის განზნევის სპექტრები - XR-EDS), რენტგენული დიფრაქტომეტრიის (XRD), წყლისა და ბენზოლის ადსორბციის, აზოტის ადსორბცია-დესორბციის იზოთერმების მეთოდების გამოყენებით. გამოვლენილია, რომ თერმული დამუშავება იწვევს ჰეილანდიტის ეტაპობრივ გაუწყლოებას, რომელიც გრძელდება ≈ 800 °C-მდე, ასევე ამორფიზაციას, რომელიც იწყება ≈ 250 °C-დან, და სტრუქტურულ ცვლილებებს: მეტასტაბილურ ჰეილანდიტ B ფაზაში გადასვლა ≈ 340 °C-ზე არ არის დაფიქსირებული, მაგრამ ≈ 500 °C-ზე მეტ ტემპერატურაზე შესაძლებელია ანალციმისმაგვარი მინერალ ვაირაკიტის ნატრიუმ-კალციუმ-მაგნიუმ-კალიუმიანი ფორმის $(\text{Na}, \text{K}, \frac{1}{2}\text{Ca}, \frac{1}{2}\text{Mg})_2(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ წარმოქმნა, რასაც მოჰყვება ალბიტის მსგავსი მინდვრის შპატის $(\text{Na}, \text{K}, \frac{1}{2}\text{Ca}, \frac{1}{2}\text{Mg})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ წარმოქმნა დაახლოებით 800 °C ტემპერატურაზე. ნაჩვენებია, რომ ≈ 1000 °C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე ამორფული ალუმოსილიკატი შეიცავს კვარცის პოლიმორფის კრისტობალიტის (SiO_2), α -კვარცის, ალბიტის მსგავსი მინდვრის შპატის, რკინის ოქსიდების ჰემატიტისა (Fe_2O_3) და მაგნეტიტის ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) კრისტალურ ჩანართებს;

ტუფის გათბობით გამოწვეული ცვლილებები მიკრო და მეზოპურ სისტემებში უმნიშვნელოა. ასევე ნაჩვენებია, რომ თერმული დამუშავება ზრდის ჰეილანდიტის მჟავა მედეგობას, რაც გამოიხატება დეალუმინირების ხარისხის დაქვეითებით კალცინირებული ნიმუშების მჟავა დამუშავების შემდეგ. ამრიგად, ჰეილანდიტის თერმული დამუშავება შესაძლებელს ხდის სხვადასხვა სტრუქტურისა და თვისებების მქონე მასალების მიღებას.

საკვანძო სიტყვები: ალბიტი, ანორთიტი, კრისტობალიტი, ჰემატიტი, ჰეილანდიტი, მაგნეტიტი, ვაირაკიტი.

UAC: 54-112+54-116

REMOVAL OF AMMONIUM FROM AQUEOUS MEDIUM BY USING ANIONIC SURFACTANT MODIFIED ZEOLITE AND BENTONITE

Lusine Harutyunyan, Lena Tangamyanyan, Romik Harutyunyan

Lusine Harutyunyan, Dr., Head of Chair of Bioscience and General Chemistry, Armenian National Agrarian University, Yerevan, Armenia, email: l.harutyunyan@anau.am, tel.: +37491519144

Lena Tangamyanyan, PhD student, Chair of Bioscience and General Chemistry, Armenian National Agrarian University, Yerevan, Armenia, email: miss.tangamyanyan@mail.ru, tel.: +37493536437

Romik Harutyunyan, Dr., Prof., Head of Inorganic Chemistry Research Laboratory, Yerevan State University, Yerevan, Armenia, email: romik@ysu.am, +37491338918

The effectiveness of the application of the natural non-modified and by anionic surfactant modified Armenian bentonite (Sarigyugh deposit) and zeolite (Not Koghob deposit) regard to ammonium ion sorption from aqueous medium has been studied. Adsorption data have been analyzed according to Langmuir and Freundlich models, maximum adsorbed amount of the ammonium ion and adsorption effectivity at the optimal contact time and sorbent amount have been obtained. It has been established that ammonium ion sorption the best described by Langmuir model and among studied sorbents the surfactant modified zeolite is the most effective.

Keywords: aluminosilicate clays, ammonium removal, sorption, surfactant modified natural sorbents

Introduction

Nitrogen is the main component of the chlorophyll, proteins and many inorganic ions- nitrite, nitrate and ammonium. These substances and ions are necessary for the grow of the plants and therefore their accessibility influencing on the qualitative and quantitative characteristics of plants. The nitrogen containing organic compounds undergoes biochemical destruction transforming to ammonium, then to nitrites and in further- to nitrates [1,2]. For inorganic ionic nitrogen the main anthropogenic resources are communal and industrial wastewaters as well as fertilizers. Many studies are established that the high content of NH_4^+ ions in plants cause the numerous negative effects in the human organism, particularly it can be the reason for methemoglobinemia, stomach cancer, erosion of the oral mucosa and so on [3-6]. The high content of the NH_4^+ ions in the water resources also leads to numerous environmental problems- due to its taste, smell and toxicity of the water are changed [2,5]. According to the monitoring data [7] the natural and grounded waters of Armenia containing high amount of the ammonium ions, which significantly decreases the quality of the aqueous systems. The high content of the ammonium ions in the water sources can harm the fauna and promote eutrophication of the aqueous system [2,8].

One of the widely used methods of the purification of the water sources is the sorption by using aluminosilicate clays after modification for increasing their sorption ability [9-18]. Armenia is rich by different types of aluminosilicate clays [19,20], among which the largest zeolite deposit in industrial quantities is Nor Koghb deposit in Noyemberyan district and the largest bentonite deposit is Sarigyugh deposit in Ijevan district. The surfactant modified Armenian zeolites (SMZ) and bentonites (SMB) successfully have been used for removal of the metal ions contaminants [21,22].

In this paper the results of the studies of the sorption (removal) of the ammonium ions form model systems by using the anionic surfactant modified zeolite (SMZ) from Nor Koghb deposit (Armenia) and anionic surfactant modified bentonite (SMB) from Sarigyugh deposit (Armenia) are presented.

Experimental parts

Materials. Ammonium chloride NH_4Cl was used as the source of the NH_4^+ ions. All solutions were prepared by double distilled water. The zeolite of the Nor Koghb deposit and bentonite of the Sarigyugh deposit have been used as aluminosilicate sorbents. The modification of the zeolite and bentonite by anionic surfactant sodium dodecyl sulfate has been done according to [23,24]. The characteristics of the modified SMZ and SMB are given in [21,22]. Ammonium chloride (NH_4Cl , ACS reagent, $\geq 99.5\%$, Sigma-Aldrich) and sodium dodecyl sulfate ($C_{12}H_{25}SO_4Na$, ACS reagent, $\geq 99.5\%$, Sigma-Aldrich) have been used without further purification.

Methods. The equilibrium concentration of the NH_4^+ ions in the solution has been obtained by spectrometric method and Nessler's reagent method [25,26]. The experiments have been carried out by UV-Vis T60 spectrometer at the 298 K.

Adsorption data were analyzed by Langmuir and Freundlich models. Langmuir isotherm is described by the following relation:

$$\frac{C_{eq}}{q_e} = \frac{1}{K_L \cdot q_m} + \frac{C_{eq}}{q_m}, \quad (1)$$

where C_{eq} - equilibrium concentration of ammonium ion in solution (mg/l), q - amount of adsorbed ammonium ion on per unit mass of adsorbent (mg/g), K_L -constant, which is related with adsorption energy (l/mg), q_m - maximum amount of adsorbed ammonium ion on per unit mass of adsorbent (mg/g).

The linear form of Freundlich isotherm is:

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_{eq}, \quad (2)$$

where K_F -constant, which shows the relative adsorption ability of adsorbent (l/mg), n - the parameter, which has value greater than unity and shows the intensity of adsorption.

The adsorption effectivity R (%) has been calculated from the batch experiments, using the below mentioned formula [27]:

$$\text{adsorption, \%} = \frac{C_0 - C_{eq}}{C_0} \cdot 100\%, \quad (3)$$

where C_0 - initial concentration of ammonium ion, C_{eq} - equilibrium concentration of the ammonium ion.

Results and Discussion

The dependence of the adsorbed amount of the ammonium ion on their equivalent concentration in solution is presented in Fig. 1,2. As it seen from Fig. 1, the adsorbed amount of the ammonium ion on SMZ is 59.9 g NH_4^+ /kg, which is 1.5 times higher than the adsorbed amount on natural zeolite. In the case of using SMB (Fig. 2), the adsorbed amount of the ammonium ion is 38.0 g NH_4^+ /kg and in the case of using natural bentonite- 31.3 g NH_4^+ /kg. From data of Fig. 1,2 it is following that the SMZ is more effective sorbent for ammonium ion sorption compared with SMB and non-modified sorbents which is quite predictable.

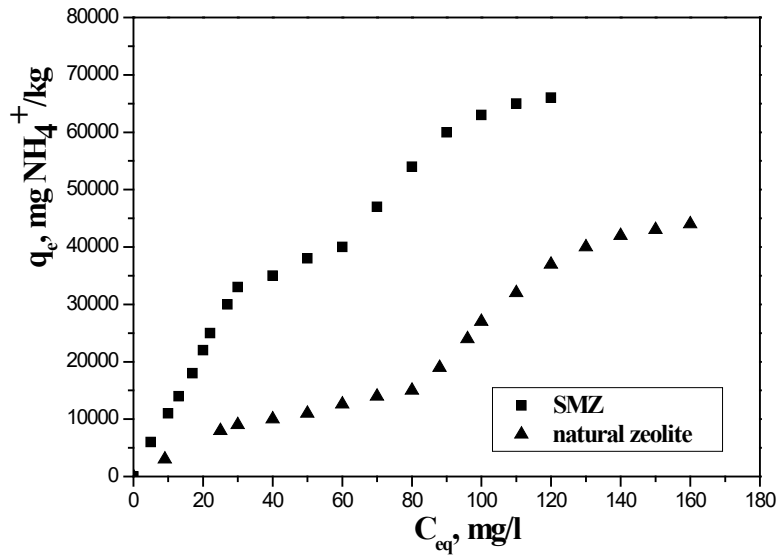


Fig. 1. Dependence of the amount of the adsorbed ammonium ion on their equilibrium concentration in solution. The initial concentration of the ammonium ion was been 200 mg/l, the volume of the solution was been 100 ml.

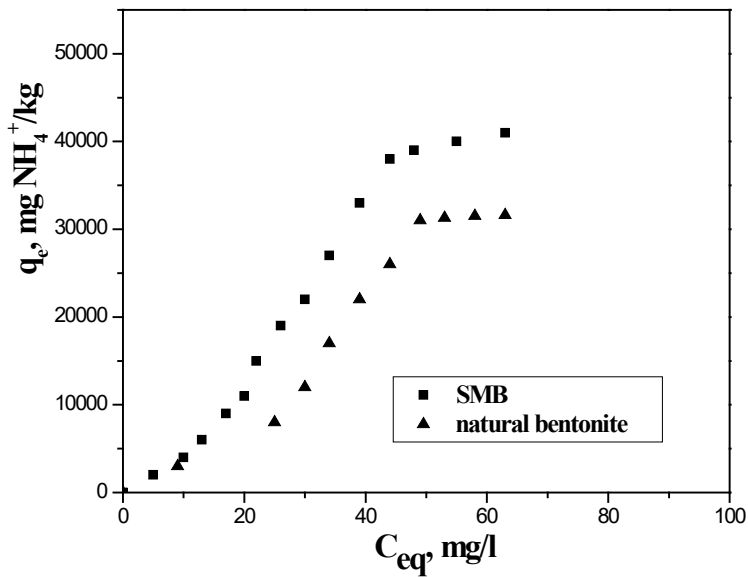


Fig. 4. Dependence of the amount of the adsorbed ammonium ion on their equilibrium concentration in solution. The initial concentration of the ammonium ion was been 200 mg/l, the volume of the solution was been 100 ml.

The experimental data of the ammonium ion adsorption have been analyzed according to Langmuir and Freundlich models. The obtained data are given in Table 1,2. From the values of Langmuir and

Freundlich models' constants it is following that the sorption of the ammonium ion on SM and non-modified zeolites and bentonites is better described by Langmuir model.

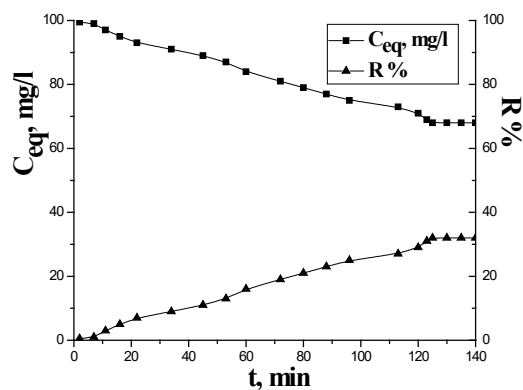
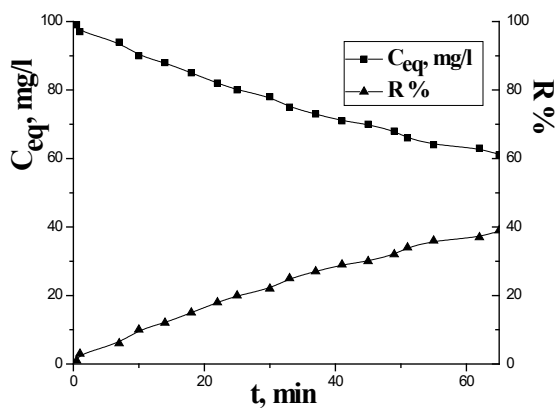
Table 1. Values of the parameters of Langmuir and Freundlich models for sorption of the ammonium ion by natural and SM zeolites.

	Parameters of the Langmuir model			Parameters of the Freundlich model		
	q_m , mg/l	K_L , l/mg	R^2	$1/n$	K_F , l/mg	R^2
SMZ	100	0.04	0.988	0.74	1.3	0.992
Natural zeolite	84	0.02	0.991	0.86	1.0	0.988

On the next stage of the studies the optimal conditions of the ammonium sorption (removal) have been obtained. It is established that the maximum effectiveness of the ammonium ion sorption on SMZ is 54.0 % (optimal contact time- 65 min, sorbent amount- 0.6 g). For the comparison the maximum effectiveness of the ammonium ion sorption on natural zeolite is 36.0 % at 125 min contact time and 0.7 g sorbent amount. The corresponding curves are presented on Fig 3,4.

Table 2. Values of the parameters of Langmuir and Freundlich models for sorption of the ammonium ion by natural and SM bentonites.

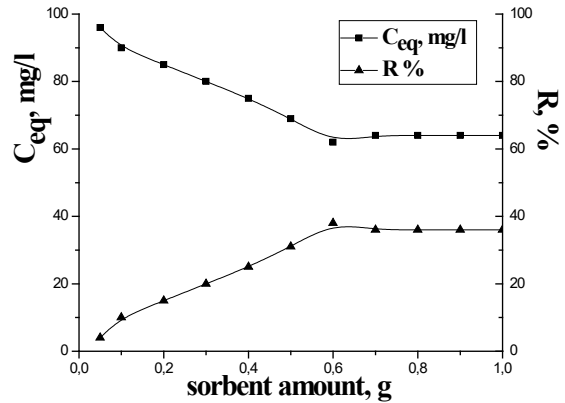
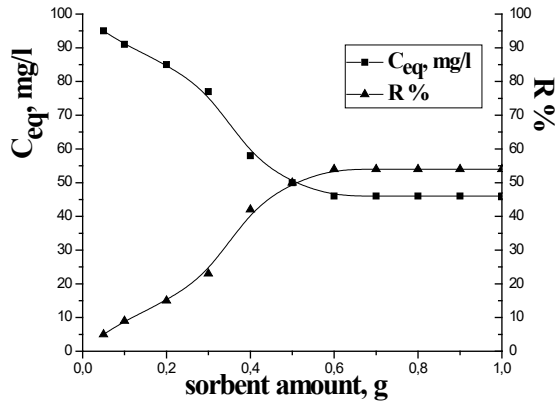
	Parameters of the Langmuir model			Parameters of the Freundlich model		
	q_m , mg/l	K_L , l/mg	R^2	$1/n$	K_F , l/mg	R^2
SMB	92	0.05	0.998	0.52	1.1	0.990
Natural bentonite	89	0.04	0.996	0.47	0.9	0.993



(a)

(b)

Fig. 3. Sorption effectiveness of ammonium ion on SMZ (a) and natural zeolite (b) depending on contact time. $C_0=200$ mg/l, $m_{\text{sorbent}}=0.1$ g, $T=298$ K.

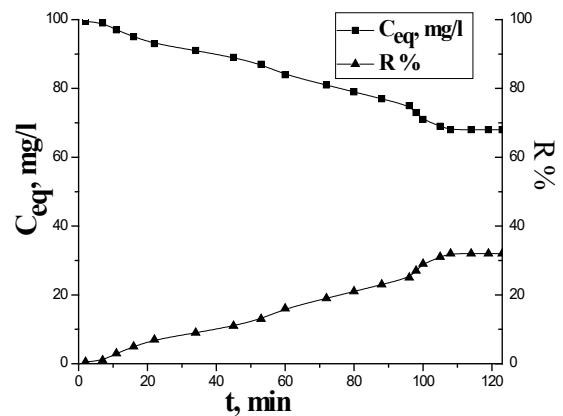
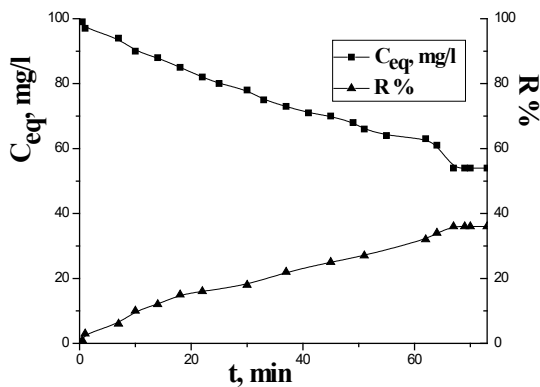


(a)

(b)

Fig. 4. Sorption effectiveness of ammonium ion on SMZ (a) and natural zeolite (b) depending on sorbent amount. $C_0=200$ mg/l, $T=298$ K.

In the case of using SM and non-modified bentonite as sorbent the maximum effectiveness of ammonium ion sorption at the optimal conditions are 46 % (contact time 67 min, sorbent amount 0.5 g) and 36 % (contact time 108 min, sorbent amount 0.7 g), respectively. The corresponding curves are given on Fig. 5,6.



(a)

(b)

Fig. 5. Sorption effectiveness of ammonium ion on SMB (a) and natural bentonite (b) depending on contact time. $C_0=200$ mg/l, $m_{\text{sorbent}}=0.1$ g, $T=298$ K.

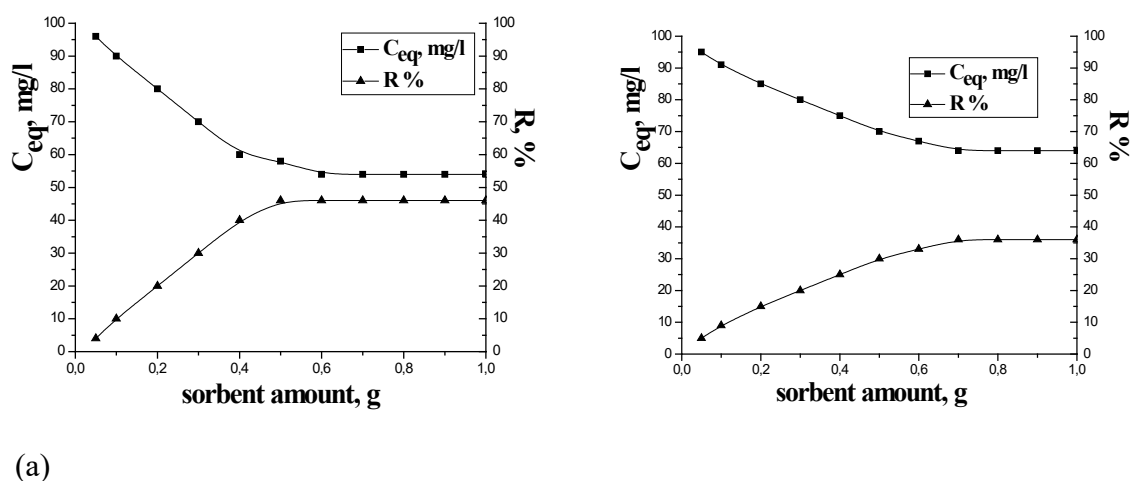


Fig. 6. Sorption effectiveness of ammonium ion on SMB (a) and natural bentonite (b) depending on sorbent amount. $C_0 = 200$ mg/l, $T = 298$ K.

Conclusion

From presented data it can be concluded that among studied sorbents the SMZ is the most efficient for removal of the ammonium ions from aqueous medium. The maximum effectiveness of sorption (removal) of ammonium ions is obtained 54.0 % at the following optimal conditions: ammonium ions initial concentration 100 mg/l, optimal contact time- 65 min, sorbent amount- 0.6 g. It has been also established that the effectiveness of the ammonium ions sorption on natural (non-modified) zeolite and bentonite is practically equivalent.

References

1. Myrold, D.D. (2021). Transformations of nitrogen. In T. J. Gentry, J. J. Fuhrmann, D. A. Zuberer (Eds), Principles and Applications of Soil Microbiology (pp. 385-421). Elsevier. ISBN 9780128202029, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820202-9.00015-0>
2. Xia, X., Zhang, S., Li, S., Zhang, L., Wang, G., Zhang, L., Wang, J., & Li, Z. (2018). The cycle of nitrogen in river systems: sources, transformation, and flux. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 20 (6), 863-891.
3. Michalski, R., & Kurzyca I. (2006). Determination of the nitrogen species (nitrate, nitrite and ammonia ions) in environmental samples by ion chromatography. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15(1), 5-18.
4. Malekian, R., Abedi-Koupai, J., & Eslamian, S.S. (2011). Influence of clinoptilolite and surfactant-modified clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth. *Journal of Hazardous Materials*, 185(2-3), 970-976.

5. Spataru, P. (2022). Influence of organic ammonium derivatives on the equilibria between NH_4^+ , NO_2^- and NO_3^- ions in the Nistru River water. *Scientific Reports*, 12, Article number 13505.
6. Britto, D. T. & Konzucker, H. J. (2002). NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review. *Journal of Plant Physiology*, 159, 567–584.
7. Newsletter about results of hydrometeorology and environment monitoring of RA. (2024). Surface and underground waters. Ministry of Environment of RA (in Armenian).
8. Zabochnicka-Świątek, M., & Malińska, K. (201). Removal of ammonia by clinoptilolite. *Global Nest Journal*, 12(3), 256-261.
9. Vaičiukynienė, D., Mikelionienė, A., Baltušnikas, A. Kantautas A., @ Radzevičius, A. (2020). Removal of ammonium ion from aqueous solutions by using unmodified and H_2O_2 -modified zeolitic waste. *Scientific Reports*, 10, Article number 352.
10. Sánchez-Hernández, R., Padilla, I., López-Andrés, S. & López-Delgado, A. (2018). Al-waste-based zeolite adsorbent used for the removal of ammonium from aqueous solutions. *International Journal of Chemical Engineering*, 2018, Article number 1256197.
11. Xue, R., Donovan, A., Zhang, H., Ma, Y., Adams, C., Yang, J., Hua, B., Inniss, E., Eichholz, T., & Shi, H. (2018). Simultaneous removal of ammonia and N-nitrosamine precursors from high ammonia water by zeolite and powdered activated carbon. *Journal of Environmental Science*, 64, 82–91.
12. Wang, W. P., Wang, W. & Zhou, Y. Q. (2012). Adsorption characteristics of natural zeolite on ammonia nitrogen. *Advanced Materials Research*, 599, 501–504.
13. Ji, Z., Yuan, J. & Li, X. (2007). Removal of ammonium from wastewater using calcium form clinoptilolite. *Journal of Hazardous Materials*, 141, 483–488.
14. Huang, J., Kankanamge, N.R., Chow, C., Welsh, D.T., Li, T., & Teasdale, P.R. (2018). Removing ammonium from water and wastewater using cost-effective adsorbents: A review. *Journal of Environmental Science*, 63, 174–197.
15. Kim, J., Lee, J., Choi, S., Zhu, Q., & Lee, S. (2020). Nitrification of low concentration ammonia nitrogen using zeolite biological aerated filter (ZBAF). *Environmental Engineering Research*, 25, 554–560.
16. Eberle, S., Börnick, H., & Stolte, S. (2022). Granular natural zeolites: cost-effective adsorbents for the removal of ammonium from drinking water. *Water*, 14 (6), Article number 939.
17. Han, B.; Butterly, C.; Zhang, W.; He, J.-z.; & Chen, D. (2021). Adsorbent materials for ammonium and ammonia removal: a review. *Journal of Cleaner Production*, 283, Article number 124611.

18. Yadav, V., Rani, M., Kumar, L., Singh, N., & Ezhilselvi V. (2022). Effect of surface modification of natural zeolite on ammonium ion removal from water using batch study: an overview. *Water, Air & Soil Pollution*, 233, Article number 465.
19. Petrosov, I.Kh., & Sadoyan, A.A. (1998). New zeolite deposits spread in Armenia. *Proceedings of Armenian National Academy, Earth Sciences*, 2(3), 39-48 (in Russian).
20. Petrosov, I.Kh., & Jrbashian, R.T. (1999). Main zeolite deposits of Armenia. Yerevan: Armenian Academy Edition (in Russian).
21. Harutyunyan, L.R., Tangamyanyan, L. Sh., & Harutyunyan, R.S. (2019). Sorption of Co^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} metal ions from aqueous solutions on anionic surfactant-modified bentonite. *Proceedings of the Yerevan State University B: Chemistry and Biology*, 53(2), 81-85.
22. Harutyunyan, L.R., Tangamyanyan, L.S., Manukyan, A.V., & Harutyunyan, R.S. (2023). Characterization of both anionic and cationic surfactant-modified natural zeolite and its application for removal of metal-ions from aqueous medium. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 2, 31-40.
23. Harutyunyan L.R., & Pirumyan, G.P. (2015). Purification of waters from anionic and cationic surfactants by natural zeolites. *Proceedings of the Yerevan State University B (Chemistry and Biology)*, 1, 21-28.
24. Harutyunyan L.R., Tangamyanyan Sh.L., & Harutyunyan R.S. (2018). Removal of surfactants from aqueous solutions by usage of bentonite. *Proceedings of the Yerevan State University B (Chemistry and Biology)*, 52(3), 161-166.
25. SR ISO 7150-1:2001. Water quality. Determination of ammonium. Part 1. Manual spectrometric method.
26. Wu, H., & Cao, A. (2013). Preparation and adding methods of Nessler's reagent having effects on determination of water quality ammonia nitrogen. *Advanced Materials Research*, 726-731, 1362-1366.
27. Tien, C. (1994). Adsorption calculations and modeling. Boston, MA: Betterworth-Heinemann.

Remediation of Anaseuli site

G.Nabakhtiani, I.Giorgadze

I. Introduction

The site belonged to former Scientific-Research Institute of Tea and Subtropical Plants situated in Ozurgeti district near village Anaseuli. The Institute conducted phytoremediation experiments on the site and also used it for burial of different radioactive substances. The site additionally was contaminated due to the vandal acts after closing the Institute, when some amount of radioactive substances were disseminated on the site. During the last remediation activity conducted at 2013 three local disposal vaults were organized to accumulate the contaminated soil, but further radiological monitoring confirmed that sufficient amount of radioactivity were remained outside the given vaults. The situation required conducting of radiological survey and assessment of the site to take proper decision for remediation action. According to the elaborated plan the performing of the following actions were planned:

- Conduct geological investigation to identify aquifer layer and assess possible penetration of radionuclides into the soil
- Conduct radiological survey to identify hot radiological spots
- Investigate distribution of radionuclides into depth and set 3D radiological contamination picture
- Investigation of underground structures by non-destructive methods
- Remediation of the site
- Investigation and remediation of abandoned laboratory
- Investigation and remediation of the vaults

II. Geological investigations

Conducted geological investigations proved that water aquifer is deeper than 3m. The existing clay loam is characterized with low rate for radionuclide penetration. So it is possible to conclude that radiological contamination picture can be assigned as satanical for long period of time.

III. Radiological investigation [1.,2]

The following methodology was identified for random radiological monitoring: Whole site was divided into 1m width line grid (straight paths), where radiological measurements should be conducted on a full length of a given path (full coverage of radiometry scanning). In case of finding elevated radiological background, the spot with maximum dose rate should be identified (the spot should be flagged, dose rate measurement and nuclide identification in situ should be conducted using the portable gamma spectrometers). It was also considered to take some soil samples for additional investigations using HpGe spectrometer (Falcon-5000).

To conduct the monitoring portable alpha, gamma and beta detectors and radiometers were used. Neutron flux measurements was also conducted. Radionuclide identification was performed using portable spectrometers InSpector-1000 and RadSeeker. Some samples were also investigated using a spectrometer Falcon-5000 with high purity Germanium detector.

The first survey identified elevated gamma background near the perimeters of two disposal vaults and ruined laboratory building 0.65 $\mu\text{Sv/h}$, 0.32 $\mu\text{Sv/h}$ and 0.35 $\mu\text{Sv/h}$ accordingly. It was decided to construct additional expanded fence (around the existing perimeter) with renewed radiation signs to limit access of humans and animals to the vault areas. The fences were constructed in a short period of time (Fig.1).



Fig. 1 Fence around the disposal vault

Whole site was covered by vegetation, which physically prevented quality assessment of soil surface contamination. Before conducting radiological monitoring, area was totally cleaned from vegetation (as it was considered by the project proposal). Samples of cut plants were investigated and assigned as a radiologically clean. Despite this, all cut vegetation were collected on the site for natural degradation. After the area was cleaned, the radiological survey was conducted for whole site using methodology described above. High gamma dose rate 12-17 $\mu\text{Sv/h}$ was identified at the inner fence of the first vault and at the top of the same vault – 24 $\mu\text{Sv/h}$ (Fig.1) situated in a close proximity to the main road². According to gamma spectrometry measurement, ^{137}Cs was assigned as a main contaminant radionuclide. Identification of ^{14}C was conducted later using support of Hungary colleagues. As it was supposed, the concentration was assessed as negligible.

The conducted investigation showed some increased radiation background at ravine, where radionuclides could be washed by rainfalls. Soil samples were taken from this site and preliminary investigation was conducted using HPGe spectrometer. Concentration of radionuclides are given at tab.1. It should be noted that concentration of ^{137}Cs is slightly above the clearance level defined by IAEA – 0.1 Bq/g. Simultaneously some small activity of uranium was identified as a result of using depleted Uranium in the experiments, conducted earlier in the institute (Yield of ^{238}U is not significant

Tab.1 Specific concentration of radionuclides in soil sample taken form ravine

Nuclide	Concentration (Bq/g)	Uncertainty, %
^{40}K	0.1716	9.8
^{60}Co	0.0097	19.9
^{131}I	0.0037	84.2
^{137}Cs	0.4881	2.20

² The first vault is situated close to the main road (Fig.7). High dose rate points were identified after cutting of plants

$^{212}\text{Pb}(^{232}\text{Th})$	0.0259	10.5
$^{214}\text{Pb}(^{226}\text{Ra})$	0.0003	23.7
$^{212}\text{Bi}(^{232}\text{Th})$	0.0122	39.6
$^{224}\text{Ra}(^{232}\text{Th})$	0.0301	99.7
$^{228}\text{Ac}(^{232}\text{Th})$	0.036	20.7
^{226}Ra	0.047	74.1
^{235}U	0.0037	58.0
A_{eff}	0.70483	7.84

The surface soil samples were taken from 15 spots and to drill holes for near surface soil samples (0.5; 1.0 and 1.5 m depth) in 14 points. Additional 3 samples were taken from 0.2m depth (Fig.12). Surface samples and near surface samples are numbered in different order. Blue numbers are used to mark surface samples, and red ones are for drilled holes on Fig.12. Green numbers were used to identify 0.2m depth samples. Sometimes surface and depth samples were taken from the same spot and finally 21 points were identified (Tab.2).

Tab.2 Laboratory measurement data for soil and water samples

N	X	Y	Code	Name	
1	248781.65	4642795.174	S1-N1	Drilling	Surface sample
2	248780.707	4642797.009	S2-N2	Drilling	Surface sample
3	248778.828	4642802.42	S3-N3	Drilling	Surface sample
4	248817.392	4642798.733	S4-N14	Drilling	Surface sample
5	248772.505	4642788.859	N4		Surface sample
6	248843.554	4642807.535	S5-N7	Drilling	Surface sample
7	248795.495	4642803.123	N5		Surface sample
8	248836.962	4642835.968	S6-N8	Drilling	Surface sample
9	248837.986	4642808.594	N6		Surface sample
10	248838.456	4642841.56	S7	Drilling	
11	248847.559	4642837.444	S8-N9	Drilling	Surface sample
12	248849.094	4642838.703	S9-N10	Drilling	Surface sample
13	248849.349	4642840.792	S10-N11	Drilling	Surface sample
14	248852.231	4642843.925	S11-N12	Drilling	Surface sample
15	248817.774	4642845.24	S12-N13	Drilling	Surface sample
16	248800.623	4642826.61	S14	Drilling	

17	248780.543	4642792.281	S15	Drilling	
18	248841.306	4642800.395	N15		
19	248837.911	4642809.376	20SM-1		Sample 20cm depth.
20	248840.61	4642808.8	20SM-2		Sample 20cm depth
21	248843.82	4642808.06	20SM-3		Sample 20cm depth

IV. Remediation of open lands

The remediation was conducted by cutting of the contaminated soil and its safe storage. The cut soil were transferred to drums using buckets. The soil was compressed in drums, after what hermetically closed drum was transferred to especially equipped truck for the transport to the especially arranged hangar for temporary storage. The activity area is marked as working area with established control to avoid intrusion of any other persons. After completion of each day activity all workers are checked out for surface contamination. During the survey stage, outside the investigated area, close to down border, new hot spot was found and identified. The hot spot located not on the territory of the former institute, but should have the same origin. It was decided to cut soil also form this hot spot. During the soil cutting it was recognized that radionuclides penetration in horizontal layers are wider, than it was recognized before. Especially it should be said for s.c ravine, therefore the amount of the contaminated soil should be cut increased dramatically. Therefore, it was decided (with agreement o Regulatory Body) to cut the soil in such manner that dose rate on the remained hot spots should be approximately 0.2 $\mu\text{Sv/h}$, which can be assigned as acceptable criteria for the site release. All cut soil was collected in 17 drums, which were marked according to the activity and place where the soil was collected. The soil samples were taken from each drum and investigated in laboratory conditions in officially accredited secondary standards laboratory.

V. Remediation of the laboratory building

Before the starting of the activity, the radiological survey was conducted and two rooms were assigned as contaminated (Fig.2)

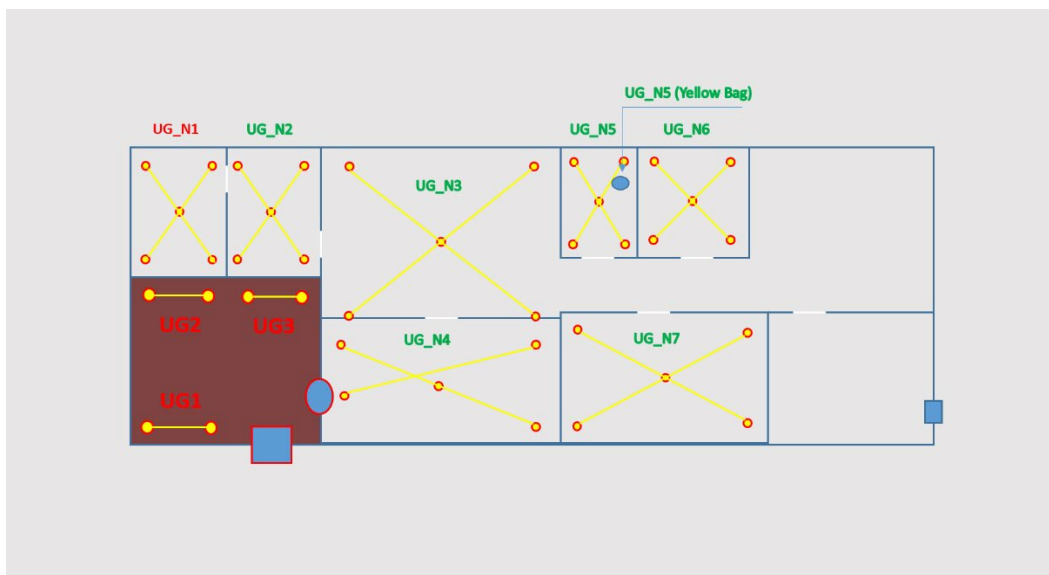


Fig.2 Contaminated room sin the laboratory building

The samples were taken and laboratory measurements were conducted (Tab.3)

Tab.3 Concentration of ^{137}Cs on the g=floor of different rooms of the laboratory

The room as identified at Fig.4	Specific activity of ^{137}Cs -ob (Bq/g)	The room as identified at Fig.4	Specific activity of ^{137}Cs -ob (Bq/g)
UG-N1	0.27796	UG-N5	0.02958
UG-N2	0.02722	UG-N6	0.01151
UG-N3	0.05100	UG-N7	0.01540
UG-N4	0.09188	HGF_2UG	14.126
HGF_1UG	3.7436	HGF_3UG	5.3484

The remediation was started by removing blocks and bricks from the floor of the laboratory. The soil was removed and collected into 200 l drums. After upper soil removal the concrete floor (with piles) were investigated and contaminated concrete was crushed and removed. The amount of piles and concrete floor surface to be crashed and removed was identified by the hot spot dimensions. The radiological assessment was based on the dose rate measurement and were conducted permanently during the concrete floor dismantling. It was identified that the dose rate increased by depth. The maximum level was reached at 8-10 cm (or more depending on material) and then went down (reduced).

All contaminated materials were removed until the dose rate reached level $0.2\mu\text{Sv/h}$. During the soil removal activity the empty small containers for ^{14}C low activity liquids used for research were found and placed with soil into drums. Small activity ^{137}Cs source (approx. activity 0.1Mbq) also were found and sent to centralized storage facility for safe storage.

The surface of disintegrated concrete as its depth were depend on the contamination level. For instance in the rear room the surface of the spot on the floor was bigger, but depth was smaller (8-10 cm). At the same time the spot with smaller surface in the first room requires removing of concrete and soil until 30-40 cm.

Comparably big amount of the contaminated soil (depth 35-40cm) was removed at the entrance of the cellar, which surface does not characterized by big contamination level, but soil removing showed that the contamination was increased by the depth. It seems that contaminated liquid was spilled out and penetrated deeper into the soil. So the soil was removed until the dose rate on the surface was reduced to $0,2\mu\text{Sv/h}$, which was assigned as a site acceptance criteria. As result 11 items of 200l drums with soil and concrete blocks were generated.

VI. Underground structures

The site was investigated to identify possible underground structures. Nondestructive and destructive methods were used. Georadar was used as a main non destructive method. Especial attention was paid to three underground vaults. As Georadr showed the condition of the first (smaller) vault is much worse than others. Meantime radiological investigation of the samples taken from the vaults showed that the first vault contains comparably higher contamination soil (Tab.4).

Tab.4 Radionuclide specific activity in the first vault

N	Nuclide	Specific activity (Bq/Kg)	Uncertainty (%)
Sample from 0.3 m depth			
1	⁶⁰ Co	182.36	18.48
2	²³² Th	39.85	19.26
3	²¹⁰ Pb	693.27	108.00
4	¹³⁷ Cs	28 085.28	0.16
5	⁴⁰ K	277.69	8.77
6	²¹⁴ Bi (²²⁶ Ra)	96.83	25.28
7	²¹⁴ Bi (²²⁶ Ra)	75.25	53.54
Sample from 0.7 m depth			
1	⁶⁰ Co	184.00	0.01
2	²³² Th	30.70	0.16
3	¹³⁷ Cs	20 500.00	0.05
4	⁴⁰ K	246.00	0.08
5	²¹⁴ Bi (²²⁶ Ra)	76.30	0.22
6	²¹⁴ Bi (²²⁶ Ra)	81.10	0.34
Sample from 1.0 m depth			
1	²³² Th	35.94	20.40
2	¹³⁷ Cs	34 179.76	0.16
3	⁴⁰ K	197.82	11.90
4	²¹⁴ Bi (²²⁶ Ra)	83.40	25.60
5	²¹⁴ Bi (²²⁶ Ra)	72.27	56.80

The first vault was dismantled and all contaminated soil was collected into 16 big bags (Fig.3)



Fig.2 Loading bags on the truck to transport for safe storage

VII. Conclusion

The site remediation will be continued by dismantling of the second and third vaults and final site survey to meet site release criteria established by national requirements [3]

References:

1. G.Nabakhtiani, V.Tvaliashvili, K.Gorgadze, I.Giorgadze, Sh.Khizanishvili "Preliminary Radiological Investigation of Anaseuli Site// Georgian Engineering News, v.3, 2018, pp.24-31
2. G.Nabakhtiani, V.Tvaliashvili, K.Gorgadze, I.Giorgadze, Sh.Khizanishvili "Radiological Investigation of Anaseuli Site// Georgian Engineering News, v.4 2018
3. " Technical Regulation No.450 "Radiation safety norms and basic requirements related to handling of ionizing radiation sources".

UDC.546

სელენი - ჯანმრთელობის სადარაჯოზე

რეზო კლდიაშვილი, დენიტა ბიბილეიშვილი, ქეთევან დიდბარიძე

რეზო კლდიაშვილი rezo_kldiashvili@yahoo.com, ქმკ, ტ.(+995) 577 49 50 25, ქიმიის დეპარტამენტი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიის დეპარტამენტის პროფესორი, საქართველო, ქ.თბილისი

დენიტა ბიბილეიშვილი d.bibileishvili@gtu.ge, ქმკ, ტ.(+995)599 44 88 73, ქიმიის დეპარტამენტი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიის დეპარტამენტის პროფესორი, საქართველო, ქ.თბილისი

ქეთევან დიდბარიძე, ketevanIdidbaridze@gmail.com, ტ.(+995) 574 17 77 89, სსიპ ქ.ქუთაისის #5 საჯარო სკოლის მე-10 კლასის მოსწავლე, საქართველო, ქ.ქუთაისი.

შესავალი

სელენი (Se) პერიოდული სისტემის რიგით 34 ელემენტია, მისი ატომური მასაა 78,96; იგი IV პერიოდის, მეთექვსმეტე ჯგუფის ელემენტია. მისი ელექტრონული ფორმულაა:

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$. 6 ელექტრონის არსებობა ატომის გარე შრეზე ახასიათებს მას როგორც არალითონს, თუმცა ჰალოგენებზე ნაკლებ აქტიურს. იგი არის ნაცრისფერი, მყიფე ნივთიერება ლითონური კრიალით.



ძირითადი ნაწილი

Se აღმოაჩინა 1817 წელს იესენ იაკობ ბერცელიუსმა.

სახელწოდება მოდის ბერძ. σελήνη — მთვარედან. ელემენტს ეს სახელი მიტომ დაერქვა, რომ ბუნებაში ის წარმოადგენს მსგავსი თვისებების ლითონის ტელურის თანამგზავრს (რომელსაც სახელი დედამიწის პატივსაცემად შეარქვეს).

სელენის შემცველობა დედამიწის ქერქში დაახლოებით 500 მგრ/ტ. სელენის გეოქიმიის ძირითადი თვისებები დედამიწის ქერქში განისაზღვრება მისი იონების რადიუსის სიახლოვით გოგირდის იონების რადიუსთან. სელენი წარმოქმნის 37 მინერალს, რომელთა შორის, აღსანიშნავია აშავალიტი $FeSe$, კლაუსტალიტი $PbSe$, ტიმანიტი $HgSe$, გუანახუატიტი $Bi_2(Se, S)_3$, ხასტიტი $CoSe_2$, პლატინიტი $PbBi_2(S, Se)_3$, რომლებიც ასოცირდებიან სხვადასხვა სულფიდებთან, ზოგჯერ კასიტერიტთან. იშვიათად გვხვდება თვითნაბადი სელენიც. მთავარი სამრეწველო მნიშვნელობა აქვს სულფიდურ საბადოებს. სელენის შემცველობა სულფიდებში მერყეობს 7-დან 110 გ/ტ. სელენის კონცენტრაცია ზღვის წყალში არის 4×10^{-4} მგ/ლ. თავისუფალ მდგომარეობაში Se წარმოქმნის რამოდენიმე ალოტროპიულ სახესხვაობას, რომელთაგან უფრო ცნობილია ამორფული მოდიფიკაცია, მუქი წითელი ფხვნილი სიმკვრივით 4.3 გ/სმ³. ასევე კრისტალური - ნაცრისფერი მყიფე ნივთიერება ლითონური კრიალით, სიმკვრივით 4,8 გ/სმ³. რომბული და მონოკლინური სელენი რომლებიც შედგება Se-ის შემცველი რგოლებისაგან (8). ადვილად იხსნება გოგირდნახშირბადში. კრისტალურ Se - აქვს შესანიშნავი თვისება - მისი ელექტროგამტარობა თავისთავად უმნიშვნელოა, მაგრამ განათებისას ძლიერ იზრდება. ამ თვისებას ემყარება მისი გამოყენება სხვადასხვა

ოპტიკურ სელსაწყობში, ფოტომეტრებში, სინათლის სიგნალიზატორებში, ასევე ტელევიზიაში. Se გამოიყენება ელექტროტექნიკურ წარმოებაში.



ბუნებაში არსებობს სელენის 6 იზოტოპი (^{74}Se , ^{76}Se , ^{77}Se , ^{78}Se , ^{80}Se და ^{82}Se), მათ შორის ხუთი, სტაბილურია, ხოლო ერთი (^{82}Se) განიცდის ორმაგი ბეტა-დაშლას ნახევარდაშლის პერიოდით - $9,7 \times 10^{19}$ წ. ამას გარდა, ხელოვნურად შექმნილია კიდევ 24 რადიოაქტიური იზოტოპი (ასევე 9 მეტასტაბილური აღზნებული მდგომარეობაში) 65-დან 94-მდე დიაპაზონის მასური რიცხვით.

სელენის ზოგიერთი რადიოაქტიური იზოტოპის ნახევარდაშლის პერიოდია:

იზოტოპი ბუნებაში გავრცობადობა, % ნახევარდაშლის პერიოდი

^{73}Se	—	7,1 საათი.
^{74}Se	0,87	—
^{75}Se	—	120,4 დღელამე.
^{76}Se	9,02	—
^{77}Se	7,58	—
$^{77\text{m}}\text{Se}$	—	17,5 წმ.
^{78}Se	23,52	—
^{79}Se	—	$6,5 \times 10^4$ წელი
$^{79\text{m}}\text{Se}$	—	3,91 წთ.
^{80}Se	49,82	—
^{81}Se	—	18,6 წთ.
$^{81\text{m}}\text{Se}$	—	62 წთ.

^{82}Se	9,19	$9,7 \times 10^{19}$ წელი
$^{83\text{m}}\text{Se}$	—	69 წმ.
^{83}Se	—	25 წმ.

სელენის ფიზიკური თვისებები:

სიმკვრივე	4,82 გ/სმ ³
ღლობის ტემპერატურა	230,5 °C
დუდილის ტემპერატურა	657 °C
ატომის რადიუსი	1,6 Å
იონის რადიუსი	1,93 Å
ელექტროუარყოფითობა	1,00
იონიზაციის ენერგია	225 კკალ/მოლი

Se-ის მსგავსება გოგირდთან განსაკუთრებით მკვეთრად მჟღავნდება ნაერთებში - H_2Se სელენწყალბადი უფრო მომწამვლელია ამაზრზენი სუნით, მისი წყალხსნარი მჟავაა, რომლის დისოციაციის ხარისხი რამდენამდე მაღალია ვიდრე H_2S -ის. უარყოფითი იონის რადიუსის გაზრდასთან ერთად, მისი მიზიდვა წყალბადის იონთან სუსტდება.

H_2Se ადვილად იჟანგება ჰაერის ჟანგბადით, გაცხელებისას იშლება და აქვს ძლიერი აღმდგენი თვისებები. მისი მარილები მიიღება სელენწყალბადის მოქმედებით მეტალთა ხსნად მარილებთან და სულფიდების მსგავსია წყალში ხსნადობით. Se-ის დაწვით ჰაერზე ან ჟანგბადში მიიღება SeO_2 მყარი ნივთიერება, რომელიც წარმოადგენს სელენოვანი მჟავას H_2SeO_3 ანჰიდრიდს. SeO_2 ძირითადად ავლენს დამჟანგველ თვისებებს განსხვავებით SO_2 გან, ადვილად აღდგება Se -მდე. ძლიერი დამჟანგველის მოქმედებით წყლის თანაობისას SeO_2 შეიძლება გადაყვანილი იქნას H_2SeO_4 სელენმჟავაში. H_2SeO_4 მყარი, კრისტალური ნივთიერებაა, ღვება 58°C ზე, მცირედაქროლადაა, დამნჟანგველია, ძლიერი მჟავაა. მისი მარილები სელენატები გავს სულფატებს Ba -ის და Pb-ის მარილები წყალში უხსნადია. სელენის ანჰიდრიდი (SeO_3) არ არის ცნობილი.

სელენი - ორგანიზმისათვის საჭირო მიკროელემენტი, რომელიც ეხმარება მას სასიცოცხლო ენერჯის და ახალგაზრდობის შენარჩუნებაში. სელენის მოქმედება არ შემოიფარგლება რაიმე ერთი სისტემით, მიკროელემენტი შედის მრავალი ფერმენტისა და ცილის შედგენილობაში. სელენი არეგულირებს ფერმენტ გლუტათიონპეროქსიდაზას მუშაობას. ის უზრუნველყოფს სტრესისაგან დაცვას, ანეიტრალებს თავისუფალ რადიკალებს და ახანგრძლივებს უჯრედის აქტიური ცხოველქმედების ვადას. ამიტომაც მეცნიერები სელენს უწოდებენ მიკროელემენტს, რომელიც უზრუნველყოფს დღეგრძელობას. იგი ყველა სახის ქსოვილშია, მისი მიღება შეიძლება ორი ამინომჟავისაგან - სელენომეთიონინისა და სელენოცისტეინისაგან. ისინი მონაწილეობენ გარკვეული ფერმენტული ცილების აგებაში, რომლებიც უზრუნველყოფენ ორგანიზმის ყველა სასიცოცხლო ფუნქციას: გულ-სისხლძარღვთა, ნერვული, ენდოკრინული და იმუნური.

იგი შედის ფერმენტების შემადგენლობაში, რომლებიც იწვევენ კატალიზურ ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებს და ასრულებს მთელ რიგ ფუნქციებს:

- ხელს უწყობს კანის ელასტიურობას
- ანელებს დაბერების პროცესს
- ავსებს ენერგეტიკულ მარაგს
- დადებითად მოქმედებს გულსა და სისხლძარღვებზე
- ავლენს ანტიოქსიდანტურ მოქმედებას, არღვევს რა თავისუფალ რადიკალებს
- ხელს უწყობს იმუნიტეტის გაზრდას
- ახდენს ჰორმონალური ფონის ნორმალიზაციას
- ამცირებს ახალწარმონაქმნების განვითარების ალბათობას, იცავს კიბოსაგან
- აუმჯობესებს გუნებ-განწყობას და ფსიქიკურ ჯანმრთელობას
- ხელს უწყობს აქტიურობას
- ახდენს ძილის ნორმალიზებას
- აძლიერებს ფრჩხილების, თმის, კბილების სიმტკიცეს
- იცავს ალერგენებისაგან
- აჩქარებს ნივთიერებათა ცვლას
- ეხმარება ნერვული სისტემის მუშაობას
- მონაწილეობს კუნთოვანი ქსოვილის განვითარებასა და რეგენერაციაში

სელენის დეფიციტი შეიძლება იყოს დეჰუბალანსირებელი და არასაკმარისი კვების შედეგი. კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის დაავადებები, თირკმლისა და ღვიძლის უკმარისობა, ონკოლოგია ასევე შეიძლება იყოს მიზეზი ორგანიზმში სელენის უკმარისისა.

ყველაზე გამოხატული სიმპტომები, რომელიც სელენის დეფიციტის დროს შეიმჩნევა:

- ხშირი გაციება
- მუდმივი ძალის არქონა
- კუნთების ტკივილი
- გამონაყარი კანზე
- დაზიანებების და ტრავმების ხანგრძლივი აღდგენა
- ნევროზული გაღიზიანებები
- ყურადღების კონცენტრაციის შემცირება
- გულმავიწყობა
- მხედველობის გაუარესება
- კუჭ-ნაწლავის პრობლემები
- ხოლესტერინის მაღალი დონე

სელენის ხანგრძლივმა დეფიციტმა შეიძლება მოახდინოს დიაბეტის, სკლეროზის, ინფარქტისა და ინსულტის პროვოცირება.

გარდა ამისა, სელენი ეხმარება ორგანიზმს შებოჭოს მძიმე ლითონები ტყვია, კადმიუმი, ვერცხლისწყალი, წარმოქმნის მძიმედ დასაშლელ სელენის კომპლექსნაერთებს, რის შედეგადაც მათ აღარ შეუძლიათ ავნონ ორგანიზმს და უფრო ადვილად გამოდიან ორგანიზმიდან. სელენი ეხმარება ორგანიზმს ისეთი არახელსაყრელი პირობების ატანაში როგორცაა ამინდის მკვეთრი ცვალებადობა.

დასკვნა

სელენის საერთო რაოდენობა ორგანიზმში 11-14 მილიგრამამდე მერყეობს, მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენ მხოლოდ სელენის „კვალი“ გვჭირდება, მიკროელემენტი ითვლება შეუცვლელად. ორგანიზმის ყოველ უჯრედში აკონტროლებს მის ცხოველუნარიანობას და იცავს მას დამაზიანებელი ფაქტორებისაგან.

ამრიგად განუზომლად დიდია სელენის როლი ცოცხალი ორგანიზმებისათვის, რაც ადამიანმა მისი შესწავლის შედეგად დაადგინა. დღეისათვის არსებობს მრავალი

პრეპარატი რომელიც შეიცავს სელენს, ამგვარად შეიძლება აღმოიფხვრას ორგანიზმში შესაძლო სელენოდეფიციტი.



ლიტერატურა:

1. Rusudan Kvanchakhadze - Selenium in our world, Tbilisi, 2018, p. 208
2. N.L.Glinka General chemistry. Textbook for universities.-24th ed., stereotypical./Ed. V. A. Rabinovich. - L.: Chemistry, 2019. - 732 p.
3. https://books.google.ge/books?id=h3ZwCgAAQBAJ&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
4. M. Tsintsadze, N. Gegeshidze, N. Kilasonia. Inorganic chemistry course (s- and p-elements). Tbilisi Technical University 2020. 190 p. ISBN 978-9941-28-699-5

საკვანძო სიტყვები: სელენი, ალოტროპიული სახესხვაობები, იზოტოპები, ფიზიკური თვისებები, მცენარეული და ცხოველური საკვები, Se შეუცვლელია. ორგანიზმის ყოველ უჯრედში აკონტროლებს მის ცხოველუნარიანობას და იცავს მას დამაზიანებელი ფაქტორებისაგან. Se -ის შემცველი პრეპარატი.

სელენი - ჯანმრთელობის სადარაჯოზე

რეზო კლდიაშვილი, დენიტა ბიბილეიშვილი, ქეთევან დიდბარიძე

სელენის ადგილი პერიოდულ სისტემაში, შემცველობა დედამიწის ქერქში, მისი ალოტროპული სახესხვაობები, იზოტოპები, ფიზიკური და ქიმიური თვისებები. სელენის დამჟანგველი და აღმდგენი ნაერთები. სელენი - ორგანიზმისათვის საჭირო მიკროელემენტი. შემცველობა ფერმენტებისა და ცილის შედგენილობაში. Se-ის შემცველი ამინომჟავები უზრუნველყოფენ ორგანიზმის ყველა სასიცოცხლო ფუნქციას - გულ-სისხლძარღვთა, ნერვული, ენდოკრინული, იმუნური. იგი შედის როგორც მცენარეული, ისე ცხოველური საკვები პროდუქტის შედგენილობაში, რაც დამოკიდებულია გარემო არეზე - ნიადაგსა და წყალზე. ორგანიზმში სელენის დეფიციტი შეიძლება იყოს დაუბალანსირებელი და არასაკმარისი კვების შედეგი. კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის დაავადებები, თირკმლისა და ღვიძლის უკმარისობა, ონკოლოგია ასევე შეიძლება იყოს მიზეზი ორგანიზმში სელენის უკმარობისა. სელენი ეხმარება ორგანიზმს შებოჭოს მძიმე ლითონები ტყვია, კადმიუმი, ვერცხლისწყალი. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენ მხოლოდ სელენის „კვალი“ გვჭირდება, მიკროელემენტი ითვლება შეუცვლელად. ორგანიზმის ყოველ უჯრედში აკონტროლებს მის ცხოველუნარიანობას და იცავს მას დამაზიანებელი ფაქტორებისაგან. განუზომლად დიდია სელენის როლი ცოცხალი ორგანიზმებისათვის, რაც ადამიანმა მისი შესწავლის შედეგად დაადგინა. დღეისათვის არსებობს მრავალი პრეპარატი რომელიც შეიცავს სელენს, ამგვარად შეიძლება აღმოიფხვრას ორგანიზმში შესაძლო სელენოდეფიციტი.

Selenium - on the guard of health

Rezo Kldiashvili, Denita Bibileishvili, Ketevan Didbaridze

The place of selenium in the periodic system, its content in the earth's crust, its allotropic forms, isotopes, physical and chemical properties. Oxidizing and reducing compounds of selenium. Selenium - microelement necessary for the body. Enzyme and protein content Amino acids containing Se ensure all vital functions of the body - cardiovascular, nervous, endocrine, immune. It is included in the composition of both plant and animal food products, depending

on the environment - soil and water. Selenium deficiency in the body can be the result of unbalanced and insufficient nutrition. Diseases of the gastrointestinal tract, kidney and liver failure, oncology can also be the cause of selenium deficiency in the body. Selenium helps the body bind heavy metals lead, cadmium, mercury. Although we only need "traces" of selenium, the trace element is considered essential. In every cell of the body, it controls its vitality and protects it from damaging factors. Selenium's role for living organisms is immeasurably great, which man has determined as a result of his study. Today, there are many preparations that contain selenium, thus possible selenium deficiency in the body can be eliminated.

annotation

Selenium - on the guard of health

Rezo Kldiashvili, Denita Bibileishvili, Ketevan Didbaridze

Selenium (Se) is the 34th element of the periodic system, its atomic mass is 78.96; It is an element of the IV period, the sixteenth group. Its electronic formula is: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$. The presence of 6 electrons on the outer layer of the atom characterizes it as a non-metal, although it is less active than the halogens. It is a gray, brittle substance with a metallic crystal.



Se was discovered in 1817 by Jessen Jacob Berzelius.

The name comes from Greek. σελήνη—from the moon. The element was named by Mito because in nature it is a satellite of the metal tellurium (which was named after Earth) with similar properties.

The content of selenium in the earth's crust is about 500 mg/t. The main features of the geochemistry of selenium in the Earth's crust are determined by the proximity of its ion radius to that of sulfur ions. Selenium forms 37 minerals, among which are notable aschavalite FeSe,

claustalite PbSe , timanite HgSe , guanahuatite $\text{Bi}_2(\text{Se}, \text{S})_3$, hastite CoSe_2 , platinite $\text{PbBi}_2(\text{S}, \text{Se})_3$, which are associated with various sulfides, sometimes with cassiterite. Self-produced selenium is also rarely found. Sulphide deposits are of major industrial importance. Selenium content in sulfides ranges from 7 to 110 g/t. Selenium concentration in sea water is 4×10^{-4} mg/l. In the free state, Se forms several allotropes, the most famous of which is the amorphous modification, a dark red powder with a density of 4.3 g/cm^3 . It is also a crystalline - gray brittle substance with a metallic crystal, with a density of 4.8 g/cm^3 . rhombic and monoclinic selenium consisting of Se-containing rings (8). Easily soluble in carbon disulphide. Crystalline Se - has a remarkable property - its electrical conductivity is negligible by itself, but increases strongly when illuminated. This property is the basis of its use in various optical instruments, photometers, light signaling devices, as well as in television. Se is used in electrotechnical production.



There are 6 isotopes of selenium in nature (^{74}Se , ^{76}Se , ^{77}Se , ^{78}Se , ^{80}Se and ^{82}Se), five of which are stable, and one (^{82}Se) undergoes double beta decay with a half-life of 9.7×10^{19} years. In addition, 24 more radioactive isotopes (as well as 9 metastable excited states) with mass numbers ranging from 65 to 94 have been artificially created.

The half-lives of some radioactive isotopes of selenium are:

Isotope	distribution in nature	% half-life
^{73}Se	—	7,1 hours.
^{74}Se	0,87	—
^{75}Se	—	120,4 days
^{76}Se	9,02	—
^{77}Se	7,58	—

^{77m} Se	—	17,5 s
⁷⁸ Se	23,52	—
⁷⁹ Se	—	6,5×10 ⁴ years
^{79m} Se	—	3,91 m
⁸⁰ Se	49,82	—
⁸¹ Se	—	18,6m
^{81m} Se	—	62 m
⁸² Se	9,19	9,7×10 ¹⁹ years
⁷³ Se	—	7,1 hours.

Physical Properties of Selenium:

Density	4,82 g/cm ³
Melting temperature	230,5 °C
Boiling temperature	657 °C
Atomic radius	1,6 Å
Ion radius	1,93 Å
Electronegativity	1,00
Ionization energy	225 kcal/mol

The similarity of Se with sulfur is especially evident in the compounds - H₂Se hydrogen selenide is more poisonous with a disgusting smell, its aqueous acid is an acid whose degree of dissociation is much higher than that of H₂S. As the radius of the negative ion increases, its attraction to the hydrogen ion weakens.

H₂Se is easily oxidized by atmospheric oxygen, decomposes when heated, and has strong reducing properties. Its salts are obtained by the action of hydrogen selenide on soluble salts of metals, and are similar to sulphides in solubility in water. Combustion of Se in air or oxygen yields solid SeO₂, which is the anhydride of selenic acid H₂SeO₃. SeO₂ mainly exhibits oxidizing properties unlike SO₂, being easily reduced to Se. Under the action of a strong oxidizing agent, in the presence of water, SeO₂ can be converted into H₂SeO₄ selenic acid. H₂SeO₄ is a solid,

crystalline substance, melting at 580C, slightly volatile, oxidizing, strong acid. Its salts, selenates, are similar to sulfates. Ba and Pb salts are insoluble in water. Selenic anhydride (SeO₃) is not known. Selenium is a trace element necessary for the body, which helps it maintain vital energy and youth. The action of selenium is not limited to any one system, the trace element is included in the composition of many enzymes and proteins. Selenium regulates the activity of the enzyme glutathione peroxidase. It provides protection against stress, neutralizes free radicals and prolongs the active life of the cell. That's why scientists call selenium a trace element that ensures longevity. It is found in all types of tissues, it can be obtained from two amino acids - selenomethionine and selenocysteine. They participate in the construction of certain enzymatic proteins that ensure all vital functions of the body: cardiovascular, nervous, endocrine and immune.

It is part of enzymes that cause catalytic oxidation-reduction reactions and performs a number of functions:

- Promotes skin elasticity
- Slows down the aging process
- Replenishes energy supply
- Has a positive effect on the heart and blood vessels
- Demonstrates antioxidant activity, destroys free radicals
- Helps to increase immunity
- Normalizes the hormonal background
- Reduces the probability of developing new formations, protects against cancer
- Improves mood and mental health
- Promotes activity
- normalizes sleep
- Strengthens the strength of nails, hair, teeth
- Protects against allergens
- Accelerates metabolism
- Helps the work of the nervous system
- Participates in the development and regeneration of muscle tissue
- Improves the function of the thyroid gland

- Long recovery from injuries and traumas
- Neurotic irritations
- Reduction of concentration of attention
- Forgetfulness
- Deterioration of vision
- Gastrointestinal problems
- High cholesterol level

Long-term deficiency of selenium can provoke diabetes, sclerosis, heart attack and stroke.

In addition, selenium helps the body to bind heavy metals such as lead, cadmium, mercury, forming complex compounds of selenium that are difficult to decompose, as a result of which they can no longer harm the body and are more easily removed from the body. Selenium helps the body to withstand unfavorable conditions such as sudden changes in weather.

conclusion

The total amount of selenium in the body ranges from 11-14 milligrams, although we only need "traces" of selenium, the trace element is considered essential. In every cell of the body, it controls its vitality and protects it from damaging factors.

Thus, the role of selenium for living organisms is immeasurably great, which man has determined as a result of his study. Today, there are many preparations that contain selenium, thus possible selenium deficiency in the body can be eliminated.



ELECTROCHEMICAL SYNTHESIS OF BIOLOGICAL ACTIVE COMPOUNDS FROM HERBAL RAW MATERIALS WITH ANTIOXIDANT PROPERTIES

N.O.Jakipbekova, S.A.Sakibaeva, A.B.Issa, Zh.A.Shingisbayeva

M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent city, Republic of Kazakhstan

The Republic of Kazakhstan has little of its pharmaceutical industry. Almost 90% of medicines are imported from far and near abroad, on a national scale spent huge sums in foreign currency. Moreover, the quality of imported products do not always correspond to GOST or TU as there is no corresponding control on the part of customs services, and sanitary and epidemiological stations, because strict control of each batch of drugs is almost not possible because of the transparency of the border and smuggled goods flooding the market [1,2].

Drugs made from plant material, are especially effective in the treatment of diseases caused by unfavorable environmental conditions (Baikonur Cosmodrome, the Semipalatinsk nuclear test site) and the high background radiation do not cause side effects when they are used and are not toxic than drugs obtained by synthesis. Perhaps that is why in recent years in developed countries such as America, Japan and the European Community for the basic components of drugs are natural products of plant and animal origin.

In Kazakhstan, there are over 20,000 species of plants, 6,000 of them contain biologically active substances. Of the six thousand six hundred species can be used as an intermediate product for the production of drugs, and from more than 500 species can be ready to receive drugs [3,4].

But the existing technology of medicines are very complicated and many-stage, energy-intensive and costly processes. In addition, the purity of the products is poor, so they are not competitive on the world market [5].

In Shymkent chemical-pharmaceutical plant from plant material obtained by extraction of drugs: morphine, codeine, papaverine, etc., and related alkaloids are in the blade, as some of them exhibit the toxicity, while others are ineffective, and some do not possess physiological activity. To date, these side products are in warehouses unsold. But the structure of these alkaloids can get from them is already known or new biologically active compounds by modifying their structure, by introducing new functional groups-OH, -OCH₃, -OC₂H₅, -NO₂, etc.

These biologically active agents are effective in the treatment of cancer and have antioxidant properties.

To determine the molecular formula of compound chromatographically pure samples of the final products were subjected to qualitative and quantitative elemental analysis for carbon, hydrogen,

nitrogen, bromine, according to the method. The molecular weight determined by cryoscopic method in glacial acetic acid. The melting point was determined by the device TAP (TU25-II-II44-76).

Belonging to a class of products conditions revealed the following way. The content of unsaturated C = C bonds was determined by micro-Gorbaha, carbonyl groups according to the method. Quantitative analysis on the methoxy group was carried out by the modified method Tseyzelya-Fibeka.

Thin-layer chromatography on non-aluminum dioxide layer of II degree of activity (by Brockmann) was used for separation and to identify and quantify substances. Plates with a sorbent (200h80mm) were prepared according to. For the elution experiments have been used experimentally – selected solvent system.

Establishing the structure of the obtained compounds was carried out by removing the IR, NMR - and mass spectra.

IR spectra were recorded on the instrument "Specord" (GDR) on the plate tinah of KBr, NaCl (thickness of the cell – $1 \cdot 10^{-5}$ M), solvent-free crystals deposited in the form of a liquid film iki.

To remove the NMR spectra of the devices used "Varian-S-100XL" (USA) with a frequency of 100 MHz. And "Hitachi" (Japan) -60 MHz. Spectra were taken at $t = 25^{\circ}\text{C}$ and a concentration of 20-30 mg/0.5 ml of CHCl_3 or D_2O .

Mass spectra were recorded on the mass spectrometer "Varian-MAT-313" in the field strength E 60 eV and $t = 25^{\circ}\text{C}$ without solvent.

On the basis of physico-chemical analysis, IR, NMR spectroscopy revealed that the end product of electrooxidation anabasine yavlyaet anabazinoves acid.

References:

1. Dzhakipbekova N.O and others. Predpatent RK № 10548 15.08.2001 № 8 "Biflavonid that exhibits antitumor activity and P-vitamin activity."
2. Dzhakipbekova N.O and others. Predpatent RK № 1102115 12.2001g. № 12 "Metoksianabazin and how it is received."
3. Dzhakipbekova N.O, Turebekova GZ and other studies of the process of electrochemical synthesis of alkolydov D-sparteine with nanoelektorov // Proc. Scientific-practical conference. St. Petersburg: -2009. -P.127-130.
4. Dzhakipbekova N.O Electrochemistry // Proceedings of the International Conference "Auezovskie read-2. Shymkent: -2002. -C. 69-72.
5. Dzhakipbekova N.O and others. Electrochemical behavior salosadin // in the team. "Synthesis of drugs from plant material." Penza:-2008.-p.35-38.

**ნიადაგის ზღვრული ტენტევადობის პირობებში ორგანული ნივთიერებების დაშლა,
ნახშიროჟანგის წარმოქმნა**

ლევან იტრიაშვილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც.მირცხულავას სახელობის წყალთამყურნეობის ინსტიტუტის ტექნიკურ მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი

ოლღა ხარაიშვილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალეკოლოგიის კვლევითი ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი ამავე უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებებისა და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ასოც.პროფესორი E-mail karaishviliolga@gmail.com

ნინო მებონია-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ტექნიკის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი ას.პროფესორი E-mail n.mebonia@agruni.edu.ge

ნატო კაკაბაძე -საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ასოც.პროფესორი E-mail nato_kakabadze@yahoo.com kakabadzenato10@gtu.ge
გიორგი კილურაძე ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ასოც. პროფესორი.

მთვარისა თანანაშვილი-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ასოც.პროფესორი E-mail m.tananashvili@gtu.ge

ქეთევან ბერიაშვილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ას.პროფესორი E-mail k.beriashvili@agruni.edu.ge

ჰაატა სიჭინავა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალეკოლოგიის კვლევითი ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი ამავე უნივერსიტეტის მთისმდგრადი განვითარების ფაკულტეტის ას.პროფესორი

მაია კიკაბიძე--საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ტექნიკის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი ას.პროფესორი. ამავე უნივერსიტეტის წყალეკოლოგიის კვლევითი ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი

რეცენზენტები: მაია ქავთარაძე - სტუ-ს გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი.

მაია გუგეშიძე- სტუ-ს გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი.

ანოტაცია

ნიადაგში ორგანული ნივთიერებების დაშლის შედეგად მიღებულ მთავარ პროდუქტს წარმოადგენს ნახშირორჟანგი (CO₂). ნახშირორჟანგის როლი მრავალფეროვანი და ძალზედ მნიშვნელოვანია. ნიადაგში ბინადრობს დიდი რაოდენობით მიკროორგანიზმები, რომელთა რაოდენობა 1 გრ ნიადაგში მილიარდობითაა, რომლებიც ძირითადად წარმოდგენილია ბაქტერიების, აქტინომიცეტების, სოკოებისა და უმარტივესების (Protozoa) სახით. ნიტრიფიკაციის პროცესი მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია ნიადაგის ტენიანობაზე და დამლაშებაზე, მორწყვა მკვეთრად ზრდის მიკრობების რაოდენობასა და მათი ფიზიოლოგიურ აქტივობას ნიადაგში.

საკვანძო სიტყვები: ნახშირორჟანგი, აზოტი, ჰუმუსი, აერაცია, ნიტრიფიკაცია, ნაყოფიერება.

შინაარსი

მიკრობიოლოგიური აქტივობა დიდ როლს თამაშობს ნიადაგის ფორმირებაში. ორგანული ნივთიერებების დაშლის ყველა პროცესი, ჰუმუსის სხვადასხვა ფორმის წარმოქმნა, მიკრობიოლოგიური აქტივობის შედეგია. ჰუმუსი, თავის მხრივ, მნიშვნელოვნად მოქმედებს სხვა პროცესზე და ნიადაგის თვისებებზე, კერძოდ: ქანების ქიმიური დამუშავების ენერჯიასა და ბუნებაზე, ნიადაგის შთამნთქმელი კომპლექსის რაოდენობასა და ბუნებაზე, წყლისა და თერმულ თვისებებზე და სხვ. მათი მთავარი მნიშვნელობა იმაში მდგომარეობს, რომ დღეისათვის დადგენილი, მცენარის განვითარებისთვის აუცილებელია ძირითადი ელემენტების ცირკულაცია, სეზონური დინამიკა, როგორცაა აზოტი, ფოსფორი, გოგირდი, რკინა და ა.შ., ძირითადად მიკრობიოლოგიური პროცესებით განისაზღვრება.

მიკრობიოლოგიური პროცესები დამოკიდებულია ყველა იმ პირობებზე, რომლებიც იქმნება ნიადაგში დროის ნებისმიერ მომენტში. მიკრობიოლოგიური პროცესების განმსაზღვრელი ფაქტორებია- წყალ-ჰაეროვანი რეჟიმი, ნიადაგის რეაქცია, მარილიანობის რეჟიმი, ტემპერატურა.

კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემები გვაჩვენებს ძალიან ღრმა ცვლილებებს მიკრობიოლოგიურ აქტივობაში, როგორც რესურსდამზოგავი ტექნოლოგიების, ასევე ტრადიციული მორწყვის რეჟიმების დროსაც.

კვლევების მიხედვით, ჰაერში ნახშირორჟანგის ჩვეულებრივი შემცველობა საკმარისი არ არის მცენარეების კარგი განვითარებისთვის. ამიტომ მნიშვნელოვანია ველების აირადი ნახშირორჟანგით პირდაპირი განაყოფიერების მცდელობები, რამაც იმედის მომცემი შედეგები გამოიღო; პრაქტიკულად ეს მეთოდი გამოიყენება სასათბურე მეურნეობებში. ჰაერის ნახშირორჟანგით გამდიდრების უახლოესი წყარო შეიძლება იყოს თავად ნიადაგი, თუ მასში გამოვიწვევთ ორგანული ნივთიერებების დაშლას.

ჩვენს მიერ მიღებული მონაცემები რომელიც არსებობს ნიადაგის მიერ ნახშირორჟანგის გამოყოფის ენერგიასა და მის ნაყოფიერებას შორის, თითქმის ბევრი მეცნიერის (კრისტენსენი, სტოკლაზა) მონაცემებს ემთხვევა (იხილეთ ცხრილი 1,2)

ცხრილი N1

კავშირი ნიადაგის მიერ CO₂-ის გამოყოფის ენერგიასა და მის ნაყოფიერებას შორის

ნიადაგის მახასიათებლები	1 კგ ნიადაგიდან 24 სთ განმავლობაში გამოყოფილი CO ₂ -ის რაოდენობა (მგ-ში)	1 ჰა ფართობის 30სმ -იანი ნიადაგის ფენის მიერ 20 დღის განმავლობაში გამოყოფილი CO ₂ -ის რაოდენობა (გ-ში)	შენიშვნა
ნაყოფიერი, იძლევა ხორბალს 25-30 ც/ჰა	60-118	482	დაკვირვებების ანალ-იზი, 20%-იანი ტენია-ნობის, 20°C
ბოსტნეულს(თალგამი) 350-400 ც/ჰა.	30-62	241	ტემპერატურის პირობებში
არანაყოფიერი	15-18	121	

სხვადასხვა ნაყოფიერების ნიადაგების სხვადასხვა მცენარეების მიერ 13-17^oტემპერატურის პირობებში დიფუზიის გზით გამოყოფილი CO₂-ის რაოდენობაზე პირდაპირმა სავსელ დაკვირვებებმა მოგვცა შემდეგი შედეგები:

ცხრილი N2

ნაყოფიერების სხვადასხვა ნიადაგების მიერ გამოყოფილი CO₂

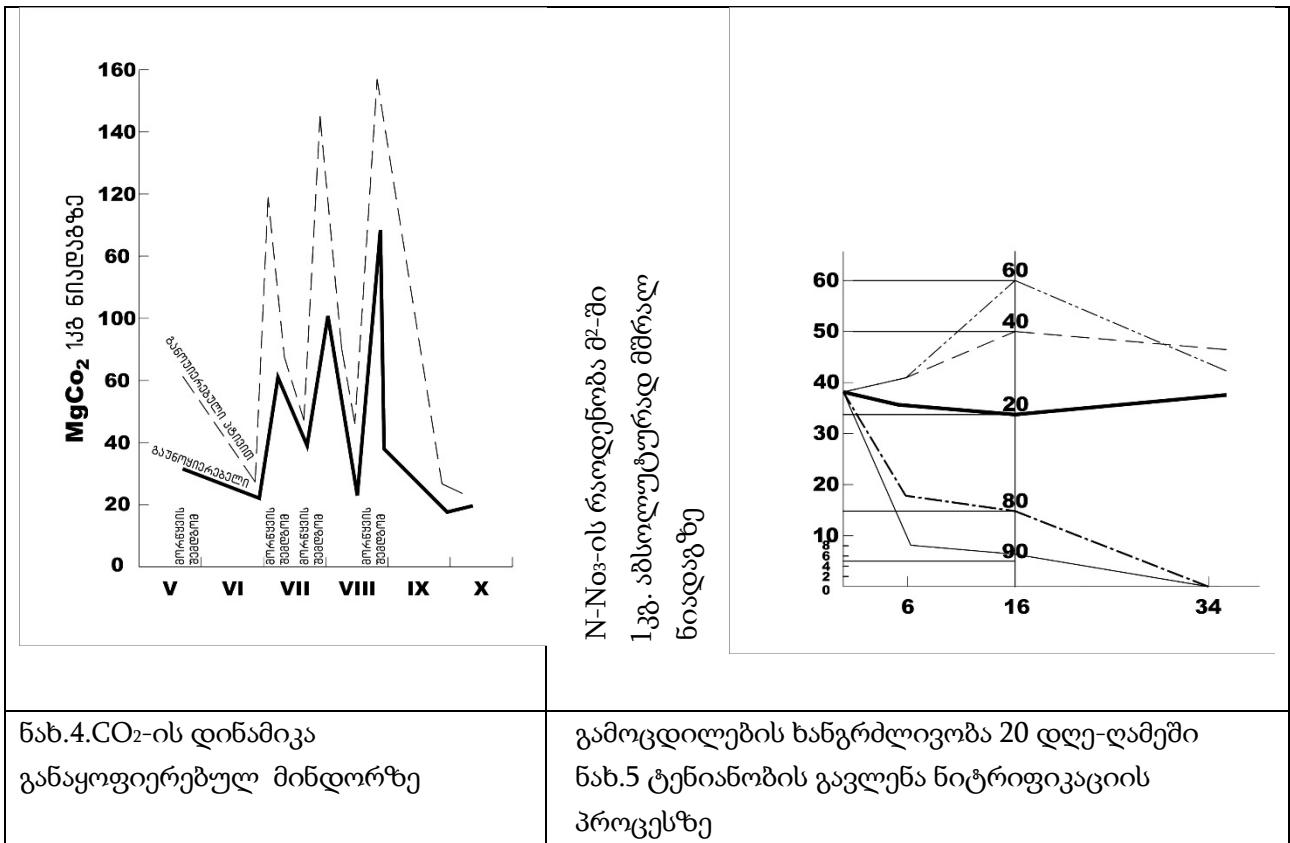
ნიადაგები	CO ₂ -ის რაოდენობა 1 ჰა/ზე (გ-ში)	ნახშირბადის პროდუქცია მოსავალში (ც/ჰა-ში)
ნაყოფიერი	121-161	32,73-43,60
ნაკლებად ნაყოფიერი	80-101	21,82-27,28
არანაყოფიერი	40-58	10,91-16,37

ორივე ცხრილში ნათლად არის გამოხატული პირდაპირი კავშირი CO₂-ის წარმოებასა და მოსავლიანობას შორის. ამ სახის მონაცემებზე დაყრდნობით შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნები: 1) ნახშირორჟანგის გამომუშავება არის ნიადაგში ადვილად დაშლად ნივთიერებების მაჩვენებელი; 2) ნიადაგის მიერ გამოყოფილი ნახშირორჟანგი წარმოადგენს ასიმულაციის წყაროს მინიმუმში; 3) ნახშირორჟანგის გამომუშავება

ნიადაგში მთლიანად დამოკიდებულია გარე პირობებზე , შესაბამისად შესაძლებელია მისი რეგულირება.

ნიადაგის ჰაერის ნახშირორჟანგის დინამიკის შედეგები მორწყვადი მინდვრის პირობებში წარმოდგენილია გრაფიკების სახით, რომლებიც შეეხება მოურწყავ, ნაკელით განაყოფიერებულ და გაუნაყოფიერებელ და ბოლოს, მორწყულ ნაკვეთს. (ნახ. 1, 2, 3, 4, 5)

<p>ნახ.1.CO₂-ის, ტენიანობის აერაციის დინამიკა მორწყულ გაუნაყოფიერებელზე</p>	<p>ნახ.2. CO₂-ის, ტენიანობის, აერაციის დინამიკა მორწყულ(4-ჯერ მორწყვა)გაუნაყოფიერებელზე</p>	<p>ნახ.3 CO₂-ის, ტენიანობის, აერაციის დინამიკა ზაფხულის განმავლობაში 4-ჯერ მორწყულ განაყოფიერებულზე</p>



ნახაზებზე კარგად ჩანს მჭიდრო კავშირი ნიადაგის ჰაერში CO₂-ის რაოდენობასა და ნიადაგში ენერგეტიკული მასალის რაოდენობას შორის. მოურწყავი ორთქლი წარმოქმნის ბევრად ნაკლებ CO₂-ს, ვიდრე ყველა მორწყული ნაკვეთი. ამ უკანასკნელებზე მოწყვის მომენტებში ემთხვევა ნახშირორჟანგის მკვეთრი პიკური გამოყოფა მორწყვიდან 2-3 დღის განმავლობაში. ნაკელის შეტანა და ნიადაგში არსებული ფესვთა სისტემა მნიშვნელოვნად ზრდის CO₂-ის რაოდენობას ნიადაგის ფორებში (შედარება ნახ. 2, 3 და 4).

CO₂-ის მიერ ნიადაგში გამოყოფილი მომატებული ენერგია შეფასებულია, როგორც დადებითი ფაქტორი, რადგან ამასთან დაკავშირებულია მომდევნო პერიოდის განმავლობაში აზოტმჭავას კერძოდ, ხსნადი ფოსფორმჭავას რაოდენობის ზრდა, ანუ მცენარეთა ზოგადი კვების რეჟიმის გაუმჯობესება. ამკარაა, რომ მორწყვის პირობებში ჩვენ შეგვიძლია დავისახოთ CO₂-ის წარმოების დარეგულირების ამოცანა მცენარეთა ვეგეტაციის პერიოდში საკმაოდ ფართო მასშტაბებში.

CO₂-ის წარმოების რეგულირებას აგრეთვე გააჩნია მეორე მხარეც: CO₂-ის წარმოების გაზრდა ნიშნავს ნიადაგის ზოგადი ორგანული მარაგების, მისი ჰუმუსის, შემცირებას. მაგალითად, ნიადაგში 40 ც 1 ჰა-ზე ჰუმუსის 3-5%-იანი შემცველობის და CO₂-ის გამოყოფის ენერგიის პირობებში ნახშირორჟანგის მარაგი ნიადაგში სრულად ამოიწურება 20 წელიწადში. მცენარეთა ფესვები გვაძლევს მხოლოდ 1937-5166 კგ. ორგანულ ნივთიერებას 1 ჰა-ზე და დანაკარგის სრულად კომპენსირებას ვერ შეძლებს.

ამრიგად, ნიადაგი თანამიმდევრულად უნდა დაიცალოს ჰუმუსისგან, რაც უარყოფით ფაქტორს წარმოადგენს.

სხვადასხვა მკვლევარების მიხედვით მაგალითად დრაჩევის დაკვირვება ნაცრისქვეშა ნიადაგზე აჩვენებს ჰუმუსის დანაკარგს 43%-ის ოდენობით სოდთან შედარებით; ინდიანას შტატის ნიადაგებში ჰუმუსის დანაკარგმა 30-60 წლის განმავლობაში შეადგინა 47%, ნიუ ჯერსის 20 წლის განმავლობაში - 24,1%. ფ.იუ. გელცერმა კავკასიის განსაზღვრა დანაკარგები 1,5 წლის განმავლობაში 19%-ის ოდენობით. ეს ციფრები, რა თქმა უნდა, საორიენტაციოა, თუმცა ისინი მიგვითითებენ მოვლენის სერიოზულ მნიშვნელობაზე.

ჰუმუსის დანაკარგების კომპენსაციის პირდაპირ მეთოდს წარმოადგენს ნიადაგში ორგანული ნივთიერებების ხელოვნურად შეყვანა ნაკელის ან მწვანე სასუქის. თუმცა, ამავდროულად, შესაძლებლად გვეჩვენება იმ ორგანული ნივთიერების უფრო გონივრულად გამოყენების საკითხის დასმაც, რომელიც ნებისმიერი ფორმით ხვდება ნიადაგში, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ჰუმუსის წარმოქმნის პროცესის რეგულირების საკითხი. ჩვენთვის ცნობილია, რომ მკვეთრად გამოხატული აერობიოზის, მაღალი ტემპერატურის პირობებში ორგანული ნივთიერებების დაშლა ხდება სწრაფად და ბოლომდე არ წარმოქმნის მყარ ჰუმუსს ნიადაგში.

ბუნებაში ექსპერიმენტებიც და დაკვირვებებიც გვაჩვენებს, რომ შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში ადვილია ისეთი პირობების შექმნა, რომლებიც ხელს შეუწყობს ჰუმუსის ფიქსაციას ნიადაგში, მის დაგროვებას და არა მის დარღვევას. ამისთვის საკმარისია ნიადაგში გარკვეული ტენიანობის შექმნა.

აზოტი წარმოადგენს მცენარეთა კვების უმნიშვნელოვანეს ელემენტს. მას ითვისებს მცენარის ფესვი ძირითადად დაჟანგული ფორმით.

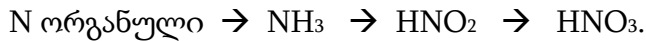
აზოტის მინერალური დაჟანგული ფორმები ყველაზე ხშირად ხვდება ნიადაგში მინიმალური ოდენობით, ამიტომ ნიადაგის აზოტის ბალანსზე, მისი რეგულირების მეთოდებზე დახასიათებულია ამ ბალანსის ორი ელემენტი - ნიტრიფიკაციის პროცესი და ნიადაგში არსებული აირადი აზოტის ნიადაგში თავისუფლად მცხოვრებ ბაქტერიებთან *Azotobakter* и *Clostridium Pasteurianum* შეერთება. ამ მიკროორგანიზმების გარდა აზოტის ბალანსში დიდ როლს თამაშობს ბაქტერია *Bac. radicolica*, ან *Rhizobiales*, რომელიც სახლობს პარკოსანი მცენარეების ფესვებზე.

ნიტრიფიკაციის პროცესი ზოგადად მდგომარეობს ორგანული ნივთიერების აზოტის აზოტმჟავაში გადასვლაში. ამ პროცესს აქვს სამი ფაზა:

- პირველ ფაზაში სხვადასხვა მიკრობების ზეგავლენით წარმოიქმნება ამიაკი (NH_3),
- მეორე ფაზაში ამიაკი იჟანგება ნოტრატული ბაქტერიების მიერ (nitro-somonas) (ნიტროზული მიკრობი) და გადადის აზოტმჟავაში (HNO_2)

- მესამე ფაზაში აზოტმჟავა იჟანგება ნოტრატული ბაქტერიების მიერ Nitrobakter და გადადის აზოტმჟავაში (HNO₃).

გარდასახვათა საერთო სქემა ასეთია:



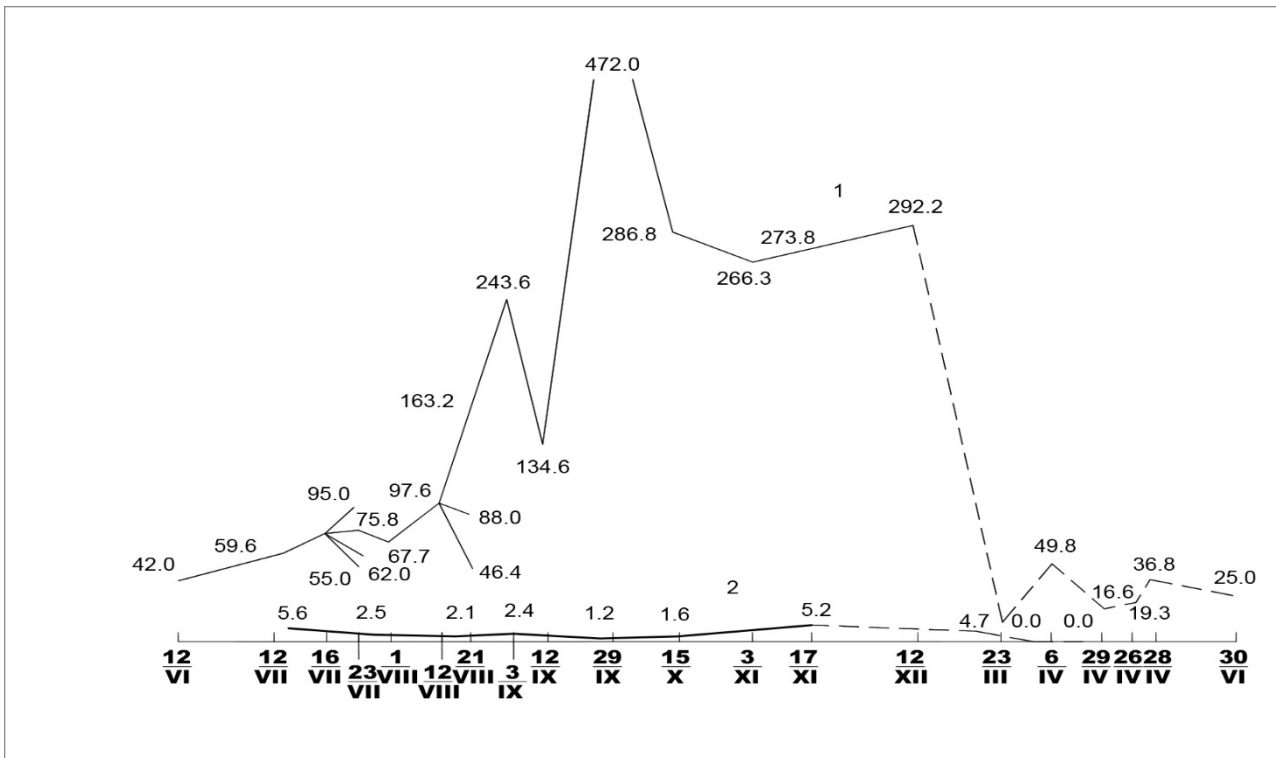
ნიტრიფიკაციის, როგორც ჟანგვის, პროცესი ხორციელდება მხოლოდ აერობულ პირობებში. ანაერობული პირობებში პროცესი შეიძლება წავიდეს უკუსვლით, ამასთან, ხშირად გამოიყოფა თავისუფალი აირადი აზოტი. ეს პროცესი დენუმრიფიკაციაა, რაც უარყოფით მოვლენად ითვლება. ნიტრიფიკაციის პროცესი დიდწილად დამოკიდებულია ტენიანობაზე და ნიადაგის დამლაშებაზე, ამიტომ შესაძლოა მისი რეგულირება.

ცხრილი N3

ნიტრიფიკაციის ინტენსივობა ნიადაგის ზღვრული ტენტევადობის სხვადასხვა ტენიანობის პირობებში

ცდის ხანგრძლივობა	N-NO ₃ -ის რაოდენობა (მგ 1 კგ ნიადაგზე)				
	ტენიანობა(მთლიანი ტენიანობის %ზღვრული ტენიანობის)				
	20	40	60	80	90
პირველადი ანალიზი	38,17	38,17	38,17	38,17	38,17
7დღე-ღამის შემდეგ	36,60	40,44	40,44	17,62	9,05
18დღე-ღამის შემდეგ	34,50	51,40	60,78	15,69	6,43
36 დღე-ღამის შემდეგ	38,64	48,35	42,70	უმნიშვნელო	არა

მიღებული მონაცემები აჩვენებს, რომ მთლიანი ტენიანობის 20%-იანი ტენიანობისას (რაც შეესაბამება ნიადაგის მასის 7,3%-ს) ნიტრიფიკაცია პრაქტიკულად არ მიმდინარეობს. მთლიანი ტენიანობის 40 და 60%-იანი ტენიანობისას ნიტრიფიკაცია მიმდინარეობს ენერგიულად, ხოლო ჭარბი ტენიანობისას - 80 და 90% (რაც შეადგენს ნიადაგის მასის 29,3 და 32,9%-ს), ინტენსიურად ვითარდება დენიტრიფიკაციის პროცესები, რაც იწვევს აზოტის შეუქცევად დაკარგვას. ნიადაგის ტენიანობის დონე დიდ გავლენას ახდენს ნიტრიფიკაციის ენერგიაზე როგორც ცნობილია. ამიტომ, თუ შევადარებთ ნიტრატების რაოდენობას მოურწყავ ნიადაგზე მის რაოდენობასთან მორწყვის პირობებში, არსებობს მნიშვნელოვანი განსხვავება. ეს თანაფარდობა ილუსტრირებულია ცდების შემდეგი მონაცემებით (ნახ. 6).



ნახ. 6 ნიტრატების შემცველობა (მილიგრამებში N03 1 კგ ნიადაგზე) ჰორიზონტში 0-70სმ

სუფთა (ხელუხლებელ) ნიადაგზე ნიტრატების რაოდენობა არ აჭარბებს 5,6 მგ-ს 1 კგ ნიადაგზე, იმ დროს, როდესაც მორწყულ ნაკვეთზე მაქსიმუმი აღწევს 472 მგ-ს, შემოდგომაზე საშუალოდ შეადგენს 280 მგ-ს 1 კგ ნიადაგზე.

მორწყვისას იზრდება ნიტრიფიკაციის ბაქტერიების რაოდენობა და მათი აქტივობა. (ცხრილი 4).

ცხრილი N4

ბაქტერიების რაოდენობის ცვლილება მორწყვის ზეგავლენით

ნაკვეთები	ნიტრიფიკაციის ორგანიზმების რაოდენობა 1 კგ ნიადაგზე.
ურწყავი	1 000
სარწყავი	10 000

ამავე ნაკვეთებისათვის განისაზღვრა ნიტრიფიკაციის ბაქტერიების აქტივობა მათი მჟანგავი თვისებების მიხედვით (NH₄)₂SO₄. მიღებული მონაცემები მოცემულია ცხრილში 5.

ცხრილი N5

ნიტრიფიკაციის ბაქტერიების აქტივობა სხვადასხვა პირობებში

მონაკვეთები	20-დღიანი ცდის განმავლობაში წარმოშობილი N- NO_3 -ის რაოდენობა (მგ 1 კგ ნიადაგზე)						
	25.07.17	25.08.2017	10.10.2017	4.05.2018	7.VI.2018	10.09.2018	22.10.2018
ურეწყავი	4,80	2,41	5,62	9,51	8,42	7,73	9,18
სარწყავი	8,69	4,68	11,87	13,52	11,44	11,33	10,39

ცხრილის მონაცემების მიხედვით მორწყვამ მკვეთრად გაზარდა მიკრობების რაოდენობა და მათი ფიზიოლოგიური აქტივობა ნიადაგში. ამრიგად, მთლიანობაში, ნიტრიფიკაციის პროცესი მორწყულ ნიადაგებზე სრულიად სხვაგვარად მიმდინარეობს, ვიდრე მოურწყავ ნიადაგებზე

დასკვნა

მთლიანობაში, ნიტრიფიკაციის პროცესი მორწყულ ნიადაგებზე სრულიად სხვაგვარად მიმდინარეობს, ვიდრე მოურწყავ ნიადაგებზე. როდესაც ნიადაგის ტენიანობა არის მაქსიმალურ ჰიგროსკოპიულობის ფარგლებში ნიტრიფიკაციის პროცესი არ მიმდინარეობს. ტენიანობის ზრდასთან ერთად იწყება ნიტრიფიკაციის პროცესი, რომლის ინტენსივობის მაქსიმუმი იწყება მაქსიმალურ მოლეკულური ტენიანობის შემდეგ.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ლ.ამირანაშვილი, ნ.გაგელიძე, გ.გოგიჩაიშვილი, ნ.ზაქარეიშვილი, ა.თხელიძე და სხვა. "საველე ნიადაგმცოდნეობა" 2016 წელი 978 99 41-09-9 5993-1 122 გვ
2. ლ. მზარელუა " ნიადაგმცოდნეობა და მიწის რესურსები " 2017 წელი
3. კ. მინდელი, ლ. გუნთაიშვილი ნ. მაჭავარიანი, დ. კირვალიძე, ხ. მინდელი, ლ. გამსახურდია
4. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2188369?publication=0>
5. <https://ka.wikipedia.org/wiki/>

Decomposition of organic matter, formation of carbon dioxide in conditions of limited soil moisture

Levan Itriashvili, Academic Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of the Research Institute of Water Ecology of the Technical University of Georgia Associate Professor of the Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering of the same university

Olgha Kharashvili Senior Researcher of the Research Institute of Water Ecology of the Technical University of Georgia Associate Professor of the Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering of the same university E-mail mailkharashviliolga@gmail.com

Nino Mebonia - Academic Doctor of Technical Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, Technical University of Georgia E-mailn.mebonia@agruni.edu.ge

Nato Kakabadze - Associate Professor of the Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering of the Technical University of Georgia E-mail nato_kakabadze@yahoo.com

Giorgi Kighuradze, professor of Ilia State University

Mtvarisa Tananashvili - Associate Professor of the Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering of the Technical University of Georgia E-mail m.tananashvili@gtu.ge

Ketevan Beriashvili Associate Professor, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, Technical University of Georgia E-mail k.beriashvili@agruni.edu.ge

Paata Sichinava Senior Researcher of the Water Ecology Research Institute of the Technical University of Georgia Doctor of Technical Sciences Associate Professor of the Faculty of Mountain Sustainable Development of the same University

Maya Kikabidze - Academic Doctor of Technical Sciences of the Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering of the Technical University of Georgia, Associate Professor, Senior Researcher of the Water Ecology Research Institute of the same University

Reviewers: Maya Kavtaradze - Associate Professor of the Department of Environmental Engineering and Ecology of GTU.

Maya Gugeshidze - Associate Professor of the Department of Environmental Engineering and Ecology of GTU.

Annotation

Carbon dioxide (CO₂) is the main product produced by the decomposition of organic matter in soil. The role of carbon dioxide is diverse and very important. The soil is home to a large number of microorganisms, the number of which in 1 g of soil is billions, which are presented mainly in the form of bacteria, actinomycetes, fungi and protozoa. The nitrification process significantly depends on soil moisture and salinity; irrigation sharply increases the number of microbes and their physiological activity in the soil.

დიზელსა და ბენზინზე მომუშავე მანქანებისთვის გამოყენებული კატალიზური კონვერტორების ტიპები.

მაია გუგეშიძე გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი 0175, მ. კოსტავას N69.
E-mail-gugeshidzemaia04@gtu.ge. ტელ.-593313749

თამარ შარაშიძე სსიპ გარემოს ეროვნული სააგენტო, უფროსის მოადგილე, ქიმიის აკადემიური დოქტორი, საქართველო, თბილისი 0112, დავით აღმაშენებლის გამზირი N150
E-mail-Tamar.Sharashidze@nea.gov.ge ტელ - 591 913139

ქრისტინე ქარუმიძე გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, მაგისტრატურის 1 კურსი, პროგრამა: გარემოსდაცვითი ინჟინერია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი 0175, მ. კოსტავას N69. ტელ +995598900078
E-mail- garumidzeqristi@yahoo.com

რეცენზენტი **ლეილა გვერდწითელი**, გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი 0175, მ. კოსტავას N69.
E-mail 1. gvertwiteli@gtu.ge ტელ 593745609

რეზიუმე

ავტომანქანების რაოდენობის მუდმივი ზრდა ქალაქებსა და დიდ დასახლებებში ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესების ერთ-ერთი მიზეზია. ეროვნული მასშტაბით, ავტომობილების წილი ატმოსფეროში დამაბინძურებლების მთლიან ემისიაში ყველა ტექნოგენური წყაროებით აღწევს საშუალოდ 71%-ს. დიზელის და ბენზინის საწვავზე მომუშავე ავტომობილების ძრავების გამონაბოლქვში ტოქსიკური ნივთიერებების შემცველობა განსხვავდება და დამოკიდებულია ძრავის ტიპზე, მუშაობის რეჟიმზე, საწვავის ხარისხზე, ძრავის ცილინდრებში აალებადი ნარევის შემაღვენლობაზე, სიჩქარესა და მართვაზე. გამონაბოლქვ აირში ყველა ტოქსიკური კომპონენტის რაოდენობა ათობით და ასეულჯერ აჭარბებს მაქსიმალურ დასაშვებ სტანდარტებს.

მანქანის გამონაბოლქვი აირების ტოქსიკურობის შესამცირებლად და მავნე ნივთიერებების მოსაშორებლად ერთ-ერთი ყველაზე საიმედო გზაა გამონაბოლქვი კომპონენტების სრული დაჟანგვა ლითონის ან კერამიკული ბლოკის მატარებლებზე კატალიზური კომპოზიციების გამოყენებით. სტატიაში განხილულია მონაცემები სამეცნიერო ლიტერატურიდან, გამონაბოლქვი აირების შემადგენელი ტოქსიკური კომპონენტების, ბენზინზე და დიზელზე მომუშავე სატრანსპორტო საშუალებებში გამოყენებული კატალიზატორის ტიპების და მანქანების გამონაბოლქვი აირების კატალიზური ნეიტრალიზაციის შესახებ.

საკვანძო სიტყვები: ავტოტრანსპორტი, ბენზინი, გამონაბოლქვი აირები, დიზელი, კატალიზური კონვენტორი, საწვავი, ქიმიური დაჟანგვა.

შესავალი.

ავტოსატრანსპორტო საშუალებებიდან ემისიები არც თუ ისე მაღალია, მაგრამ მსოფლიოში მანქანების რაოდენობის ზრდის ტემპი იმდენად სწრაფია, რომ შესაბამისად იზრდება გარემოს დაბინძურება და უარესდება ატმოსფერული ჰაერის ხარისხიც.

გამოთვლილია, რომ ევროპის 115 დიდ ქალაქში დაახლოებით 40 მლნ. ადამიანი სუნთქავს ჰაერით, რომელიც არ შეესაბამება მსოფლიოს ჯანდაცვის ორგანიზაციის (WHO) მიერ მოწოდებული ჰაერის ხარისხის სტანდარტებს. ევროპის გარემოსდაცვითი სააგენტოს კვლევის თანახმად ევროპის ქალაქებში ჰაერის დაბინძურება წელიწადში 400 000-მდე ადამიანის ნაადრევ სიკვდილს იწვევს.[1]

თავად ჰაერის დაბინძურების ერთ-ერთ მთავარ მიზეზად კი ავტოტრანსპორტი მიიჩნევა. 21-ე საუკუნეში ტრანსპორტის გარეშე ცხოვრება წარმოუდგენელია, თუმცა ფაქტია, რომ ტექნიკური თუ ტექნოლოგიური პროგრესის გვერდითი ეფექტები ზოგჯერ მეტად მასშტაბურია.

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ერთ-ერთ უმთავრეს წყაროს ბენზინის და დიზელის შიდა წვის ძრავის მქონე ავტომობილები წარმოადგენს, რომელთა გამონაბოლქვი შეიცავს ჯანმრთელობისთვის ისეთ მავნე ნივთიერებებს, როგორცაა მხუთავი აირი (CO), ნახშირბადის დიოქსიდი (CO₂), აზოტის ოქსიდები (NO, NO₂, NO_x), გოგირდის დიოქსიდი (SO₂), ტყვია (Pb), VOCs (აქროლადი ორგანული ნაერთები)

მყარი ნაწილაკები (PM) და სხვა. ევროპაში ავტოტრანსპორტზე მოდის ნახშირორჟანგის (CO₂) ემისიის 17%, აზოტის ოქსიდების (NO_x) 39%, ხოლო PM_{2.5} კატეგორიის მყარი ნაწილაკების 11% . დაბინძურების მასშტაბით პირველი ადგილი აზოტის ოქსიდებს (NO_x) უკავიათ, რომელთა მიერ ჯამრთელობისთვის მიყენებული ზიანი ევროკავშირში მთლიანი ასეთი ზიანის 65%-ს შეადგენს.[2]

ორგანული წარმოშობის დიზელისა და ბენზინის საწვავის ფართომასშტაბიან გამოყენებას განაპირობებს მათი ეფექტურობა და ხელმისაწვდომობა, მაგრამ გასათვალისწინებელია ისიც, თუ რა უარყოფით გავლენას ახდენს გარემოს სისუფთავეზე ავტომობილების ენერჯის წყაროდ მათი გამოყენება. ავტომობილებში გამოყენებული საწვავის ეკოლოგიური ზემოქმედება გარემოზე განისაზღვრება იმ პროდუქტების ტოქსიკურობითა და კარცენოგენულობით, რომლებიც ნამუშევარი აირების, კარტერის აირების, საწვავის ორთქლის ან კვების სისტემიდან გამოსული საწვავის სახით ხვდება ატმოსფერულ ჰაერში, ნიადაგში ან წყალში.

გამონაბოლქვ აირში მავნე კომპონენტების კონცენტრაციების შემცირების ერთ-ერთი ეფექტური მეთოდია სხვადასხვა ტიპის კატალიზური კონვერტორების გამოყენება. მათი ფუნქციაა მავნე, ტოქსიკური აირების დესტრუქცია ან გარდაქმნა ნაკლებად მავნე ნივთიერებებში, შესაბამისი ქიმიური რეაქციების გზით.

ძირითადი ტექსტი.

არსებობს სხვადასხვა ტიპის კატალიზური კონვერტორები. იმის გათვალისწინებით თუ რა ტიპისაა ტრანსპორტი, რომელ საწვავზე მუშაობს იგი, რა ემისიებია მოსალოდნელი, რომელი კომპონენტები ჭარბობს გამონაბოლქვში, რამდენად დიდია მათი კონცენტრაციები და ა.შ. არჩევენ შესაბამის, ყველაზე ოპტიმალურ კატალიზატორის ვარიანტს.

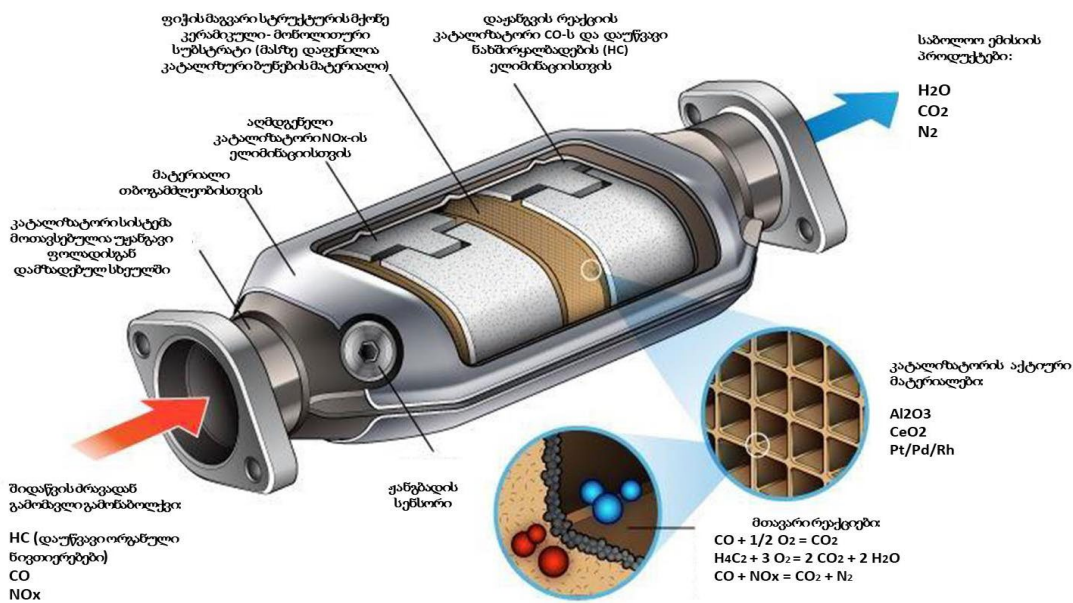
დიზელსა და ბენზინზე მომუშავე ავტომობილების ემისიის ხასიათს შორის განსხვავება ძირითადად დამოკიდებულია ჰაერ-საწვავის თანაფარდობაზე (λ კოეფიციენტი). ბენზინის შემთხვევაში ლამბდა არის $\lambda=1$ (სტექიომეტრიული 1:14.6). ე.ი. საწვავის სრული დაწვისთვის ხდება ჟანგბადის მთლიანად გამოყენება. რაც შეეხება დიზელზე მომუშავე მანქანებს, მათ გამონაბოლქვში ჟანგბადი დიდი რაოდენობითაა, ეს გამოწვეულია იმით, რომ დასაწყისშივე მეტი ჰაერი მიეწოდება სისტემას ($\lambda \geq 3$).

არსებული ჭარბი ჰაერი ხელს უწყობს სისტემის გაგრილებას, შესაბამისად დიზელის ძრავაში ტემპერატურის შემცირება ერთის მხრივ აზოტის ოქსიდების წარმოქმნის ინტენსივობას ამცირებს, მეორეს მხრივ კი ჭარბი ჟანგბადი ხელს უშლის კატალიზატორს წარმოქმნილი აზოტის ოქსიდების კონცენტრაციების შემცირებაში, მაგრამ ადვილს ხდის აქროლადი ორგანული კომპონენტების დაჟანგვას.

დღეისათვის ბენზინზე მომუშავე მანქანებისთვის გამოიყენება ე.წ. „სამი გზის“ (Three way catalyst-TWC) კატალიზატორი, რომელიც აკატალიზებს 3 მნიშვნელოვან რეაქციას.[3]

გამონაბოლქვი აირების გამწმენდი სისტემა მოთავსებულია შიდაწვის ძრავისა და მისგან გამომავალი გამონაბოლქვი აირების კოლექტორის შემდეგ, კატალიზატორის შემცველი კარკასი უჟანგავი ფოლადისგან არის დამზადებული, რომელზეც მიმაგრებულია შემავალი და გამავალი კონუსები. კარკასის მთლიანი შიდა მოცულობა შევსებულია კერამიკულ ფოროვანი მონოლითით. მონოლითის სტრუქტურა წარმოადგენს ჩვეულებრივ ფილტრს. მთლიანი შიდა და გარე ფოროვანი საფარი, რომელიც გაზებთან ურთიერთქმედებს, დაფარულია პლატინის, როდიუმის და პალადიუმის თხელი ფენით.

ამ კომპონენტისაგან შემდგარ ნეიტრალიზატორში პლატინა და პალადიუმი წარმოადგენენ დამჟანგველებს, დარჩენილ ნახშირწყალბადებს (CH) გარდაქმნიან წყლის ორთქლად და (CO₂)-ად, ხოლო ნახშირბადის მონოოქსიდს (CO) ნახშირბადის დიოქსიდად (CO₂) ჟანგავენ. როდიუმი წარმოადგენს აღმდგენ კატალიზატორს და აზოტის ოქსიდებს (NO_x) აღადგენს აზოტამდე (N₂). გადასამუშავებელი აირები, რომლებიც მონოლითის ფოროვან სტრუქტურაში გადის, ჯერ ხურდება, ხოლო შემდეგ იჟანგება. შედეგად (CO)-დან მიიღება (CO₂). (C_nH_m) რამდენიმე ეტაპად გადადის (CO₂) და (H₂O); (NO) კი გარდაიქმნება (N₂)-ად. გამომდინარე იქიდან, რომ კატალიზატორში არის მაღალი ტემპერატურა და დაფარულია ძვირადღირებული მეტალებით, წარიმართება რთული ქიმიური რეაქციები. ჟანგვა-აღდგენით პროცესში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ტემპერატურა (300-800°C-ის ფარგლებში). თუ ტემპერატურა შემცირება 250°C-მდე, კატალიზატორის მეტალების არსებობის მიუხედავად, (CO, C_nH_m), (NO_x) ნეიტრალიზაციის ქიმიური რეაქციები არ წარიმართება, ხოლო 900°C-ზე იწყება კატალიზატორის გაღებობა და დაშლა. კატალიზატორის სრული კონსტრუქცია მოცემულია სურ.1



სურ. 1. ავტომობილის კატალიზატორის კონსტრუქცია. [4]

“სამი-გზის“ კატალიზურ კონვერტორში ერთდროულად დაჟანგვისა და აღდგენის რეაქციების წარმართვა ეფექტურად რომ მოხდეს, ამისათვის აუცილებელი წინაპირობაა სტექიომეტრიული წვა $\lambda=1$ დონეზე. სათანადოდ გაცხელების შემთხვევაში ამ ტიპის კატალიზური კონვერტორი ამცირებს VOCs-ს ემისიას დაახლოებით 100-ჯერ ხოლო NO_x-სას დაახლოებით 10 ჯერ.

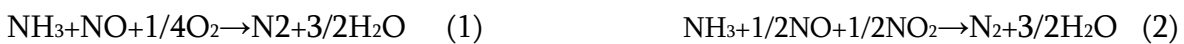
დიზელზე მომუშავე შიდაწვის ძრავებისთვის, “სამი-გზის“ კატალიზატორის გამოყენება არ არის რეკომენდირებული, გამომდინარე დიზელის მაღალი λ კოეფიციენტიდან ($\lambda \geq 3$). ამ შემთხვევაში გამოიყენება ე.წ “DOC” კატალიზატორი (Diesel Oxidation Catalyst). იგი შეიცავს პალადიუმს, პლატინას, და ალუმინის ოქსიდს. ეს ნივთიერებები აკატალიზებს ნახშირბადის მონოქსიდისა და დაუწვევი (აქროლადი) ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვას, რის შედეგადაც გამოიყოფა ნახშირბადის დიოქსიდი და წყალი, მაგრამ სრულად ვერ ამცირებს NO_x-ის კონცენტრაციას. (ნებისმიერი აღმდგენელი, ურთიერთქმედებაში შედის სისტემაში არსებულ ჭარბ ჟანგბადთან).

აქედან გამომდინარე დიზელის საწვავზე მომუშავე მანქანებისთვის შემუშავებულ იქნა ე.წ „სელექტიური აღდგენის კატალიზატორი“ (SCR – Selective Catalytic Reduction) და ე.წ

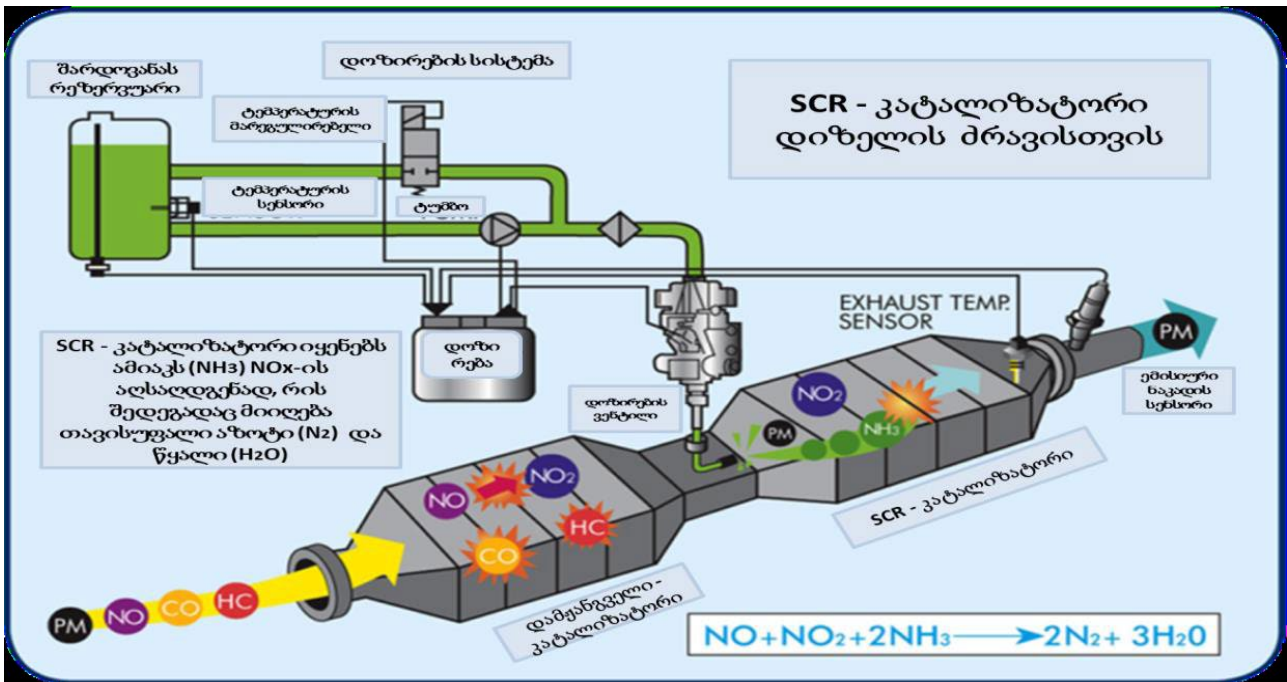
„NO_x-ის მახე“ („NO_x Trap Catalyst“ ან სხვაგვარად “NO_x Storage and Reduction” - NSR).
 ორივე ტიპის კატალიზატორი მიეკუთვნება ე.წ deNO_x ტექნოლოგიებს (გამონაბოლქვ
 აირში აზოტის ოქსიდების შემცირება).

სელექტიური აღდგენის კატალიზატორის SCR მოქმედების პრინციპი შედარებით
 რთულია და განსხვავდება აღწერილი - TWC და DOC კატალიზური კონვერტორისაგან.
 იგი მოიხმარს ამიაკს (NH₃)-ს NO_x-ის სელექტიური აღდგენისთვის. SCR სისტემაში,
 ამიაკის გარკვეული მარაგი, ამიაკის ან შარდოვანას ხსნარის სახითაა. შარდოვანას
 შეფრქვევა ემისიურ ნაკადში, საბოლოო ჯამში პროდუქტების სახით იძლევა ამიაკს,
 წყალსა და ნახშირბადის დიოქსიდს.

SCR-კატალიზური კონვერტორის ქიმია საკმაოდ რთული და კომპლექსურია. აქ
 წარმოდგენილი რეაქციები მხოლოდ მცირე ნაწილია იმ პროცესებისა რომელთაც
 ადგილი აქვს SCR-ტიპის კატალიზურ გარდამქნელებში.



ხშირად მე-2 რეაქციის წარმართვის ხელშესაწყობად SCR-კატალიზატორს იყენებენ DOC
 კატალიზატორთან კომბინაციაში, რათა პირველად DOC-კატალიზატორმა გადაიყვანოს
 (NO) (NO₂)-ში და შემდეგ ეტაპზე წარიმართოს მე-2 რეაქცია. (NO)-ს დაჟანგვის მექანიზმი
 DOC-კატალიზატორით (კატალიზატორად გამოიყენება პლატინა) მოცემულია მე-4
 რეაქციის სახით. იმ შემთხვევაში თუ DOC-კატალიზატორით წარმოიქმნა ჭარბი (NO₂),
 მაშინ უპირატესად მიმდინარეობს მე-3 რეაქცია რაც თავის მხრივ არასასურველია,
 რადგან ჭარბი (NO₂) იწვევს (N₂O)-ის წარმოქმნას (რეაქ. 5). თუ რეაგენტები ვერ შეერევა
 ერთმანეთს კარგად ან SCR-ში დამარაგებული ამიაკი სწრაფად გამოთავისუფლდება,
 მაშინ ეს გამოიწვევს ემისიურ ნაკადში უშუალოდ ამიაკის არსებობას. ამის
 აღმოსაფხვრელად SCR-კატალიზატორის შემდეგ მოთავსებულია ე.წ ASC -
 კატალიზატორი (Ammonia Slip Catalyst), რომელიც ჟანგავს ჭარბ (რეაქცია 1, 2 და 3-ში
 შეუსვლელ) ამიაკს (რეაქ 6).



სურ.2 SCR- კატალიზური კონვექტორის სქემა

არსებობს სამი სახის კომერციული SCR-კატალიზატორი, რომლებიც დამზადებულია სპილენძის ცეოლითის, რკინის ცეოლითის და ვანადიუმის ოქსიდის საფუძველზე. სპილენძის ცეოლითზე დამზადებულ SCR-კატალიზატორს აქვს დაჟანგვის უნარი და დამატებით დამაწანგველი (DOC) კატალიზატორის გამოყენება აღარაა საჭირო. სპილენძის ცეოლითის ეს თვისება, დაბალ ტემპერატურებზეც უზრუნველყოფს ე.წ „SCR-კატალიზატორის სწრაფ რეაქციას“ (რეაქცია (6)). ვანადიუმის ოქსიდის შემცველი SCR-კატალიზატორი შედარებით მდგრადია გოგირდშემცველი კომპონენტების მიმართ, რომელთაც კატალიზატორის დესტრუქციული უნარი აქვთ. რკინისა და სპილენძის ცეოლითის საფუძველზე დამზადებული კატალიზატორები სტაბილურია 800°C-ზე. აღსანიშნავია რომ, ავტომობილის გამონაბოლქვის 60–90% მოდის „ცივი სტარტის— პერიოდზე, ანუ ძრავის გაშვების პირველ წუთებზე, როდესაც კატალიზატორის ტემპერატურა დაბალია.

მრავალ ქვეყანაში მიმდინარეობს კვლევები ახალი კატალიზური პროცესების შემუშავებისთვის სწორედ ამიტომ გამოკვლევების უმეტესი ნაწილი მიმართულია კატალიზატორის მუშაობის ტემპერატურის შემცირებაზე.

დასკვნა:

დამაბინძურებელი ნივთიერებების გაწმენდის და ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციამდე დაყვანის ყველაზე უფრო ეფექტურ მეთოდს წარმოადგენს კატალიზური რეაქციები. კატალიზური ნეიტრალიზატორების საშუალებით ავტომობილების შიდაწვის ძრავების მიერ გამოყოფილი აირების გაწმენდა ატმოსფერული ჰაერის ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მიმართულებას წარმოადგენს.

შესაბამისად კატალიზატორებს, რომლებიც ახდენენ აირებისგან გაწმენდას, წაყენებული აქვთ საკმაოდ მკაცრი მოთხოვნები: მაღალი აქტიურობა და კატალიზური ზემოქმედების სელექტიურობა, თერმოსტაბილურობა, შხამების ზემოქმედებისადმი მდგრადობა, მაღალი მექანიკური მდგრადობა, დიდი სითბოგამტარობა.

ტექნოლოგიების განვითარება და ახალ ტექნოლოგიებზე გადასვლა თავისთავად მოიაზრებს კატალიზური კონვერტორების გაუმჯობესებას და მათ დახვეწას. მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ კატალიზატორები არ უნდა იყვნენ პოტენციურად სახიფათო ადამიანისათვის და მათი წარმოებისას არ უნდა ხდებოდეს გარემოს დამატებითი დაბინძურება.

მაღალ ეფექტური ფილტრების და კატალიზატორების დანერგვა საწვავის ხარისხის გაუმჯობესებთან ერთად მნიშვნელოვანი წინგადადგმული ნაბიჯია, მაგრამ დამაბინძურებლების კონცენტრაცია მაინც იმდენად მაღალია, რომ ამ ფაქტის უგულებელყოფა დაუშვებელია.

ლიტერატურა

1. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/health-impacts-of-air-pollutio>) European Enviroment agency.(2024) Air Pollution
2. Sustainable transport policy in Georgia. Policy Essay.(2021)Business and economic centre.
3. Ronald M. Heck, Robert J. Farrauto. Automobile exhaust catalysts.(2001).Applied catalysisA:General.vol.221.issues1-2.p.443-457.
4. Karadurmush L. Catalytic converters for diesel and gasoline vehicles. Ivane Javakhishvili Tbilisi State University.(2019). Doctoral seminar
5. S. Dey S. Mehta N.S., Automobile pollution control using.(2020) Catalysis,Resources,Environment and Sustainability.Vol 2.

Types of catalytic converters used for diesel and gasoline vehicles.

- Maia Gugeshidze** Department of Environmental Engineering and Ecology, Assoc. Professor, Georgian Technical University, Georgia, Tbilisi 0175, M.kostava str. N69.
[E-mail-gugeshidzemaia04@gtu.ge](mailto:gugeshidzemaia04@gtu.ge). T-593313749
- Tamar Sharashidze** National Environment Agency, Deputy head of agency. Academic Doctor of Chemistry, Georgia, Tbilisi 0112, Davit Agmashenebeli Ave N150
E-mail-Tamar.Sharashidze@nea.gov.ge T - 591 913139
- Kristine Karumidze** Department of Environmental Engineering and Ecology, master 1 class, Program: Environmental engineering, Georgian Technical University, Georgia, Tbilisi 0175, M.kostava str. N69. T- +995598900078
E-mail-qarumidzeqristi@yahoo.com
- Reviewer** **Leila Gverdtsiteli** , Department of Environmental Engineering and Ecology, Professor, Georgian Technical University, Georgia, Tbilisi 0175, .kostava str. N69. E-mail l.gverdtsiteli@gtu.ge T- 593745609

Resume

The constant increase in the number of cars is one of the reasons for the deterioration of the ecological situation in cities and large settlements. On a national scale, the share of automobiles in the total emission of pollutants into the atmosphere with all man-made sources reaches an average of 71%. The content of toxic substances in the exhaust of diesel and gasoline fueled car engines differs and depends on the type of engine, operating mode, fuel quality, composition of the combustible mixture in the engine cylinders, speed and driving. The amount of all toxic components in the exhaust gas exceeds the maximum permissible standards by tens and hundreds of times. One of the most reliable ways to reduce the toxicity of car exhaust gases and remove harmful substances is complete oxidation of exhaust components using catalytic compositions on metal or ceramic block carriers. The article discusses data from the scientific literature, toxic components of exhaust gases, types of catalysts used in gasoline and diesel vehicles, and catalytic neutralization of vehicle exhaust gases.

keywords: Motor transport, gasoline, exhaust gases, diesel, catalytic converter, fuel, chemical oxidation.

**ჩამდინარე წყლების მონიტორინგის ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურის
თავისებურებები**

მახაშვილი ქეთევანი, makhashviliketevani10@gtu.ge, პროფესორი, 593175564, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტი, სასურსათო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, თბილისი

ბიბილეიშვილი დენიტა, d.bibileishvili@gtu.ge, პროფესორი, 599448873, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტი, საქართველო, თბილისი

იაშვილი ნუგზარ, n.iashvili@gtu.ge, 555905258, საქართველოს საინჟინრო აკადემია, საქართველო, თბილისი

რეცენზენტები: დიმიტრი ერისთავი, პროფესორი, სტუ-ს გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის უფროსი. D.eristavi@gtu.ge

ლეილა გვერდწითელი - სტუ-ს გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის პროფესორი. L.gverdtsiteli@gtu.ge.

ანოტაცია. განხილულია ჩამდინარე წყლების შემადგენლობის, ხარისხის კონტროლისა და მართვის სისტემების შექმნის პროცესში წყლის დაბინძურების თავისებურებების გათვალისწინების აუცილებლობის საკითხები. ჩამდინარე წყლების შემადგენლობა, მისი სტრუქტურა დამოკიდებულია ამ წყლების წარმოშობის მიზეზებზე, დამაბინძურებელ ნივთიერებათა სახეობებზე და რაოდენობაზე. ყოველივე ამის გათვალისწინებით უნდა მოხდეს მონიტორინგის სისტემის სტრუქტურის შერჩევა, გამზომი საკონტროლო მოწყობილობების და ხელსაწყოების ჩართვა სისტემაში.

საკვანძო სიტყვები: ჩამდინარე წყალი, დამაბინძურებელი ნივთიერებები, დაბინძურების წყაროები, ტექნოლოგიური ობიექტის თავისებურებები, მონიტორინგის სისტემა, გამზომ-საკონტროლო ხელსაწყოები.

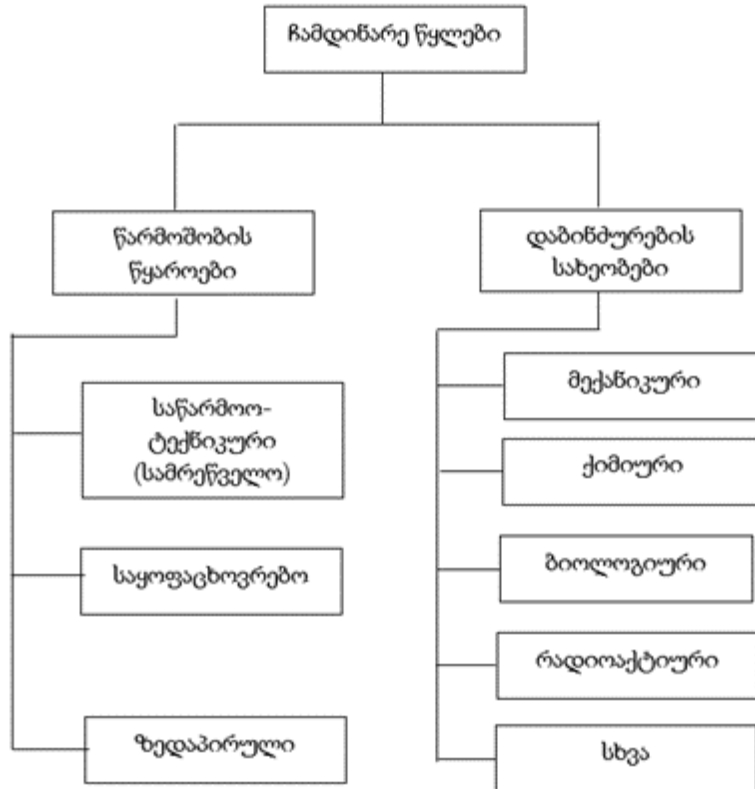
შესავალი

სამეცნიერო-ტექნიკურმა რევოლუციამ გამოიწვია მრეწველობის, სოფლის მეურნეობის, კულტურისა და ყოფის უჩვეულო აღმავლობა, მაგრამ მანვე შექმნა ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევის საშიშროება.

მრეწველობის ახალი დარგების აღმოცენებამ, რთულმა ტექნოლოგიურმა პროცესებმა, ატომური ენერგეტიკის განვითარებამ, წარმოებასა და ყოფა-ცხოვრებაში ახალ-ახალი ქიმიური ნაერთების ფართოდ გამოყენებამ არსებითად გააუარესა ჩამდინარე წყლის შედგენილობანი. ეს პრობლემა ცალკეული ქვეყნების კი არა, არამედ მთელი მსოფლიოს საზრუნავია.

ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით ჩვენი პლანეტის მოსახლეობის დაავადებების ნახევარზე მეტი დაბინძურებული წყლისგანაა გამოწვეული. ეს ეხება არა მარტო ჩამორჩენილ განუვითარებელ ქვეყნებს არამედ აშშ და ევროპის მოწინავე ქვეყნებს.

ჩამდინარე წყლები ხასიათდება მათში არსებული მინარევების მრავალფეროვნებით, რომელთა განსაზღვრა მეტად მნიშვნელოვანია ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მეთოდებისა და საშუალებების შერჩევისათვის. ზოგადად, წარმოშობის, შედგენილობისა და დაბინძურების თვისობრივი მახასიათებლების მიხედვით ჩამდინარე წყლები 3 კატეგორიად იყოფა: ატმოსფერულ, საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ჩამდინარე წყლებად.



ჩამდინარე წყლების ზოგადი კლასიფიკაცია

საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების შემადგენლობა მეტნაკლებად ერთგვაროვანია, საწარმოო ჩამდინარე წყლების შედგენილობა და დაბინძურების ხარისხი სხვადასხვაა და ძირითადად დამოკიდებულია საწარმოს ტიპზე და ტექნოლოგიურ პროცესებში წყლის გამოყენების პირობებზე.

ნახაზზე ნაჩვენებია ჩამდინარე წყლების ზოგადი კლასიფიკაცია მათი წარმოშობისა და დაბინძურების სახეობების მიხედვით.

ჩამდინარე წყლების მახასიათებელი პარამეტრებია მასში შეწონილი ნაწილაკების, ჟანგბადის ბიოლოგიური და ქიმიური მოხმარება, აზოტისა და ფოსფორის კონცენტრაცია, მიკრობიოლოგიური პათოგენური ორგანიზმების არსებობა, pH და ზოგიერთ სხვა. ჩამდინარე წყლების ზემოთ აღნიშნული მახასიათებელი პარამეტრების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები მოტანილია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. ჩამდინარე წყლების ზოგიერთი პარამეტრის

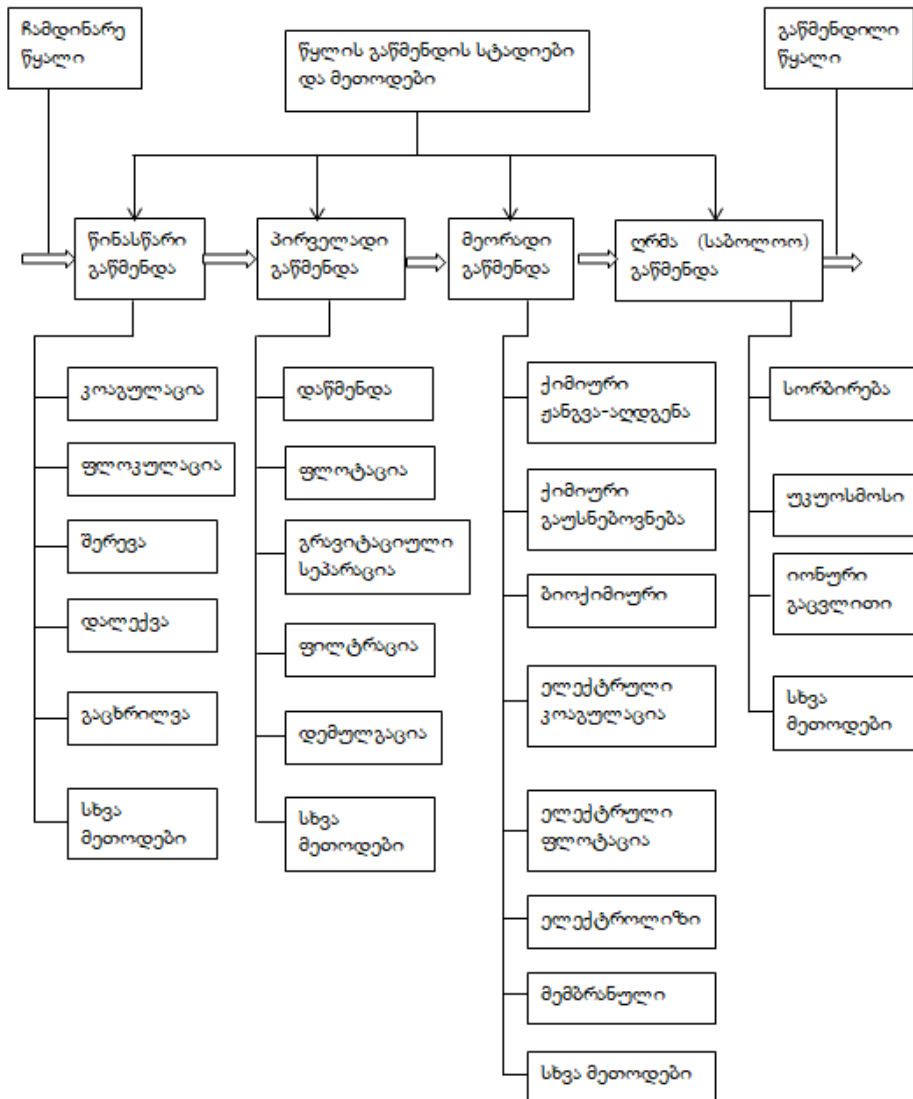
ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები

მაჩვენებელი	ზღვ
შეწონილი ნაწილაკები	15 – 20 მგ/ლ
ჟანგბადის ბიოლოგიური მოხმარება (ჟბმ)	6 – 10 მგO ₂ /ლ
ჟანგბადის ქიმიური მოხმარება (ჟქმ)	30 – 40 მგO ₂ /ლ
აზოტი (საერთო)	15 მგ/ლ
ფოსფორი (საერთო)	2 მგ/ლ
pH	6 – 8,5
მიკრობიოლოგია	პათოგენური მიკროორგანიზმების არსებობა დაუშვებელია

ჩამდინარე წყლები განსხვავდებიან მათი წარმოშობის ობიექტზე დამაბინძურებელი სხვადასხვა ნივთიერებების არსებობით. მაგალითად, მეტალურგიული საწარმოს ჩამდინარე წყლის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები ცხადია, განსხვავდება კვების პროდუქტების გადამამუშავებელი ქარხნის ან მსუბუქი მრეწველობის საწარმოში წარმოშობილი ჩამდინარე წყლებისაგან. ეს განსხვავება აისახება ჩამდინარე წყლებში მკვრივი ნივთიერებების, შეწონილი ნაწილაკების, ნავთობპროდუქტებისა და სხვა მაჩვენებლების მნიშვნელობებში [1,2].

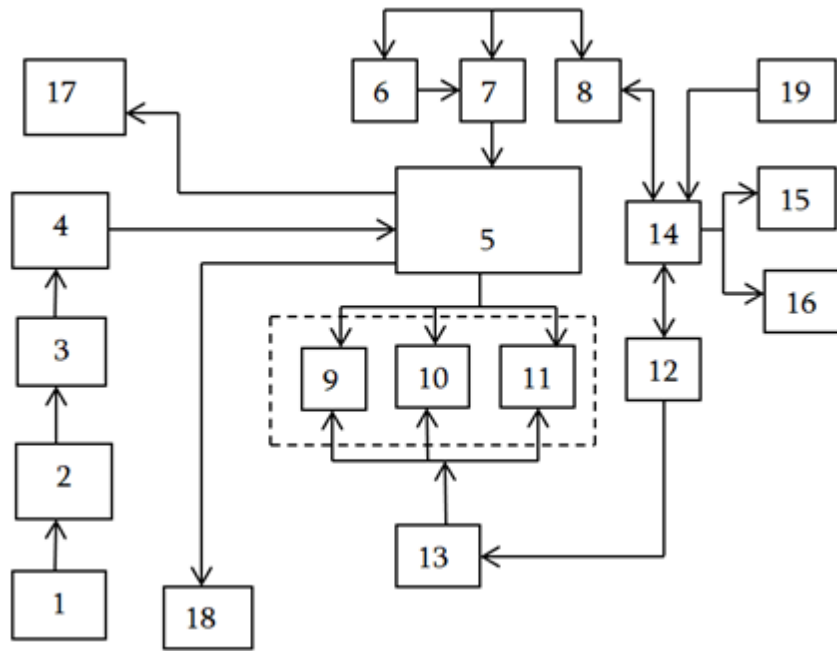
ცნობილია ჩამდინარე წყლების გაწმენდის სხვადასხვა მეთოდი, პირველ რიგში ჩამდინარე წყალი აუცილებლად უნდა გაიწმინდოს მექანიკური მინარევებისაგან, შემდეგ კი დამაბინძურებელი წყაროს მიხედვით დამუშავდეს შესაბამისი მეთოდებით - ქიმიური, ბიოლოგიური, მემბრანული და სხვ., ზოგიერთ შემთხვევაში კი ერთდროულად რამოდენიმე მეთოდის ერთდროულად გამოყენებით.

ჩამდინარე წყლების გაწმენდის სტადიების და მეთოდების კლასიფიკაცია ნაჩვენებია ნახ.2-ზე



ნახ. 2. ჩამდინარე წყლების გაწმენდის სტადიები და მეთოდები

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ახალი ავტომატიზებული კომპლექსი (სისტემა), რომელშიც გათვალისწინებულია არსებული სისტემების უარყოფითი მხარეები. შემოთავაზებულ სისტემაში მთავარი ყურადღება დაეთმო წყლის სინჯების აღების ტრანსპორტირების უწყვეტ ხაზს. კომპიუტერის გამოყენება საშუალებას იძლევა ჩატარებული იქნეს რთული სახის ანალიზი და ანალიზის შედეგების გამოსახვა მონიტორზე. სისტემის გამოყენება შესაძლებელი იქნება სხვადასხვა დარგის საწარმოებებში სამთო-მომპოვებელ და გადამამუშავებელ, მეტალურგიულ [3-7].



ნახ.3. ჩამდინარე წყლების მონიტორინგის სისტემის ფუნქციონალური სქემა

1. ჩამდინარე წყლის ჭურჭელი; 2. პირველადი გაწმენდი ბლოკი; 3. სინჯის აღების ბლოკი; 4. მეორადი გაწმენდის ბლოკი (ფილტრი); 5. კასეტების ბლოკი;
6. დოზატორების მოწყობილობა; 7. სინჯის აღების ბლოკი; 8. მართვის ბლოკი;
9. ფოტოკოლორიმეტრი; 10. იონომეტრი; 11. ქრომატოგრაფი; 12. მართვის მოწყობილობა; 13. კომუტაციის ბლოკი; 14. კომპიუტერი; 15. საინფორმაციო ტაბლო;
16. პრინტერი; 17. სინჯების შენახვის კარადა; 18. წყლის დაგროვების ჭურჭელი;
19. პროგრამული პროდუქტი

შემოთავაზებულია ახალი სისტემა (კომპლექსური) შეიცავს წყლის გაწმენდის ორ ბლოკს - ეს არის პირველადი და მეორადი გაწმენდის ბლოკები. სისტემაში გამოყენებული იქნება წყლის გაწმენდის სხვადასხვა მეთოდები: იონომეტრიული, კალორიმეტრიული და ქრომატოგრაფიული, რისთვისაც განსაზღვრულია შესაბამისი გამზომი ხელსაწყოები. სისტემის ერთ-ერთ მთავარ კვანძს წარმოადგენს სინჯის აღების მოწყობილობა და ჩამდინარე წყლის პარამეტრების გამზომი ავტომატური ხელსაწყოები. სისტემაში წყლის სინჯების ამღები მოწყობილობა გადაწყვეტილია კასეტების ბლოკისა და დოზატორების საშუალებით.

მიღებული შედეგების დამუშავება ხდება კომპიუტერის (ან მიკროპროცესორული მოწყობილობის) გამოყენებით, ხოლო შედეგები გამოისახება საინფორმაციო ტაბლოს საშუალებით.

ჩამდინარე წყლის მონიტორინგის სისტემის (კომპლექსის) ფუნქციონალური სქემა ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე.

ავტომატიზებული კომპლექსი მუშაობს შემდეგი თანმიმდევრობით. საანალიზო სითხე ჩამდინარე წყლის ჭურჭელი (1)-დან მილსადენით მიეწოდება პირველადი გაწმენდის ბლოკს, სადაც ხდება წყლისაგან მსხვილი და საშუალო ზომის მექანიკური მინარევების გამოცალკევება, რათა მათ არ დააზიანონ კომპლექსის მოწყობილობები და ბლოკები, სინჯის ალების მოწყობილობა (3) აიღებს ანალიზების ჩატარებისათვის. ჩამდინარე წყლის ნიმუშს, რომელიც მიეწოდება მეორადი გაწმენდის ბლოკს. ეს ბლოკი წარმოადგენს ფილტრს სადაც ხდება ალბუმი სინჯის კიდევ ერთხელ გაწმენდა. გაფილტრული წყალი მიეწოდება კომპლექსის მთავარ კვანძს - კასეტების ბლოკს (5). აქ ხდება სინჯების ჩასხმა კასეტებში, შემდეგში ანალიზების ჩატარებისათვის. კასეტების ბლოკს გააჩნია სინჯის უფრო ზუსტი დოზირების მოწყობილობა (6), რადგან სითხის დოზირება აუცილებელი ოპერაციაა სხვადასხვა ანალიზური ხელსაწყოებით სინჯის კონტროლისათვის. სქემაზე ნაჩვენებია სამი სახის ანალიზური ხელსაწყო: ფოტოკოლორიმეტრი (9), იონომეტრი (10) და ქრომატოგრაფი (11), რომლებიც კომპიუტერიდან (14) მართვის ბლოკის (12) და კომუტაციის მოწყობილობის (13) საშუალებით ჩაერთვებიან სითხის ანალიზის პროცესში და მოახდენენ საანალიზო სითხეების შემადგენლობის ხარისხობრივ განსაზღვრას. ნაჩვენები გამზომი ანალიზური ხელსაწყოების გარდა შესაძლებელია სისტემაში ჩაერთოს სხვა ხელსაწყოებიც. მაგ., ტიტრატორი, pH-მეტრი, კულონომეტრი და ა.შ. დასახული ამოცანების შესაბამისად.

გამზომი ანალიზური ხელსაწყოების მიერ მიღებული შედეგები გადაეცემა კომპიუტერს (14) და შესაძლებელი ხდება მონაცემების დამუშავება და შედეგების გამოსახვა საინფორმაციო ტაბლოსა (15) და პრინტერის (16) საშუალებით. კასეტების ბლოკში საანალიზო სითხის კასეტებში ჩასხმის შემდეგ რჩება ჩამდინარე წყლის გარკვეული რაოდენობა, რომელიც შეიძლება ხელშემშლელი აღმოჩნდეს ანალიზების ჩატარებისას. კასეტების ბლოკს (15) ფსკერზე დატანებული აქვს ნახვრეტი, რომლის საშუალებითაც ზედმეტი წყალი გამოიღვენება კასეტების ბლოკიდან და თვითდინებით

ჩადინება სპეციალურ ჭურჭელში (18). ცხადია, რომ გარკვეული პერიოდულობით საჭირო იქნება ამ ჭურჭლის დაცლა.

დასკვნა

ზღვრული დასაშვები ნორმიდან გადახრების შემთხვევაში ჩამდინარე წყლის გარკვეული რაოდენობა (ე.წ. საარბიტრაჟო სინჯი კასეტების ბლოკიდან (5) მიეწოდება სინჯების შენახვის კარადას (17), სადაც ხდება სინჯების შენახვა განსაზღვრულ ტემპერატურაზე კომპლექსის მუშაობის განმავლობაში [6,4]. კომპიუტერის გამოსავალზე წარმოიქმნება სიგნალი „ნორმის გადამეტება“, რომელიც გამოიყენება ხმოვანი და მანათობელი სიგნალიზაციის ჩართვისათვის.

უნდა აღინიშნოს, რომ აუცილებელია სისტემის ცალკეული ბლოკების კვანძების დეტალური დამუშავება და საცდელი ნიმუშის დამზადება. რათქმა უნდა ყურადღება უნდა მიექცეს სისტემის ალგორითმებისა და პროგრამული უზრუნველყოფის საკითხებს და ანალიზის პროცესში გამოყენებული ინსტრუმენტული მეთოდების შერჩევას.

კონსტრუქციულად სისტემის (კომპლექსის) ერთ-ერთი ვარიანტი შეიძლება შესრულდეს კარადის ტიპის ერთი დგამის სახით, რომლის გვერდითაც განლაგებული იქნება სინჯის აღების და მომზადების მოწყობილობა.

შემოთავაზებული კომპლექსის აღწერილი ვარიანტი საშუალებას იძლევა გავაკონტროლოთ ჩამდინარე წყლების მდინარეებში და წყალსატევებში ჩადინება და ზდკ-ს გადამეტებისას გამომუშავდეს წყლის მდინარეებში ჩადინების შეწყვეტის სიგნალი, ხოლო განსაკუთრებულ შემთხვევებში შესაძლებელია საწარმოს ფუნქციონირების დროებით შეჩერება.

ლიტერატურა

1. Makhashvili K.A., Iashvili N.G. THE STRUCTURE OF THE SYSTEM FOR THE CONTROL OF THE COMPOSITION OF WASTEWATER. Modern engineering problems of key industries: collection of scientific papers of the International Scientific and Technical Symposium “Modern Engineering Problems of Key Industries” of the International Kosygin Forum “Modern Problems of Engineering Sciences”, 2019, p. 79-82. (Russian)
2. D. Bibileishvili, K. Makhashvili, A. Grigolishvili. Wastewater monitoring. -Tbilisi, "Technical University", 2017, 194 p. (Georgian).
3. A. P. Karmanov, I. N. Polina. Wastewater treatment technology. 2nd ed., rev. and additional. –M., Infra-Engineering, 2018, 213 p. (Russian)
4. <https://aquacycl.com/blog/13-new-technologies-that-are-changing-the-wastewater-treatment-landscape/>

5. <https://www.idrica.com/blog/water-trends-wastewater-wwtps/>
6. A. G. Gudkov. Mechanical wastewater treatment. –M., Infra-Engineering, 2019, 189 p. (Russian)
7. L.D. Terekhov, G.I. Volovnik, E.L. Terekhova. Water purification methods. –M., Infra-Engineering, 2023, 321 p. (Russian)

Peculiarities of the structure of the automated wastewater monitoring system

Makhashvili Ketevani, makhashviliketevani10@gtu.ge, Professor, 593175564, Georgia Technical University, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, Department of Food Technology, Georgia. Tbilisi

Denita Bibileishvili, d.bibileishvili@gtu.ge, Professor, 599448873, Georgia Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Georgia. Tbilisi

Iashvili Nugzar, n.iashvili@gtu.ge, 555905258, Engineering Academy of Georgia, Georgia, Tbilisi

Reviewers: Dimitri Eristavi, Professor, Department of Environmental Engineering and Ecology of STU. D.eristavi@gtu.ge

Leila Gvidtsiteli - Professor of the Environmental Engineering and Ecology Department of STU. L.gverdtsiteli@gtu.ge

SUMMARY

Features of the structure of the automated wastewater monitoring system

Makhashvili Ketevani, makhashviliketevani10@gtu.ge, Professor, Georgian Technical University, Faculty of Agricultural Sciences and Biosystems Engineering, Department of Food Technology, Georgia. Tbilisi

Bibileishvili denita, d.bibileishvili@gtu.ge, Professor, 599448873, Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Georgia. Tbilisi

Iashvili Nugzar, n.iashvili@gtu.ge, Engineering Academy of Georgia, Georgia, Tbilisi

Issues of the need to take into account the characteristics of water pollution in the process of creating wastewater composition, quality control and management systems are discussed. The composition of wastewater, its structure depends on the causes of the origin of these waters, the types and quantity of polluting substances. Taking all of this into account, the structure of the monitoring system should be selected, measuring control devices and tools included in the system.

Keywords: wastewater, polluting substances, sources of pollution, features of the technological facility, monitoring system, measuring and control devices.

Imidazoles as potential anticancer agents for the strongly localized multicomponent combination therapy of cancer

A. Chirakadze, G. Palavandishvili, Kh. Tserodzae, T. Chichua, E. Kalandia, M. Maisuradze.

Technical University of Georgia, Prof. V. Department of Environmental Engineering and Ecology named after Eristavi

Georgia, 0160, Tbilisi, Kostavas 69

Aclkoclirakadze@gmail.com, g.palavandishvili@gtu.ge, kh.tserodze@gtu.ge, e.kalandia@gtu.ge, m_maisuradze@gtu.ge

Annotation

Cancer is one of the most common and deadliest diseases worldwide. It represents the second cause of death after cardiovascular diseases, with a health burden expected to increase in coming years. Due the super-linear growth of the number of particle therapy (especially – proton therapy) centers, many researchers forecasted the number of patients treated by proton therapy to reach 600-650 thousand before 2026. However, the real farther overall spread of hadron therapy was much slower due to its high cost, very high research intensity and very high requirements for medical and engineering staff. Therefore, significant increase of the biological effectiveness and safety of proton therapy is an acute and urgent need of the current day. Some of the background of this research was presented in the form of a poster presentation at the scientific conference PTCO61 in Madrid in June 2023. The reported research is aimed to investigate the selectivity of imidazole based agents; compare them with selectivity of rubidium chloride, gemcitabine and DMSO combinations containing various concentrations of copper oxide nanoparticles, and check the possibility of improving the effectiveness of the developed formulas by combining the imidazole and rubidium chloride combinations.

Introduction

Relevance and significance of the study

The National Security Concept of Georgia is a basic document that defines the fundamental national values and national interests, the vision of the safe development of the nation, the existing threats, risks and challenges and establishes the main directions of the national security policy [1]. The main priorities of the concept also include social security, health care and demographic policy. In order to ensure the social security of Georgian citizens, it is important to develop such an environment that will contribute to the creation of jobs.

The Georgian government's health policy focuses on improving the delivery of medical services; improving the medical education and certification system; increasing the effectiveness of prevention and management of epidemics and pandemics; on the prevention and treatment of socially dangerous diseases (tuberculosis, AIDS, drug addiction, etc.); on the prevention and treatment of particularly dangerous non-communicable and infectious diseases (among them, cancerous neoplasms); on the development of effective laboratory surveillance systems; on the promotion of a healthy lifestyle; on increasing the availability of medical services and further improvement of insurance systems. It is acutely necessary to develop and provide the innovative medical services to people living below the poverty line, in order to improve the demographic situation, Georgia supports all measures aimed at increasing the birth rate, reducing mortality, introducing a healthy lifestyle and increasing the life expectancy, and also tries to create favorable conditions for the return of Georgian

citizens and other compatriots living abroad to Georgia. Improving the efficiency of cancer treatment methods in our country, will undoubtedly be facilitated by the improvement of the effectiveness of cancer treatment methods in our country. Cancer is one of the most common and deadliest diseases worldwide. It represents the second cause of death after cardiovascular diseases, with a health burden expected to increase in coming years. As a consequence of population aging and growth, it is estimated that by 2040 approximately 27.5 million new cancer cases will be diagnosed each year globally [2].

One of the most advanced modern cancer treatment modalities today is the hadron (namely, proton and heavy ion) therapy [3]. Due the super-linear growth of the number of particle therapy (especially – proton therapy) centers, many researchers forecasted the number of patients treated by proton therapy to reach 600-650 thousand before 2026. However, the real farther overall spread of hadron therapy was much slower due to its high cost, very high research intensity and very high requirements for medical and engineering staff. According to the PTCOG data [4], the numbers of particle therapy centers being under construction and in a planning stage have significantly reduced after 2019. Therefore, in our opinion, significant increase of the biological effectiveness and safety of proton therapy is an acute and urgent need of the current day. Some of the background of this research was presented in the form of a poster presentation at the scientific conference PTCO61 in Madrid in June 2023.

Submitted paper is the next step of the research significantly expanding and deepening the subject and scope of previous research and providing significant progress towards achieving the ultimate goal - the development of highly effective and safe adjuvant cancer treatments that enhance proton and ion therapy. As is known, proton therapy is the most advanced type of particle therapy of malignant neoplasms. Imidazole and imidazole-pyridine hybrids are in the list of intensively studied potential anticancer agents which can be used adjuvant to proton therapy. Experimental testing against lung, liver, colon and kidney cancer cell lines showed a significant dose-dependent anticancer efficacy of various imidazole and imidazole-pyridine based agents [5, 6]. At the same time, we have not found reliable literary data on the therapeutic index, therapeutic window any other characteristic of the safety of the tested molecules to healthy cells. Alkali metal saline solutions combined with DMSO, gemcitabine and metal/metal oxide nanoparticle water dispersions are also potential highly effective anticancer agents [7, 8]. Unlike imidazole and imidazole-pyridine hybrids, their anticancer efficacy and safety to the non-small cell lung cancer (NSCLC) A549 and normal human dermal fibroblast NHDF cells has been studied, showing that the selectivity of developed combinations to the cancer cells in comparison with the healthy can be several times more than that of the gemcitabine.

The main aims of the research

The reported research is aimed to investigate the selectivity of imidazole based agents; compare them with selectivity of rubidium chloride, gemcitabine and DMSO combinations containing various concentrations of copper oxide nanoparticles, and check the possibility of improving the effectiveness of the developed formulas by combining the imidazole and rubidium chloride combinations, supposing that it can lead to the development of a number of new highly selective, effective and save combinations for cancer treatment adjuvant to particle therapy.

This pathway can be especially successful if it allows us to find and optimize the super-additive synergistic combinations of two or more components that do not exhibit super-additive acute or chronic toxicity. Obviously, in the case of multicomponent mixtures, this is a very labor-intensive and quite expensive method, requiring testing of hundreds of combinations.

At the same time, it is advisable to select components that have proven the extremely high anti-cancer effectiveness and study them in a wide range of applied doses both as part of multicomponent combinations and in the form of solutions or dispersions in water, saline or a mixture thereof. Any noticeable difference in the dose-effect curves of this element in combination and in a solution (dispersion) of two or three components will allow us to get a better understanding of the origin of interaction and assess the possible area of super-additive synergy to narrow the search area. That is why along with the prospective anticancer combinations (samples 1-7) we also investigated the so called “blank” nanoparticle dispersions of CuO nanoparticles in distilled water and saline solution (samples 8-12) containing the same amount of nanoparticles.

Materials and methods

Materials

All chemicals and reagents were obtained from Merck (India), HiMedia (India), Invitrogen (India), SRL (India) and Sigma-Aldrich (USA). DCFDA (D6883) was purchased from Sigma-Aldrich (India). FBS (16000044) was obtained from GIBCO (USA), while MEM sodium pyruvate, MEM non-essential amino acids, L-glutamine and DMSO (99.8%) were procured from Hi-Media, India. Gemcitabine was procured from GPI (Georgia), CuO nanoparticle water dispersion (22 weight %, 20-50 nm) was procured from “Nanografi Nanotechnologies” (Turkey). Human lung cancer cell line A549 and human Primary Normal Human Dermal Fibroblasts line NHDF was obtained from ATCC, USA.

Methods

MTT cell proliferation assay: In 96-well micro-titer culture plates cells were planted at a density of 0.5×10^5 cells per well. The media was taken out and replaced with fresh medium containing no (control) or 5 nanograms of the tested sample after an overnight incubation. The cells were then incubated for 48 h. After the incubation period MTT (100 μ l; 0.5 mg/ml) were added to each well and incubated in a humidified incubator containing 5% CO₂ at 37⁰ C for 4 hrs. After discarding the supernatant the purple-colored formazan crystals formed in the wells were dissolved with 100 μ L DMSO per well and the absorbance was estimated at 490 nm wavelength using micro-plate reader. Each treatment group's percentage of cell viability in comparison to the control group has been calculated [9].

Annexin V-FITC/PI staining for apoptosis assay: Induction of apoptosis was quantified via flow cytometric analysis of control using the Annexin V-FITC apoptosis detection kit according to the manufacturer's protocol (BD Bioscience) [48]. Briefly post treatment cells were harvested with 1X Trypsin and washed in ice cold 1x PBS followed by re-suspended in 100 μ L of 1X binding buffer solution supplied within the kit. Finally cells were incubated with 5 μ L of annexin V-FITC and 5 μ L of PI for 15 min at room temperature in dark before acquiring data using BD FACS Verse flow cytometer (BD Biosciences, San Jose, CA). Annexin V/FITC positive cells were regarded as apoptotic cells analyzed using Cell Quest Software (BD Biosciences [10]).

Combination therapy versus mono-therapy of cancer

As is known, tumorigenesis is the gain of malignant properties in normal cells, including primarily dedifferentiation, fast proliferation, metastasis, evasion of apoptosis and immune surveillance, dis-regulated metabolism and epigenetics, etc., which have been generalized as the hallmarks of cancer. Despite many significant advances in oncological research, it is still not possible to significantly reduce the overall cancer incidence and mortality rates even in the most developed countries. (e. g., the United States has a surprisingly high rate of childhood cancer mortality and a quite low rate of the average 5-year survival rate [11]). Beginning from 1965 the development and

implementation of the new combined drugs is proposed, studied and considered as a promising way for the rapid improvement of the effectiveness and safety of cancer therapy [12-25]. Combination therapy has also other fundamental advantages over the mono-therapy approach due to effectively combating the drug resistance, eliminating cancer stem cells (CSCs) and providing drug “re-positioning”. The high cost and long lead times of developing, testing, and approving new drugs should be considered as one of the main reasons for this lag in clinical practice compared to scientific advances and findings. Combination therapy of cancer, often called the “cornerstone” of malignant tumor treatment effectively targets and affects pathways and mechanisms playing important role in causing and sustaining malignant cell induction and proliferation and tumor growth such as autocrine growth factors, hypoxia, carbonic anhydrase, antioxidant response, apoptosis, angiogenesis and epigenetic factors. These pathways have strong implications in cancer, and current investigations, in particular, have further supported their roles in inhibiting tumor genesis., when the drugs that are not approved for cancer treatment, but have already been successfully tested as non-toxic for healthy tissues, show high anticancer efficacy in combination with the approved and widely used anticancer modalities and can be “re-purposed” to serve as an useful adjunct drugs or modalities for the combined cancer therapy. “Re-purposing” is an effective component of combined cancer therapy allowing to reduce for several times the costs and time of introducing new anticancer treatment drugs and modalities which contain one or several FDA-approved drugs (having well-tested safety and comprehensively studied pharmacokinetic protocols) and one or more currently studied components including various nanoparticles and aquatic solutions of components often used as Biologically Effective Additives. A decisive role in the success of combination therapy can play the rapid development of the nanomaterials science and nanotechnology, bioactive and super-paramagnetic nanoparticle-mediated multicomponent combination therapy, transforming nuclear medicine with nanoradiopharmaceuticals, implamentation of boron-proton and boron-neutron capture nuclear reactions. Synergistic effects can play an extremely important positive or negative role in combination therapy as they can increase the effectiveness and safety of the therapeutic effect several times, or vice versa, drastically decrease treatment efficacy, increase its toxicity to healthy cells and cause or enhance undesirable side effects in a super-additive, additive or antagonistic way similar as multicomponent insecticidal mixtures can be extremely effective in agricultural use but highly hazardous to humans and living environment. Therefore, comprehensive study of the “positive” and “negative” additive and antagonistic toxicity is of particular importance for the successful development of new modalities within the concept of combination therapy, whereas the correct choice, method of application and dosage of nanoparticles can be crucial to achieving maximum therapeutic effect and safety.

Characterization of the developed and tested combinations

One of the most informative characteristics of the anticancer combinations provided by MTT and testing and indicating their efficacy and safety, is the selectivity to cancer cells, defined as the ratio R_{SV} of viability of treated healthy cells (in our case, NHDF cells) to the viability of treated cancer cells (in our case, A549 cells). Likewise, a reliable characteristic of the efficacy and safety of anticancer combinations provided by Annexin V-FITC/PI testing is the selectivity R_{SA} defined as the ratio of proportion of apoptotic cells induced in treated cancer cells to the proportion of apoptotic cells induced in treated healthy cells:

$$R_{SV} = (V_1 - V_C) / (V_2 - V_C) \quad (1)$$

where V_1 is the viability of treated NHDF cells, V_2 is the viability of treated A549 cells and V_C is the viability of control (untreated) cells:

$$R_{SA} = (P_2 - P_C) / (P_1 - P_C) \quad (2)$$

where P_2 is the proportion of apoptotic cells induced in treated A549 cells, P_1 is the proportion of apoptotic cells induced in treated NHDF cells and P_C is the proportion of apoptotic cells of control (untreated) cells.

In order to assess the total (necrotic and apoptotic) impact, it is convenient to use the geometric mean value of the indices R_{sv} and R_{sa} :

$$R_{S(V,A)} = (R_{sv} \cdot R_{sa})^{1/2} \quad (3)$$

Developed and tested samples

Composition of twenty six developed and tested samples is given in Table 1. The developed samples contained various amounts of Imidazole (99.5%), RbCl (99.5%), lyophilized gemcitabine powder for infusion and 30-50 nm CuO nanoparticle water dispersion, standard saline solution (0.9%) for injections and DMSO (99.5%) were prepared using standard equipment for mechanical and ultrasonic mixing. Content of rubidium chloride and CuO nanoparticles increased monotonically from zero to maximum value 180 and 600 mg respectively, while the content of imidazole decreased monotonically from 41.5 ml to zero. Amount of DMSO (95%) and gemcitabine was the same in all samples, while content of water and saline solution concentration changed depending on the amount of the CuO nanoparticles. Such variation in the content of components allows us to semi-quantitatively assess the selectivity of the components of the developed combinations, the contribution of each component to the overall selectivity and the type (additive, super-additive, antagonistic) and the rate of synergistic interaction between the components. One of the important characteristics of effective drug combinations is the ability of their components to have a strong super-additive interaction against tumor cells, in the absence or small amount of super-additive interaction against cells of healthy tissues. Measuring the synergy of multicomponent mixtures is a complex and very time-consuming task, which is attempted in many different ways (e. In the frame of this research, the goal of this research is not to quantitatively measure the synergy index, but to find out whether the impact of imidazole, rubidium chloride and copper oxide is the result of a synergistic interaction of components in their combinations, or it is a specific direct effect of nanoparticles. For this purpose, combinations 8-12 were prepared and tested using the methods described above. The similarity or significant difference in the dependence of selectivity on the concentration of nanoparticles in the multicomponent combinations and in the “blank” dispersions should provide an answer to the question posed.

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Components													
Imidazole, ml	41.5	40	38.5	37	35.5	34	32.5	31	29.5	28	26.5	25	23.5
RbCl, mg	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Water, ml	0	0.23	0.46	0.69	0.92	1.15	1.38	1.61	1.84	2.07	2.3	2.53	2.76
Saline solution (0.9%), ml	8.5	19	11	12.5	13.5	15	16	17.5	18.5	20	22	23	24
DMSO 99.5%), ml	3												
Gemcitabine, mg	400												
CuO, mg	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Sample No.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Components													
Imidazole, ml	22	20.5	19	17.5	16	14.5	13	11.5	10	8.5	7	5.5	0

RbCl, mg	195	210	215	250	265	280	295	300	315	330	345	360	375
Water, ml	0	0.23	0.46	0.69	0.92	1.15	1.38	1.61	1.84	2.07	2.3	2.53	2.76
Saline solution (0.9%), ml	28	29	30.5	31	33	34.5	35.5	37	38	39.5	41	42	47
DMSO 99.5%), ml	3												
Gemcitabine, mg	400												
CuO, mg	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600

Table1. Composition of twenty six developed and tested combinations.

Experimental results and discussion

Selectivity $(RSV \cdot RSA)^{1/2}$ of all the developed combinations was tested and calculated using the above methods and formulae, in three replications each. The results of the experiment are given in Table 2. The standard deviation of the obtained data did not exceed 7-11%.

Sample No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$(RSV \cdot RSA)^{1/2}$	1.2	1.3	1.5	1.9	2.3	2.9	3.8	3.6	2.5	2.1	2	2.6	4.1
Sample No	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$(RSV \cdot RSA)^{1/2}$	7.1	9.5	10.8	8.4	6.5	6.4	9.1	14.4	15.8	14.4	12.5	11	10

Table 2. Selectivity $(RSV \cdot RSA)^{1/2}$ of all the developed combinations was tested and calculated using the above methods and formulae

Total selectivity data given in Table 2 clearly show that the components reveal a non-monotonous “wave-like” dependence with maximum selectivity 15.8 (sample 22) and local maximums equal to 10.8 (sample 16) and 3.8 (sample 7). Taking into account our preliminary research with combinations without imidazole we can interpret the obtained results as follows:

- The interaction of components is complicated and can be additive, super-additive or antagonistic depending on the content of components in tested combinations;
- The optimum selectivity can be provided by the combinations containing about 20 ml of imidazole, 650 mg rubidium chloride, 3.7 ml water, 73.3 ml saline solution, 3 ml DMSO, 800 mg gemcitabine and 800 mg copper oxide nanoparticles.

selectivity of the components of the developed combinations, the contribution of each component to the overall selectivity and the type (additive, super-additive, antagonistic) and the rate of synergistic interaction between the components. One of the important characteristics of effective drug combinations is the ability of their components to have a strong super-additive interaction against tumor cells, in the absence or small amount of super-additive interaction against cells of healthy tissue

References

1. National Security Concept of Georgia, https://mfa.gov.ge/national-security-concept#mctoc_1gn2cre9pipp, accessed on June 2, 2024

2. Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R., Laversanne M., Soerjomataram, I., Jemal, A. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 3 Cancers in 185 Countries. *Canadian/American Cancer J. Clin.*, 71, 209-249.
3. Chelidze L., Japaridze G., Chirakadze A. (2021). *Proton Therapy*. Tbilisi: Civil Council for Defense and Security Issues.
4. Particle Therapy Cooperatoion Group, <https://ptcog.site/>, accessed on on June 2, 2024.
5. Ali I, Lone M. Aboul-Enein H, (2017). Imidazoles as potential anticancer agents†*Med. Chem. Commun*, 8, 1742-1773.
6. Aruchamy B, Drago C., Russo V, Pitari G., Prasanna Romani P. Aneesh T., BennyS., Vishnu V. (2023) Imidazole-pyridine hybrids as potent anti-cancer agents. *European Journal of Pharmaceutical Sciences* European Journal of Pharmaceutical Sciences, <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2022.106323>, accessed on 2, 2024.
7. N. Mitagvaria, A. Chirakadze, G. Chubinidze, N. Dvali, T. Chichua, N. Khuskivadze, M. Devdariani, L.Gumberidze, N. Kostiuchik. Development and Acute Toxicity Testing of Anticancer Drugs Based on Alkali Metal Solutions for Treatment of Non-Small Cell Lung Cancer. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 17, 2, 142-147, 2023.
8. A. Chirakadze, G. Chubinidze, M. Bose, L. Hatui, N. Dvali, N. Khuskivadze, S.Bhattacharyya, R. Pradhan, M. Devdariani, L. Gumberidze, L. Davlianidze, N.Kostiuchik. Selective toxicity testing of Gemcitabine, DMSO, Rubidium and Cesium salts and Saline Solution Compositions in A549 and NHDF Cell Lines. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 17, 3, 115-121, 2023.
9. Twentyman, P. R. & Luscombe, M. A study of some variables in a tetrazolium dye (MTT) based assay for cell growth and chemosensitivity. *British Journal of Cancer*, 56, 279–285, 1987.
10. Miller, E. Apoptosis measurement by annexin V staining. *Methods of Molecular Medicine*, 88, 191–202, 2004
11. Frei E, Karon M, RH, Freireich EJ, Taylor RJ, Hananian J, Selawry O, Holland JF, Hoogstraten B, Wolman IJ, Abir E, Sawitsky A, Lee S. The effectiveness of combinations of antileukemic agents in inducing and maintaining remission in children with acute leukemia. *Blood*, 26, 642-656, 1965.
12. Y, Yagawa, K. Tanigawa, Y. Kobayashi, M. Yamamoto. Cancer immunity and therapy using hyperthermia with immunotherapy, radiotherapy, chemotherapy, and surgery. *Journal of Cancer Metastasis and Treatment*. 2017, 3, 218-30, 20117. <http://dx.doi.org/10.20517/2394-4722.2017.35>.
13. A. Chirakadze, D. Jishiashvili, Z. Buachidze, K. Gorgadze, Z. Shiolashvili, A. Jishiashvili, N. Mitagvaria, I. Lazrishvili. New Approaches to development of New Nanomaterials for magnetic Hyperthermia of Cancer Cells and Prospectives of Combined Treatment of Cancer in Georgia. *Journal of Low Dimensional Systems*, 2, 1, 8-12, 2018.
14. D. Jishiashvili, A. Chirakadze, Z. Shiolashvil, A. Jishiashvili, N. Mitagvaria, Studies of the comparatively low-temperature synthesis and preliminary toxic characteristics of silver doped lanthanum manganite nanoparticles using conventional and microwave heating. *Proceedings of MTP: Modern Trends In Physics*, Baku State University Publishing House, ISSN 2522-4352, 2019, pp. 47-51.
15. N. Mitagvaria, A. Chirakadze, M. Devdariani, L. Davlianidze, T. Rtveldadze. Whole Body Hyperthermia Induced Phenomenon of Hormesis (Experimental Study). *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 14, 4, 67-74, 2020.
16. A. Chirakadze, N. Mitagvaria, D. Jishiashvili, M. Devdariani, G. Petriashvili, L. Davlianidze, N. Dvali, K. Chubinidze, A. Jishiashvili, Z. Buachidze, I. Khomeriki. Development and Testing of Nanoparticles for Treatment of Cancer Cells by Curie Temperature Controlled Magnetic Hyperthermia. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 15, 1, 91-99, 2021.
17. A. Chirakadze, N. Mitagvaria, D. Jishiashvili, G. Petriashvili, N. Dvali, Z. Shiolashvili, K. Chubinidze, N. Makhatadze, A. Jishiashvili, Z. Buachidze, I. Khomeriki. Microwave Synthesis,

- Characterization and Testing of Acute Toxicity of Boron Nitride Nanoparticles by Monitoring of Behavioral and Physiological Parameters. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, 15, 2, 120-126, 2021.
18. N. Mitagvaria, A. Chirakadze, G. Chubinidze, N. Dvali, T. Chichua, N. Khuskivadze, M. Devdariani, L. Gumberidze, N. Kostiuchik. Development and Acute Toxicity Testing of Anticancer Drugs Based on Alkali Metal Solutions for Treatment of Non-Small Cell Lung Cancer. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, 17, 2, 142-147, 2023.
19. A. Chirakadze, G. Chubinidze, M. Bose, L. Hatui, N. Dvali, N. Khuskivadze, S. Bhattacharyya, R. Pradhan, M. Devdariani, L. Gumberidze, L. Davlianidze, N. Kostiuchik. Selective toxicity testing of Gemcitabine, DMSO, Rubidium and Cesium salts and Saline Solution Compositions in A549 and NHDF Cell Lines. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, 17, 3, 115-121, 2023.
20. M. Blagosklonny. Overcoming limitations of natural anticancer drugs by combining with artificial agents. Trends Pharmacol Sci. 26, 77-81, 2005.
21. Khair A, Chen D, Patil Y, Ma L, Dou QP, Shekhar MP, Panyam J. Nanoparticle-mediated combination chemotherapy and photodynamic therapy overcomes tumor drug resistance. J Control Release, 14, 137-44, 2005.
22. Gottesman MM, Fojo T, Bates SE. Multidrug resistance in cancer: role of ATP-dependent transporters. Nat Rev Cancer, 2, 48-58, 2002.
23. Hanahan D, Bergers G, Bergsland E. Less is more, regularly: metronomic dosing of cytotoxic drugs can target tumor angiogenesis in mice. J. Clin Invest. 2000, 105, 1045-1047.
24. Roy, S, Krishnan, A. Kabashin, I. Zavestovskaya, P. Prasad. Transforming nuclear medicine with nanoradiopharmaceuticals. ACS Nano, 16, 5036–5061, 2022.
25. I. Zavestovskaya, A. Popov, D. Kolmanovich, G. Tikhonovski, A. Pastukhov, M. Savinov, V. Shakhov, J. Babkova, A. Popov, I. Zelepukin, M. Grigoryeva, A. Shemyakov, S. Klimentov, V. Ryabov, P. Prasad, S. Deyev, A. Kabashin, N. Tran, T. Shtam, Y. Marchenko, A. Konevega, D. Lebedev. Current State and Prospectives for Proton Boron Capture Therapy. Boron Nanoparticle-Enhanced Proton Therapy for Cancer Treatment. Nanomaterials (Basel), 2023 13 (15): 2167, doi: 10.3390/nano13152167, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10421420/>, accessed on August 24, 2023.

Имидазолы как потенциальные противораковые средства для строго локализованной многокомпонентной комбинированной терапии рака

А. Чиракадзе, Г. Палавандишвили, Х. Церодзе, Т. Чичуа, Е. Каландия, М. Маисурадзе
Грузинский Технический Университет, проф. В. Кафедра инженерной природопользования и экологии имени Эристави
Грузия, 0160, Тбилиси, Коставаса 69

იმიდაზოლები როგორც კიბოს ძლიერად ლოკალიზებული მრავალკომპონენტური კომბინირებული თერაპიის აგენტები.

ა. ჭირაქაძე, გ. ფალავანდიშვილი, ხ. წეროძე, თ. ჩიჩუა, ე. კალანდია, მ. მაისურაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, პროფ. ვ. ერისთავის სახელობის
გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტი
საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

ანოტაცია

ავთვისებიანი სიმსივნეები მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული და მომაკვდინებელი დაავადებაა. იგი წარმოადგენს სიკვდილიანობის მეორე მიზეზს გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების შემდეგ. ნაწილაკების თერაპიის (განსაკუთრებით – პროტონული თერაპიის) ცენტრების რაოდენობის სუპერწრფივი ზრდის გამო, ბევრი მკვლევარი ვარაუდობდა, რომ პროტონული თერაპიის პაციენტების რაოდენობა 2026 წლამდე მიაღწევდა 600-650 ათასს, თუმცა ანდრონული თერაპიის გლობალური გავრცელება გაცილებით ნელი აღმოჩნდა მისი მაღალი ღირებულების, კვლევის ძლიერ მაღალი ინტენსივობის და სამედიცინო და საინჟინრო პერსონალისადმი ძლიერ მაღალი მოთხოვნების გამო. ამიტომ, პროტონოთერაპიის ბიოლოგიური ეფექტურობისა და უსაფრთხოების მნიშვნელოვანი ზრდა დღევანდელი დღის მწვავე და გადაუდებელი საჭიროებაა. ამ კვლევის ზოგიერთი წინასწარი შედეგები წარმოდგენილი იყო პოსტერ-პრეზენტაციის სახით სამეცნიერო კონფერენციაზე PTCO61 მადრიდში, 2023 წლის ივნისში. მოცემული კვლევა მიზნად ისახავს იმიდაზოლზე დაფუძნებული აგენტების სელექტიურობის გამოკვლევას; მის შედარებას რუბიდიუმის ქლორიდის, გემციტაბინის, DMSO-ს და სპილენძის ოქსიდის ნანონაწილაკების კომბინაციების სელექტიურობასთან. კვლევის მეორე ნაწილი მიზნად ისახავს იმიდაზოლის საფუძველზე შემუშავებული კომბინაციების სელექტიურობის და ბიოლოგიური ეფექტიანობის ამაღლებას იმიდაზოლისა და რუბიდიუმის ქლორიდის საფუძველზე შექმნილი პრეპარატების კომბინირების შემთხვევით, შემდგომში პროტონული თერაპიის დამხმარე საშუალებად გამოსაყენებლად.

ტყავის დამუშავების პროცესში გამოყენებული ნივთიერებები ძველქართული წყაროების მიხედვით

ნონა ბოლქვაძე - ასოცირებული პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ტ. 599 707 532; nona.bolkvadze63@gmail.com

ხათუნა წიქარიშვილი - ასოცირებული პროფესორი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ფარმაციის დეპარტამენტი. საქართველო. თბილისი. კოსტავას ქ. №69. ტ. 599176 659; kh.tsikarishvili@gtu.ge

ანა დარჩიაშვილი - აკადემიური დოქტორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო. თბილისი. კოსტავას ქ. №69. ტ. ;

ნინო იმნაძე - ასოცირებული პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ტ. 599 336 272; nino.imnadze@gtu.ge

სადინა მურადოვა - სწავლების საფეხური ბაკალავრიატი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69; ტ.579324291; mariamkantaria30@gmail.com

რეცენზენტები:

მაია ცინცაძე - პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. რ.აგლაძის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. საქართველო. 0186,თბილისი, მინდელი ქ. 11; ტ. 593 31 16 63; m.tsintsadze@gtu.ge

ეკა თოფურია - ასოცირებული პროფესორი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო, თბილისი 0171, კოსტავას ქ№ 77. ტ. 592 744 477; E-mail: topuriaekaterine@mail.ru

ანოტაცია: ძველქართული ლიტერატურული წყაროებისა და ეთნოგრაფიული ჩანაწერების საფუძველზე შესწავლილია ტყავის დათრიმლვის პროცესი, დადგენილია ამ პროცესში გამოყენებული ქიმიური ნივთიერებები და შესწავლილია პროცესის ქიმიზმი. აღდგენილია ქართულ პრაქტიკაში გამოყენებული ტყავის დათრიმლვის ერთერთი მეთოდი, ტყავის დამუშავების თანამედროვე პროცესში დათრიმლვის საფეხური შეცვლილია აღდგენილი ძველქართული მეთოდით და მისი საშუალებით დათრიმლულია ქართული ტყავი.

საკვანძო სიტყვები: ტყავის დამუშავების პროცესი ძველი ქართული წყაროების მიხედვით, მთრიმლავი მცენარეები და მთრიმლავი ნივთიერებები, ტანინი, გალის მჟავის წარმოებული მთრიმლავი ნივთიერებები.

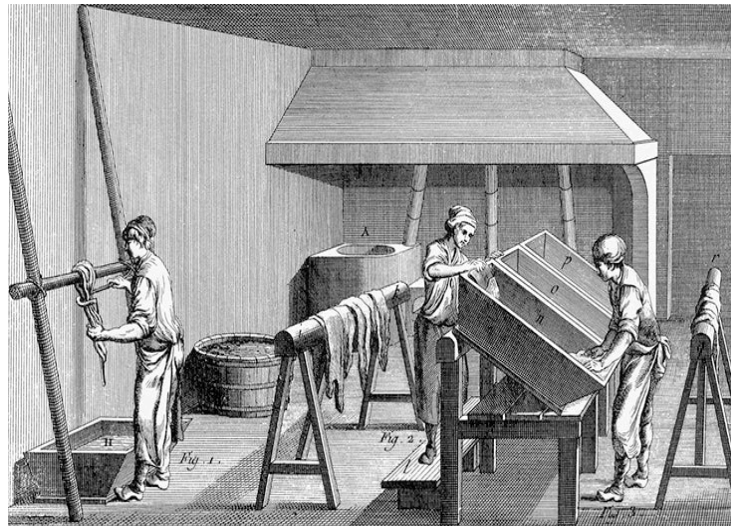
შესავალი

საქართველო ოდითგანვე წარმოადგენდა ერთ-ერთ კულტურულად და ტექნიკურად დაწინაურებულ ქვეყანას, რომელმაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა პრაქტიკული და ხელოსნური ქიმიის განვითარების საქმეში. განსაკუთრებით

მნიშვნელოვან წარმატებებს მიაღწია ტყავის წარმოებაში, რაც ბევრი მიზეზით იყო განპირობებული.

ძველ დროში, თანამედროვეობისგან განსხვავებით, ტყავი გაცილებით დიდ როლს ასრულებდა ადამიანის ყოფაში. ტყავისაგან მზადდებოდა არამარტო ტანსაცმელი, არამედ სხვა უამრავი ნაკეთობა, რომლებიც დღეს სინთეზური მასალებით დამზადებულმა ნაკეთობებმა შეცვალა.

ტყავი გამოიყენებოდა კარვების, ნაგების, მუსიკალური საკრავებისა და უნაგირების დასამზადებლად, ჭერისა და კედლების მოსართავად და სხვა საჭიროებისთვის. ასე რომ, არ იყო დარჩენილი ყოფის არცერთი სფერო, სადაც ტყავის ნაკეთობას არ იყენებდნენ. საქართველოში ტყავის წარმოება ერთ-ერთ ძირითად ქიმიურ წარმოებას განეკუთვნებოდა.



ტყავის წარმოების განვითარებაში დიდი როლი შეასრულა იმ გარემოებამ, რომ საქართველო ღვინის სამშობლო იყო და თავიდანვე საჭიროებდა მსუბუქ და მოხერხებულ ღვინის ჭურჭელს. ტიკი იგვე ტიკჭორა, უძველესი ქართული საღვინე ჭურჭელია, რომელიც ჩვენი ქვეყნის თითქმის ყველა რეგიონში მზადდებოდა. მას, როგორც წესი, ღვინის გადასატანად იყენებდნენ. სწორედ ასეთი ჭურჭლის - დასამზადებლად გამოიყენებოდა ოთხში ამოღებული პირუტყვის ტყავი.



ტიკი რუსთავის ისტორიული მუზეუმიდან

არსებობს ტყავთან დაკავშირებული მრავალრიცხოვანი ლიტერატურა, რომლებიც შეიცავს ინფორმაციას როგორც საქართველოში ტყავის დამუშავების ისტორიის, ისე ამ დამუშავების ქიმიური არსის შესახებ. გამოვყოფთ რამდენიმე მათგანს, რომლებშიც მრავლადაა წარმოდგენილი არაერთი მასალა ტყავის შესახებ. ეს უძველესი ლიტერატურული წყაროები დაცულია ხელნაწერთა ინსტიტუტში და გამოცემულია ბეჭდური სახითაც სხვადასხვა წლებში: ესტატე მცხეთელის მარტვილობა (VI ს.); ქანანელი. უსწორო კარაბადინი (XI ს.); ზაზა ფანასკერტელ-ციციშვილის სამკურნალო წიგნი (XV ს.); მეფე დავით IX-ის იადიგარ-დაუდი (XVI ს.); ვახტანგ VI-”წიგნი ზეთების შეზავებისა და ქიმიის ქმნისა”[1-3]. ეთნოგრაფიულ-არქეოლოგიური მასალაც საინტერესო ცნობებს მოიცავს ტყავის დამუშავების ძველი ტექნოლოგიის შესახებ [4-5]. დღეს ტყავის დამუშავების პროცესში მრავალი ქიმიური ნივთიერება გამოიყენება. ყველა ეს ნივთიერება ტოქსიკურია და პროცესი ადამიანის ჯანმრთელობისთვის არც ისე უსაფრთხოა [6-7].

ცხრილი 1: ტყავის წარმოებაში გამოყენებული ქიმიური ნივთიერებების ნაწილი

N	ქიმიური ნივთიერებები	1 ტონა ტყავზე გამოყენებული ნივთიერების რაოდენობა კგ-ში
1	ნატრიუმის სულფიდი	20-25
2	ნატრიუმის ქლორიდი	80-100
3	ამონიუმის მარილები	10-15
4	გოგირდმჟავა	12-20
5	ნატრიუმის ფორმიატი	5-12.5
6	ZrO ₂	1-15

7	სინთეზური მთრიმლავი ნივთიერებები	2-6
8	სინთეზური საღებრები	3-4

ძველქართული წყაროების მიხედვით მოძიებულია ტყავის დამუშავების პროცესში დათრიმლისთვის გამოყენებული ნივთიერებები და შესწავლილია პროცესის ქიმიზმი უძველესი დროიდან ცნობილი იყო თრიმლის სამი მეთოდი: თრიმლვა მცენარეული, ცხოველური და მინერალური მთრიმლავი ნივთიერებებით. მთრიმლავი მცენარეული ნივთიერებებია: თრიმლი, თუთუბო, მუხა, მურყანი, ლაფანი, წყავი, შქერი, დეკა... ეთნოგრაფიული ჩანაწერებიდან ჩანს, რომ სხვადასხვა რეგიონში ტყავის თრიმლისთვის სხვადასხვა მცენარე გამოიყენებოდა (ქიზიყში, საგარეჯოში, შირაქში -თუთუბო ; სამეგრელოში- მუხის ქერქი, გურიაში-წყავი...).

თრიმლისთვის გამოყენებული მცენარეები მთრიმლავ ნივთიერებებს სხვადასხვა პროცენტული შემცველობით შეიცავს:

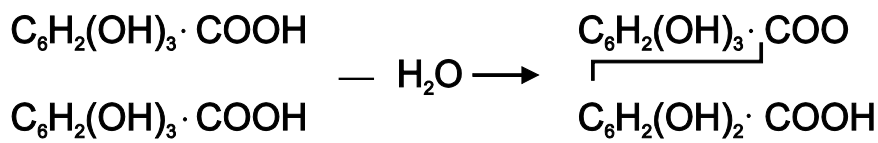
ცხრილი 2: ტყავის თრიმლის პროცესში გამოყენებული მცენარეები

N	ტყავის თრიმლისთვის გამოყენებული მცენარეები	მთრიმლავი ნივთიერებების პროცენტული შემცველობა
1	თუთუბო	23
2	თრიმლი	20
3	შინდი	12-17
4	მურყანი	9-17
5	დეკა	12
6	წყავი	10
7	ღვია	5-7

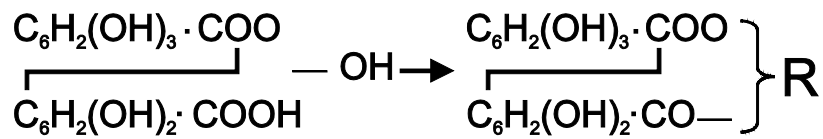
როგორც ცხრილიდან ჩანს თუთუბო ყველაზე დიდი რაოდენობით შეიცავს მთრიმლავ ნივთიერებას, ამიტომ ტყავის დათრიმლვაც და ამ პროცესის ქიმიზმის ახსნაც თუთუბოს მაგალითზეა განხილული. თუთუბო 1-5 მეტრის სიმაღლის ხე ან ბუჩქია. გვხვდება მთელ საქართველოში, თუთუბოს ფოთლებიდან მიიღება მთრიმლავი ექსტრაქტები და ტექნიკური და სამედიცინო ტანინი (შეიცავს 33%-მდე ტანინს). ძველქართული წყაროების მიხედვით თუთუბოთი თრიმლავდნენ და ლებავენ მატყლს, ტყავს და ხალიჩებს. თუთუბოს ფოთლების გამოყენებით ტყავი შავად იღებება, ღეროს ქერქით — ყვითლად, ფესვის ქერქით — ყავისფრად, ნაყოფებით — წითლად.



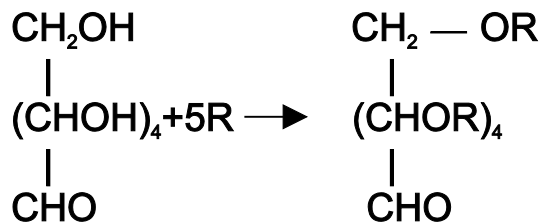
თუთუბოში შემავალი ერთერთი მთრიმლავი ნივთიერება ტანინი არის დიგალის მჟავის წარმოებული, რომელიც მიიღება გლუკოზის მოლეკულაში ჰიდროქსიდის წყალბადის ატომის ჩანაცვლებით დიგალის მჟავას ნაშთით - R: პირველ სტადიაზე დიგალის მჟავა წარმოიქმნება ორი მოლეკულა გალის მჟავას დეჰიდრატაციით.



მეორე სტადიაზე დიგალის მჟავადან ჰიდროქსილის ჩამოცილებით მიიღება დიგალის მჟავის ნაშთი (R). დიგალის მჟავა ჰიდროქსილს კარგავს მჟავას კარბოქსილური ჯგუფიდან.



ბოლო სტადიაზე გლუკოზის და დიგალის მჟავას ნაშთის ურთიერთქმედებით მიიღება ტანინი ანუ პენტადიგალოილ-გლუკოზა [8].



საქართველოში გამოყენებულ მთრილავ მცენარეებში შემავალი ტანიდები შედგენილობით საკმაოდ განსხვავდებოდა ერთმანეთისგან. ძირითადად კი ის წარმოადგენდა ერთი მოლეკულა მეტადიგალის მჟავის და სამი მოლეკულა გალის მჟავის შემცველი გლუკოზის და ორი მოლეკულა დიგალის და ერთი მოლეკულა გალის მჟავის და გლუკოზის ესტერს [8].

ქართულ პრაქტიკაში მთრიმლავი საშუალებების ერთი ნაწილი მზადდება მცენარიდან მთრიმლავი ნივთიერების ექსტრაგირებით, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მთრიმლავი

წყალხსნარი ანუ მთრიმლავი წვენი. მეორე მეთოდის თანახმად, მთრიმლავი ნივთიერების შემცველ მცენარეს ურევენ წყალს და ამ ნარევით ამუშავებენ ტყავს.

მეორე მეთოდით-თუთუბოდან მიღებული მთრიმლავი წყალხსნარით ჩავატარეთ თრიმლვის პროცესი: თრიმლისთვის დავამზადეთ ნარევი 1.6 კგ თუთუბოს დავასხით 7 ლ წყალი. ნარევში მოვათავსეთ ერთერთი ტყავის დამუშავების ქართული საწარმოდან მიღებული, ბეწვისაგან გაცლილი და გასუფთავებული ტყავი. ხსნარში ტყავი 8 დღის განმავლობაში დავტოვეთ. თუთუბოთი დათრიმლვა ტყავს ამკვრივებს, ფერს და გამძლეობას აძლევს.

ამგვარად, ეთნოგრაფიულ მასალებსა და ძველ ლიტერატურულ წყაროებში ტყავის დათრიმლვისა და დამუშავების სხვადასხვა ეტაპზე გამოყენებული ნივთიერებების შესახებ არაერთი საინტერესო მონაცემია დაცული.

დასკვნა

ძველი ლიტერატურული და ეთნოგრაფიული წყაროები მოიცავს საინტერესო მასალას ტყავის დამუშავების შესახებ. ქართულ ყოფაში ტყავის დათრიმლისთვის ძირითადად მცენარეული მთრიმლავი საშუალებები გამოიყენებოდა. ეთნოგრაფიული ჩანაწერებიდან ჩანს, რომ სხვადასხვა რეგიონში სხვადასხვა მცენარე გამოიყენებოდა დათრიმლვის პროცესში. მცენარეები ერთმანეთისგან განსხვავდება მთრიმლავი ნივთიერებების პროცენტული შემცველობით. თუთუბო ყველაზე დიდი რაოდენობით შეიცავს მთრიმლავ ნივთიერებას და ტყავის დამუშავების თანამედროვე პროცესში ერთერთი საფეხური -ტყავის დათრიმლვა თუთუბოთი ჩატარდა ხელნაწერებიდან აღდგენილი ძველქართული მეთოდით.

ლიტერატურა

1. ქანანელი. უსწორო კარაბადინი. ტექსტი დაამუშავა ს. კოტეტიშვილმა. თბ. 1940. გვ. 533.
2. ზაზა ფანასკერტელ-ციციშვილი. კარაბადინი. 1988, გვ. 381-1108
3. ვახტანგ VI. წიგნი ზეთების შეზავებისა და ქიმიის ქმნისა. თბ. თსუ. 1981.
4. ნ. ბერძენიშვილი. საქართველოს ეკონომიკური ისტორიისთვის. ტ.1, ტ.2, ტ.3 თბ 1985.
5. ი. ნანობაშვილი. ტყავის დამუშავების ისტორიიდან. .მეცნიერება და ტექნიკა N10. 1967.
6. G. Krishnamoorthy *et al.* Green chemistry approaches to leather tanning process for making chrome-free leather by unnatural amino acids . 2012

7. V.J. Sundar *et al.* Eco-benign stabilization of skin protein-role of Jatropha curcas oil as a co-tanning agent. 2020.
8. ანი დარჩიაშვილი . ტყავის დამუშავება ძველ საქართველოში. დისერტაცია. 2006 წ.
9. დარჩიაშვილი ა.რ., წიქარიშვილი ხ.ჯ., ბოლქვაძე ნ.თ. ტყავის ჭურჭელი ძველ წერილობით წყაროებში. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, # 3, 2023. გვ. 125-127

**Substances used in leather processing according to ancient
Georgian sources**

Nona Bolkvadze - associate professor

Georgian Technical University. Department of Chemistry. Georgia. Tbilisi. Kostavast. № 69. T. 599 707 532; E-mail: nona.bolkvadze63@gmail.com

Khatuna Tsikarishvili - associate professor

Georgian Technical University. Department of Pharmacy. Georgia. Tbilisi. Kostavast. № 69 T. 599176 659; E-mail: kh.tsikarishvili@gtu.ge

Ana Darchiashvili - Academic Doctor, Georgian Technical University, Georgia. Tbilisi. Kostava st. No. 69. T. E-mail:

Nino Imnadze - associate professor

Georgian Technical University. Department of Chemistry. Georgia. Tbilisi. Kostavast. № 6. T 599 336 272; E-mail: nino.imnadze@gtu.ge

Sadina Muradova- Study Level Bachelor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast.69; T: 555 97 2828

Abstract: On the basis of ancient Georgian literary sources and ethnographic records, the leather tanning process has been studied, the chemical substances used in this process have been determined and studied process chemistry. One of the leather tanning methods used in Georgian practice has been restored, the tanning step in the modern process of leather processing has been replaced by the restored ancient Georgian method, and Georgian leather is tanned with it.

Keywords: Leather processing process according to old Georgian sources, tanning plants and tanning substances, tannin, tanning substances derived from gallic acid.

მალონმჟავას დიჰიდრაზიდთან თუთიის, მანგანუმის (II) და რკინის (II) ჰეტერომეტალური კომპლექსნაერთების სინთეზი

თამარ ედილაშვილი - ასისტენტ პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ტ. 591 118 514; t.edilashvili@gtu.ge

გიორგი ადამია

ეკატერინე თოფურია - ასოცირებული პროფესორი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო, თბილისი, 0171, კოსტავას ქ. 69 ტ. 592 744 477; E.mail: topuriaekaterine04@gtu.ge

თათია ტუსიაშვილი - ასოცირებული პროფესორი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო, თბილისი, 0171, კოსტავას ქ. 69; ტ. 595 900 009; E.mail: tusiashvilitatia04@gtu.ge

გიორგი ადამია - სწავლების საფეხური მაგისტრატურა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69; ტ. 597 722 992

რევენზტნი:

ლ. სხირტლაძე - რ.აგლაძის სახელობის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. არაორგანული ნაერთების ფიზიკა-ქიმიის ლაბორატორია, მინდელის ქ. 11. 0186, ქ. თბილისი, საქართველო E-mail: l.skhirtladze@tsu.ge

მაზურა კერესელიძე - ი.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო

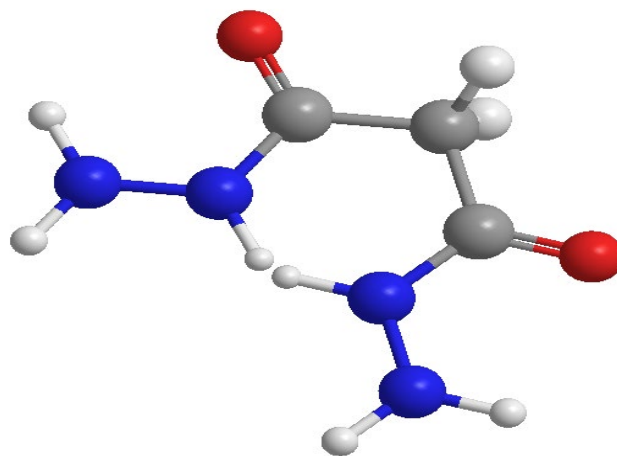
უნივერსიტეტის რ.აგლაძის სახელობის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. არაორგანული ნაერთების ფიზიკა-ქიმიის ლაბორატორია, მინდელის ქ. 11. 0186, ქ. თბილისი, საქართველო, ტ. 591 932 955; m.kereselidze@tsu.ge

ანოტაცია: სინთეზირებულია მალონმჟავას დიჰიდრაზიდთან თუთიის, მანგანუმის (II) და რკინის (II) ჰეტერომეტალური კომპლექსნაერთები. შესწავლილია სინთეზირებული ნაერთების ლღობის ტემპერატურა, ხსნადობა სხვადასხვა გამხსნელში და იწ სპექტრები. წარმოდგენილია ახალი კომპლექსნაერთების სავარაუდო სტრუქტურები.

საკვანძო სიტყვები: კომპლექსური ნაერთები, მალონმჟავას დიჰიდრაზიდი, თუთიის ქლორიდი, მანგანუმის (II) ქლორიდი, თუთიის სულფატი, რკინის (II) სულფატი, კათიონური კომპლექსური ნაერთები.

შესავალი: მალონმჟავას დიჰიდრაზიდი (პროპანდიმჟავას დიჰიდრაზიდი) ბიოლოგიური აქტიურობის ფართო სპექტრისა და მდგრადი კომპლექსნაერთების წარმოქმნის გამო საინტერესო ორგანულ ლიგანდს წარმოადგენს, მალონმჟავას

დიჰიდრაზიდის ბაზაზე მიღებულია არაერთი ბი და ჰეტერომეტალური კოორდინაციული ნაერთები, განსხვავებული სტრუქტურითა და თვისებებით. მალონმჟავას დიჰიდრაზიდისა და მისი კომპლექსნაერთებისადმი ინტერესი განპირობებულია ამ ნაერთის გამოყენების ფართო არეალით. მალონმჟავას დიჰიდრაზიდი გამოიყენება ფარმაცევტული შუალედური პროდუქტების დასამზადებლად, ვიტამინების, ანტიბიოტიკების და სხვა პრეპარატების სინთეზისთვის, სამედიცინო ვიზუალიზაციაში .დანერგული კონტრასტული საშუალებების მისაღებად, მისი გამოყენება შესაძლებელია საკვები პროდუქტების ფერის, არომატისა და გემოს დასაცავად, ასევე პლასტმასის პროდუქტების დეგრადაციის თავიდან ასაცილებლად, გამოიყენება კოსმეტიკური პროდუქტების წარმოებაში, როგორცაა მზისგან დამცავი საშუალებები და საცხები. სწორედ ამიტომ ჩვენს მიერ ახალი ჰეტერომეტალური ნაერთების მისაღებად ჩატარებულ სინთეზში ლიგანდად მალონმჟავას დიჰიდრაზიდი შევარჩიეთ, კომპლექსწარმოქმნელად კი- თუთიის, მანგანუმის (II) და რკინის (II) მეტალები.



მალონმჟავას დიჰიდრაზიდი

ძირითადი ტექსტი: ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენს -მალონმჟავას დიჰიდრაზიდთან თუთიის, მანგანუმის (II) და რკინის (II) ჰეტერომეტალური ახალი კომპლექსნაერთების სინთეზი და მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლა.

მალონმჟავას დიჰიდრაზიდთან თუთიისა და მანგანუმის (II) ჰეტერომეტალური ქლორიდული კოორდინაციული ნაერთის სინთეზისთვის რეაგენტები - თუთიის ქლორიდი, მანგანუმის (II) ქლორიდი და ლიგანდი- ავიღეთ 1:1:2 ნოლური

თანაფარდობით. მალონმჟავას დიჰიდრაზიდი ეთანოლში ცუდად იხსნება ამიტომ ლიგანდი გავხსენით ეთანოლ-სპირტხსნარში (0,02 მოლი მალონმჟავას დიჰიდრაზიდი გავხსენით 3 მლ წყლისა და 5 მლ ეთანოლის ნარევეში), გაცხელებით, წყლის აბაზანაზე, მორევის პირობებში. პარალელურად მოვამზადეთ კომპლექსწარმომქმნელ მეტალთა ქლორიდების ხსნარები -(0.01 მოლი თუთიის ქლორიდი გაცხელებით გავხსენით 5 მლ ეთანოლში; ანალოგიურად დავამზადეთ მანგანუმის (II) ქლორიდის სპირტხსნარი.. ერთმანეთს შევურიეთ ერთნაირი ტემპერატურის ქლორიდების ხსნარები და დავუმატეთ ლიგანდის ხსნარს. შერევისთანავე ხსნარი შეიმღვრა და ღია ყვითელი ფერის ნალექის გამოყოფა მყისიერად მოხდა. დაყოვნების შემდეგ გავფილტრეთ რეაქციის პროდუქტი, გავრეცხეთ ცივი ეთანოლით, გადავაკრისტალეთ და გავაშრეთ თავდაპირველად ჰაერზე, შემდეგ ექსიკატორში.

ანალოგიური მეთოდით მივიღეთ მეორე კომპლექსური ნაერთიც- $ZnSO_4 \cdot FeSO_4 \cdot L_2$ ლიგანდის ხსნარში თუთიისა და რკინის (II) სულფატების ხსნარის პირველი წვეთის ჩასხმისთანავე ხსნარი აიძვრა, მიიღო ვარდისფერი. მალევე დაიწყო ვარდისფერი, ოდნავ ბლანტი ნალექის გამოყოფა. მცირე ხნის დაყოვნების შემდეგ ხსნარში შეინიშნა შინდისფერი მსხვილი კრისტალების გამოლექვა. მიღებული კრისტალები გავფილტრეთ ბიუნხერის ძაბრით გავრეცხეთ ცივი ეთანოლის მცირე ულუფებით და გავაშრეთ ექსიკატორში.

სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთები ჰაერზე მდგრადია. დახურულ ჭურჭელში ინახება დიდხანს. შევისწავლეთ მათი ზოგიერთი ფიზიკური თვისება - ლღობის ტემპერატურა და ხსნადობა სხვადასხვა გამხსნელებში (იხ: ცხრილი 1)

ცხრილი 1

N	ნივთიერება	გამხსნელი				T _ღ °C
		წყალი	დიმეთილ ფორმამიდი	ეთანოლი	აცეტონი	
1	$MnZnCl_4L_2$	ხს	ხს	უ	მც	140-145
2	$FeZn(SO_4)_2L_2$	ხს	ხს	ხს	უ	120-134

კომპლექსწარმომქმნელთან მალონმჟავას დიჰიდრაზიდის კოორდინირების წესის დადგენის მიზნით შესწავლილია სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთების შთანთქმის იწ სპექტრები. შთანთქმის იწ სპექტრები გადაღებულია FTIR - ფურიე გარდაქმნის ინფრაწითელსპექტრომეტრზე „TENSOR II“, „TERMO NICOLET“, „AVATAR

370".გაზომვის სიზუსტეა 0,5 სმ⁻¹, დიაპაზონი -400 – 4000 სმ⁻¹.გამოვიყენეთ საკვლევი ნი-
ვთიერებების პოლიკრისტალური ნიმუშების ვაზელინის ზეთში გასრესით
სუსპენზიების მომზადების მეთოდი. ვაზელინის ზეთის შთანთქმა კომპენსირდებოდა.
ცხრილში 2 შეტანილია მალონმჟავას დიჰიდრაზიდისა და სინთეზირებული ახალი
კომპლექსნაერთების შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრის ზოგიერთი მახასიათებელი
რხევის სიხშირეები:

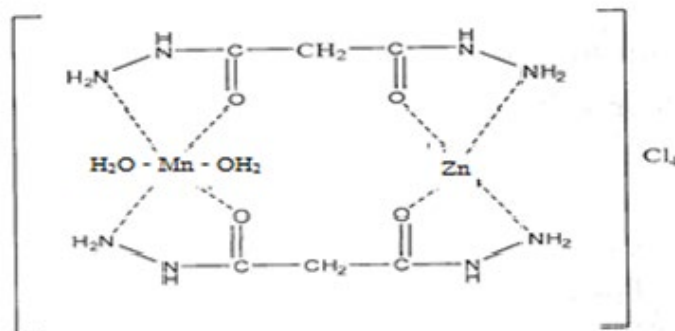
**ცხრილი 2. მალონმჟავას დიჰიდრაზიდის და მანგანუმის და რკინის კომპლექსნაერთების
შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრის ზოგიერთი მახასიათებელი რხევის სიხშირეები**

მალონმჟავას დიჰიდრაზიდი L	421,73	471,30	503,57	564,58	607,96	683,00	726,65
	899,21	950,07	1037,27	1163,53	1267,13	1338,93	1423,59
	1536,46	1605,86	1633,19	1769,27	1883,09	1925,88	1974,68
	1992,23	2026,14	2049,22	2092,56	2154,50	2177,77	2235,88
	2336,70	2358,54	2418,35	2447,65	2526,94	2889,29	3036,21
	3272,16	3522,77	3587,80	3630,95	3650,49	3703,97	3760,98
	3803,15	3885,47	3998,37				
MnZnCl ₄ L ₂	943.47	1053,80	1172,30	1262.20	1376.62	1458.34	1527.81
	1605.45	1658.57	3145.97	3235.87	3321.68		
FeZn(SO ₄) ₂ L ₂	963.90	1021.11	1184.56	1364.36	1450. 17	1552.33	1605.45
	1674.91	2349.15	2859.93	2929.40	1674. 91		

თავისუფალი (არაკოორდინირებული) ლიგანდის -მალონმჟავას დიჰიდრაზიდისა და
ქლორიდული კოორდინაციული ნაერთის ინფრაწითელი სპექტრების შედარებით
აღმოჩნდა, რომ ლიგანდის მოლეკულები ასრულებს ციკლურ-ტეტრადენტატურ
ფუნქციას და კომპლექსწარმომქმნელ (ცენტრალურ) ატომს უკავშირდება NH₂-ჯგუფის
აზოტის ატომისა და კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადის ატომის საშუალებით.
სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთების სპექტრებში ν(CO) სავალენტო რხევის
სიხშირის შემცირება ამ ფაქტის დამადასტურებელია. ქლორიდული კოორდინაციული
ნაერთის შთანთქმის იწ სპექტრის მონაცემების განხილვისას ჩანს, რომ ν(CO) თავისუფალ
ლიგანდთან შედარებით გადანაცვლებულია ~25 სმ⁻¹-ით. სპექტრში არსებული მონაცე-
მების (ν(NH) სიხშირეების ცვლილება) მიხედვით ჩვენ შეგვიძლია ვიმსჯელოთ NH₂-
ჯგუფის კოორდინაციაზე (1458,34-1527,81სმ⁻¹). CO და NH₂-ჯგუფების მონაწილეობით
წარმოქმნილია მეტალოციკლი. მაშასადამე, ლიგანდის - მალონმჟავას დიჰიდრაზიდის
მოლეკულა ამჟღავნებს ტეტრადენტატური ლიგანდის ფუნქციას და ორბირთვიან
კომპლექსნაერთს წარმოქმნის ორ სხვადასხვა მეტალთან -მანგანუმ (II)-თან და

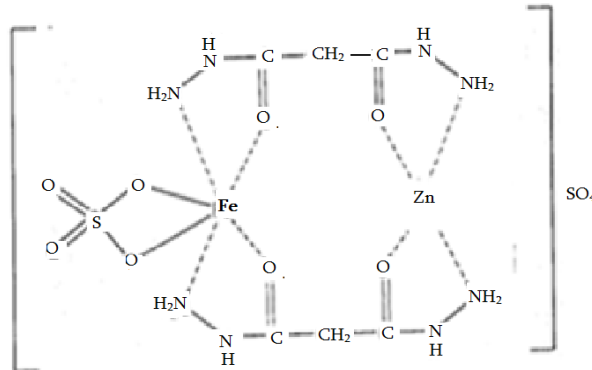
თუთიასთან. ამასთან, ორივე მეტალი კომპლექსწარმომქმნელია და მდებარეობს კომპლექსის შიგა სფეროში. რაც შეეხება ჩვენს მიერ მიღებულ ქლორიდულ კომპლექსნაერთში ქლორიდ-იონებისა და წყლის მოლეკულების კოორდინაციას ლიგანდის ინეტნსიური შთანთქმის ზოლების გამო გაძნელებულია ქლორიდ-იონების შთანთქმის ზოლების მონახვა, თუმცა შესაძლებელია დავუშვათ ქლორიდ-იონების მდებარეობა გარე სფეროში. მანგანუმი გვევლინება საკოორდინაციო რიცხვით - 6, თუთია კი საკოორდინაციო რიცხვით -4. ქლორიდ-იონები გარესფეროშია, ხოლო წყლის მოლეკულები მდებარეობს შიგა საკოორდინაციო სფეროში დაკოორდინირებულია მანგანუმთან, რაზეც მეტყველებს იწ შთანთქმის სპექტრის შესაბამისუბანში ($3321.68-3235,87 \text{ სმ}^{-1}$) მონახული ზოლები. სავარაუდოდ, წარმოქმნილია ოთხმუხტიანი კატიონი, კოორდინაციული ნაერთი კი წარმოადგენს კატიონურ კომპლექსს.

მანგანუმ-თუთის ქლორიდულ კოორდინაციულ ნაერთს აქვს შემდეგი სავარაუდო სტრუქტურა:



რაც შეეხება რკინა-თუთიის სულფატური კომპლექსნაერთის შთანთქმის იწ სპექტრის ანალიზს ლიგანდის - მალონმჟავას დიჰიდრაზიდის მოლეკულის კოორდინირების წესის თვალსაზრისით: $\nu(\text{CO})$ თავისუფალ (არაკოორდინირებულ) ლიგანდთან შედარებით გადანაცვლებლია დაახლოებით 41 სმ^{-1} . სპექტრში არსებული მონაცემების ($\nu(\text{NH})$ სიხშირეების ცვლილება) მიხედვით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ NH_2 -ჯგუფის კოორდინაციაზეც ($1450-1552 \text{ სმ}^{-1}$). ეს მიუთითებს იმაზე, რომ CO-სა და NH_2 -ჯგუფის მონაწილეობით წარმოქმნილია მეტალოციკლი. მაშასადამე, მალონმჟავას დიჰიდრაზიდის მოლეკულა ციკლურ-ტეტრადენტურ ფუნქციას ასრულებს და ორ კომპლექსწარმომქმნელ მეტალთან: რკინასა და თუთიასთან წარმოქმნის ხუთწევრიან მეტალოციკლს კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადის ატომისა და ჰიდრაზიდული ჯგუფის აზოტის ატომის საშუალებით.

ინფრაწითელი სპექტრის მონაცემების მიხედვით, სულფატურ სინთეზირებულ კომპლექსნაერთში $-FeZn(SO_4)_2L_2$ კომპლექსის შიგა სფეროში კოორდინირებული წყლის მოლეკულების არსებობა არ დასტურდება. იწ სპექტრის ანალიზის საფუძველზე ვერ ვიმსჯელებთ წყლის მოლეკულების არსებობაზე კომპლექსის გარე სფეროშიც. რაც შეეხება სულფატ-იონებს, მათთვის დამახასიათებელია სამი ტიპის: მონოდენტატური, ბიდენტატური და ბიდენტატურ-ციკლური კოორდინაცია. შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრების შესწავლა ავლენს $\sim 1100-1130$ cm^{-1} ფარგლებში მდებარე უბანში სულფატ-იონების ბიდენტატურ ფუნქციას. სინთეზირებული სულფატური კომპლექსნაერთის შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრის შესწავლის შედეგად გამოვლინდა მკვეთრად გამოხატული ინტენსიური რხეები მიახლოებით 1184 cm^{-1} უბანში, რაც ცალსახად შეგვიძლია მივაკუთვნოთ სულფატ-იონების რხეების სხიშირებს. ამ მონაცემების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ სინთეზირებულ სულფატურ კომპლექსნაერთში სულფატ-იონები ასრულებენ ბიდენტატურ ფუნქციას. განხილული დასკვნების საფუძველზე შეგვიძლია წარმოვადგინოთ რკინა-თუთიის სულფატური კომპლექსნაერთის სავარაუდოსტრუქტურა :



სავარაუდოდ, წარმოქმნილია ორმუხტიანი კატიონი, სინთეზირებული სულფატური ნაერთი კატიონურ კომპლექსნაერთია. რკინის საკოორდინაციო რიცხვიდან (6) გამომდინარე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ერთი სულფატ-იონი მასთან დაკავშირებულია ბიდენტატური სახით (ჟანგბადის ორი ატომით). თუთიის საკოორდინაციო რიცხვი (4) განაპირობებს იმ ფაქტს, რომ მეორე სულფატ-იონი მასთან არ არის დაკავშირებული და ნაერთის გარე სფეროში იმყოფება.

დასკვნა: სინთეზირებულია მანგანუმ (II)-ის, რკინა(II)-ისა და თუთიის ქლორიდებთან და სულფატებთან მალონმჟავას დიჰიდრაზიდის ორი ახალი: ჰეტერომეტალური (ბიბირთვული) კოორდინაციული ნაერთი, რომლებიც დიდხანს ინახება დახურულ ჭურჭელში. ჰაერზე ორივე ნაერთი მდგრადია. სინთეზის საერთო მეთოდიკა შემუშავებულია სხვადასხვა გამხსნელებში (წყალი, ეთანოლი, დიმეთილფორმამიდი). ორივე კოორდინაციული ნაერთის შედგენილობისა და ინდივიდუალობის დადგენის მიზნით შესწავლილია მათი ხსნადობა წყალსა და ორგანულ გამხსნელებში ოთახის ტემპერატურაზე, განსაზღვრულია ლღობის ტემპერატურა.

სინთეზირებული ნაერთების იწ სპექტრების ანალიზის საფუძველზე განსაზღვრულია ორგანული ლიგანდის კომპლექსწარმომქმნელთან კოორდინირების წესი. წარმოდგენილია სინთეზირებული ნაერთების სავარაუდო სტრუქტურა.

ლიტერატურა

1. დანელია ნ., კილასონია ნ., გეგეშიძე ნ., ცინცაძე მ., ლოჩოშვილი დ. მალონმჟავას დიჰიდრაზიდის მოლეკულის კვანტურ-ქიმიური კვლევა სხვადასხვა გამხსნელებში. მეცნიერება და ტექნოლოგიები. 3(740). 2022. გვ. 64-74
2. Danelia N., Tsintsadze M., Kilasonia N., Lochoshvili D. Study of the effect of solvents on the complexing ability of Malonic Acid Dihydrazide molecules by semiempirical quantum chemical method AM1. Kyiv Conference on Analytical Chemistry Modern Trends. Book of Abstracts. Baku. 2022, p.50-51
3. Жоржوليани Н.Б., Вардосанидзе Т.О., Соболев А.Н. –Синтез и строение некоторых простых и смешанных соединений Mg и Mn(II) с дигидразидом янтарной кислоты. Тезисы докладов 4-го всесоюзного совещани по химии координационных соединений. Тбилиси. 1983, с.66
4. Гобеджишвили К.М., Нагебашвили С.Ш., Долидзе Ц.Г. – Синтез и термографическое исследование смешанных координационных соединений некоторых переходных металлов с дигидразидами и псевдогалогенидогруппами. Научн. Труды Груз. Политехн. Института. 1982, №12, с.20-23
5. დანელია ნ. მეტალთა კოორდინაციული ნაერთები კარბონმჟავათა დიჰიდრაზიდებთან. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი. #2. 2022. გვ. 101-104
6. დანელია ნ., ცინცაძე მ., გელიაშვილი ზ., ჟორჟოლიანი ნ. ჰეტერობირთვული კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი მალონმჟავას დიჰიდრაზიდთან სტატია, 2023
7. დანელიან., ცინცაძემ., გელიაშვილი ზ., ჟორჟოლიანი ნ. ბიმეტალური ჰეტერობირთვული კოორდინაციული ნაერთები მალონმჟავას დიჰიდრაზიდთან (სინთეზი და კვლევა) კონფ. 2023

Study of the synthesis of heterometallic zinc, manganese (II) and iron (II) complex compounds with malonic acid dihydrazide

Tamar Edilashvili - assistant professor

Georgian Technical University; Iv. Javakhsishvili Tbilisi State University, Kostava st. 69, 0175, Tbilisi, Georgia, T.591 118 514; t.edilashvili@gtu.ge

Ekaterine Topuria - Associate professor

Georgian Technical University, Department of Chemistry, 69 Kostava St., Tbilisi 0171, Georgia, T. 592 744 477; E.mail: topuriaekaterine@mail.ru

Tatia Tusiashvili - Associate professor

Technical University of Georgia, Department of Chemistry, 69 Kostava St., Tbilisi 0171, Georgia, T. 595 900 009; E.mail: tusiashvilitatia04@yahoo.com

Giorgi Adamia - master's degree in teaching

Georgian Technical University, Department of Chemistry, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostava st. 69; T. 597 722 992

Abstract: heterometallic complexes of zinc, manganese (II) and iron (II) with malonic acid dihydrazide have been synthesized. Melting temperature, solubility in various solvents and IR spectra of the synthesized compounds were studied. Probable structures of new complex compounds are presented.

Key words: complex compounds, malonic acid dihydrazide, zinc chloride, manganese (II) chloride, zinc sulfate, iron (II) sulfate, cationic complex compounds.

Electronic study of 1,4-benzene dicarboxylic acid and its dihydrazide molecules

Maia Tsintsadze – professor

Georgian Technical University, Department of Chemistry, Georgia, 0175, Tbilisi, 69, Kostava Str.
R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry. Georgia, 0186, 11, Mindeli
Str., Tel: 593 31 16 63; m.tsintsadze@gtu.ge

Nona Bolkvadze – associated professor

Georgian Technical University, Department of Chemistry, Georgia, 0175, Tbilisi, 69, Kostava Str.
Tel: 599707532; bolkvadzenana04@gtu.ge

Sophiko Kvinikadze

Head of Laboratory, Chief Researcher, LEPL Grigol Tsulukidze Mining Institute - Polymer
Composites and High-Tech Materials Laboratory. Mindeli str. 7; Tel: 599339197;
sophi.kvinikadze@gmail.com

Mariam Tsertsvadze – education grade – Master's degree programme.

Georgian Technical University, Department of Chemistry, Georgia, 0175, Tbilisi, 69, Kostava Str.
Tel. 598232418;

Reviewers:

Zhuzhuna Petriashvili - professor

Georgian Technical University, Department of Chemistry, Electronic Teaching Technology
center in chemistry, Georgia, 0105, Tbilisi, 69-Kostava street. Tel. 598 380 030 E-mail:

Zh.petriashvili@gtu.ge

Dima Lochoshvili - Academic Doctor, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University R. Agladze
Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry, Laboratory of Physics and Chemistry of
Inorganic Compounds, Mindeli St. 11, Academic Doctor, Tbilisi, Georgia; T. 591 662 165;
dimitri.lochoshvili@tsu.ge

Annotation: Electron structure, biological activity and complex formation ability of 1,4-benzene
dicarboxylic acid and its dihydrazide have been studied according to electron programs with the
purpose of searching new ligands for complex formation reactions. PASS and AM1 methods have
been used for research.

Key words: 1,4-benzene dicarboxylic acid, terephthalic acid, 1,4-benzene dicarboxylic acid dihydrazide, study according to molecule structural formula using electron programs. Program-based study of biological activity – PASS method, quantum-chemical calculations of molecules using AM1 method.

Introduction

Searching and study of biologically active organic ligands aimed to synthesis of new complex compounds is a crucial issue. For this purpose, we have conducted electronic study of molecules of 1,4-benzene dicarboxylic acid (terephthalic acid, para-phthalic acid) and 1,4-benzene dicarboxylic acid dihydrazide (terephthalic acid dihydrazide) as of potential ligands. We have studied electron structure, biological activity and complex formation ability of these molecules. AM1 method is used for quantum-chemical calculations of molecules. This method makes it possible to carry out study of electron structure and complex formation ability of molecules. The program performs new-generation AM1 (Austin Model 1) studies by means of CS MOPAC-Chem 3D Ultra-version 8.03. AM1 method enables study of impact of different solvents (water, methanol, ethanol, acetone, dimethylformamide, dimethyl sulfoxide, hexane) on complex formation ability. Data on effective charges, dipole moments, and electron density of atoms entering molecule for different solvents give us an opportunity to assume the mechanism of the process of organic molecules' complex formation with metals, it is also possible to forecast complex compounds' structure and select presumably favorable conditions, in particular, a solvent for a synthesis. Study conducted according to this method makes it possible to theoretically establish the opportunities of ligand coordination with metal-complex former, to reveal using the program those donor atoms, which have a theoretical ability to form a coordinate (donor-acceptor) bond with metals.

Electronic study of biological activity has been effectively used over recent years for forecast of biological spectrum of different compounds. This method assesses molecule activity according to its structure. Program-based study of biological activity has been conducted using the PASS(Prediction of Activity Spectra for Substances)method. PASS is a software product, which is used for assessment of expectable biological activity and toxicity of substances. Biological activity spectrum of chemical compounds is a set of different types of biological activity, which reflects the results of compound's interaction with a biological object. Based on the organic

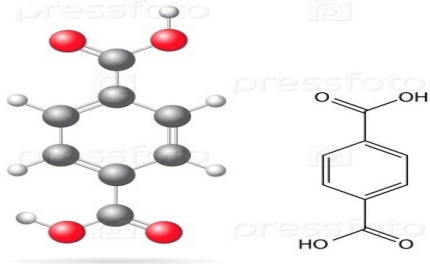

compound structure this program provides assessment of more than 3000 types of biological activity. Average accuracy of this forecast is 95%. Compound activity spectrum is calculated using 2,4 Hz frequency processor.

The method makes it possible to determine biological activity and to provide an overall characteristic of compound efficiency and safety within a study.

Basic part

As we mentioned, the goal of our research is searching of new ligands for complex formation reactions. For this end we have conducted electronic studies of 1,4-benzene dicarboxylic acid and 1,4-benzene dicarboxylic acid dihydrazide according to structure.

Using the PASS software method, we have explored biological activity of the mentioned molecules. The program generates data in tabular form, where a biological activity of phthalic acid and phthalic acid dihydrazide is put together in “active/inactive” subset. Pa (probability “tobeactive”) and Pi (probability “tobeinactive”) assesses the probability of the fact that a compound under investigation belongs to a subclass of active/inactive compounds. Data are arranged according to reduction of (Pa–Pi) difference for different types of biological activity.

Substance	Pa	Pi	Activity
<p>Terephthalic acid</p> 	0,969	0,002	Testosterone 17beta-dehydrogenase (NADP+) inhibitor
	0,967	0,001	Sugar-phosphatase inhibitor
	0,962	0,001	Glutamyl endopeptidase II inhibitor
	0,961	0,001	Ribulose-phosphate 3-epimerase inhibitor
	0,960	0,001	Dehydro-L-gulonate decarboxylase inhibitor
	0,959	0,001	Pullulanase inhibitor
	0,959	0,001	UDP-N-acetylglucosamine 4-epimerase inhibitor
	0,959	0,002	Prolyl aminopeptidase inhibitor
	0,958	0,002	Alkenylglycerophosphocholine hydrolase inhibitor
	0,957	0,001	5-O-(4-coumaroyl)-D-quininate 3'-monooxygenase inhibitor
<p>Terephthalic acid dihydrazide</p> 	0,972	0,000	Ethanolamine oxidase inhibitor
	0,968	0,000	Beta-Lysine 5,6-aminomutase inhibitor
	0,964	0,001	Glutamine-phenylpyruvate transaminase inhibitor
	0,957	0,002	Taurine dehydrogenase inhibitor

	0,952	0,001	Threonine aldolase inhibitor
	0,951	0,001	Amine dehydrogenase inhibitor
	0,944	0,001	Isopenicillin-N epimerase inhibitor
	0,929	0,000	Diaminopimelate epimerase inhibitor

As is seen from the data, these compounds are the substances of a wide range of biological activity, they are inhibitors of a whole range of processes, are characterized by antimicrobial action, are used for treatment of the 2nd type diabetes mellitus, for biomaterials production, and for manufacturing of preparations used in implantation.

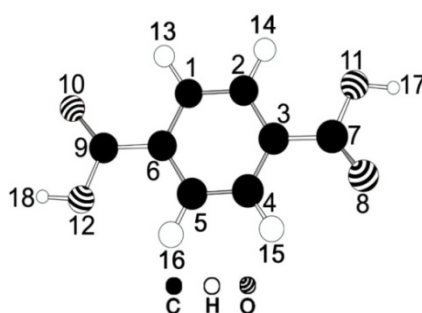


Figure 1: Terephthalic acid structure and atomic numbering

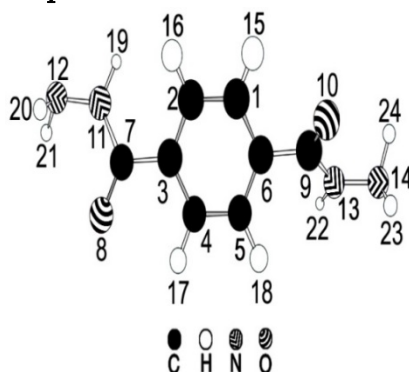


Figure 2: Terephthalic acid dihydrazide structure and atomic numbering

That is why we have continued study of these compounds in regard to complex formation ability using semi-empirical quantum-chemical method – AM1. Using this method, energy, geometric and structural parameters of terephthalic acid and its dihydrazide have been calculated both for gaseous state and in different solvents, at the same time, the solvent impact on their complex formation ability with metals has been established according to electron structure.

Table 1: Terephthalic acid formation heat and dipole moment in gas and different solvents

N	Solvent	Formation heat, kJ/mole	Dipole moment, Debye (D)
1	Gas	-654.424	0.009
2	H ₂ O, water	-742.052	0.013

3	C ₂ H ₆ SO, dimethyl sulfoxide (DMSO)	-740.768	0.012
4	CH ₃ OH, methanol	-739.104	0.011
5	C ₂ H ₅ OH, ethanol	-737.437	0.012
6	(CH ₃) ₂ CO, acetone	-736.314	0.012
7	CHCl ₃ , chloroform	-714.004	0.012
8	C ₆ H ₁₂ , hexane	-683.675	0.010

Table 2: Terephthalic acid dihydrazide formation heat and dipole moment in gas and different solvents

N	Solvent	Formation heat, kJ/mole	Dipole moment, Debye (D)
1	Gas	-1.194	2.152
2	H ₂ O, water	-121.600	0.441
3	C ₂ H ₆ SO, dimethyl sulfoxide (DMSO)	-119.955	0.210
4	CH ₃ OH, methanol	-117.320	0.444
5	C ₂ H ₅ OH, ethanol	-115.442	0.025
6	(CH ₃) ₂ CO, acetone	-113.884	0.049
7	CHCl ₃ , chloroform	-82.341	0.225
8	C ₆ H ₁₂ , hexane	-40.359	2.726

As is seen from the Table data, formation heat (ΔH , kJ/mole) is negative in all solvents and has almost identical value. Its lowest value was registered in water and it equals to negative quantity -742.052 kJ/mole – for terephthalic acid and -121.600 kJ/mole – for terephthalic acid dihydrazide. As for dipole moments, according to Table data analysis the highest dipole moment was recorded for dihydrazide in gas (2.152 Debye) and hexane (2.726 Debye), and based on this, we may conclude that molecule stability notably increases under influence of different solvents and they are more stable in polar solvents. The same may be said of electron density in atoms and electron distribution at orbitales in gas and different solvents in case of terephthalic acid molecule. Calculations have been made in gas, water, methanol, ethanol, dimethyl sulfoxide, chloroform, acetone and hexane. As an example, an electron density in atoms and electron distribution at orbitales for one of the solvents – dimethyl sulfoxide are given in the Table.

Table 3: Electron density in atom and electron distribution at orbitals in dimethyl sulfoxide

N	Solvent	Atom	Atomic charge	Electron density in atom	n	Electron distribution at orbitals			
						nS	nP _x	nP _y	nP _z
Terephthalic acid	C ₂ H ₆ SO, DMSO	C(1)	-0.091	4.091	2	1.225	0.939	0.980	0.947
		C(2)	-0.088	4.088	2	1.224	0.937	0.981	0.945
		C(3)	-0.092	4.092	2	1.190	0.887	0.951	1.063
		C(4)	-0.091	4.091	2	1.225	0.939	0.980	0.947
		C(5)	-0.088	4.088	2	1.224	0.937	0.981	0.945
		C(6)	-0.092	4.092	2	1.190	0.888	0.951	1.063

		C(7)	0.435	3.564	2	1.212	0.885	0.803	0.665
		O(8)	-0.499	6.499	2	1.913	1.614	1.433	1.539
		C(9)	0.435	3.565	2	1.212	0.885	0.803	0.665
		O(10)	-0.499	6.499	2	1.913	1.614	1.433	1.539
		O(11)	-0.331	6.331	2	1.856	1.302	1.333	1.840
		O(12)	-0.331	6.331	2	1.856	1.302	1.334	1.840
		H(13)	0.181	0.819	1	0.819			
		H(14)	0.182	0.818	1	0.818			
		H(15)	0.181	0.819	1	0.819			
		H(16)	0.182	0.818	1	0.818			
		H(17)	0.303	0.697	1	0.697			
		H(18)	0.303	0.697	1	0.697			
Terephthalic acid dihydrazide	C ₂ H ₆ SO, DMSO	C(1)	-0.097	4.097	2	1.224	0.937	0.979	0.957
		C(2)	-0.109	4.109	2	1.224	0.941	0.977	0.967
		C(3)	-0.112	4.112	2	1.199	0.909	0.949	1.054
		C(4)	-0.098	4.098	2	1.224	0.937	0.979	0.958
		C(5)	-0.108	4.108	2	1.224	0.941	0.977	0.966
		C(6)	-0.112	4.112	2	1.199	0.909	0.949	1.054
		C(7)	0.379	3.521	2	1.211	0.872	0.759	0.778
		O(8)	-0.528	6.528	2	1.915	1.716	1.429	1.468
		C(9)	0.381	3.619	2	1.473	1.028	1.394	1.408
		O(10)	-0.529	6.529	2	1.628	0.915	1.420	1.286
		N(11)	-0.303	5.303	2	1.471	1.027	1.394	1.408
		N(12)	-0.249	5.249	2	1.628	0.915	1.420	1.286
		N(13)	-0.306	5.306	2	1.471	1.027	1.394	1.414
		N(14)	-0.249	5.249	2	1.628	0.914	1.396	1.310
		H(15)	0.178	0.822	1	0.822			
		H(16)	0.178	0.822	1	0.822			
		H(17)	0.178	0.822	1	0.822			
		H(18)	0.178	0.822	1	0.822			
		H(19)	0.297	0.703	1	0.703			
		H(20)	0.181	0.819	1	0.819			
		H(21)	0.186	0.814	1	0.814			
		H(22)	0.298	0.702	1	0.702			
		H(23)	0.185	0.815	1	0.815			
		H(24)	0.181	0.819	1	0.819			

Table data exploration showed that in case of terephthalic acid molecule the highest electron density both in gas and all studied solvents is registered for oxygen atoms (O⁸, O¹⁰, O¹¹, O¹²) of carboxyl functional group, while in case of dihydrazide O(8) and O(10) oxygen atoms of -CO group and N(11), N(12), N(13), N(14) nitrogen atoms of hydrazine group -NH-NH₂ have the highest electron density. Therefore, coordination of complex formation must be implemented using these groups. The electron density is highest when water is used as a solvent, while the lowest –in gas and hexane (see Table 4).

Table 4

Molecule	Atom	Gas	Solvent						
			water	DMSO	methanol	ethanol	acetone	chloroform	hexane
Terephthalic acid	O (8)	6.354	6.501	6.499	6.496	6.493	6.491	6.451	6.400
	O (10)	6.354	6.501	6.499	6.496	6.493	6.491	6.451	6.400
	O (11)	6.313	6.331	6.331	6.331	6.331	6.332	6.330	6.324
	O (12)	6.313	6.331	6.331	6.331	6.332	6.332	6.330	6.324
Terephthalic acid dihydrazide	O (8)	6.363	6.529	6.529	6.520	6.521	6.470	6.517	6.413
	O (10)	6.363	6.532	6.529	5.524	6.522	6.470	6.519	6.413
	N (11)	5.345	5.301	5.303	5.303	5.308	5.320	5.307	5.337
	N(12)	5.171	5.252	5.249	5.252	5.246	5.229	5.246	5.200
	N(13)	5.345	5.306	5.306	5.307	5.308	5.320	5.307	5.337
	N (14)	5.171	5.249	5.249	5.248	5.246	5.229	5.246	5.200

Conclusions

Terephthalic acid and terephthalic acid dihydrazide structures have been explored using electronic programs. Study of biological activity of these molecules via PASS method showed that the mentioned compounds are characterized by wide range of activity.

Using quantum-chemical calculations of molecules (AM1) there have been revealed those donor atoms, which are coordinated with a complex former. Para-phthalic acid coordination with metals is provided by oxygen atoms of carboxyl functional groups, while in case of para-phthalic acid dihydrazide – by oxygen atoms of -CO group and nitrogen atoms of hydrazine functional group (-NH-NH₂). N-11 and N 13 nitrogen atoms (-NH-) have higher electron density compared to N-12 and N-14 atoms of -NH₂ group, however coordination with metals is provided by the latter atoms that may be explained by steric blocking of N-11 and N13 atoms.

Use of any polar solvent given in the Table as a dissolving agent is effective in terms of complex compound stability in the complex formation reactions and synthesis performance. It has been established that water, dimethylformamide and ethanol are theoretically the best medium for synthesis of new coordination compounds. Taking organic compounds solubility into account, it is preferable to conduct reactions in DMSO. Both ligands may manifest themselves both as bidentate and tetradentate ligands and are of interest for generation of both homometallic and heterometallic complex compounds.

References:

1. *Sheehan R. J.* Terephthalic Acid, Dimethyl Terephthalate, and Isophthalic Acid // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. – Wiley, 2011.

2. *Armarego W. L. F., Chai C. L. L.* [Purification of Laboratory Chemicals](#). 6thEd. – Elsevier, 2009. –p. 338.
3. *Shamim Jairajpuri D., Hussain A., Nasreen K. et al.* Identification of natural compounds as potent inhibitors of SARS-CoV-2 main protease using combined docking and molecular dynamics simulations. *Saudi J. Biol. Sci.*, **2021**, Jan 27.
4. *Danelia N, Kilasonia N., Gegeshidze N., Tsintsadze M., Lochoshvili D.* Quantum-chemical study of malonic acid dihydrazide in different solvents. *Science and Technologies*. 3(740). 2022. pp. 64-74 (in Georgian).
5. *Danelia N., Tsintsadze M., Kilasonia N., Lochoshvili D.* Study of the effect of solvents on the complexing ability of Malonic Acid Dihydrazide molecules by semiempirical quantum chemical method AM1. Kyiv Conference on Analytical Chemistry Modern Trends. Book of Abstracts. Baku. 2022, pp.50-51

1,4 -ბენზოილდიკარბონმჟავასა და მისი დიჰიდრაზიდის მოლეკულების ელექტრონული კვლევა

მაია ცინცაძე - პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ივ.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, რ.აგლაძის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. საქართველო. 0186, თბილისი, მინდელი ქ. 11; ტ. 593 31 16 63; m.tsintsadze@gtu.ge

ნონა ბოლქვაძე - ასოცირებული პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ტელ: 599707532; bolkvadzenana04@gtu.ge

სოფიკო კვინიკაძე - სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის, პოლიმერული კომპოზიტების და მაღალტექნოლოგიური მასალების ლაბორატორიის უფროსი, მთავარი მეცნიერ-თანამშრომელი, მინდელის 7, თბილისი, საქართველო . ტელ: 599 339 197; sophi.kvinikadze@gmail.com

მარიამ ცერცვაძე - სწავლების საფეხური მაგისტრატურა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69; ტ.598232418;

ანოტაცია: კომპლექსწარმოქმნის რეაქციებისთვის ახალი ლიგანდების მოძიების მიზნით ელექტრონული პროგრამებით შესწავლილია 1,4-ბენზოილდიკარბონმჟავასა და მისი დიჰიდრაზიდის ელექტრონული სტრუქტურა, ბიოლოგიური აქტიურობა და კომპლექსწარმოქმნის უნარი. კვლევებისთვის გამოყენებულია PASS და AM1 მეთოდები.

საკვანძო სიტყვები: 1,4-ბენზოილდიკარბონმჟავა, ტერეფტალმჟავა, პარაფტალმჟავა, 1,4-ბენზოილდიკარბონმჟავას დიჰიდრაზიდი, ტერეფტალმჟავას დიჰიდრაზიდი, მოლეკულების სტრუქტურული ფორმულების მიხედვით ელექტრონული პროგრამებით კვლევა. ბიოლოგიური აქტიურობის პროგრამული კვლევა - PASS მეთოდი, მოლეკულების კვანტურ-ქიმიური გათვლები AM1 მეთოდით.

ოლანზაპინის კომპლექსწარმოქმნის უნარზე გამხსნელის გავლენის შესწავლა კვანტურ-ქიმიური ნახევრადემპირიული AM1 მეთოდით

მაია ცინცაძე - პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. რ.აგლადის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. საქართველო. 0186, თბილისი, მინდელი ქ. 11; ტ. 593 31 16 63; m.tsintsadze@gtu.ge

ნანა გეგეშიძე - ასოცირებული პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ივ.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, რ.აგლადის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. საქართველო. 0186, თბილისი, მინდელი ქ. 11; ტ. 593 36 88 10; gegeshidzenana04@gtu.ge

მაია მამისეიშვილი - ასისტენტ პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი; ქიმიის დეპარტამენტი, კოსტავას ქ. 69, 0175, თბილისი, საქართველო, ტ. 591 192 024; m.mamiseishvili@gtu.ge

დimitრი ლოჩოშვილი - ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი რ.აგლადის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი, აკადემიური დოქტორი, მინდელის ქ. 11. 61, 0186. საქართველო ; ტ. 591 662 165; dimitri.lochoshvili@tsu.ge

ნინო გაბიტაშვილი - დოქტორანტი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69; ტ. 595 100 721; gabitashvili.nino@teachers.gov.ge

რეცენზენტები:

თამარ გიორგაძე - ასოცირებული პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ტ. 599 37 68 55; giorgadzetamari04@gtu.ge

ნინო კილასონია - ასოცირებული პროფესორი

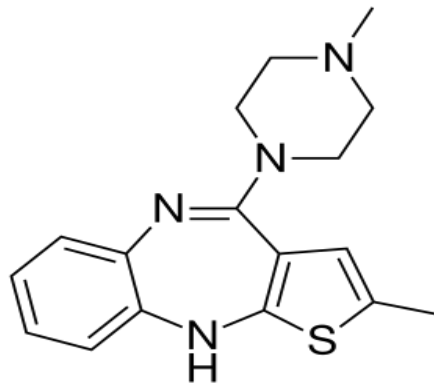
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69 რ.აგლაძის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. საქართველო. 0186,თბილისი, მინდელი ქ. 11 ტ. 599 72 11 67; n.kilasonia@gtu.ge

ანოტაცია: კვანტურ-ქიმიური ნახევრადემპირიული AM1 მეთოდით შესწავლილია სამკურნალო პრეპარატი ოლანზაპინის (2-მეთილ-4-(4-მეთილ-1-პიპერაზინილ)-10H-თიენო[2,3-b][1,5]ბენზოდიაზეპინი) მეტალებთან კომპლექსწარმოქმნის უნარზე სხვადასხვა გამხსნელის გავლენა. ასეთი სახის კვლევას დიდი მნიშვნელობა აქვს ოლანზაპინის ბაზაზე კომპლექსწარმოქმნის სინთეზის დაგეგმვისთვის, გამხსნელის შერჩევისთვის და სხვადასხვა თვისებების შესწავლისთვის. გამოთვლილია მოლეკულის ენერგეტიკული, ელექტრონული და სტრუქტურული მახასიათებლები. გამოთვლების საფუძველზე გამოვლენილია დონორული ატომები ოლანზაპინის მოლეკულაში და მისი კოორდინირების წესი მეტალის ატომთან.

საკვანძო სიტყვები: სამკურნალო პრეპარატი, ფსიქოტროპული, კომპლექსწარმოქმნა, დონორული ატომი, კომპლექსწარმოქმნელი, ლიგანდი.

შესავალი

სამკურნალო პრეპარატი ოლანზაპინი (2-მეთილ-4-(4-მეთილ-1-პიპერაზინილ)-10H-თიენო[2,3-b][1,5] ბენზოდიაზეპინი) „ატიპიურ“, (მეორე თაობის) ანტიფსიქოზურ საშუალებებს მიეკუთვნება, რომელიც სამედიცინო პრაქტიკაში 1990 წლიდან დაინერგა. სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით ოლანზაპინი, რისპერიდონი, ქვეტიაპინი და კლოზაპინი წარმოადგენს ყველაზე ხშირად გამოყენებად მედიკამენტებს ატიპიურ ანტიფსიქოზურ საშუალებებს შორის.



ნახ.1. ოლანზაპინის მოლეკულა

ოლანზაპინი არის ყვითელი ფერის კრისტალური ნივთიერება, რომელიც იხსნება დიქლორმეთანში, აცეტონში, ქლოროფორმში, ნ-პროპანოლში, 2-ბუტანოლში და აცეტონიტრილში. მცირედ იხსნება მეთანოლში და ეთანოლში, პრაქტიკულად არ იხსნება წყალში.

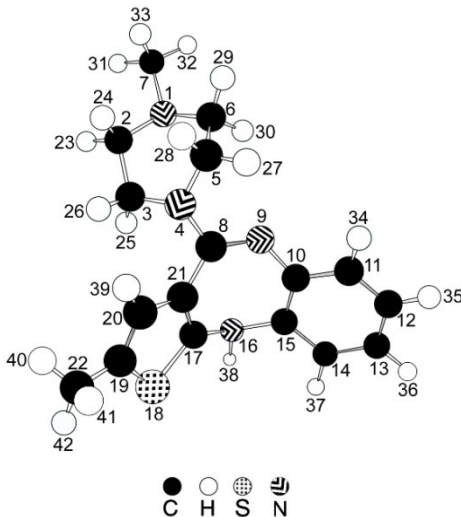
კომპლექსწარმოქმნის თვალსაზრისით ოლანზაპინის მოლეკულა საინტერესოა, როგორც დონორული ატომების შემცველი ორგანული ლიგანდი და გარდა ამისა, უდავოდ სიახლეს წარმოადგენს მის საფუძველზე ზოგიერთ „სიცოცხლის მეტალთან“ კომპლექსნაერთების სინთეზი. ასევე, სინთეზირებული ნაერთების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების კვლევა და რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, მათი ფიზიოლოგიური აქტივობის განსაზღვრა და შედარება თავისუფალ ლიგანდთან.

ზემოთთქმულიდან გამომდინარე, მოლეკულის კომპლექსწარმოქმნის პროგნოზირებისთვის, დონორული ატომების გამოვლენისთვის და ასევე, გამხსნელის შესარჩევად კვლევისერთ-ერთ საუკეთესო მეთოდს წარმოადგენს კვანტურ-ქიმიური ნახევრადემპირიული AM1 მეთოდი.

ძირითადი ნაწილი

მოლეკულის შესწავლისას კვანტურ-ქიმიური ნახევრადემპირიული AM1 მეთოდით გამხსნელებად გამოყენებულია წყალი, ეთანოლი, აცეტონი, დიმეთილსულფოქსიდი, ქლოროფორმი. ჰექსანი. გამოთვლილია მოლეკულის წარმოქმნის სითბო, სრული ენერჯის, იონიზაციის პოტენციალის მნიშვნელობა, დიპოლური მომენტი, ატომთაშორისი მანძილები, სავალენტო კუთხეები, ბმის სიგრძე, ეფექტური მუხტები ატომებზე, ელექტრონული სიმკვრივე ატომებზე და ელექტრონების დასახლება ატომურ ორბიტალებზე.

გამხსნელებში გათვლების შედეგად მიღებული სიდიდეები შედარებულია აირად ფაზაში მიღებულ ანალოგიურ სიდიდეებთან და გარკვეული დასკვნების შედეგად ნავარაუდებია ლითონებთან ოლანზაპინის მოლეკულის (ლიგანდის) კომპლექსწარმოქმნის ყველაზე ხელსაყრელი მექანიზმი.



ნახ. 2. ატომების დანომრვა ოლანზაპინის მოლეკულაში

ლიგანდი შესწავლილია კვანტურ-ქიმიური AM1 მეთოდით როგორც აირად მდგომარეობაში, ასევე სხვადასხვა გამხსნელში, რომლებიც თავის მხრივ, სხვადასხვა დიელექტრიკული შეღწევადობით ხასიათდებიან. გათვლების შედეგების ანალიზი, საშუალებას იძლევა წინასწარ შეირჩეს გამხსნელი და სინთეზი ჩატარდეს ოპტიმალური პირობებში.

კვანტურ-ქიმიური გათვლების მონაცემების მიხედვით ოლანზაპინის მოლეკულის წარმოქმნის სითბოს მნიშვნელობები უფრო ნაკლებია გამხსნელებში, ვიდრე გაზურ მდგომარეობაში, ანუ გამხსნელი ხელს უწყობს კომპლექსის სტაბილურობას. რაც უფრო დიდია დიპოლური მომენტის მნიშვნელობა (წყალი- $\mu=3.938$; დიმეთილსულფოქსიდი- $\mu=4.374$, მეთანოლი 3.814, ეთანოლი 4.135, აცეტონი 3.704, ქლოროფორმი 3.236, ჰექსანი 3.075), მით უფრო მდგრადია მოლეკულა (ცხრ.1.).

ცხრილი 1. წარმოქმნის სითბოს (ΔH), დიპოლური მომენტების (μ) მნიშვნელობები ოლანზაპინის მოლეკულაში

N	გამხსნელი	წარმოქმნის სითბო, კჯ/მოლი	დიპოლური მომენტი, დეზაი
1	აირი	440.425	2.098
2	H ₂ O, წყალი	384.282	3.938
3	C ₂ H ₆ SO, დიმეთილსულფოქსიდი (დმსო)	375.310	4.374
4	CH ₃ OH, მეთანოლი	382.383	3.814

5	C ₂ H ₅ OH, ეთანოლი	378.576	4.135
6	(CH ₃) ₂ CO, აცეტონი	385.283	3.704
7	CHCl ₃ , ქლოროფორმი	401.987	3.236
8	C ₆ H ₁₂ , ჰექსანი	424.601	3.075

კვანტურ-ქიმიური გამოთვლებიდან გამომდინარე ოლანზაპინის მოლეკულაში ბმის სიგრძის მნიშვნელობები 1.435-1.456 Å საზღვრებშია, რაც შეესაბამება ბმის სიგრძის სტანდარტულ მნიშვნელობას და ატომების sp²-ჰიბრიდულ მდგომარეობას შორის. ბმის რიგის მნიშვნელობებიც 0.975±0,979 Å ზღავრშია.

ცხრილი 2. ბმის რიგის და ბმის სიგრძის მნიშვნელობები ოლანზაპინის მოლეკულაში

N	ატომთაშორისი ბმა		გამხსნელი							
			აირი	H ₂ O, წყალი	C ₂ H ₆ SO, დმსო	CH ₃ OH, მეთანოლი	C ₂ H ₅ OH, ეთანოლი	(CH ₃) ₂ CO, აცეტონი	CHCl ₃ , ქლოროფორმი	C ₆ H ₁₂ , ჰექსანი
1	N(1)-C(2)	სიგრძე, Å	1.453	1.454	1.457	1.456	1.456	1.456	1.454	1.456
		რიგი	0.975	0.971	0.968	0.971	0.969	0.971	0.970	0.969
3	C(3)-N(4)	სიგრძე, Å	1.461	1.458	1.460	1.459	1.460	1.459	1.459	1.460
		რიგი	0.944	0.960	0.956	0.961	0.957	0.961	0.960	0.955
4	N(4)-C(5)	სიგრძე, Å	1.451	1.459	1.459	1.459	1.459	1.459	1.457	1.456
		რიგი	0.962	0.953	0.951	0.953	0.952	0.954	0.956	0.957
6	N(1)-C(6)	სიგრძე, Å	1.457	1.457	1.458	1.457	1.458	1.457	1.456	1.456
		რიგი	0.965	0.968	0.966	0.968	0.966	0.969	0.968	0.968
7	N(1)-C(7)	სიგრძე, Å	1.443	1.448	1.448	1.449	1.448	1.449	1.448	1.446
		რიგი	0.983	0.979	0.977	0.979	0.977	0.979	0.979	0.981
8	N(4)-C(8)	სიგრძე, Å	1.435	1.454	1.453	1.454	1.453	1.453	1.454	1.454
		რიგი	1.019	0.969	0.971	0.969	0.970	0.969	0.969	0.964
9	C(8)-N(9)	სიგრძე, Å	1.307	1.304	1.303	1.302	1.303	1.302	1.302	1.301
		რიგი	1.741	1.779	1.775	1.782	1.778	1.782	1.786	1.791
10	N(9)-C(10)	სიგრძე, Å	1.400	1.402	1.401	1.402	1.401	1.402	1.401	1.401
		რიგი	1.055	1.047	1.046	1.046	1.046	1.047	1.048	1.049
11	C(15)-N(16)	სიგრძე, Å	1.426	1.425	1.427	1.427	1.426	1.427	1.427	1.425
		რიგი	0.992	0.996	0.996	0.995	0.996	0.995	0.995	0.996
12	N(16)-C(17)	სიგრძე, Å	1.396	1.402	1.402	1.403	1.402	1.402	1.401	1.398
		რიგი	1.046	1.032	1.032	1.032	1.033	1.033	1.036	1.040
13	C(17)-S(18)	სიგრძე, Å	1.705	1.686	1.688	1.689	1.691	1.691	1.696	1.701
		რიგი	1.132	1.186	1.182	1.179	1.176	1.175	1.158	1.142

14	S(18)-C(19)	სიგრძე, Å	1.686	1.671	1.673	1.675	1.675	1.675	1.680	1.686
		რიგი	1.128	1.165	1.163	1.161	1.158	1.158	1.145	1.132

ბმის კუთხეები ოლანზაპინის მოლეკულაში N(1)-C(2)-C(3), N(4)-C(8)-N(9), N(16)-C(17)-S(18) შესაბამისად ტოლია 113.630-127.053° მამასადამე, მოლეკულაში N(1), N(4), N(9), N(16) და S(18) ატომები იმყოფება sp²-ჰიბრიდულ მდგომარეობაში.

ცხრილი 3. ვალენტური კუთხეების მნიშვნელობები ოლანზაპინის მოლეკულაში

N	სავალენტო კუთხე	გამხსნელი							
		აირი	H ₂ O, წყალი	C ₂ H ₆ SO, დმსო	CH ₃ OH, მეთანო ლი	C ₂ H ₅ OH, ეთანოლ ი	(CH ₃) ₂ CO, აცეტონი	CHCl ₃ , ქლორო- ფორმი	C ₆ H ₁₂ , ჰექსანი
1	N(1)-C(2)-C(3)	113.443	113.630	113.467	114.240	113.754	113.928	114.606	113.300
2	C(2)-C(3)-N(4)	114.925	115.923	115.016	116.496	115.355	116.217	116.247	113.792
3	C(3)-N(4)-C(5)	112.418	111.385	112.416	111.495	112.355	111.405	111.830	113.544
4	C(2)-N(1)-C(6)	113.403	113.715	113.191	113.815	113.397	113.471	114.151	113.422
5	C(2)-N(1)-C(7)	112.806	112.351	111.987	111.788	112.089	111.794	112.050	112.082
6	C(3)-N(4)-C(8)	113.989	116.951	116.588	116.232	116.411	116.440	116.194	115.116
7	N(4)-C(8)-N(9)	120.629	120.522	121.064	121.004	120.966	120.973	121.094	121.149
8	C(8)-N(9)-C(10)	126.291	126.766	127.072	126.918	127.053	126.991	127.071	126.992
9	N(9)-C(10)-C(11)	116.341	115.550	115.703	115.807	115.750	115.703	115.794	115.764
13	N(9)-C(10)-C(15)	125.730	126.537	126.230	126.018	126.188	126.245	126.164	126.207
14	C(10)-C(15)-N(16)	120.600	121.004	120.994	121.076	121.072	121.049	120.835	121.013
15	C(15)-N(16)-C(17)	115.711	116.543	115.796	115.552	116.067	115.918	115.865	116.302
16	N(16)-C(17)-S(18)	124.696	123.946	124.210	124.269	124.068	123.898	124.195	124.399
17	C(17)-S(18)-C(19)	93.828	94.336	94.054	93.998	94.013	93.982	93.882	93.846
18	S(18)-C(19)-C(20)	111.444	111.433	111.656	111.612	111.614	111.654	111.581	111.444
19	N(4)-C(8)-H(21)	113.871	113.125	112.925	113.023	113.022	112.988	112.924	112.814
20	S(18)-C(19)-H(22)	122.328	123.060	122.873	122.880	122.864	122.836	122.590	122.508
21	N(1)-C(2)-H(23)	107.721	107.482	107.687	107.395	107.707	107.615	107.338	107.363
22	N(1)-C(2)-H(24)	111.807	111.360	111.491	111.207	111.381	111.295	111.225	111.712
23	C(2)-C(3)-H(25)	108.526	108.762	108.668	109.063	108.572	109.102	108.980	108.183
24	C(2)-C(3)-H(26)	107.595	107.673	107.183	107.112	107.129	107.096	107.067	107.777
25	N(4)-C(5)-H(27)	110.785	109.479	109.858	109.518	109.837	109.538	109.720	110.236
26	N(4)-C(5)-H(28)	105.472	106.552	105.962	105.954	105.853	105.919	105.897	105.596
27	N(1)-C(6)-H(29)	112.009	112.278	112.022	112.060	112.108	112.067	112.114	111.673
28	N(1)-C(6)-H(30)	106.300	105.677	106.207	105.970	106.098	106.135	106.048	106.088
29	N(1)-C(7)-H(31)	108.837	108.747	108.817	108.755	108.844	108.798	108.736	108.656
30	N(1)-C(7)-H(32)	108.565	108.424	108.625	108.698	108.639	108.754	108.722	108.774
31	N(1)-C(7)-H(33)	113.564	113.588	113.336	113.359	113.324	113.311	113.372	113.562

ელექტრონული ორბიტალების დასახლების ანალიზის მიხედვით, ელექტრონული სიმკვრივეების (ფორმალური დასახლება) და ეფექტური მუხტების მნიშვნელობების გათვალისწინებით ნებისმიერ გამხსნელში ყველაზე მაღალი ელექტრონული სიმკვრივით ხასიათდებიან N(1), N(4), N(9), N(16) და S(18) ატომები.

აზოტის N(1) ატომს აქვს σ -ტიპის გაუზიარებელი ელექტრონული წყვილი ანუ, გააჩნია sp^2 - ტიპის ელექტრონული ორბიტალი S – მდგენელით. მაგრამ მეორე წყვილი ელექტრონების განთავსებულია $2p_z$ ორბიტალზე, რომელსაც შეუძლია წარმოქმნას მხოლოდ π და არა σ -ბმა. ამ მონაცემების მიხედვით აზოტის N(1) ატომს არ შეუძლია მიიღოს მონაწილეობა მეტალთან კომპლექსწარმოქმნის პროცესში.

ცხრილი 4. გამხსნელების დიელექტრიკული შეღწევადობის (ϵ), ატომებზე მუხტების (q), ელექტრონული მუხტების და ატომურ ორბიტალებზე ელექტრონული განაწილების (s, p) მნიშვნელობები ოლანზაპინის მოლეკულაში

	გამხსნელი	ატომი	ატომზე მუხტი	ატომზე ელექტრონების სიმკვრივე	n	ელექტრონების განაწილება ორბიტალებზე			
						nS	nP _x	nP _y	nP _z
1	აირი	N(1)	-0.261	5.261	2	1.587	1.057	1.139	1.478
2	წყალი	N(1)	-0.279	5.279	2	1.595	1.071	1.147	1.466
3	დმსო	N(1)	-0.298	5.298	2	1.598	1.078	1.132	1.489
4	მეთანოლი	N(1)	-0.281	5.281	2	1.597	1.073	1.126	1.485
5	ეთანოლი	N(1)	-0.296	5.296	2	1.594	1.077	1.132	1.491
6	აცეტონი	N(1)	-0.278	5.278	2	1.598	1.073	1.135	1.471
7	ქლოროფორმი	N(1)	-0.279	5.279	2	1.592	1.070	1.115	1.502
8	ჰექსანი	N(1)	-0.273	5.273	2	1.593	1.069	1.080	1.530

აზოტის N(4) ატომს აქვს σ -ტიპის გაუზიარებელი ელექტრონული წყვილი ანუ, გააჩნია sp^2 - ტიპის ელექტრონული ორბიტალი S – მდგენელით. კვანტურ-ქიმიური გათვლების მიხედვით თითქმის ყველა გამხსნელში (გარდა ეთანოლისა და აცეტონის) მეორე წყვილი ელექტრონების განთავსებულია $2P_x$ ორბიტალზე, რაც თეორიულად განაპირობებს ამ ატომის უნარს მონაწილეობა მიიღოს კოვალენტური ბმის წარმოქმნაში მეტალთან:

გამხსნელი	ატომი	ატომზე მუხტი	ატომზე ელექტრონების სიმკვრივე	n	ელექტრონების განაწილება ორბიტალებზე			
					nS	nP _x	nP _y	nP _z
აირი	N(4)	-0.220	5.220	2	1.568	1.353	1.047	1.253
წყალი	N(4)	-0.237	5.237	2	1.604	1.262	1.194	1.177
დმსო	N(4)	-0.239	5.239	2	1.604	1.338	1.043	1.255
მეთანოლი	N(4)	-0.230	5.230	2	1.609	1.264	1.176	1.180
ეთანოლი	N(4)	-0.236	5.236	2	1.605	1.326	1.058	1.247
აცეტონი	N(4)	-0.230	5.230	2	1.608	1.265	1.176	1.181
ქლოროფორმი	N(4)	-0.225	5.225	2	1.607	1.282	1.126	1.210
ჰექსანი	N(4)	-0.229	5.229	2	1.602	1.343	0.984	1.301

აზოტის N(9) ატომს აქვს σ -ტიპის გაუზიარებელი ელექტრონული წყვილი ანუ, გააჩნია sp^2 - ტიპის ელექტრონული ორბიტალი S – მდგენელით, რაც განაპირობებს ამ ატომის უნარს მონაწილეობა მიიღოს კოვალენტური ბმის წარმოქმნაში მეტალთან:

გამხსნელი	ატომი	ატომზემუხტი	ატომზე ელექტრონების სიმკვრივე	n	ელექტრონების განაწილება ორბიტალებზე			
					nS	nP _x	nP _y	nP _z
აირი	N(9)	-0.230	5.230	2	1.684	1.147	1.115	1.284
წყალი	N(9)	-0.232	5.232	2	1.685	1.124	1.366	1.057
დმსო	N(9)	-0.249	5.249	2	1.681	1.143	1.286	1.140
მეთანოლი	N(9)	-0.231	5.231	2	1.683	1.127	1.366	1.055
ეთანოლი	N(9)	-0.245	5.245	2	1.682	1.140	1.301	1.122
აცეტონი	N(9)	-0.230	5.230	2	1.683	1.124	1.364	1.060
ქლოროფორმი	N(9)	-0.222	5.222	2	1.682	1.126	1.347	1.066
ჰექსანი	N(9)	-0.214	5.214	2	1.682	1.181	1.174	1.178

აზოტის N(16) ატომის ეფექტური მუხტების და ატომებზე ელექტრონული სიმკვრივეების, აგრეთვე ორბიტალებზე ელექტრონების განაწილების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ სამ გამხსნელში - წყალში, მეთანოლსა და აცეტონში აზოტის N(16) ატომმა შესაძლებელია გამოავლინოს დონორული თვისებები, ვინაიდან ელექტრონული წყვილის განთავსებულია 2s ორბიტალზე, ხოლო მეორე წყვილი ელექტრონების 2P_x ორბიტალზე, რაც შესაძლებლობას იძლევა აღნიშნულმა ატომმა მეტალ-კომპლექსწარმომქმნელთან წარმოქმნას ქიმიური ბმა.

რაც შეეხება დანარჩენ გამხსნელებს - დმსო-ს, ეთანოლს, ქლოროფორმს და ჰექსანს, ამ გამხსნელების შემთხვევაში ელექტრონული წყვილი აზოტის N(16) ატომის განთავსებულია არა 2P_x, არამედ 2P_y და 2P_z ორბიტალებზე, რომლებსაც შეუძლიათ მონაწილეობა მიიღონ π და არა σ-ბმის წარმოქმნაში.

ეს მაგალითი კიდევ ერთხელ აჩვენებს ქვანტურ-ქიმიური გათვლების გამოყენების უპირატესობას სინთეზისთვის ოპტიმალური პირობების შერჩევისთვის:

გამხსნელი	ატომი	ატომზემუხტი	ატომზე ელექტრონების სიმკვრივე	n	ელექტრონების განაწილება ორბიტალებზე			
					nS	nP _x	nP _y	nP _z
აირი	N(16)	-0.184	5.184	2	1.525	1.068	1.517	1.073
წყალი	N(16)	-0.216	5.216	2	1.549	1.383	1.263	1.021
დმსო	N(16)	-0.221	5.221	2	1.546	1.280	1.323	1.074
მეთანოლი	N(16)	-0.220	5.220	2	1.546	1.359	1.307	1.008
ეთანოლი	N(16)	-0.221	5.221	2	1.543	1.291	1.331	1.056
აცეტონი	N(16)	-0.220	5.220	2	1.543	1.372	1.292	1.013
ქლოროფორმი	N(16)	-0.209	5.209	2	1.540	1.324	1.331	1.013
ჰექსანი	N(16)	-0.199	5.199	2	1.530	1.150	1.372	1.147

გოგირდის S(18) ატომის ელექტრონული სიმკვრივეების ანალიზი, აგრეთვე ორბიტალებზე ელექტრონების განაწილების ანალიზის მიხედვით ამ ატომმა თითქოს უნდა გამოამყდევნოს უნარი წარმოქმნას ბმა მეტალის ატომთან, მაგრამ ატომზე დადებითი მუხტის მნიშვნელობა გამოირიცხავს ამ ატომის მიერ ქიმიური ბმის წარმოქმნის შესაძლებლობას მეტალის ატომებთან:

გამხსნელი	ატომი	ატომზემუხტი	ატომზე ელექტრონების სიმკვრივე	n	ელექტრონების განაწილება ორბიტალებზე			
					nS	nP _x	nP _y	nP _z
აირი	S(18)	0.482	5.518	3	1.819	0.940	1.446	1.313
წყალი	S(18)	0.663	5.337	3	1.816	1.594	1.018	0.910
დმსო	S(18)	0.652	5.348	3	1.818	1.572	1.065	0.894
მეთანოლი	S(18)	0.642	5.358	3	1.818	1.604	1.026	0.911
ეთანოლი	S(18)	0.633	5.367	3	1.818	1.585	1.066	0.898
აცეტონი	S(18)	0.629	5.371	3	1.818	1.611	1.030	0.912
ქლოროფორმი	S(18)	0.569	5.431	3	1.818	1.630	1.063	0.920
ჰექსანი	S(18)	0.514	5.486	3	1.819	1.527	1.189	0.951

დასკვნა

ნახევრადემპირიული AM1 კვანტურ-ქიმიური მეთოდით შესწავლილია ლითონებთან ოლანზაპინის მოლეკულის კომპლექსწარმოქმნის უნარი; გამოთვლილია მოლეკულის ენერგეტიკული, ელექტრონული და სტრუქტურული მახასიათებლების აირად ფაზაში ასევე წყალში და სხვადასხვა ორგანულ გამხსნელში

გამოვლენილია დონორი ატომები. კვანტურ-ქიმიური გათვლების შესაბამისად აზოტის N(9) ატომს აქვს უნარი წარმოქმნას მეტალ-კომპლექსწარმოქმნელთან ქიმიური ბმა.

კვანტურ-ქიმიური გათვლების ანალიზის მიხედვით წინასწარ არის შესაძლებელი გამხსნელების შერჩევა სინთეზის ჩასატარებლად ოპტიმარულ პირობებში. კერძოდ, წყალში, მეთანოლსა და აცეტონში სინთეზის ჩატარების შემთხვევაში ოლანზაპინის მოლეკულაში აზოტის N(16) ატომი გამოამჟღავნებს დონორულ თვისებებს და მიიღებს მონაწილეობას ქიმიური ბმის წარმოამნაში.

ლიტერატურა

1. Z.Gogberashvili, M.Tsintsadze, N.Kilasonia, N.Gegeshidze. Synthesis of mixed ligand (2-amino-6-methylpyridine, azelaic acid dihydrazide) coordination compounds and study of physico-chemical properties. International scientific conference “Chemistry-achievements and perspectives” April 20, 2023 Tbilisi, P.80
2. M.Tsintsadze, N.Gegeshidze, N.Kilasonia. Preparathion and characterization of some double complex compounds of metals with N,N-dimethylformamide. CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF BIOPOLYMERS. Book Volume IP. 26-35 Publishing House “UNIVERSAL
3. N.Kilasonia, D.Lochohvili, E.Jokhadze, M.Tsintsadze. Quantum-chemical study of caprylic acid hydrazide molecule by AM1 method in different solvents. 2nd InterlScient. Conf. „Science, Education, Innovation and Chemical Technologies from Idea to Implemenntion” Seasonal school for masters and doctoral students “Innovation - from Idea to Implemenntion”. 2023. Tbilisi , TSU

4. M. Tsintsadze, T. Giorgadze, I. Sharia, G. Tsintsadze, Coordination compounds of Co(II) and Ni(II) with nitrogen- and oxygen-containing ligands - derivatives of the heterocyclic series (meta-nitrobenzaldehyde hydrazones), "Technical University", Tbilisi, 2021, 142 p. . ISBN 978-9941-28-700-8
5. G.Tsintsadze, D.Lochohvili, E.Topuria, T.Tusiashvili. Solvent effect on complex formation of dimethylacetamide and N,N-dimethylformamide, Herald of the National Academy of Sciences of Georgia. Chemistry series. 2016, vol. 42, N3 p. 320-324
6. Chanturia M.M., Giorgadze T.Z., Lochoshvili D.M., Gulbani D.V., Energy, electronic and structural characteristics of alpha-pyridinaldehyde isonicotinoylhydrazone (Apainh) molecule in different solvents calculated by the quantum-chemical semiempirical AM1 method, Engineering Institute of Georgia News, No. 3, 2021, p. 9-17, ISSN 1512-0287
7. Gegeshidze N., Kereselidze M., Skhirtladze L., Kurkhuli M. Synthesis of bimetallic cobalt (II) complex compounds with isonicotinamide and picolinamidomethyl. Kyiv Conference on Analytical Chemistry. Modern Trends. Book of Abstracts. Київ 2022. p.46

Study of the effect of the solvent on the complexing ability of olanzapine using the quantum-chemical semi-empirical method AM1.

Maia Tsintsadze - professor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Professor, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast. 69; I.Javakhishvili Tbilisi State University R.Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry; Georgia. 0186. Tbilisi, Mindelist. 11; T. 593311663; m.tsintsadze@gtu.ge

Nana Gegeshidze - associate professor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Professor, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast. 69; I.Javakhishvili Tbilisi State University R.Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry; Georgia. 0186. Tbilisi, Mindeli st.11; T. 593368810; gegeshidzenana04@gtu.ge

Maia Mamiseushvili – assistant professor

Georgian Technical University; Kostava st. 69, 0175, Tbilisi, Georgia, T. 591 192 024; E-mail: m.mamiseishvili@gtu.ge

Dimimitri Lochoshvili - Academic Doctor, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry, Laboratory of Physics and Chemistry of Inorganic Compounds, Mindeli St. 11, Academic Doctor, Tbilisi, Georgia; T. 591 662 165; dimitri.lochoshvili@tsu.ge

Nino Gabitashvili - PhD student

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostava st. 69; T. 595 100 721; gabitashvili.nino@teachers.gov.ge

Abstract: Quantum-chemical semiempirical AM1 method has been used to study the effect of different solvents on the ability of medicinal drug olanzapine (2-methyl-4-(4-methyl-1-piperazinyl)-10H-thieno[2,3-b][1,5] benzodiazepine) to form complexes with metals . This kind of research is of great importance for planning the synthesis of complex compounds based on olanzapine, selecting a solvent and studying various properties. Energy, electronic and structural characteristics of the molecule were calculated. On the basis of calculations, the donor atoms in the olanzapine molecule and the manner of its coordination with the metal atom have been identified.

Keywords: Drug, psychotropic drug, complexation, donor atom, complexing agent, ligand.

კობალტის (II) ორმაგი კოორდინაციული ნაერთები ჟანგბად- და გოგირდშემცველ ორგანულ ლიგანდებთან

ნანა გეგეშიძე - ასოცირებული პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ივ.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, რ.აგლაძის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. საქართველო. 0186, თბილისი, მინდელი ქ. 11; ტ. 593 36 88 10; gegeshidzenana04@gtu.ge

მარიამ ქანთარია - სწავლების საფეხური ბაკალავრიატი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69; ტ.579324291; mariamkantaria30@gmail.com

დავიდ მარდოიანი - სწავლების საფეხური ბაკალავრიატი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69; ტ. 568 72 46 65; mardoiani.david24@gtu.ge

ილონა შეყილაძე - სწავლების საფეხური ბაკალავრიატი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69; ტ. 598 22 74 34; shakiladzeilona57@gmail.com

მზია გოგიაშვილი - სწავლების საფეხური ბაკალავრიატი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69; ტ. 593 13 78 13; gogiashvili.mzia24@gtu.ge

ლ. სხირტლაძე - რ.აგლაძის სახელობის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. არაორგანული ნაერთების ფიზიკა-ქიმიის ლაბორატორია, მინდელის ქ. 11. 0186, ქ. თბილისი, საქართველო E-mail: l.skhirtladze@tsu.ge

რეცენზენტები:

მაია ცინცაძე - პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ი.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რ.აგლაძის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. საქართველო. 0186, თბილისი, მინდელი ქ. 11; ტ. 593 31 16 63; m.tsintsadze@gtu.ge

რევაზ კლდიაშვილი - პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო, 0105, თბილისი, კოსტავას 69. ტ. 577 495 025 Kldiashvilirevazi04@gtu.ge

ანოტაცია: სინთეზირებულია კობალტის (II) ორი ახალი ორმაგი კოორდინაციული ნაერთი კარბამიდთან და თიოკარბამიდთან შედგენილობით $[Co_6L][Co(SCN)_4]$ და $[Co_6L']][Co(SCN)_4]$, სადაც L-კარბამიდია, L'- თიოკარბამიდი.

შესწავლილია სინთეზირებული ნაერთების ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისება.

ორგანული ლიგანდების და აციდოჯგუფების კოორდინირების წესის დადგენის მიზნით შესწავლილია სინთეზირებული ნაერთების იწ სპექტრები.

მიღებული მონაცემების გაანალიზების საფუძველზე მოწოდებულია სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთების სავარაუდო სტრუქტურები.

საკვანძო სიტყვები: ორმაგი კომპლექსური ნაერთები, კარბამიდი, თიოკარბამიდი, ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები

შესავალი

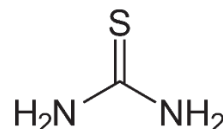
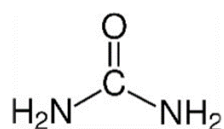
საღებრებსდა საღებავებს დიდი როლი აკისრიათ მეცნიერებაში, ტექნიკაში და წარმოების სხვადასხვა დარგში. ისინი იცავენ ლითონებს კოროზიისგან და დაზიანებისგან, მათი მეშვეობით პოლიმერები და მინის ნაწარმები უფრო მდგრადები არიან. პიგმენტები გამოიყენება არა მხოლოდ ქიმიურ ტექნოლოგიაში, არამედ მედიცინაშიც, ადამიანის საქმიანობის სხვადასხვა დარგში.

ჩვენი კვლევის საგანს წარმოადგენს კარბამიდთან (შარდოვანასთან) და თიოკარბამიდთან (თიოშარდოვანასთან) კობალტის (II) ორმაგი კოორდინაციული ნაერთების კვლევა იწ სპექტროსკოპიის მეთოდით.

კარბამიდი (შარდოვანა) - $CO(NH_2)_2$ - უფერო, უსუნო წვრილკრისტალური წყალში კარგად ხსნადი ნივთიერება, რომელიც პრაქტიკულად არარის მომწამლავი.

თიოკარბამიდი (თიოშარდოვანა) - $CS(NH_2)_2$ - თერთი ფერის კრისტალური ნივთიერებაა, მწარე გემოთი და შემწვარი ხახვის სუნით, ხსნადია წყალში, მეთანოლსა და პირიდინში.

ფართოდ გამოიყენება ორგანულ სინთეზში, მათ შორის სამკურნალო პრეპარატების მისაღებად, მაგ., სულფიდინის:



კარბამიდის და თიოკარბამიდის მეტალების კომპლექსნაერთებს ახასიათებთ ანტიბაქტერიული, ანტიფუნგიციდური, სიმსივნის საწინააღმდეგო თვისებები.

ორივე ორგანულ ლიგანდთან მეტალების კომპლექსნაერთები ფართოდ გამოიყენება: ორგანულ კატალიზში, ფარმაკოლოგიაში, მასალათმცოდნეობაში, სენსორულ და ოპტიკურ ხელსაწყოებში და ა.შ.

კარბამიდის და თიოკარბამიდის კომპლექსური ნაერთები ხასიათდებიან მაღალი თერმული მდგრადობით და ქიმიური სტაბილურობით. ნაერთები გამოირჩევა ლამაზი შეფერილობით, რაც საინტერესოს ხდის მათ სხვადასხვა სფეროში გამოსაყენებლად.

თავის მხრივ კობალტი(II) წარმოქმნის სხვადასხვა შეფერილობის კომპლექსურ ნაერთებს: ცისფერი, ყვითელი, მწვანე, წითელი, იისფერი. გარდა ამისა, კობალტი (II) მიეკუთვნება ე.წ. „სიცოცხლის ლითონებს“. ამ მხრივ კობალტის (II) კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და კვლევა ბიოლოგიურად აქტიურ ორგანულ ლიგანდებთან საინტერესო ამოცანაა.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ კობალტის (II) ორმაგი კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი ბიოლოგიურად აქტიურ ორგანულ ლიგანდებთან და აციდო-ლიგანდებთან, სინთეზირებული ნაერთების კვლევა.

ძირითადი ნაწილი

როგორც ავღნიშნეთ, ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა კობალტის ორმაგი კომპლექსური ნაერთების მიღება. საწყის ნივთიერებებად შევარჩიეთ კობალტის (II) ქლორიდი, კალიუმის თიოციანატი, ხოლო ორგანულ ლიგანდებად - კარბამიდი (შარდოვანა) და თიოკარბამიდი (თიოშარდოვანა). გამხსნელად გამოვიყენეთ ეთილის სპირტი და დიეთილეთერი.

კარბამიდთან და კალიუმის თიოციანატთან კობალტის კომპლექსური ნაერთის სინთეზს ვახდენდით ორ სტადიად.

ხსნარი 1. კომპლექსური ანიონის შემცველი ხსნარის მისაღებად კობალტის (II) ქლორიდის 0.01 მოლს გაცხელებით ვხსნიდით 5 მლ ეთილი სპირტში. კალიუმის თიოციანატის ეთანოლ-წყალხსნარს ჭარბი რაოდენობით ვუმატებდით მარილის ეთანოლხსნარს. გამოყოფილ ნალექს ვფილტრავდით.

ხსნარი 2. კომპლექსური კათიონის შემცველი ხსნარის მისაღება კობალტის (II) ქლორიდის 0.01 მოლს გაცხელებით ვხსნიდით 5 მლ ეთილი სპირტში. მარილის ცხელ ეთანოლხსნარს მუდმივი მორევით წვეთ-წვეთობით ვუმატებდით ორგანული ლიგანდის ცხელ ათანოლხსნარს. კობალტის (II) ქლორიდის და კარბამიდის თანაფარდობა შეადგენდა 1:6. ნარევს ვადულებდით წყლის აბაზანაზე მუდმივი მორევით 20 წუთის განმავლობაში.

ხსნარ 2-ს გაცხელებით და მუდმივი მორევით წვეთ-წვეთობით ვუმატებდით ხსნარ 1-ს. შერევისას ნალექის გამოყოფა არ აღინიშნებოდა. ნარევი ვადუღეთ წყლის აბაზანაზე 20 წუთის განმავლობაში.

ნარევს ვაცივებდით ოთახის ტემპერატურაზე. რამოდენიმე დღე-ღამის დაყოვნების შემდეგ აღინიშნებოდა ნალექის გამოყოფა.

გამოყოფილი კრისტალები გადავიტანეთ ფილტრის ქაღალდზე და ჩავრეცხეთ დიეთილეთერის მცირე ულუფებით. კრისტალებს ვაშრობდით ჰაერზე ფილტრის ქაღალდებს შორის [1-3].

$[Co_6L][Co(SCN)_4]$ - მიღებული ცისფერი ფერის კრისტალური ნივთიერება.

ანალოგიური მეთოდით ჩავატარეთ მეორე კომპლექსური ნაერთის სინთეზი. კობალტის (II) ქლორიდის და თიოზარდოვანას თანაფარდობა შეადგენდა 1:6.

$[Co_6L'][Co(SCN)_4]$ - მიღებული მურა-წითელი ფერის კრისტალური ნივთიერება.

ნაერთები გამოყოფილია მყარ მდგომარეობაში, ჰაერზე არ განითხევა, დახურულ ჭურჭელში ინახება დიდხანს. შესწავლილია მათი ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისება.

ცხრილი 1. კარბამიდთან (L), თიოკარბამიდთან (ოა5მპ) და თიოციანატ-იონთან კობალტის (II) ორმაგი კოორდინაციული ნაერთების ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისება

	ნაერთი	გამხსნელი					შეფერილობა
		წყალი	ეთანოლი	აცეტონი	დმფ	დიეთილ-ეთერი	
1	$[Co_6L][Co(SCN)_4]$	ხსნ.	ხსნ.	ხსნ.	ხსნ.	უხსნ.	ლურჯი
2	$[Co_6L'][Co(SCN)_4]$	ხსნ.	ხსნ.	ხსნ.	ხსნ.	უხსნ.	აგურისფერი-წითელი

კარბამიდის და თიოკარბამიდის მოლეკულების და თიოციანატ-იონების კოორდინირების წესის დადგენის მიზნით შესწავლილია სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთების შთანთქმის იწ სპექტრები.

სინთეზირებული ნაერთების შთანთქმის იწ სპექტრები ჩაწერილია FTIR ფურიე გარდაქმნის იწ სპექტრომეტრზე „TERMO NICOLET“, AVATAR 370 (დიაპაზონი 4000 – 400სმ⁻¹, გაზომვის სიზუსტე 0,5 სმ⁻¹). გამოიყენებოდა ნიმუშის ვაზელინის ზეთში გასრესვის მეთოდიკა. ვაზელინის ზეთის შთანთქმა შეძლებისდაგვარად კომპენსირდებოდა. სპექტრების ჩაწერა ხდებოდა 400 – 4000 სმ⁻¹ უბანში.

ცხრილი 2. კარბამიდის (L) მოლეკულის და მის საფუძველზე სინთეზირებული კობალტის (II) ორმაგი კოორდინაციული ნაერთის შთანთქმის იწ სპექტრში ნაპოვნი რხევითი სიხშირეების მაქსიმუმები (სმ⁻¹)

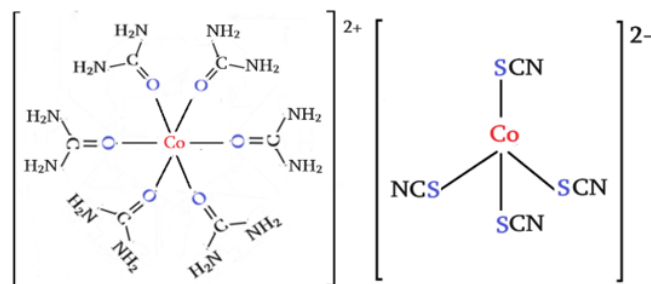
ნაერთი		$\nu_s(\text{NH}_2)$	$\nu_{as}(\text{NH}_2)$ H ₂ O, $\nu(\text{OH})$	$\delta(\text{NH})$	$\nu(\text{CO})$	$\nu(\text{C—N})$
1	L	3353	3466	1618	1695	1468
2	[Co ₆ L][Co(SCN) ₄]	3325	3423	-	1634	1454

კარბამიდის და მის საფუძველზე სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთის იწ სპექტრის ანალიზიმა აჩვენა, რომ კარბონილის ჯგუფის $\nu(\text{CO})$ რხევის სიხშირე კომპლექსნაერთის იწ სპექტრში არაკოორდინირებული მოლეკულასთან შედარებით შემცირებულია ~60 სმ⁻¹-ით, რაც მიუთითებს კარბამიდის მოლეკულის კოორდინირებაზე ცენტრალურ ატომთან კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადის ატომის საშუალებით.

სინთეზირებული კომპლექსური ნაერთის იწ სპექტრის მიხედვით დადგენილია აციდო-ჯგუფებს - თიოციანატ-იონების SCN⁻ რხევის სიხშირეები: $\nu(\text{CN}) \sim 2099.89$ სმ⁻¹, $\nu(\text{CS}) \sim 890$ სმ⁻¹, $\delta(\text{NCS}) \sim 740$ სმ⁻¹ შესაბამისად.

იწ სპექტრის 2099.89 სმ⁻¹ უბანში გამოვლენილი საშუალო ინტენსივობის $\nu(\text{CN})$ რხევის სიხშირე მიუთითებს კობალტის (II) ატომის კავშირზე თიოციანატ-იონთან გოგირდის ატომის საშუალებით. მკვეთრად გამოხატული ზოლი 740 სმ⁻¹ უბანში შეგვიძლია მივაკუთნოთ თიოციანატ-იონების $\nu(\text{CS})$ ვალენტურ რხევებს, რაც ასევე მიუთითებს თიოციანატ-იონების კოორდინაციაზე კობალტის (II) ატომთან გოგირდის ატომის საშუალებით, ანუ ხორციელდება თიოციანატური სტრუქტურა Co←SCN.

ამრიგად, სინთეზირებული კათიონურ-ანიონური კომპლექსური ნაერთი $[Co_6L][Co(SCN)_4]$, სადაც L - კარბამიდია. კომპლექსურ კათიონში $[Co_6L]^{2+}$ კობალტის (II) ატომის საკოორდინაციო რიცხვი 6-ის ტოლია. კარბამიდის მოლეკულები ასრულებენ მონოდენტური ლიგანდების როლს და კობალტის (II) ატომს უკავშირდებიან კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადის ატომით. რაც შეეხება კომპლექსურ ანიონს $[Co(SCN)_4]^{2-}$, კობალტის (II) ატომის საკოორდინაციო რიცხვი 4-ის ტოლია და ის დაკავშირებულია ოთხ თიოციანატ-იონთან გოგირდის ატომის საშუალებით, ანუ ხორციელდება თიოციანატური სტრუქტურა [4]:



ნახაზი 1. კოორდინაციული ნაერთის $[Co_6L][Co(SCN)_4]$ (L - კარბამიდი) სავარაუდო სტრუქტურა

თიოკარბამიდის და მის საფუძველზე სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთის იწ სპექტრის ანალიზიმა აჩვენა, რომ $\nu(C=S)$ ბმის რხევის სიხშირე კომპლექსნაერთის იწ სპექტრში გამოვლენილია 722 სმ^{-1} უბანში და არაკოორდინირებული მოლეკულასთან შედარებით შემცირებულია $\sim 10 \text{ სმ}^{-1}$ -ით, რაც მიუთითებს თიოკარბამიდის მოლეკულის კოორდინირებაზე ცენტრალურ ატომთან გოგირდის ატომის საშუალებით.

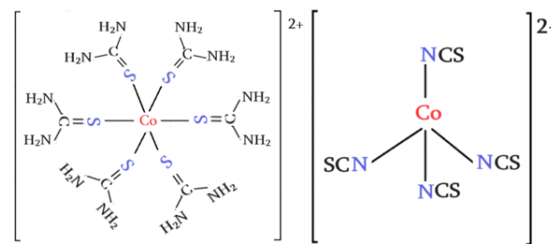
ცხრილი 3. თიოკარბამიდის (L') მოლეკულის და მის საფუძველზე სინთეზირებული კობალტის (II) ორმაგი კოორდინაციული ნაერთის შთანთქმის იწ სპექტრში ნაპოვნი რხევითი სიხშირეების მაქსიმუმები (სმ^{-1})

	ნაერთი	$\nu_s(NH_2)$	$\nu_{as}(N-C=N)$	$\nu(C=S)$	$\nu_s(CN)$	$\delta(C-S)$
1	L'	3362	1591	1478	1093	732
2	$[Co_6L][Co(SCN)_4]$	3358	1593	1454	1082	722

სინთეზირებული კომპლექსური ნაერთის იწ სპექტრის მიხედვით დადგენილია აციდო-ჯგუფებს - თიოციანატ-იონების SCN^- რხევის სიხშირეები: $\nu(CN) \sim 2099.89 \text{ სმ}^{-1}$, $\nu(CS) \sim 890 \text{ სმ}^{-1}$, $\delta(NCS) \sim 740 \text{ სმ}^{-1}$ შესაბამისად.

იწ სპექტრის 2050.85 cm^{-1} უბანში გამოვლენილი საშუალო ინტენსივობის $\nu(\text{CN})$ რხევის სიხშირე მიუთითებს კობალტის (II) ატომის კავშირზე თიოციანატ-იონთან აზოტის ატომის საშუალებით, ანუ ხორციელდება იზოთიოციანატური სტრუქტურა $\text{Co} \leftarrow \text{NCS}$.

ამრიგად, სინთეზირებული კათიონურ-ანიონური კომპლექსური ნაერთი $[\text{Co6L}'][\text{Co}(\text{SCN})_4]$, სადაც L' - თიოკარბამიდი კომპლექსურ კათიონში $[\text{Co6L}']^{2+}$ კობალტის (II) ატომის საკოორდინაციო რიცხვი 6-ის ტოლია. თიოკარბამიდის მოლეკულები ასრულებენ მონოდენტური ლიგანდების როლს და კობალტის (II) ატომს უკავშირდებიან გოგირდის ატომის საშუალებით. რაც შეეხება კომპლექსურ ანიონს $[\text{Co}(\text{NCS})_4]^{2-}$, კობალტის (II) ატომის საკოორდინაციო რიცხვი 4-ის ტოლია და ის დაკავშირებულია ოთხ თიოციანატ-იონთან აზოტის ატომის საშუალებით, ანუ ხორციელდება იზოთიოციანატური სტრუქტურა [5, 6]:



ნახაზი. 2. კოორდინაციული ნაერთის $[\text{Co6L}'][\text{Co}(\text{SCN})_4]$ (L' - თიოკარბამიდი) სავარაუდო სტრუქტურა

დასკვნა

სინთეზირებულია $[\text{Co6L}][\text{Co}(\text{SCN})_4]$ და $[\text{Co6L}'][\text{Co}(\text{SCN})_4]$ შედგენილობის კობალტის (II) ორი ახალი კათიონურ-ანიონური ტიპის კოორდინაციული ნაერთი კარბამიდთან (L) და თიოკარბამიდთან (L'). შესწავლილია სინთეზირებული ნაერთების ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისება.

სინთეზირებულია ნაერთების იწ სპექტრების ანალიზის საფუძველზე განსაზღვრულია ორგანული ლიგანდების და აციდო-ჯგუფების კოორდინირების წესი. კვლევების საფუძველზე გამოტანილია დასკვნები სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთების სავარაუდო აღნაგობის შესახებ.

ლიტერატურა

1. M.Tsintsadze, N.Gegeshidze, N.Kilasonia. Preparathion and characterization of some double complex compounds of metals with N,N-dimethylformamide. CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF BIOPOLYMERS. Book Volume IP. 26-35Publishing House “UNIVERSAL”
2. Gegeshidze N., Kereselidze M., Skhirtladze L., Kurkhuli M. Synthesis of bimetallic cobalt (II) complex compounds with isonicotinamide and picolinamidomethyl. Kyiv Conference on Analytical Chemistry. Modern Trends. Book of Abstracts. Київ2022. p.46
3. T.Nutsbidze, N.Gegeshidze, M.Kereselidze, N.Tabuashvili. Synthesis and investigation of coordination isomers of cobalt (II) and nickel (II) with isonicotinamide and thiocyanate ion. International scientific conference “Chemistry-achievements and perspectives” April 20, 2023 Tbilisi, P.74
4. Z.Gogberashvili, M.Tsintsadze, N.Kilasonia, N.Gegeshidze. Synthesis of mixed ligand (2-amino-6-methylpyridine, azelaic acid dihydrazide) coordination compounds and study of physico-chemical properties. International scientific conference “Chemistry-achievements and perspectives” April 20, 2023 Tbilisi, P.80
5. М.Цинцадзе, Н.Гегешидзе. Комплексообразующая способность диметилсульфоксида, N,N-диметилформамида и карбамида (мочевины) (монография). Технический университет Тбилиси. 2022 103 стр.
6. D.Tabatadze, N.Gegeshidze, L.Ratiani, L.Sxirtladze. Synthesis and investigation of coordination compounds of iron (II) with 4,4'-dipyridine. International scientific conference “Chemistry-achievements and perspectives” dedicated to the 90th anniversary of the birth of academician GiviTsintsadze April 20, 2023 Tbilisi P.73

Double complex compounds of cobalt (II) with c oxygen- and sulfur-containing organic ligands

Nana Gegeshidze - associate professor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Professor, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast. 69; I.Javakhishvili Tbilisi State University R.Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry; Georgia. 0186. Tbilisi, Mindeli st.11; T. 593368810; gegeshidzenana04@gtu.ge

Mariam Kantaria- Study Level Bachelor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast. 69; T. 579324291; mariamkantaria30@gmail.com

David Mardoyan - Study Level Bachelor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast. 69; T. 568 72 46 65; mardoiani.david24@gtu.ge

Ilona Shekiladze- Study Level Bachelor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast. 69; T. 598 22 74 34; shekiladzeilona57@gmail.com

Mzia Gogiashvili- Study Level Bachelor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast. 69; T. 593 13 78 13; gogiashvili.mzia24@gtu.ge

Lali Skhirtladze - I.Javakhishvili Tbilisi State University R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry. Laboratory of Physics and Chemistry of Inorganic Compounds, Mindeli St. 11. 0186, st. Tbilisi Georgia, lskhirtladze@tsu.ge

Abstract: Two new double coordination compounds of cobalt (II) with carbamide and thiocarbamide of the composition $[\text{Co}_6\text{L}][\text{Co}(\text{SCN})_4]$ have been synthesized and $[\text{Co}_6\text{L}'][\text{Co}(\text{SCN})_4]$, where L is carbamide, L' is thiocarbamide.

Some physicochemical properties of the synthesized complexes have been studied.

In order to study the rules of coordination of organic ligands and thiocyanates, the IR spectra of synthesized complexes were studied.

Based on the analysis of the research data, the probable structures of the synthesized complexes are presented.

Keywords: double complex compounds, carbamide, thiocarbamide, biologically active substances

ტყვიის(II) და კადმიუმის კომპლექსწარმოქმნის შესწავლა ჟანგბად- და აზოტშემცველ ბიოლოგიურად აქტიურ ორგანულ ლიგანდებთან

ნინო კილასონია - ასოცირებული პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69 რ.აგლადის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. საქართველო. 0186,თბილისი, მინდელი ქ. 11 ტ. 599 72 11 67; n.kilasonia@gtu.ge

თამარ გიორგაძე-ასოცირებული პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ტ. 599 37 68 55; giorgadzetamari04@gtu.ge

გიორგი გაჩეჩილაძე - სწავლების საფეხური: ბაკალავრიატი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69 ტ. 555183872. Ggachech5@gmail.com

სალომე შავაძე - სწავლების საფეხური: ბაკალავრიატი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69; ტ. 595 40 01 09. Sshavadze144@gmail.com

მაზურა კერესელიძე - ი.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რ.აგლაძის სახელობის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. არაორგანული ნაერთების ფიზიკა-ქიმიის ლაბორატორია, მინდელის ქ. 11. 0186, ქ. თბილისი, საქართველო, ტ. 591 932 955; m.kereselidze@tsu.ge

დომიტრი ლოჩოშვილი - ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი რ.აგლაძის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი, აკადემიური დოქტორი, მინდელის ქ. 11. 61, 0186. საქართველო ; ტ. 591 662 165; dimitri.lochoshvili@tsu.ge

რეცენზენტები:

მაია ცინცაძე - პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ი.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რ.აგლაძის არაორგანული ქიმიის და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი. საქართველო. 0186, თბილისი, მინდელი ქ. 11; ტ. 593 31 16 63; m.tsintsadze@gtu.ge

ნონა ბოლქვაძე - ასოცირებული პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ტ. 599 707 532; nona.bolkvadze63@gmail.com

ანოტაცია: სინთეზირებულია კადმიუმისა და ტყვიის(II) კოორდინაციული ნაერთები მაღალი ბიოლოგიური აქტივობის მქონე ორგანულ ნაერთებთან - პარა-დიმეთილამინობენზალდეჰიდის იზონიკოტინოილ- და ბენზალდეჰიდის ბენზოილჰიდრაზონებთან. შემუშავებულია სინთეზის მეთოდიკა, შესწავლილია ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებელი, შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრები. მიღებული შედეგებით დადგენილია კომპლექსნაერთების სავარაუდო შედგენილობა და აღნაგობა.

საკვანძო სიტყვები: კომპლექსწარმოქმნა, კოორდინაციული ნაერთი, ჰიდრაზონი, ბიოლოგიური აქტივობა, საკოორდინაციო რიცხვი, დენტატობა, შიდა სფერო, ტოქსიკური ლითონები.

შესავალი

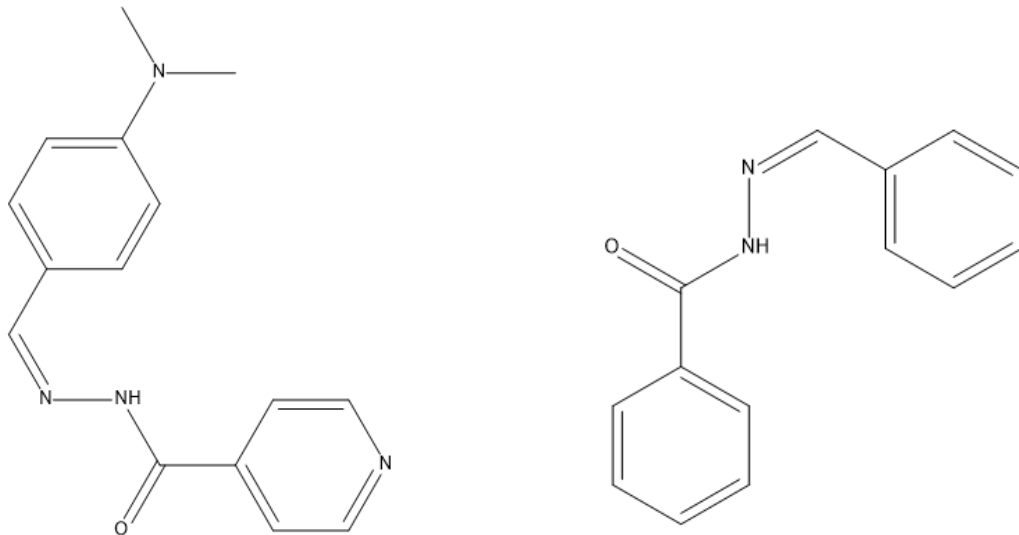
ბიოსფეროში ლითონების ქიმიისა და მათი ბიოქიმიური ციკლების შესწავლის პროცესში ვლინდება მათი ორმაგი როლი ფიზიოლოგიაში:

ერთის მხრივ, ლითონების უმეტესობა აუცილებელია ცხოვრების ნორმალური მიმდინარეობისთვის;

მეორეს მხრივ, მომატებული კონცენტრაციის დროს ისინი ავლენენ მაღალ ტოქსიკურობას, ანუ მავნე ზემოქმედებას ახდენენ ცოცხალი ორგანიზმების მდგომარეობასა და აქტივობაზე.

კომპლექსწარმოქმნა უკანასკნელი ათწლეულების განმავლობაში, გამოიყენება როგორც ორგანიზმიდან ტოქსიკური ლითონების და რადიონუკლიდების გამოსაყვანი გზა. ამიტომ, დღეისათვის სულ უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს სინთეზის ახალ მეთოდოლოგიათა შემუშავება და როგორც სინთეზირებული ორგანული ლიგანდების, ასევე მათ საფუძველზე მიღებული ლითონოკომპლექსების თვისებების მრავალმხრივი შესწავლა. ამ კვლევების მიზანია ახალი პოტენციური ქიმიურ-თერაპევტული აგენტების გამოვლენა, რაც კომპლექსწარმოქმნის რეაქციაზეა დაფუძნებული. ასეთი კვლევების აქტუალობა კიდევ იმითაა განპირობებული, რომ მრავალი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერება ორგანიზმზე მოქმედებს, როგორც კომპლექსწარმოქმნელი აგენტი. მათი უმრავლესობა ფარმაკოლოგიურ აქტივობას მხოლოდ ლითონთა იონებთან ურთიერთქმედებისას ამჟღავნებს. ამიტომ, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ბიოლოგიურად აქტიური და სამკურნალო ნივთიერებების ფარმაკოლოგიური ეფექტის გაზრდას გვერდითი მოვლენების მინიმალურ შემცირებას მათი ფუნქციონალური მოდიფიკაციით. თავის მხრივ, ფუნქციონალური მოდიფიკაცია გულისხმობს ახალი ორგანული მოლეკულების სინთეზს და შემდეგ მათ ბაზაზე ლითონებთან კოორდინაციული ნაერთების მიღებას. ზემოთთქმულიდან გამომდინარე დღესაც აქტუალურია და მნიშვნელოვანი ლითონთა კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების კვლევა ბიოლოგიურად აქტიური ატომთა დაჯგუფებების შემცველ ჰიდრაზიდებთან, დიჰიდრაზიდებთან, ჰიდრაზონებთან, ამიდებთან და სხვ.

კვლევისათვის რეაგენტებად შერჩეულ იქნა პარა-დიმეთილამინობენზალდეჰიდის იზონიკოტინოილჰიდრაზონი და ბენზალდეჰიდის ბენზოილჰიდრაზონი, კადმიუმის თიოციანატი და ტყვიის (II) ნიტრატი.



ნახაზი 1.პარა-დიმეთილამინობენალდეჰიდის იზონიკოტინოილჰიდრაზონის და ბენზალდეჰიდის ბენზოილჰიდრაზონის მოლეკულები.

არსებობს მთელი რიგი კვლევები, სადაც აღწერილია ამ ჰიდრაზონების სინთეზის მეთოდოლოგია, მათი კომპლექსწარმოქმნის უნარი (კვანტურ-ქიმიური მოდელირება), ასევე მათ ბაზაზე მიღებული კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების კვლევა. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ლიგანდებთან ტყვიისა და კადმიუმის კომპლექსნაერთები პირველადია სინთეზირებული.

ძირითადი ნაწილი

ზოგიერთი მძიმე ლითონის მაღალი ბიოლოგიური აქტიურობის მქონე მოლეკულებთან კომპლექსწარმოქმნის უნარის შესწავლის მიზნით, ჩატარებულია ექსპერიმენტი, რომლის მიზანი იყო კადმიუმის და ტყვიის კომპლექსური მარილების წარმოქმნის შესაძლებლობა ორგანულ ლიგანდებთან, რომელთა ბიოლოგიური აქტივობა უკვე შესწავლილი და დადგენილია. ეს უკანასკნელი განპირობებულია მათ მოლეკულებში არსებულ ატომთა გარკვეული სახის დაჯგუფებით.

კომპლექსნაერთების სინთეზი ჩატარებულია ეთანოლხსნარებში. მარილი და ლიგანდი აღებულია თანაფარდობით 1 : 2.

სინთეზის ზოგადი მეთოდოლოგია ასეთია: მარილს (0.01 მოლი) ვხსნიდით 50 მლ მოცულობის ქიმიურ ჭიქაში ეთანოლში (6 მლ - $Cd(NCS)_2$, 10 მლ - $Pb(NO_3)_2$). ხსნარს

ვაცხელებდით და მუდმივად ვურევდით. იგივე მოცულობის ქიმიურ ჭიქაში ვხსნიდით ჰიდრაზონის 0.02 მოლს, 8-10 მლ ეთანოლში. გახსნის პროცესს ამ შემთხვევაში ვახდენდით გაცხელებით და მუდმივი მორევით.

მარილის ეთანოლხსნარს წვეთწვეთობით ვამატებდით ლიგანდის, იგივე ტემპერატურის, ეთანოლხსნარზე და ვაგრძელებდით მორევას. პირველივე წვეთის შერევისას შეიმჩნეოდა კომპლექსწარმოქმნის რეაქციის მიმდინარეობა - ნალექის მყისიერი გამოყოფით. სარეაქციო ნარევი გადაგვქონდა ფაიფურის ჯამში და ვაცხელებდით წყლისაბაზანაზე 20-30წთ-ის განმავლობაში, ვაყოვნებდით ერთი დღე-ღამის განმავლობაში. შემდეგ ვფილტრავდით, ფილტრზე ნალექს ვრეცხავდით ცივი ეთანოლით დაგასაშრობად ვტოვებდით ვაკუუმ-ექსიკატორში კალციუმის ქლორიდზე, სრულ გამოშრობამდე.

ორივე შემთხვევაში მიღებულია ჰაერზე მდგრადი წვრილკრისტალური ფხვნილისებური ნივთიერება:

$Cd(NCS)_2 \cdot L'_2$ - ნარინჯისფერი შეფერილობის, სადაც L' - პარადიმეთილამინობენზალდეჰიდის იზონიკოტინოილჰიდრაზონია,

$Pb(NO_3)_2 \cdot L''_2$ - რუხი შეფერილობის, სადაც, L'' - ბენზალდეჰიდის ბენზოილჰიდრაზონია.

დადგენილია სინთეზირებული კომპლექსნაერთების ლღობის ტემპერატურა და შესწავლილია მათი ხსნადობა ზოგიერთ გამხსნელში (ცხრ.1).

ცხრილი 1. კადმიუმის და ტყვიის (II) კომპლექსნაერთების ხსნადობა ზოგიერთ გამხსნელში

გამხსნელი	$Cd(NCS)_2 \cdot L'_2$	$Pb(NO_3)_2 \cdot L''_2$
წყალი	გაცხელებით	გაცხელებით
ეთანოლი	უხსნადი	უხსნადი
ეთილაცეტატი	უხსნადი	უხსნადი
მეთანოლი	მცირედ ხსნადი	უხსნადი
აცეტონი	ხსნადი	ხსნადი
დიმეთილფორმამიდი	ხსნადი	ხსნადი
ქლოროფორმი	უხსნადი	უხსნადი
აცეტონიტრილი	მცირედ ხსნადი	უხსნადი
დიმეთილსულფოქსიდი	ხსნადი	ხსნადი
ჰექსანი	უხსნადი	უხსნადი
ტოლუოლი	ხსნადი	ხსნადი

ლიგანდების კოორდინირების წესის და სინთეზირებული კომპლექსნაერთების სავარაუდო აღნაგობის დასადგენად გამოვიყენეთ შთანთქმის ინფრაწითელი

სპექტროსკოპიის მეთოდი. სპექტრები ჩაწერილია 400-4000 cm^{-1} დიაპაზონში, ნიმუშის ვაზელინის ზეთში მოსრევის მეთოდიკის გამოყენებით.

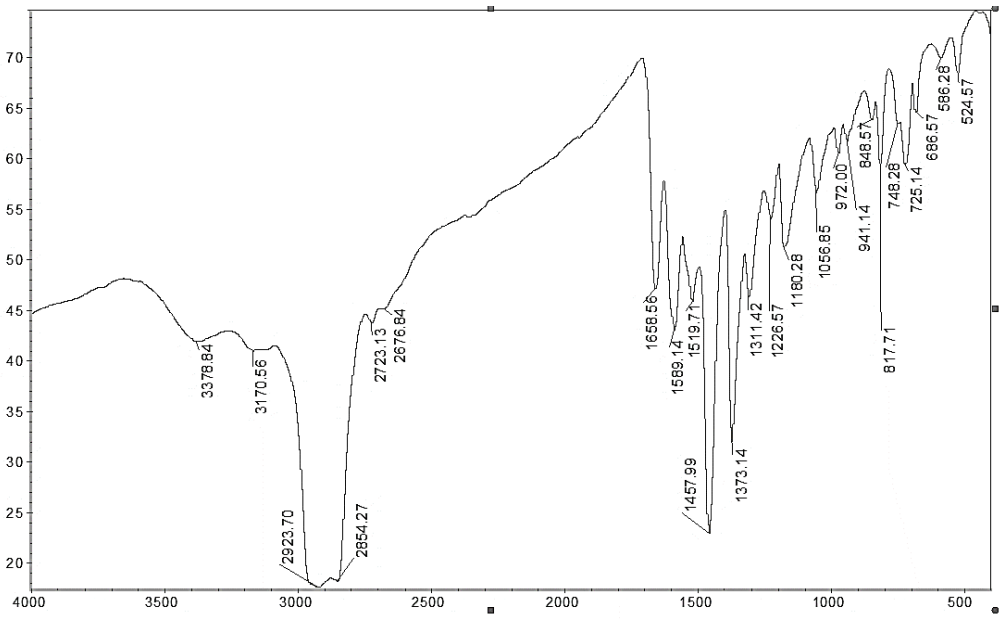
კომპლექსნაერთების იწ სპექტრების ანალიზისას და მათი შედარებისას თავისუფალი (არაკოორდინირებული) ლიგანდების სპექტრებთან, ძირითადი ცვლილებები რეგისტრირებულია იმ უბნებში, სადაც მოსალოდნელია დონორული ატომების შემცველი რხევათა ზოლები. ეს ძირითადად შეეხება უბნებს, სადაც $\nu(\text{CN})$ და $\nu(\text{CO})$ ბმათა რხევები მდებარეობენ. კომპლექსის წარმოქმნას ადასტურებს მკვეთრი ანალიტიკური ნიშნები.

L' - პარა-დიმეთილამინობენზალდეჰიდის იზონიკოტინოილჰიდრაზონის, როგორც თავისუფალი ლიგანდისთვის, ძლიერი ინტენსიური პიკის სახითაა გამოხატული კარბონილის ჯგუფისთვის დამახასიათებელი რხევის სიხშირე $\nu(\text{CO})$, რაც კადმიუმის თიოციანატურ კომპლექსნაერთში ($\text{Cd}(\text{NCS})_2 \cdot L'_2$) მკვეთრადაა შემცირებული 1658.56 cm^{-1} -მდე. ე.ი. გადანაცვლებულია მაღალსიხშირულ უბანში. ასეთი მკვეთრი ცვლილება სავალენტო რხევის სიხშირისთვის, საშუალებას გვაძლევს გამოვთქვათ ვარაუდი $C = O$ ჯგუფის ჟანგბადის ატომის მონაწილეობის შესახებ დონორ-აქცეპტორული ბმის წარმოქმნაში. ამასთან ერთად, $\nu(C = N)$ რხევის ზოლები, რომლებიც ჰიდრაზიდულ ფრაგმენტს შეესაბამება და $\nu(\text{OCN})$ რხევის სიხშირე (1527 cm^{-1} და 1233 cm^{-1}) რომელიც მონახულია თავისუფალი ლიგანდისთვის, გადანაცვლებულია $\nu(\text{CN})$ მაღალსიხშირულ უბანში. ამას მოწმობს მკვეთრად გამოხატული ინტენსივობის მქონე პიკი 1457 cm^{-1} -ზე. როგორც ჩანს, აზომეთინური ჯგუფის აზოტის ატომი კოორდინირებს $C = N \rightarrow M$ ბმის რეალიზაციით. ეს მონაცემები ადასტურებს ვარაუდს ხუთწევრიანი ლითონოციკლის წარმოქმნის შესახებ, სადაც ლიგანდი ბიდენტატური სახით გვევლინება. პირიდინის ბირთვის აზოტის ატომი, მიუხედავად იმისა, რომ მკვეთრად გამოხატულ დონორულ თვისებას ავლენს, ამ კონკრეტულ შემთხვევაში კომპლექსწარმოქმნაში არ მონაწილეობს (ნახ.1).

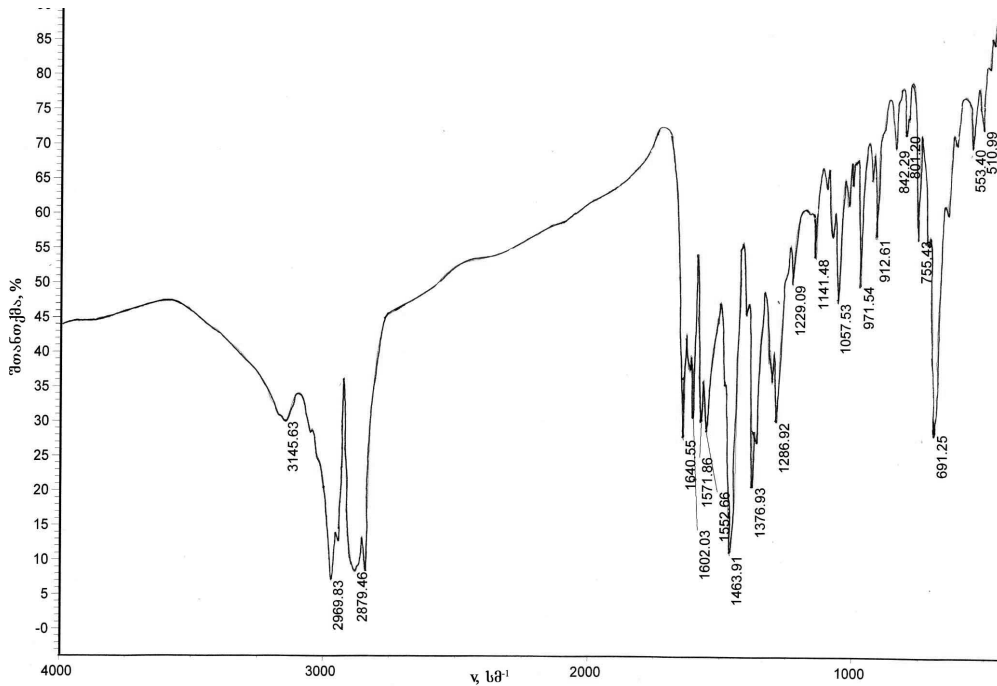
კომპლექსნაერთის იწ სპექტრში არ შეინიშნება კოორდინირებული წყლის მოლეკულებისა და თიოციანატ-იონებისთვის დამახასიათებელი შთანთქმის ზოლები. როგორც ჩანს, ეს უკანასკნელი გარესფერულია (ნახ.2).

ბენზალდეჰიდის ბენზოილჰიდრაზონის შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ლიგანდის (L'') მოლეკულა კეტონურ ფორმაშია და ლითონებთან წარმოქმნის ხუთწევრიან ლითონოციკლს.

ამ შემთხვევაშიც კომპლექსური ნაერთის ($Pb(NO_3)_2 \cdot L_2''$) ირსპექტრში $\nu(CO)$ რხევის სიხშირე თავისუფალ ლიგანდთან შედარებით შემცირებულია, რაც ნაერთში ჰიდრაზონის მოლეკულის კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადის ატომით კოორდინირებაზე მიუთითებს. "ამიდ-I" "ამიდ-II" და $\nu(C=N)$ რხევის სიხშირეების ცვლილება კოორდინირებული ლიგანდის მოლეკულაში, არაკოორდინირებულთან შედარებით კი, მიუთითებს აზომეთინის აზოტის ატომით კოორდინირებაზე (ნახ.3). ამრიგად, $Pb(NO_3)_2 \cdot L_2''$ კომპლექსურ ნაერთში ჰიდრაზონის მოლეკულა ასევე, წარმოქმნის ხუთწევრიან ლითონოციკლს.

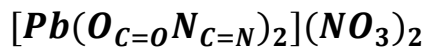
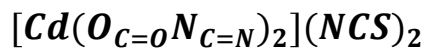


ნახაზი 2. $Cd(NCS)_2 \cdot L_2'$ შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრი (400-4000 სმ⁻¹)

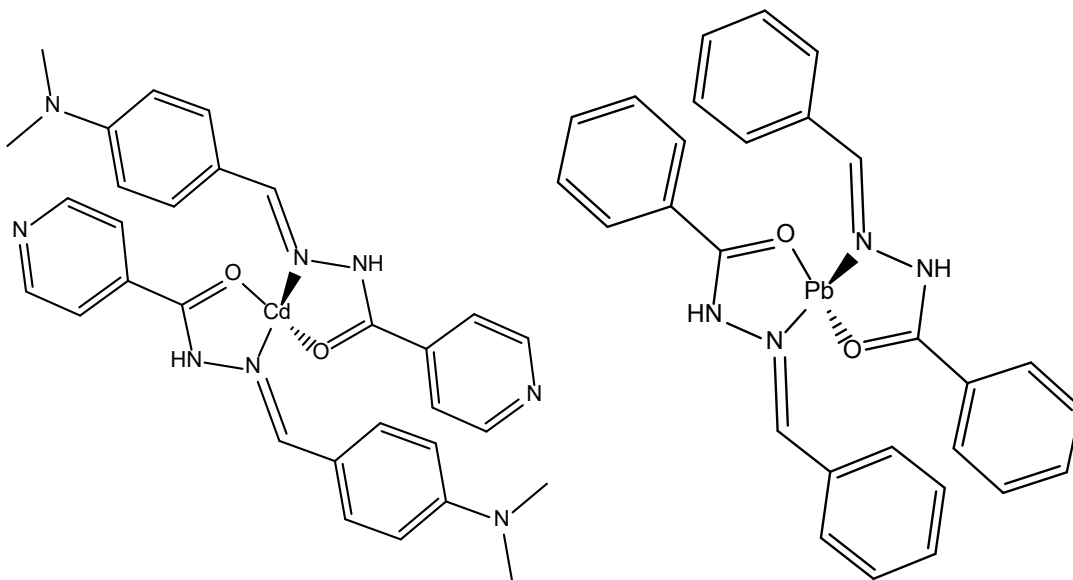


ნახაზი 3. $Pb(NO_3)_2 \cdot L_2$ შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრი (400-4000 cm^{-1})

თუ შევაჯამებთ ზემოთ განხილულ მონაცემებს, ასევე, გავითვალისწინებთ კადმიუმის და ტყვიის საკოორდინაციო რიცხვს და სპექტრის მონაცემების მიხედვით (ნახ.1,2) აციდოლიგანდების გარესფერულობას, ორივე შემთვევაში მიღებულია კატიონური კომპლექსური ნაერთები, სადაც კომპლექსწარმომქმნელის საკოორდინაციო რიცხვია 4. კომპლექსნაერთების სავარაუდო ფორმულები შეიძლება შემდეგი სახით წარმოვადგინოთ:



სავარაუდო აღნაგობა კი, შემდეგი სახით:



ნახაზი 4. $[Cd(O_{C=O}N_{C=N})_2](NCS)_2$ და $[Pb(O_{C=O}N_{C=N})_2](NO_3)_2$ სტრუქტურები

დასკვნა

სინთეზირებულია $[Cd(O_{C=O}N_{C=N})_2](NCS)_2$ და $[Pb(O_{C=O}N_{C=N})_2](NO_3)_2$ შედგენილი ნილოზის ორი სრულიად ახალი კატიონური ტიპის კოორდინაციული ნაერთი ორ სხვადასხვა ჰიდრაზონთან. დადგენილია მათი სავარუდო აღნაგობა შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის მეთოდის გამოყენებით; აგრეთვე, შესწავლილია სინთეზირებული ნაერთების ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისება.

ლიტერატურა

1. M. Tsintsadze, N. Kilasonia, N. Razmadze, M. Kereselidze - synthesis of coordination compounds of cobalt(II) and nickel(II) with nicotinoyl- and isonicotinoyl-hydrazones of paradimethylaminobenzaldehyde. Chemical Journal of Georgia. 2005, vol. 5, #4, p. 316-317
2. N.Kilasonia, D.Lochohvili, E.Jokhadze, M.Tsintsadze. Quantum-chemical study of caprylic acid hydrazide molecule by AM1 method in different solvents. 2nd InterlScient. Conf. „Science, Education, Innovation and Chemical Technologies from Idea to Implemenntion” Seasonal school for masters and doctoral students “Innovation - from Idea to Implemenntion”. 2023. Tbilisi , TSU
3. M.Tsintsadze, N.Tabuashvili, N.Kilasonia, N.Gegeshidze - Synthesis and IR absorption spectra of mixed-ligand coordination compounds of copper(II), manganese(II), cobalt(II) and nickel(II) with ortho-amino-4-methylpyridine and paradimethylaminobenzaldehyde isonicotinoilhidrazone. 3-rd International Conference of young Scientists. 2013. Abstyaqts. p.103.

4. M. Tsintsadze, T. Giorgadze, I. Sharia, G. Tsintsadze, Coordination compounds of Co(II) and Ni(II) with nitrogen- and oxygen-containing ligands - derivatives of the heterocyclic series (meta-nitrobenzaldehyde hydrazones), "Technical University", Tbilisi, 2021, 142 p. . ISBN 978-9941-28-700-8
5. N. Frangishvili, M. Tsintsadze, N. Kilasonia, N. Gegeshidze, M. Kereselidze, L. Skhirtladze. Synthesis of coordination compounds of cobalt(II) and nickel(II) with acetone isonicotinoylhydrazone and infrared absorption spectra. *Ceramics* Vol. 22.1(43). 2020 p. 49-53
6. Chanturia M.M., Giorgadze T.Z., Lochoshvili D.M., Gulbani D.V., Energy, electronic and structural characteristics of alpha-pyridinaldehyde isonicotinoylhydrazone (Apainh) molecule in different solvents calculated by the quantum-chemical semiempirical AM1 method, *Engineering Institute of Georgia News*, No. 3, 2021, p. 9-17, ISSN 1512-0287
7. Tamar Giorgadze, Indira Sharia, Tatia Tusiashvili, Ekaterine Topuria, Synthesis of coordination compounds of cobalt (II) and nickel (II) meta-nitrobenzaldehyde with para-nitrobenzoylhydrazone (L) and study of physical and chemical properties, Technical University of Georgia "Chemistry - Achievements and Prospects" University, Collection of Proceedings of the International Scientific Conference Dedicated to the 90th Anniversary of Academician Givi Tsintsadze's Birth, Tbilisi 2023, p. 63-70, ISBN 978-9941-28-970-5
8. Mineda Chanturia, Tamar Giorgadze, Dima Lochoshvili, Darejan Gulbani, Influence of solvents on the complex formation ability of saluzide (2-carboxy-3,4-dimethoxybenzaldehyde isonicotinoylhydrazone), Technical University of Georgia "Chemistry - Achievements and Perspectives" International conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Academician Givi Tsintsadze - Collection of Scientific Conference Proceedings, Tbilisi 2023, p. 76-86, ISBN 978-9941-28-970-5
9. Kh. G. Ghambarashvili, T. Z. Giorgadze, M.Mamiseishvili Study of Absorption Spectra of Coordination Compounds of Cobalt (II) and Nickel (II) with Para-nitrophenylhydrazine (PNPH-L), 2nd InterlScient. Conf. „Science, Education, Innovation and Chemical Technologies from Idea to Implemenntion” Seasonal school for masters and doctoral students “Innovation - from Idea to Implemenntion”2023, Tbilisi, TSU.
10. Z.Gogberashvili, M.Tsintsadze, N.Kilasonia, N.Gegeshidze. Synthesis of mixed ligand (2-amino-6-methylpyridine, azelaic acid dihydrazide) coordination compounds and study of physico-chemical properties. International scientific conference “Chemistry-achievements and perspectives” April 20, 2023 Tbilisi, P.80
11. G.Tsintsadze, T. Giorgadze, D.Lochoshvili, E.Topuria, T.Tusiashvili Solvent effect on complex formation of dimethylacetamide and N,N-dimethylformamide, *Herald of the National Academy of Sciences of Georgia. Chemistry series*. 2016, vol. 42, N3 p. 320-324

Study of complex formation of lead(II) and cadmium with oxygen- and nitrogen-containing biologically active organic ligands

Nino Kilasonia -associate professor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Professor, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast. 69; I.Javakhishvili Tbilisi State University R.Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry; Georgia. 0186. Tbilisi, Mindelist. 11; T. 599 72 11 67; n.kilasonia@gtu.ge

Tamar Giorgadze -associate professor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Professor, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast. 69; T. 599 37 68 55; giorgadzetamari04@gtu.ge

Giorgi Gachechiladze - Study Level Bachelor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast. 69; T. 555183872; Ggachech5@gmail.com

Salome Shavadze -Study Level Bachelor

Georgian Technical University; Department of Chemistry, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostavast. 69; T. 595 40 01 09. Sshavadze144@gmail.com

Mazura Kereselidze - I Javakhishvili Tbilisi State University. R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry. Laboratory of Physics and Chemistry of Inorganic Compounds, Mindeli St. 11. 0186, st. Tbilisi Georgia, T. 591 932 955; T. m.kereselidze@tsu.ge

Dima Lochoshvili - Academic Doctor, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry, Laboratory of Physics and Chemistry of Inorganic Compounds, Mindeli St. 11, Academic Doctor, Tbilisi, Georgia; T. 591 662 165; dimitri.lochoshvili@tsu.ge

Abstract:Coordination compounds of lead(II) and cadmium with organic compounds possessing high biological activity - benzaldehyde-benzoyl- and para-dimethylaminobenzaldehyde-isonicotinoylhydrazones - have been synthesized. A synthesis method has been developed, some physico-chemical characteristics and infrared absorption spectra have been studied. Based on the results obtained, the approximate composition and structure of complex compounds were established.

Keywords: Complexation, coordination compound, hydrazone, biological activity, coordination number, dentacy, internal sphere, toxic metals.

მცენარეთა ღეროვანი უჯრედები, როგორც - ინოვაცია კოსმეტიკაში

ანა ჩაფიძე - დოქტორანტი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ფარმაციის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69; ტ. 598 162 164; ann.chafidze@gmail.com

რეცენზენტები:

თამარ ცინცაძე - პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ფარმაციის დეპარტამენტი, საქართველო. 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. 69. ტ. 599 156 678; t.tsintsadze@gtu.ge

ხათუნა წიქარიშვილი - ასოცირებული პროფესორი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ფარმაციის დეპარტამენტი. საქართველო. თბილისი. კოსტავას ქ. №69. ტ. 599176 659; kh.tsikarishvili@gtu.ge

აბსტრაქტი: კოსმეტიკური ინდუსტრიის ზრდა და პროგრესი ძირითადად მიმართულია კოსმეტიკურ პროდუქტთა ინოვაციაზე. იმისათვის, რომ ესთეტიურად, სასიამოვნოდ გამოვიყურებოდეთ და დაბერების ეფექტი მინიმუმამდე შევამციროთ მივმართავთ „კოსმეტიკას“. მომხმარებელთა გაზრდილი მოლოდინიდან გამომდინარე, პროდუქტის აქტივობისა და ეფექტურობის თვალსაზრისით ტარდება კოსმეტიკურ საშუალებებში გამოყენებული აქტიური ინგრედიენტების ფართო კვლევები. დადასტურებული აქტივობის მქონე ინგრედიენტების არსებობის მიუხედავად, საჭიროა უსაფრთხოებისა და ეფექტურობის კვლევების ჩატარება მარეგულირებელი სტანდარტების შესაბამისად. მცენარის ღეროვან უჯრედებსა და კანის უჯრედებს შორის არსებობს გარკვეული კავშირი, რაც შესაძლებლობას იძლევა ინტეგრირებულ იქნას მცენარეული ღეროვანი უჯრედები კოსმეტიკურ პროდუქტებში.

საკვანძო სიტყვები: კოსმეტიკურ საშუალებებში, ღეროვანი უჯრედები, სილამაზის გლობალური ბაზარი, ქსოვილი, კანი, კანის რეგენერაცია, კანის ნაადრევი დაბერება.

შესავალი: დინამიურ სამყაროში, რომელშიც ჩვენ ვცხოვრობთ, გარეგნობა უფრო მნიშვნელოვანი ხდება, ვიდრე შინაგანი სილამაზე. ჩვენთვის მნიშვნელოვანია ლამაზად გამოვიყურებოდეთ და თავი ვიგრძნოთ მიმზიდველად.

უმველეს დროში ადამიანები გალამაზების მიზნით იყენებდნენ მცენარეებსა და ხილში არსებულ ბუნებრივ პიგმენტებს. მას შემდეგ, კოსმეტიკურმა საშუალებებმა სხვადასხვაგვარი ცვლილება განიცადა და საუკუნეების განმავლობაში განვითარდა. ბოლო წლებში კოსმეტიკური პროდუქტების მსოფლიო ბაზარი სავარაუდოდ გაიზარდება 3,5-დან 4,5%-მდე, 2021 წლისთვის ბაზრები ამერიკის შეერთებულ შტატებსა და ევროპაში 500 მილიარდ აშშ დოლარს შეადგენდა, ხოლო ბაზრის კვლევის მიხედვით, ინდოეთის სილამაზისა და კოსმეტიკის ბაზარი ამჟამად 60 მილიარდ INR-ს (Indian rupee) შეადგენს და მოსალოდნელია 2025 წლისთვის 170 მილიარდ INR-ს მიაღწიოს, რადგანაც იზრდება 15-20%-ით წელიწადში.

კოსმეტიკად შეიძლება განისაზღვროს, ნებისმიერი ნივთიერება, რომელიც „მიზნად ისახავს ადამიანის სხეულისა და გარეგნობის გაუმჯობესებას, ფიზიოლოგიური სტრუქტურისა და ფუნქციის შეცვლის გარეშე“.

სილამაზის გლობალური ბაზარი იყოფა ხუთ ძირითად ბიზნესსეგმენტად:

- კანის მოვლა - კრემები, ლოსიონები, ფხვნილები და ა.შ.;
- თმის მოვლა - შამპუნები, კონდიციონერები, კრემები, შრატები, სპრეები, გელები, საღებავები და ა.შ.;
- ფერი (მაკიაჟი) – რუჯი, თვალის ჩრდილები, ტონალურ კრემი და ა.შ.;
- სუნამოები - სუნამოები, დეზოდორანტები, ტანის ლოსიონები და ა.შ.;
- ჰიგიენის საშუალებები - კბილის პასტები, საპნები და ა.შ.

ამჟამად შექმნილია რეგულაცია და მარეგულირებელი ორგანო, რომელიც არეგულირებს ინგრედიენტების გამოყენებას კოსმეტიკაში. სხვადასხვა წარმოშობის კოსმეტიკური ინგრედიენტები მოიპოვება სხვადასხვა წყაროდან, მათ შორის ბიოლოგიური, ზღვის, მცენარეული, სინთეზური და სხვ. კოსმეტიკურ საშუალებებში ინგრედიენტებს აქვთ კონკრეტული ეფექტი. ერთი ინგრედიენტის ან რამდენიმე ინგრედიენტის კომბინაციის გამოყენებით შესაძლებელია კოსმეტიკური რეცეპტურის შექმნა, რომელიც მომხმარებელს ანიჭებს სასურველ ესთეტიკურ ეფექტს.

ღეროვანი უჯრედები არის ჩვენი სხეულის ყველა ორგანოსა და ქსოვილის საფუძველი. ისინი უაღრესად სპეციალიზებული უჯრედებია, რომლებიც ქმნიან ქსოვილებს. თავდაპირველად წარმოიშვება ღეროვანი უჯრედების საწყისები, რომელიც განაყოფიერებისას მალევე ყალიბდება და მთელი ცხოვრების განმავლობაში

ახორციელებს დაზიანებულ ქსოვილებს და უჯრედებს, როგორცაა: კანის, თმის, სისხლის, ნაწლავის ლორწოვანი გარსი და სხვ. ჩანაცვლებას.

ღეროვან უჯრედებს აქვთ ორი ძირითადი თვისება:

- თვითგანახლების უნარი, დაყოფა ისე, რომ მიირება საკუთარი თავის ასლი.
- დიფერენცირების უნარი, წარმოშობს უჯრედების მომწიფებულ ტიპებს, რომლებიც ქმნის ორგანოებს და აქსოვილებს.

ქსოვილის სპეციფიკური ღეროვანი უჯრედები - „ზრდასრული“ ან „სომატური“ ღეროვანი უჯრედები, უკვე გარკვეულ წილად სპეციალიზირებულია და შეუძლიათ წარმოქმნან ზოგიერთი ან ყველა მომწიფებული უჯრედის ტიპი, რომელიც გვხვდება კონკრეტულ ქსოვილში ან ორგანოში.

ქსოვილის სპეციფიკური ღეროვანი უჯრედები ასევე აღმოაჩინილია ნაკლებად რეგენირებად ორგანოებშიც, მაგ., როგორცაა ტვინი, ამ ტიპის ღეროვანი უჯრედები ძალიან მცირე პოპულაციისაა და ხშირად ჩამარხულია მოცემულ ქსოვილში, რაც ართულებს მათ იდენტიფიცირებას, იზოლირებას და ლაბორატორიულ გარემოში ზრდას. ტერმინი „ღეროვანი უჯრედი“ ფორმალური ინტერპრეტაციით ნიშნავს, რომ თითოეული ასეთი უჯრედი წარმოშობს შთამომავლების ხეს, რომლის ღეროს ძირშიც თვით ეს უჯრედია მოთავსებული.

დიფერენცირებული უჯრედების ტიპების ერთობლიობას, რომლებიც წარმოიშობა ღეროვანი უჯრედების (SCs) პრინციპით, შემოსაზღვრულია ყველა ორგანოს და ქსოვილის ნორმალური უჯრედების სრული კომპლექტით (ადამიანებში ეს არის დაახლოებით 250 სხვადასხვა ტიპის დიფერენცირებული უჯრედი). In vitro კულტივირების პირობებში, SCs -ებს შეუძლიათ მხოლოდ ერთი და იმავე ნაკრებიდან საბოლოო უჯრედებად გარდაქმნა. აქედან მოცემული სახეობის, ცხოველის უჯრედების ნორმალური დიფერენციაციის რაოდენობა შეზღუდულია და მკაცრად კონტროლდება გენეტიკურ დონეზე. დიფერენციაციის წარუმატებლობა იწვევს უჯრედის სიკვდილს ან მის სიმსივნედ გადაგვარებას.

გაყოფისას თითოეული ღეროვანი უჯრედი წარმოშობს მინიმუმ ერთ ღეროვან უჯრედს. გაყოფის შედეგად მიღებული მეორე უჯრედიც შეიძლება იყოს ღეროვანი უჯრედი (სიმეტრიული დაყოფა), თუმცა უფრო ხშირად ის გადადის დიფერენციაციის გზაზე. ორგანიზმის ზრდისა და განვითარების პროცესში ამ გზით წარმოიქმნება ყველა

ქსოვილსა და ორგანოს ყველა სპეციალიზებული უჯრედი. ქსოვილების უმეტესობა დაბერებამდე შეიცავს ღეროვან უჯრედებს - დაზიანებული ქსოვილის აღდგენის წყაროს.

მცენარის ღეროვან უჯრედებსა და კანის უჯრედებს შორის არსებობს გარკვეული კავშირი, რაც შესაძლებლობას იძლევა ინტეგრირებულ იქნას მცენარეული ღეროვანი უჯრედები კოსმეტიკურ პროდუქტში, ადამიანის ბიოქიმიურ პროცესებში.

სამრეწველო მასშტაბით ასეთი კომპონენტების წარმოებისთვის შემუშავებულია ინოვაციური ტექნოლოგია, რომლის არსი შემდეგში მდგომარეობს: მცენარეულ ბიომასას იღებენ მცირე რაოდენობით, ჭრიან და ათავსებენ კულტურალულ საკვებ გარემოში. დაზიანებისას მცენარე იწყებს ღეროს ფორმირებას სამკურნალო უჯრედების (კალუსი) წარმოქმნით. ამის შემდეგ კალუსს აცილებენ და ათავსებენ სხვა საკვებ გარემოში, რის შედეგადაც ღეროვანი უჯრედები წარმოქმნის აქტიური ინგრედიენტებს.

ამჟამად ტექნოლოგიის მთავარი მიზანია მცენარეებიდან აქტიური ინგრედიენტების ფართო მასშტაბიანი წარმოება და მათი გაწმენდის მეთოდის მაღალი ხარისხი.

XX-XXI საუკუნეების მიჯნაზე საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში ერთ-ერთი პერსპექტიული კვლევის მიმართულება რეგენერაციული მედიცინა გახდა. კვლევები მიმდინარეობს სხვადასხვა მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების უნარებთან დაკავშირებით. ადამიანში, დაბერების პროცესთან ერთად (დაახლოებით 25 წლის ასაკიდან, ქრონო-დაბერება) იზრდება ქსოვილებისა და ორგანოების უჯრედების რაოდენობა, რომლებიც ექვემდებარება დეგენერაციას და ასაკთან ერთად მათი რეგენერაციის პროცესები შენელებულია. ღეროვანი უჯრედები პასუხისმგებელი არიან ადამიანისა და სხვა მრავალუჯრედიანი ცხოველების დაზიანებული, გამოფიტული ქსოვილების ან ორგანოების რეგენერაციაზე.

ორგანო, რომელშიც დაბერების ცვლილებები ყველაზე კარგად ჩანს, არის კანი. ცვლილებები ხდება როგორც ეპიდერმისის, ასევე კანის და კანქვეშა ქსოვილის დონეზე. ამიტომ, ადამიანის კანიც უნდა შეიცავდეს მის რეგენერაციაზე პასუხისმგებელ უჯრედებს.

ღეროვანი უჯრედები გვხვდება მცენარეულ და ცხოველურ ორგანიზმებში. ისინი განსხვავდებიან სხვა უჯრედებისგან მათი უჩვეულო თვისებებით, პროლიფერაციის (უწყვეტი გამრავლება) და სპეციალიზებულ უჯრედებად დიფერენციაციის

(დამოკიდებულია ორგანოზე, რომელშიც ის იმყოფება) უნარით, ასევე პასუხისმგებელი არიან დაზიანებული ქსოვილების ზრდასა და აღდგენაზე.

მცენარის მერისტემები შეიცავს მზარდ უჯრედებს. ზრდის პროცესი მათში ხდება უჯრედების სისტემატიური გაყოფით. მცენარის ღეროვან უჯრედებს, რომლებიც გვხვდება მზარდ წვეროებში, ხასიათდებიან ტოტიპოტენციით, ეს საშუალებას აძლევს მცენარეებს შექმნან ახალი ორგანოები.

კოსმეტიკური მიზნებისათვის მცენარეთა ღეროვანი უჯრედების რეპროდუცირება ხდება უჯრედულ კულტურაში, მიკროპროპაგაციის მეთოდით (მიკრორეპროდუქცია), რომელიც გულისხმობს უჯრედების invitro კულტურას.

მცენარის ღეროვანი უჯრედებიდან მიღებული ექსტრაქტები არის მრავალი აქტიური ნივთიერების წყარო, რომლებიც უსაფრთხოა ადამიანის ორგანიზმისთვის, რადგან ისინი არ წარმოქმნიან საფრთხეს იმუნური სისტემისთვის. მათი მოპოვების მეთოდი ეკოლოგიურად სუფთაა და შესაძლებელია ძნელად მისაღწევი ან გადაშენების პირას მყოფი მცენარეების შემთხვევაშიც კი, ბუნებრივ ჰაბიტატში ჩარევისა და დარღვევის გარეშე. მცენარის ღეროვანი უჯრედები პასუხისმგებელი არიან ბევრ დადებით კოსმეტიკურ ეფექტზე, მაგ:

- ფიბრობლასტების სიცოცხლის გახანგრძლივება და მათი აქტივობის სტიმულირება (მაგ. *Oryzasativa*, *Gardeniajasminoides*)
- ეპიდერმისის მოქნილობის გაზრდა (მაგ., *Symphytumofficinale*, *Capsicumannuum*, *Opuntiaspp.*);
- უჯრედების გაყოფის რეგულირება(მაგ. *Oryzasativa*, *Lotusjaponicus*)
- დაზიანებული ეპიდერმისის აღდგენა (მაგ., *Panaxginsgen*, *Opuntiaspp.*);
- უჯრედების დნმ-ის შეკეთების გააქტიურება, მათი დაცვა ოქსიდაციური სტრესისგან (მაგ., *Rubusideaus*, *Lycopersiconesculentum*, მაგ., *Citruslimon*);
- დაცვა ულტრაიისფერი გამოსხივებისგან (მაგ., *Dolichosbiflorus*, *Opuntiaficus indica*)

თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ მცენარის ღეროვანი უჯრედები უკიდურესად მგრძობიარეა გარე ფაქტორების მიმართ, როგორცაა სინათლე ან ტემპერატურა შესაბამისად, კოსმეტიკურ პროდუქტებში ისინი გამოიყენება: ლიპიდებში ხსნადი ექსტრაქტების (ზეთებით მიღებული), წყლის ფორმის (გლიცერინით მიღებული),

ფხვნილების ექსტრაქტების (მალტოდექსტრინით მიღებული), ლიპოსომების, ნანოემულსიების ან სუსპენზიების სახით.

კოსმეტიკური ინდუსტრიისთვის მცენარეთა ღეროვანი უჯრედების წარმოების პიონერია Mibelle AG Biochemistry კომპანია (შვეიცარია), რომელმაც 2008 წელს დანერგა ვაშლის ხის (Malus domestica) ხილის ღეროვანი უჯრედები (PhytoCellTec™ Malus Domestica) გამოყენება. ამ ტიპის ვაშლის ხე გამოყვანილი იყო ჯერ კიდევ მე-18 საუკუნეში შვეიცარიაში და მისი ნაყოფი დიდხანს არ ლპებოდა და ინარჩუნებდა სიახლეს, რაც ამ მცენარის მიმართ მეცნიერთა ინტერესის მიზეზი გახდა. მწარმოებლის კვლევის მიხედვით, ვაშლის ხის ღეროვანი უჯრედებს შეუძლიათ გაააქტიურონ კანის რეგენერაციის პროცესები და თავიდან აიცილონ კანის ნაადრევი დაბერების ნიშნები, თუმცა მათი მოქმედების ზუსტი მექანიზმი ჯერ უცნობია.

ლიპოსომები გამოიყენებოდა ექსტრაქტის მატარებლად. 2008 წელს გამოქვეყნდა ექსპერიმენტის შედეგები, რომელშიც ადამიანის ფიბრობლასტები ინკუბირებულნი იყვნენ დაბერების ტიპური სიმპტომებით, უჯრედის დნმ-ის დაზიანებით, რომელიც მოთავსებული იყო 2%-იანი ღეროვანი უჯრედის ექსტრაქტში დაბერების შებრუნების მიზნით. მიღებულმა შედეგებმა დაადასტურა, რომ ჭიპლარის სისხლის ღეროვანი უჯრედები სიცოცხლის ხანგრძლივობას აუმჯობესებებს. ასევე დადგინდა ადამიანის თმის ფოლკულებიდან იზოლირებული უჯრედების სიცოცხლის გახანგრძლივების ეფექტი. გარდა ამისა, კლინიკურმა კვლევამ დაადასტურა ღეროვანი უჯრედების ექსტრაქტის ეფექტურობა (2% PhytoCellTec™ Malus Domestica აქტიური ინგრედიენტით კრემის გამოყენების შემთხვევაში) სახეზე, თვალების ირგვლივ ნაოჭების შემცირება 8%-15%-ით.

2009 წელი - ალპური ვარდის (*Rosa alpina*) უჯრედები გახდა ღეროვანი უჯრედების შემდეგი თაობა. ალპური ვარდი იზრდება ძალიან მაღალ სიმაღლეზე, შესანიშნავად ეგუება სიცივეს, ულტრაიისფერ გამოსხივებას და სხვა აგრესიულ გარე ფაქტორებს, ასევე შეუძლია ეფექტურად გაუმკლავდეს გარემო პირობების მკვეთრ ცვალებადობას. მწარმოებლის კვლევებმა აჩვენა, რომ მისი ღეროვანი უჯრედები ზრდის ადამიანის ეპიდერმისის უჯრედების სიცოცხლის ხანგრძლივობას და ასევე იცავს მათ გარემოს აგრესიული ზემოქმედებისგან, აღადგენს კანის ბარიერულ ფუნქციას. ისინი გამოიყენება მგრძნობიარე კანისთვის მოსამზადებელ პრეპარატებში და ასევე „ზამთრის“ კრემებში.

არგანი სხე (*Argania spinosa*) ერთ-ერთი უძველესი მცენარეა დედამიწაზე. მისი ღეროვანი უჯრედები გამოიყენება რეგენერაციის პროცესების გასააქტიურებლად და კანის გაძლიერებისათვის. სხვა ტიპის ღეროვანი უჯრედი მიღებულ იქნა წითელი ყურძნისაგან (*Vitis vinifera*). ისინი შეიცავენ ეპიგენეტიკურ ფაქტორებს და მეტაბოლიტებს, რომლებიც გამოიყენება ადამიანის კანის დასაცავად ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედებისგან.

ვაშლის, ალპური ვარდის, არგანის ხის და წითელი ყურძნის ღეროვანი უჯრედების კვლევის პროცესში ჩატარდა ლაბორატორიული ექსპერიმენტები, რომლებმაც დაადასტურეს მათი გამოყენების ეფექტი ადამიანის ღეროვანი უჯრედების პროლიფერაციული აქტივობის გაზრდის მიზნით, რის შემდეგაც პროფესიონალური კოსმეტიკური საშუალებების მწარმოებლებმა დაიწყეს ისეთი კოსმეტიკური საშუალებების წარმოება, რომელ პროდუქტთა შემადგენლობაში შედის ეს ინგრედიენტები, რომლებიც მიზნად ისახავს კანის გაახალგაზრდავებას. თუმცა, მცენარეთა ღეროვანი უჯრედების ექსპერიმენტები ამით არ შეჩერებულა. გამოკვლეულია მცენარეების დიდი რაოდენობა და მიღებულია ახალი ინგრედიენტები მათზე დაყრდნობით. გარდა ამისა, ღეროვანი უჯრედების შემდეგმა თაობამ გაიარა უფრო საფუძვლიანი შესწავლა მოლეკულური შემადგენლობის თვალსაზრისით.

2010 წელი - ბიოტექნოლოგიის კვლევით ინსტიტუტში (IRB, ჩრდილოეთ იტალია) მცენარეებს - ედელვაისი, იასამანი და გარდენია უწოდეს „კოსმეტოლოგიის მომავლის ფანჯარა“, რადგან შეიცავენ ყველა იმ ინგრედიენტს, რაც დღეს სილამაზის სამომხმარებლო ბაზარის სჭირდება. ეს არის უაღრესად გაწმენდილი ინგრედიენტები და დასტურებული ეფექტურობით და ასევე ძალიან მნიშვნელოვანია, მათი წარმოების ტექნოლოგია - ეკოლოგიურად სუფთა და ბევრად ეფექტური. პროდუქტი კულტივირებულია ლაბორატორიაში უჯრედების წარმოუდგენლად მცირე ნიმუშიდან, რომლებიც მრავლდებიან. ამის წყალობით დედამცენარე არ კვდება, შესაბამისად, შესაძლებელია უიშვიათეს მცენარეთა სახეობების შენარჩუნება და ამავდროულად საჭირო აქტიური ნივთიერებების მიღება.

დასკვნა: ბოლო წლებში კოსმეტიკური პროდუქტების მსოფლიო ბაზარი სავარაუდოდ გაიზრდება 3,5-დან 4,5%-მდე. ღეროვანი უჯრედები არის სხეულის ყველა ორგანოსა და ქსოვილის საფუძველი. მცენარის ღეროვან უჯრედებსა და კანის უჯრედებს შორის

არსებობს გარკვეული კავშირი, რაც შესაძლებლობას იძლევა ინტეგრირებულ იქნას მცენარეული ღეროვანი უჯრედები კოსმეტიკურ პროდუქტებში. მცენარის ღეროვანი უჯრედებიდან მიღებული ექსტრაქტები არის მრავალი აქტიური ნივთიერების წყარო, რომლებიც უსაფრთხო და მისაღებია ადამიანის ორგანიზმისთვის და ეკოლოგიურად სუფთაა. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ მცენარის ღეროვანი უჯრედები უკიდურესად მგრძობიარეა გარე ფაქტორების მიმართ. მწარმოებლის კვლევის მიხედვით, ვაშლის ხის ღეროვან უჯრედებს შეუძლიათ გაააქტიურონ კანის რეგენერაციის პროცესები და თავიდან აიცილონ კანის ნაადრევი დაბერების ნიშნები.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Стволовые клетки растений: единство и многообразие (Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016) 441-456გვ
2. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК ДЛЯ КЛЕТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (Ржанинова А.А., ведущий научный сотрудник ФГБУ «МГНЦ» РАМН, к.б.н.) 1-10გვ
3. Стволовые клетки растений в косметике: о надеждах и перспективах (KOSMETIK international №1/2013) 156-160გვ
4. AnIn-Depth Lookat Lilac Stem Cell Extractin Skin Care (PRACTICAL DERMATOLOGY May 2014) 46-48გვ

Plant stem cells as Innovation in cosmetics

Ana Chafidze - PhD student

Georgia Technical University, Department of Pharmacy, Georgia. 0175, Tbilisi, Kostava st. 69; T. -----, ann.chafidze@gmail.com

Abstract: The growth and progress of the cosmetic industry is mainly focused on the innovation of cosmetic products. In order to look aesthetically pleasing and minimize the effects of aging, we turn to „cosmetics“. Due to the increased expectations of consumers, extensive studies of active ingredients used in cosmetics are conducted in terms of product activity and effectiveness. Despite the presence of ingredients with proven activity, safety and efficacy studies need to be conducted in accordance with regulatory standards. There is a certain relationship between plant stem cells and skin cells, which makes it possible to integrate plant stem cells into cosmetic products.

Keywords: in cosmetics, stem cells, global beauty market, tissue, skin, skin regeneration, premature skin aging.

მიკოპროტეინით მდიდარი საკვები დანამატების მიღება ყურძნის წვენი
წარმოების ანარჩენების ბიოტრანსფორმაციის საფუძველზე

ირინე კაპანაძე - დოქტორანტი. სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის
ფაკულტეტი. i.kapanadze@gtu.ge

თემურ ბუაჩიძე - სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის
პროფესორი. T.buachidze@gtu.ge

რეცენზენტები: ე კვესიტაძე, სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის
ფაკულტეტის პროფესორი. E.kvesitadze@gtu.ge

ნ. ბუცხრიკიძე - სტუ-ს ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის
პროფესორი. N.bucxrikidze@gtu.ge

ანოტაცია.

ამჟამად მსოფლიოში სხვა პრობლემებთან ერთად არსებობს ცილის დეფიციტის პრობლემა. აქ იგულისხმება ადამიანთა სასურსათო და ცხოველთა საკვები ცილა. დღეისათვის არსებული მდგომარეობა შეიძლება ითქვას კრიზისულია, ვინაიდან მსოფლიოს მოსახლეობა იზრდება და 25-30 წელიწადში მიაღწევს 9 მილიარდს, ხოლო მათთვის სამყოფი სურსათი და ცხოველთა საკვები აღარ იქნება საკმარისი, რადგან სურსათი და საკვები დასჭირდებათ 56 %-ით მეტი. სურსათში და საკვებში პირველ რიგში იგულისხმება ცილა, როგორც მცენარეული, ასევე ცხოველური. ამ საკითხში გადამწყვეტ როლს ასრულებს ბიოტექნოლოგიის ერთ-ერთი მიმართულება - მიკრობიოლოგიური მრეწველობა. იგი გვამძლევს როგორც სასურსათო, ასევე ცხოველთა საკვებ ცილას. მიკრობულ ცილას იძლევიან მიკროორგანიზმები, კერძოდ, წყალმცენარეები, საფუარები, ბაქტერიები და მიკროსკოპული სოკოები ანუ მიკრომიცეტები. მათგან მიღებული ცილა გამოიყენება ცხოველთა და ფრინველთა დამატებით საკვებად. ტრადიციული სოფლის მეურნეობა დაკავშირებულია სხვადასხვა ეკოლოგიურ პრობლემებთან, როგორცაა წყლის დიდი ხარჯი, მიწის დიდი ფართობების დაკავება, ბიომრავალფეროვნების დარღვევა და სასათბურე გაზების გამოყოფა. ამის საპირისპიროდ, მიკრობული ცილის წარმოება გვთავაზობს უფრო მდგრად ალტერნატივას, თუმცა მიკრობული ცილის თანამედროვე წარმოება ხშირად დამოკიდებულია სოფლის მეურნეობისა და კვების მრეწველობის ნარჩენებზე.

საკვანძო სიტყვები: ბიომასა, მიკოპროტეინი, ნარჩენები, ცილა.

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ცილით მდიდარი ბიომასის მიღება სოფლის მეურნეობისა და კვების მრეწველობის ნარჩენებზე გაზრდილი ობის სოკოს - *Aspergillus terreus*-IK40-დან, როგორც ცხოველთა და ფრინველთა საკვები დანამატი.

მიზნის მისაღწევად დავსახეთ შემდეგი ამოცანები:

1. ნედლეულის შერჩევა
2. კულტურის ამორჩევა - ობის სოკო *Aspergillus terreus* (კოლექციის შტამი)
3. ბიომასის გამოკვლევა შემადგენელი კომპონენტების ანალიზის გზით.

ამ ამოცანების შესასრულებლად დავსახეთ შემდეგი გზები:

1. ნარჩენების დამუშავება და ანალიზი
2. კულტურის აქტიური შტამის მიღება მუტაგენების გზით
3. ცილით და ვიტამინებით მდიდარი ბიომასის მიღება და ანალიზი

შტამი დეკონირებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში და აქვს მაღალი ტექნოლოგიური პოტენციალი. სუბსტრატის სახით გამოყენებულია საფერავის ჯიშის ყურძნის წვენი წარმოების ნარჩენები.

მიკოპროტეინის მიღების ტიპური პროცესი

1. სუბსტრატისა და შტამის ამორჩევა
2. ვარჩევთ სწრაფადმზარდ მიკრომიცეტს ცილის მაღალი შემცველობით, ნუკლეინის მჟავების დაბალი შემცველობით და ზრდის შესაბამისი მახასიათებლებით (ტემპერატურა 40°C, pH 4,5)
3. ვარჩევთ სუბსტრატებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ აუცილებელ საკვებ ნივთიერებებს ამორჩეული მიკრომიცეტის ზრდისათვის.

მიკროორგანიზმის ზრდისათვის და მასიური კულტივირებისათვის ვიყენებთ ცილინდრული ფორმის ფერმენტატორს, რომელიც ორმაგკედლიანია (გათბობა-გაცივებისათვის) და აქვს სარეველა აერაციისათვის. ამორჩეული შტამი პირველად ითესება 750 მლ-იან ერლენმეიერის კოლბებში, 45° C ტემპერატურაზე, pH 4,5 და იზრდება 48 საათის განმავლობაში. შემდე კოლბებში გაზრდილი შტამი გადაგვაქვს ინოკულატორში, რომლის მოცულობა 10-ჯერ მცირეა მუშა ფერმენტატორთან შედარებით. აქ კულტურა იზრდება 48 საათის განმავლობაში იგივე შედგენილობის საკვებ არეში. ინოკულატორიდან ტუმბოს საშუალებით კულტურალური სითხე გადადის 0,1 მ³ მოცულობის მუშა ფერმენტატორში. კულტივირების პირობები იგივეა და კონტროლდება (ტემპერატურა, pH) შესაბამისი ხელსაწყოებით.

72-საათიანი ფერმენტაციის შემდეგ გაზრდილი მიკრობული უჯრედები ანუ ბიომასა აუცილებლად უნდა გამოვყოთ საკვები არედან. მოშორების პროცესი დამოკიდებულია კონკრეტულ მიკრომიცეტზე და მიღებულ ბიომასაზე. გამოყოფის პროცესში (დეკანტაცია, სეპარაცია, ცენტრიფუგირება, ფილტრაცია) ვცდილობდით, რომ ცილის დანაკარგი ყოფილიყო რაც შეიძლება მცირე. შეგროვებულ ბიომასას ვაშრობდით ჰაერზე სპეციალურ საშრობ დანადგარში. გამშრალი ბიომასა დავაქუცმაცეთ და შევაგროვეთ 15 კგ-იან პოლიეთილენის ან ქაღალდის პარკებში.

მიკრომიცეტებს სხვა კულტურებთან შედარებით გააჩნიათ გარკვეული უპირატესობები და ნაკლოვანებები. მათი უპირატესობები:

1. პოლისაქარიდების ჰიდროლიზატების გამოყენება.

ფართოდ გამოიყენებიან მიკოპროტეინის მისაღებად სხვადასხვა პოლისაქარიდების ჰიდროლიზატებზე გაზრდით, მათ შორის სახამებლის და ცელულოზის,

2. ადვილად აღდგენა ფილტრაციით

მიცელიალური სოკოები ჩვეულებრივ წარმოქმნიან მიცელიალურ სტრუქტურებს რომლებიც ადვილად შორდებიან საკვებ არეს (კულტურალურ სითხეს) ფილტრაციით.

ეს აადვილებს მიკოპროტეინის ბიომასის აღდგენას, მცირე დანაკარგებს და ამარტივებს დამუშავების შემდგომ ეტაპებს.

3. ცილის ზომიერი შემცველობა

მიკრომიცეტებიდან მიღებული მიკოპროტეინი ჩვეულებრივ შეიცავს 50 -55 % ნედლ ცილას. მართალია ჭეშმარიტი ცილის შემცველობა (38 %) ცოტათი (არცთუ ბევრად) მცირეა სხვა წყაროებთან შედარებით, მაგრამ იგი მაინც რჩება ძვირფას ცილოვან დანამატად, იმიტომ, რომ გოგირდშემცველი ამინომჟავები (მეთიონინი, ცისტეინი) და შეუცვლელი ამინომჟავა ლიზინი სხვებზე მეტი აქვთ.

მიცვლიალური სოკოების გამოყენების ნაკლოვანებები:

1. ზრდის დაბალი სიჩქარე.

ობის სოკოები ჩვეულებრივ უფრო ნელა იზრდებიან, ვიდრე ბაქტერიები და საფუარები.

2. დაბინძურების საშიშროება

მიკრომიცეტები მგრძნობიარენი არიან სხვა მიკროორგანიზმებით დაბინძურებისაგან, განსაკუთრებით საფუარებისაგან. ამან შეიძლება შეცვალოს ცილის შედგენილობა და ხარისხი, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს პროდუქციის დაკარგვა.

აღსანიშნავია, რომ ფაქტიური შედგენილობა შეიძლება იცვლებოდეს იმ ფაქტორებზე დამოკიდებულებით თუ როგორია ამორჩეული შტამი, ზრდის პირობები, როგორია სუბსტრატი. თავის მხრივ, ბიოტექნოლოგია ანვითარებს მიკროორგანიზმთა შემდგომ ოპტიმიზაციას მიკრობული ცილის წარმოების გასაუმჯობესებლად და გასადიდებლად. კოლექციიდან ამორჩეული მიკრომიცეტები გავზარდეთ ჩაპეკის ხელოვნურ საკვებ არეზე და განვსაზღვრეთ მათში ცილისა და ნუკლეინის მჟავების კონცენტრაციები. მათგან ამოვირჩიეთ *Aspergillus terreus*-AT490 მიკრომიცეტი, რომლის მუტანტური შტამის *aspergillus terreus*-IK40 ბიომასაში ყველაზე ცოტა იყო ნუკლეინის მჟავები (1,8 %), რაც ნაკლებია მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის (მჯო) მიერ დაწესებულ ნორმაზე (2 %) და ცილის კონცენტრაციით (35 %) საკმაოდ მდიდარია.

ამორჩეული კულტურის მუტანტური შტამი *Aspergillus terreus*-IK 40 გავზარდეთ კვების წარმოების სხვადასხვა ნარჩენებზე, რომელთაგან ყველაზე მისაღები ჩვენთვის იყო საფერავის ჯიშის ყურძნის წვენის მიღების შემდეგ დარჩენილი ბიომასა. მისი წვენის წარმოების ნარჩენებზე მივიღეთ ცილით მდიდარი და ნუკლეინის მჟავების შემცველობით ღარიბი ბიომასა, რომელიც შეიძლება გამოვიყენოთ, როგორც საკვები დანამატი მეცხოველეობაში. ჩვენ ვფირობთ, რომ რადგან ლიტერატურული მონაცემებით საფერავის ჯიშის ყურძნის ანარჩენები მდიდარია ვიტამინებით, წიპწით (მისი ზეთი უნიკალურია) და რესვერატროლით (ფენოლური ანტიოქსიდანტი), მისი სუბსტრატად ამორჩევა მიზანშეწონილია.

ყურძნის წვენის წარმოების შემდეგ რჩება კენკროვანი გამონაწერი (ნარჩენი, გამშრალი ბიომასა). ეს ბიომასა ინარჩუნებს ამ პროდუქციის გემოს და შეიძლება მისი დამატებით საკვებად გამოყენება მეცხოველეობაში (საქონელი, ცხვარი, თხა, ღორი), მაგრამ ეს ნარჩენი მდიდარია ნახშირწყლებით და არა ცილით, რაც ჩვენ მიზანს არ წარმოადგენდა. ამიტომ გადავწყვიტეთ ამ ნარჩენებზე გავგეზარდა მიკრომიცეტები, რომ მიგველო ცილით მდიდარი საკვები დანამატი, რაც ცნობილია ლიტერატურული მონაცემებით.

ცილის კონცენტრაცია შერჩეულ ნარჩენში 7 % -ზე ნაკლებია, ხოლო ცელულოზის კონცენტრაცია 30 % -ზე მეტია, თუმცა მისი კვებითი ღირებულება მცირეა. ანარჩენებზე სოკოს გაზრდის შემდეგ ბიომასაში მიკოპროტეინი აღწევს 35 %-ს. ეს ცილა მდიდარია შეუცვლელი ამინომჟავებით, მინერალური ნივთიერებებით, ვიტამინებით, ცხიმებით და ნახშირწყლებით. ეს საშუალებას იძლევა დავზოგოთ სოიოს ფქვილი და მარცვლეული, რომლითაც ვკვებავთ ცხოველებს. წიპწის ზეთის და რესვერატროლის როლი ჯერ არ გამოგვირკვევია.

მიკროორგანიზმების გამოყენებას საკვების სხვა წარმოებასთან შედარებით გააჩნია შემდეგი უპირატესობები:

1. იკავებენ ნაკლებ სივრცეს, ვიდრე მცენარეები და ცხოველები.
2. იზრდებიან იაფ ნედლეულზე (აგრარული სექტორის ნარჩენები, კვების მრეწველობის ნარჩენები).
3. იზრდებიან სწრაფად მცენარეებთან და ცხოველებთან შედარებით.
4. შეიცავენ გაცილებით მეტ ცილას.
5. მათი ზრდა არ არის დამოკიდებული კლიმატის ცვლილებებზე.

ექსპერიმენტალური ნაწილი

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა მშრალი და დაქუცმაცებული ცელულოზაშემცველი ანარჩენები - ტომატის გამონაწნეხი, ჩაის გადამუშავების ნარჩენები, ტომატის გამონაწნეხი, ციტრუსის ნარჩენები და ყურძნის წვენი წარმოების ნარჩენები. ცილის შემცველი ბიომასის მისაღებად ვიყენებდით ამილაზებისა და ცელულაზების პროდუცენტების არატოქსიკურ და არაპათოგენურ მიკრომიცეტის, კერძოდ, *Aspergillus terreus* AT 490 -ის შტამს, შემოთავაზებულს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მიკრობიოლოგიური ლაბორატორიის მიკროორგანიზმთა კოლექციიდან. ამ სოკოს საწყისი შტამი *Aspergillus terreus* 17 p გამოყოფილია 1972 წ. ქ. ტაშკენტის თერმული წყლებიდან ლოგინოვას მიერ (Логинова, 1970), მისი მუტანტი *Aspergillus terreus* AT-490 მიღებული იყო 1984 წ. თ.ალექსიძის მიერ მცენარეთა ბიოქიმიის ინსტიტუტში და იყო თერმოფილური, არატოქსიკური და არაპათოგენური. ეს შტამი გამოვიყენეთ, როგორც საწყისი შტამი შემდგომი მუტაციისთვის ლიგნოცელულაზური ანარჩენების უფრო სრულყოფილი დაშლისათვის.

მიკრომიცეტებს ვზრდიდით ზედაპირულად ჩაპკის-დოქის ხელოვნურ აგარიზებულ საკვებ არეზე (საქაროზა - 30,0 გ, NaNO_3 - 2,0 გ, KH_2PO_4 - 1 გ, MgSO_4 - 0,5 გ, KCl - 0,5 გ, FeSO_4 - 0,01 გ, დისტილირებული წყალი 1 ლიტრი, საწყისი pH 4,5). კოლექციიდან აღებული შტამის *A.terreus*-490 მუტაცია ულტრაიისფერი სხივებით ჩავატარეთ შემდეგნაირად: 5-დღიანი კულტურის 4 მლ სუსპენზიას, რომლის 1 მლ შეიცავდა 2×10^6 კონიდიებს, ვათავსებდით პეტრის თასებზე. დასხივებას ვახდენდით ულტრაიისფერი სხივებით BYB - 15 და BYB - 30 ნათურებით. კულტურის დაშორება ნათურებიდან იყო 50 სმ. დასხივებულ კულტურას ვათავსებდით სანჯღრეველაზე 30 - 35 ზრ / წთ სიჩქარით. სუსპენზიას ვანზავებდით დისტილირებული წყლით და ვთესავდით ბადაგიან აგარზე

დასხივების ინტენსიობას ვზომავდით YMΦ – 71 დოზიმეტრით.

სიღრმული კულტივირება მიმდინარეობდა ერლენმეიერის 750 მლ-იან კოლბებში (რომლებშიც თითოეულში 150 მლ საკვები არე იყო) თერმოსტატირებულ სანჯღრეველაზე 30-35 ბრ/წთ სიჩქარით, (კოლბები საკვები არით წინასწარ იყო გასტერილებული ავტოკლავში, ტემპერატურა 120°C-ზე, წნევა 1,2 ატმ), 45°C-ზე, 48 საათის განმავლობაში. შემდეგ კულტურა გადაგვქონდა წინასწარ გასტერირებულ (სტერილიზაციის პირობები იგივეა) ინოკულატორში. ეს არის მცირე ზომის ფერმენტატორი, რომელიც 10-ჯერ მცირეა მოცულობით მუშა ფერმენტატორზე. 48 საათიანი კულტივირების შემდეგ ინოკულატი ტუმბოს საშუალებით გადაგვაქვს მუშა ფერმენტატორში, სადაც იზრდება 72 საათის განმავლობაში.

უჯრედული კულტურა (სუსპენზიური კულტურა) არის ცალკეული უჯრედები ან მცირე ჯგუფები შეტივნარებულ თხევად მდგომარეობაში. ობის სოკოები, რომლებისთვისაც დამახასიათებელია ტიპური სოკოვანი სხეული, შედგებიან წვრილი ძაფისებური გიფების ერთობლიობისაგან, რომელსაც ეწოდება მიცელიუმი. სოკოების უპირატესობა არის ის, რომ ისინი იზრდებიან საკმაოდ მჟავა გარემოში (pH < 4), რომლის დროსაც ითრგუნება ბაქტერიების ზრდა და ნაკლებია საკვები არეს და კულტურის დაბინძურების რისკი. ასპერგილები (ობის სოკოების ერთ-ერთი სახეობა) ჩვეულებრივ იზრდებიან 35° - 40° C-ზე. ჩვენს მიერ შერჩეული კულტურა კი მუტანტური შტამია და თერმოფილურია, იზრდება 45° - 50° C-ზე და კულტურის ბაქტერიული დაბინძურების საშიშროება მინიმალურია.

კულტივირებისას მიღებული ბიომასების დახასიათება

სოკოებში ძლიერი ფერმენტული სისტემის არსებობა განაპირობებს რთული მცენარეული სუბსტრატის უტილიზაციისა და ცილის მაღალი შემცველობის მქონე ბიომასის მიღებას. სუბსტრატად ვიყენებდით სხვადასხვა ცელულოზაშემცველ ნარჩენებს: ციტრუსის ფქვილი, ტომატის გამონაწნეხი, ჩაის ანარჩენები, ყურძნის ანარჩენები. ცხრილი #1-ში მოცემულია მოცემული სუბსტრატების ქიმიური შედგენილობა.

ნახშირწყლების (ცელულოზა, ჰემიციელოზა) მაღალი შემცველობა ამ სუბსტრატებში გვადლევდა საფუძველს გვევარაუდა, რომ შეიძლებოდა მათი მიკრობიოლოგიური ბიოკონვერსია ცილაში მიკრომიცეტების მიერ.

ნარჩენების ქიმიური შედგენილობა

ცხრილი #1

ნარჩენები	ცელულოზა	ჰემიციელუ-ლოზა	ლიგნინი	ნედლი ცილა	ლიპიდები	ზოლა
ჩაის ანარჩენები	18,6	9,3	18,8	10,4	3,5	5,6
ტომატის გამონაწნეხი	14,8	11,7	15,7	9,8	3,8	4,3

ციტრუსის ფქვილი	11,0	10,0	9,6	9,2	4,3	4,1
ყურძნის ანარჩენები	19,2	8,3	9,2	11,5	4,2	4,4

მატრანსფორმირებელი აგენტი იყო მიკროსკოპული სოკოს მუტანტი *Aspergillus terreus*-IK40.

შევისწავლეთ ტემპერატურის გავლენა, საკვები არეს pH, აზოტისა და ფოსფორის ოპტიმალური წყაროები, სოკოს კულტივირების დრო ცელულოზაშემცველ ანარჩენებზე.

საკვებ არეში შეგვქონდა აზოტი სხვადასხვა მარილების სახით 0,2 % აზოტის კონცენტრაციით (გამომდინარე ჩაპეკის ხელოვნური საკვები არედან): NaNO_3 და KNO_3 , NH_4Cl და $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. საუკეთესო წყაროდ აღმოჩნდა NaNO_3 , რადგან მისი შეტანისას საკვებ არეში ყველაზე მეტად იმატებდა სოკოს ბიომასა. ცხრილი #2

აზოტის მარილების გავლენა *Aspergillus terreus*-IK40 შტამის საკვებ არეში (%)

ცხრილი #2

მარილები	ყურძნის ანარჩენი	ციტრუსის ფქვილი	ტომატის გამონაწნები	ჩაის ანარჩენი
NaNO_3	2,7	2,5	2,4	1,6
KNO_3	2,5	2,3	2,2	1,4
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1,5	1,7	1,8	1,3
$\text{NH}_4 \text{Cl}$	1,8	1,9	2,0	1,4

ფოსფორის წყაროს ამორჩევისას, გამოვიყენეთ ფოსფორის სხვადასხვა მარილები, კერძოდ, K_2HPO_4 , KH_2PO_4 და $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, რომლებიც შეგვქონდა საკვებ არეში 0,1 % ფოსფორზე გადაანგარიშებით, გამომდინარე ჩაპეკის ხელოვნური საკვები არედან. როგორც ცდებმა აჩვენა ყველაზე მეტი ბიომასა და ცილა გროვდებოდა KH_2PO_4 შეტანის დროს. ცხრილი # 3

ფოსფორის მარილების გავლენა *Aspergillus terreus*-IK40 შტამის საკვებ არეში (%)

ცხრილი #3

მარილები	ყურძნის ანარჩენი	ციტრუსის ფქვილი	ტომატის გამონაწნები	ჩაის ანარჩენი
K_2HPO_4	2,2	1,8	2,1	1,5
KH_2PO_4	2,7	2,5	2,4	1,6
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	1,9	1,5	1,6	1,4
$(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	2,3	1,6	1,7	1,5

ტემპერატურის გავლენის შესწავლისას ბიომასის და ცილის დაგროვებაზე, აღმოჩნდა, რომ ყველაზე ოპტიმალური ტემპერატურაა 45°C . ცხრილი # 4.

ტემპერატურის გავლენა *Aspergillus terreus* IK-40 კულტივირებისას ბიომასის და ცილის დაგროვებაზე

ცხრილი #4

ტემპერატურა °C

ტემპერატურა °C	30	35	40	45	50
ბიომასის გამოსავალი გ / 100 მლ	1,5	1,8	2,4	2,7	2,5
ცილის შემცველობა %	17,7	21,33	28,44	32,0	29,62

ოპტიმალური pH -ის შერჩევას ცდა ჩავატარეთ pH-ის ფართო დიაპაზონში (2,5-დან 6,5-მდე, 0,5 ინტერვალით). კულტივირების პროცესში კულტურალურ სითხეში იმატებს pH ნეიტრალური უბნისკენ და ამიტომ ვარეგულირებთ მას მარილმჟავით. ყველაზე კარგი გამოსავალიანობა ბიომასის და ცილის აღინიშნება pH 4.5-ზე.

pH-ის გავლენა *Aspergillus terreus*-IK40 - ის ბიომასისა და ცილის დაგროვებაზე

ცხრილი #5

pH	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
ბიომასის გამოსავალი გ / 100 მლ	1,5	1,7	2,0	2,4	2,7	2,5	2,4	2,0	1,7
ცილის შემცველობა %	17,7	20,14	23,7	28,44	32,0	29,62	28,44	23,7	20,14

მიღებული მონაცემების საუბველზე შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ მიცელიალური სოკო *A. terreus*-IK40 გაზრდილი ცელულოზაშემცველ ნარჩენებზე შეიძლება გამოვიყენოთ ცხოველთა საკვებ დანამატად.

ისტორიულად ბიოტექნოლოგია შეიქმნა (ჩამოყალიბდა) ისეთ ტრადიციულ მიკრობიოლოგიურ წარმოებაზე, როგორცაა პურის ცხობა, ყველის ამოყვანა, ღვინის დაყენება, ლუდის ხარშვა, რძის პროდუქტების დამზადება და მუდმივად ვითარდება ბიოტექნოლოგიური პროცესები მიმდინარეობს ისეთი მიკროორგანიზმების საშუალებით, როგორცაა ბაქტერიები, საფუარები, ობის სოკოები, წყალმცენარეები (სპირულინა, ქლორელა), აგრეთვე მცენარეთა და ცხოველთა უჯრედების და ქსოვილთა კულტურების გამოყენებით.

ეკოლოგიური ბიოტექნოლოგიის თვალსაზრისით, კვების მრეწველობისა და აგრარული სექტორის ნარჩენების უტილიზაციის საუკეთესო გზაა მიკროორგანიზმთა კომპლექსის

გამოყენება სპეციალურ დანადგარებში და აგრარულ სექტორში საჭირო პროდუქციის მიღება.

ეუც-ს სუბსტრატები ფართოდაა გავრცელებული, როგორც არაორგანული, ასევე ორგანული წარმოშობის. ეს სუბსტრატები შეიძლება დავყოთ 2 ჯგუფად: მილევადი ანუ წიაღისეული და განახლებადი (მცენარეული და ცხოველური).

ჩვენს მიერ შერჩეული ნედლეული განახლებადია და შეგვიძლია გამოვიყენოთ მთელი წლის მანძილზე. იგი მდიდარია ცელულოზით, ვიტამინებით და პექტინური ნივთიერებებით. რაც შეეხება ცილებს, მათი კონცენტრაცია დაახლოებით ისეთივეა (8 – 10 %), როგორც სხვა მცენარეულ ანარჩენებში. შტამის მიერ ცელულოზა ჰიდროლიზდება გლუკოზამდე, რომელიც გამოიყენება ეუც-ს მისაღებად.

შესაბამისი სუბსტრატის ამორჩევა დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორიცაა ხელმისაწვდომობა, ფასი, მიკროორგანიზმის კვებაზე, ეუც-ის არატოქსიკურობაზე და სასურველ გამოყენებაზე.

ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ეუც-ს წარმოებაზე სხვადასხვაა - მიკროორგანიზმის ამორჩევა, სუბსტრატის ამორჩევა, უსაფრთხოება,

შტამის ამორჩევისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ მისი მახასიათებლები: ზრდის სისწრაფე, პროდუქტიულობა, მედეგობა გარემოს (ტემპერატურა და pH) მიმართ, ჟაგბადის მოხმარება - სითბოს გამოყოფა და ქაფწარმოქმნა უნდა კონტროლდებოდეს. საბოლოო პროდუქტის სტრუქტურა და შედგენილობა, გასათვალისწინებელია ცილის შემცველობა, ამინომჟავების პროფილი, რნმ-ს დონე.

ეუც-ის წარმოების პროცესები შეიცავს კულტივირების და ფერმენტაციის სხვადასხვა მეთოდებს.

ზრდის მეთოდი - პროცესის დამუშავება იწყება მიკრობების სკრინინგით, რომ მივიღოთ შესაბამისი სამრეწველო შტამი, რომელიც გამოიყოფა სხვადასხვა წყაროებიდან, ისეთებიდან, როგორიცაა ნიადაგი, წყალი, ჰაერი ან ბიოლოგიური მასალა. შერჩეული შტამები ოპტიმიზირდება სელექციით, მუტაციით ან სხვა გენეტიკური მეთოდებით, რომ გავზარდოთ მისი ჩქარი ზრდა და პროდუქტიულობა. კულტივირების ტექნიკური პირობები დგინდება მიკრობის ზრდის სტიმულაციისათვის და უჯრედოვანი მასის მაქსიმალური წარმოებისათვის.

ტექნოლოგიური პროცესი და აპარატების ტექნოლოგია გამოიყენება საწარმოო პროცესების ტექნიკური ასპექტებისათვის მსხვილმასშტაბიან გამოყენების დროს.

კოლბაში გაზრდის პირობები და რეაქტორში გაზრდის გარემო პირობები მიუხედავად იმისა, რომ ერთნაირია, შტამის გაზრდა მაინც განსხვავდება და მონაცემები სხვადასხვაა. პროცესის დამუშავებისას უნდა გავითვალისწინოთ ეკონომიური ფაქტორები: მაგ., ენერჯის მოხმარება და ეკონომიური ეფექტიანობა.

ვითვალისწინებთ გარემოს დაცვის (ეკოლოგიურ) უსაფრთხოების ნორმებს, როგორც ტექნოლოგიურ, ასევე პროდუქტიულ ასპექტებში.

სიდრმული კულტივირება - სუბსტრატი კულტივირებისათვის არის თხევად მდგომარეობაში და უზრუნველყოფს აუცილებელი ნივთიერებებით მიკრობის ზრდას.

ბიომასა მიიღება ფერმენტაციის შემდეგ და გროვდება ფილტრაციით ან ცენტრიფუგირებით.

აერაცია სიღრმული კულტივირებისას მიკრობთა ჟანგბადით უზრუნველსაყოფად და სითბოს მოსაშორებლად, რომელიც გამოიყოფა პროცესის დროს.

მიკრობული ბიომასის გამოსაყოფად იყენებენ სხვადასხვა მეთოდებს საფუარებისათვის და ბაქტერიებისათვის ცენტრიფუგირებას, ხოლო მიკრომიცეტებისათვის ფილტრაციას.

ფილტრაციის შემდეგ ბიომასას ვაშრობთ სპეციალურ დანადგარში და ვიღებთ საბოლოო პროდუქტს, რომელსაც ვაგროვებთ ქალაქის ან პოლიეთილენის პარკებში 10 -15 კგ რაოდენობით.

მიკროსკოპული სოკოებიდან ცილის მიღების უპირატესობები ცილით მდიდარ მარცვლეულებთან შედარებით.

1. სწრაფად იზრდებიან და მრავლდებიან, მარცვლეულებს კი სჭირდებათ თვეები.
2. ნარჩენებზე გაზრდილი მიკრომიცეტის ბიომასაში ცილის რაოდენობა გაცილებით მეტია 50 %-მდე და უფრო ხარისხიანიც. შეიცავს შეუცვლელ ამინომჟავებს.
3. მიკრომიცეტები ზრდისა და გამრავლებისათვის იყენებენ იაფ სუბსტრატებს.
4. საწარმოო პროცესი მარტივია. შტამისა და სუბსტრატის ამორჩევის შემდეგ ფერმენტაციის პროცესი და ბიომასის გამოყოფა კულტურალური სითხიდან არ არის რთული და არც გარემოს დაბინძურების საშიშროება არსებობს.
5. გენეტიკური მანიპულაციები შტამზე გაცილებით ადვილია, ვიდრე მცენარეებზე და ცხოველებზე, რაც საშუალებას იძლევა მივიღოთ ჩვენთვის საჭირო პროდუქცია.
6. წარმოება წლიურია და არა სეზონური - მათი ზრდა და გამრავლება შეიძლება მთელი წლის განმავლობაში. ეს განასხვავებს მათ მცენარეებისაგან, რომლებსაც ვეგეტაციის პერიოდი გააჩნიათ.
7. სუბსტრატების ფართო სპექტრი - მიკრომიცეტებს შეუძლიათ სუბსტრატად გამოიყენონ სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენები და კვების მრეწველობის ნარჩენები.
8. ეკოლოგიურად სუფთა და უსაფრთხო
9. ეკონომიურად იაფი და რენტაბელური
10. ჩამოთვლილი უპირატესობები ამცირებს დამოკიდებულებას ცილის ტრადიციულ მცენარეულ და ცხოველურ წყაროებზე.
11. ათავისუფლებს მიწის დიდ ფართობებს.
12. არ არის დამოკიდებული კლიმატზე.

მთლიანობაში, მიკრობული ცილა იმედისმომცემი ალტერნატიული წყაროა, რომელიც იძლევა მდგრად და ეფექტიან საკვებ დანამატს მეცხოველეობისათვის. მიმდინარე კვლევები და სამუშაოები ამ დარგში მიმართულია ამ უპირატესობების შემდგომი ოპტიმიზაციისაკენ და ცილის გამოყენების გაფართოებისაკენ.

ლიტერატურული მონაცემებით დამტკიცებულია, რომ მიკრობული ცილა აჩქარებს ცხოველთა და ფრინველთა ზრდას და აუმჯობესებს მათ ხორცის ხარისხს.

მიკრობულ ცილას უპირატესობებთან ერთად გააჩნიათ ნაკლოვანებებიც, კერძოდ, ცილაში არასრულია შეუცვლელი ამინომჟავები და ამიტომ ის გამოიყენება მხოლოდ, როგორც დამატებითი საკვები. გარდა ამისა, წარმოება საჭიროებს პროცესების ოპტიმალური პირობების დაცვას და მუდმივ კონტროლს, თანამედროვე დანადგარებს და ხელსაწყოებს. 2021 წლის მონაცემებით მიკრობული ცილის წარმოება 10-ჯერ ნაკლებ მიწის ფართობს საჭიროებს, ვიდრე სოიოს გაზრდით (კულტივირებით) მიღებულ იგივე რაოდენობის ცილაზე.

პროგნოზირებით, 2050 წლისათვის დედამიწის მოსახლეობის რაოდენობა მიაღწევს 9 მილიარდს, არის საშიშროება, რომ ტრადიციული სოფლის მეურნეობა (აგრარული სექტორი) ვერ დააკმაყოფილებს მოსახლეობის სურსათით უზრუნველყოფას. ასეთ პირობებში მიკრობული ცილა გამოდგება კარგ ალტერნატივად, რომლის წარმოება არ იქნება დამოკიდებული კლიმატურ პირობებზეც კი. მიკროორგანიზმები ცილას შეიცავენ დიდი რაოდენობით და მათი კულტივირება შეიძლება ისეთ

იაფ სუბსტრატებზე, როგორცაა სოფლის მეურნეობისა და კვების მრეწველობის ნარჩენები. იყენებენ რა ამ ნარჩენებში არსებულ ნახშირბადასა და აზოტს, მიკროორგანიზმები გარდაქმნიან მათ მაღალხარისხოვან ცილებად, რომელთა გამოყენება შეიძლება, როგორც საკვები დანამატი მეცხოველეობაში. იგი გამოდგება აგრეთვე ფრინველებისა და თევზების დამატებით საკვებად.

მიკრობული ცილა ანუ ჩვენ შემთხვევაში მიკოპროტეინი, შეიცავს აუცილებელ საკვებ ნივთიერებებს, როგორცაა ვიტამინები (B ჯგუფის ვიტამინები: თიამინი, რიბოფლავინი, პირიდოქსინი და ფოლის მჟავა), შეუცვლელ ამინომჟავებს (ლიზინი, და მეთიონინი), ლიპიდებს, ნუკლეინის მჟავებს და მინერალურ მარილებს.

სამრეწველო მასშტაბით გამოსაყენებელ მიკროორგანიზმებს წაეყენება შემდეგი მოთხოვნები: 1. არ იყვნენ პათოგენურები და ტოქსიკურები 2. დიდი რაოდენობით შეიცავდნენ მიზნობრივ, მაღალხარისხოვან ცილას 3. იზრდებოდნენ სწრაფად 4. ცილას ჰქონდეს კარგი შეთვისების უნარი 5. შეეძლოთ ადაპტირება გარემოს ცვლილებებზე (საკვები არე, ტემპერატურა, pH).

ამრიგად, მიკრობული ცილა, თუ მთლიანად არა, უმეტეს შემთხვევაში წყვეტს ცილის დეფიციტის პრობლემას მეცხოველეობაში, ათავისუფლებს რა მიწის დიდ ფართობებს, ამცირებს წყლის დიდ ხარჯს და თავიდან გვაცილებს გარემოს დაბინძურებას.

აღსანიშნავია, რომ ფაქტიური შედგენილობა შეიძლება იცვლებოდეს იმ ფაქტორებზე დამოკიდებულებით თუ როგორია ამორჩეული შტამი, ზრდის პირობები, როგორია სუბსტრატი. თავის მხრივ, ბიოტექნოლოგია აწვითარებს მიკროორგანიზმთა შემდგომ ოპტიმიზაციას მიკრობული ცილის წარმოების გასაუმჯობესებლად და გასადიდებლად.

. საფუარების უპირატესობა სხვა მიკროორგანიზმებთან შედარებით, მათი ტექნოლოგიურობაა (технологичность): მდგრადია ინფექციების მიმართ, ადვილად შორდება (გამოიყოფა) საკვებ არეს (სუსპენზიას) უჯრედების მსხვილი ზომების გამო. ისინი აგროვებენ 60%-მდე ცილას (მდიდარს ლიზინით, ტრეონინით, ვალინით, ლეიციინით). ეს ამინომჟავები ცოტაა მცენარეულ საკვებში. ნუკლეინის მჟავების მასური

წილი 10%-მდეა, რაც მავნებელია ცხოველური ორგანიზმებისათვის, რადგან მათი ჰიდროლიზით წარმოიქმნება ბევრი პურინები, რომლებიც შემდეგში გარდაიქმნებიან შარდმჟავაში და მის მარილებში, რომლებიც ქვებს აჩენს შარდსასქესო სისტემაში. ნმ-ის მაღალი შემცველობა სახიფათოა ზოგიერთი პათოლოგიური დაავადებისას. საფუარების მასის ოპტიმალური დოზა (ნორმა), რომელიც ემატება ცხოველთა საკვებს შეადგენს 5 – 10% მშრალ წონაზე. საფუარები გამოიყენება საჭმელი და საკვები მიზნებისათვის.

1979 წელს ამერიკაში დაამონტაჟეს მსოფლიოში ყველაზე დიდი ერლიფტური ფერმენტატორი 50 000 ტ / წ წარმადობით.

რეაქტორი < ლათ. რე - გამეორება, აქტიო - მოქმედება

ცილის მიღების ნორმა - 60-120 გ /დღ

სხვადასხვა ორგანიზმები ცილოვან ბიომასას 2-ჯერ ადიდებენ: საქონელი - 60 დღეში, ღორი - 45 დღეში, წიწილები - 30 დღეში, ბაქტერიები და საფუარები 1-დან 6 საათამდე. ბაქტერიების უპირატესობაა მათი სწრაფად ზრდა და ცილის სინთეზი 80% - მდე. მიღებული ცილა შეიცავს ბევრ დეფიციტურ ამინომჟავებს.

წყლის მცენარე სპირულინა შეიცავს 60 – 70 % ცილას და მხოლოდ 3 – 8% ნკ-ს.

ცილის მოლეკულა 150 -მდე ამინომჟავით ერთუჯრედებიანი მიკროორგანიზმებით ცილა სინთეზდება 1,5 წუთში. ცილის ჯაჭვის სინთეზისას ამინომჟავები უერთდება ერთმანეთს სიჩქარით - 2 ამინომჟავა 1 წამში. (Коновалов С.А. 1980)

სოკოს (მიკრომიცეტი) *Fusarium gramineum* ცილის კვლევა დაიწყო 1964 წელს და ნებართვა წარმოებაში ჩასაშვებად მიეცა 1986 წელს.

ასპერგილუს ნიგერ - ცილა - 30-45%, ნმ 1,4 -1,8 %.

ნუკლეინის მჟავების (ძირითადად რნმ) შესამცირებლად კულტურას ვათბობთ 64° C-მდე 25-30 წუთის განმავლობაში სპეციალურ ჭურჭელში, რომელშიც ვატარებთ წყლის ორთქლს. ამ ტემპერატურამდე ვათბობა იწვევს რნმ-ს ინაქტივაციას ისე, რომ ცილა არ ნადგურდება, ხოლო რნმ-ს კონცენტრაცია მცირდება 1%-მდე.

სოკო წარმოქმნის 0,5 კგ ბიომასას (გამშრალს) 1 კგ გამოყენებულ შაქარზე. სოკოების უპირატესობა სხვა მიკროორგანიზმებთან შედარებით არის ის, რომ ისინი იზრდებიან საკმაოდ მჟავა გარემოში, რომლის დროსაც ითრგუნება ბაქტერიების ზრდა და მცირდება კულტურის დაბინძურების რისკი.

Aspergillus terreus ნიადაგიდან გამოყოფილი ობის სოკოა.

სპირულინა - ერთუჯრედიანი წყალმცენარე ლურჯ-მწვანე ფერის არ ითვლება მცენარედ, მიუხედავად იმისა, რომ ენერგიას ღებულობს ფოტოსინთეზით.

წყალმცენარეები იზრდება წყალშიც და ნიადაგშიც.

წყლის მცენარეულობა იზრდება მხოლოდ წყალში.

ნარჩენებზე გაზრდილი მიკრომიცეტების ცილა შეიცავს მინერალურ ნივთიერებებს, ვიტამინებს, ცხიმებს და ნახშირწყლებს. ეს საშუალებას გვაძლევს დავზოგოთ სოიოს ფქვილი და მარცვლეული, რომლითაც ვკვებავთ ცხოველებსა და ფრინველებს.

პროგნოზით პლანეტის მოსახლეობის რაოდენობა 2050 წელს მიაღწევს 9 მილიარდს, სურსათი და საკვები დასჭირდებათ 56 %-ით მეტი, აგრარული ფართობები მცირდება, წყლის დეფიციტია და შეუძლებელი იქნება საკმარისი ცილის რაოდენობის წარმოება ტრადიციული მეთოდებით. .

სოკოების ერთობლივი კულტივირებისას არ აღინიშნებოდა ბიომასის ინტენსიური ზრდა და ცილის დაგროვება. მისი შემცველობა არ აღემატებოდა 16 %-ს.

კულტივირებისათვის შერჩეული იყო არატოქსიკური და არაპათოგენური მუტაგენური შტამი. ისტორიულად ბიოტექნოლოგია შეიქმნა (ჩამოყალიბდა) ისეთ ტრადიციულ მიკრობიოლოგიურ წარმოებაზე, როგორცაა პურის ცხობა, ყველის ამოყვანა, ღვინის დაყენება, ლუდის ხარშვა, რძის პროდუქტების დამზადება და მუდმივად ვითარდება ბიოტექნოლოგიური პროცესები მიმდინარეობს ისეთი მიკროორგანიზმების საშუალებით, როგორცაა ბაქტერიები, საფუარები, ობის სოკოები, წყალმცენარეები (სპირულინა, ქლორელა), აგრეთვე მცენარეთა და ცხოველთა უჯრედების და ქსოვილთა კულტურების გამოყენებით.

ეკოლოგიური ბიოტექნოლოგიის თვალსაზრისით, კვების მრეწველობისა და აგრარული სექტორის ნარჩენების უტილიზაციის საუკეთესო გზაა მიკროორგანიზმთა კომპლექსის გამოყენება სპეციალურ დანადგარებში და აგრარულ სექტორში საჭირო პროდუქციის მიღება.

ეუც-ს სუბსტრატები ფართოდაა გავრცელებული, როგორც არაორგანული, ასევე ორგანული წარმოშობის. ეს სუბსტრატები შეიძლება დავყოთ 2 ჯგუფად: მილევადი ანუ წიაღისეული და განახლებადი (მცენარეული და ცხოველური).

ჩვენს მიერ შერჩეული ნედლეული განახლებადია და შეგვიძლია გამოვიყენოთ მთელი წლის მანძილზე. იგი მდიდარია ცელულოზით, ვიტამინებით და პექტინური ნივთიერებებით. რაც შეეხება ცილებს, მათი კონცენტრაცია დაახლოებით ისეთივეა (8 – 10 %), როგორც სხვა მცენარეულ ანარჩენებში. შტამის მიერ ცელულოზა ჰიდროლიზდება გლუკოზამდე, რომელიც გამოიყენება ეუც-ს მისაღებად.

შესაბამისი სუბსტრატის ამორჩევა დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა ხელმისაწვდომობა, ფასი, მიკროორგანიზმის კვებაზე, ეუც-ის არატოქსიკურობაზე და სასურველ გამოყენებაზე.

ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ეუც-ს წარმოებაზე სხვადასხვაა - მიკროორგანიზმის ამორჩევა, სუბსტრატის ამორჩევა, უსაფრთხოება,

შტამის ამორჩევისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ მისი მახასიათებლები: ზრდის სისწრაფე, პროდუქტიულობა, მედეგობა გარემოს (ტემპერატურა და pH) მიმართ, ჟაგბადის მოხმარება - სითბოს გამოყოფა და ქაფწარმოქმნა უნდა კონტროლდებოდეს. საბოლოო პროდუქტის სტრუქტურა და შედგენილობა, გასათვალისწინებელია ცილის შემცველობა, ამინომჟავების პროფილი, რნმ-ს დონე.

სუბსტრატის ტოქსიკურობა - ზოგიერთი სუბსტრატი შეიძლება შეიცავდეს ან გამოყოფდეს ტოქსიკურ ნივთიერებას.

ეუც-ის წარმოების პროცესები შეიცავს კულტივირების და ფერმენტაციის სხვადასხვა მეთოდებს.

ზრდის მეთოდი - პროცესის დამუშავება იწყება მიკრობების სკრინინგით, რომ მივიღოთ შესაბამისი სამრეწველო შტამი, რომელიც გამოიყოფა სხვადასხვა წყაროებიდან,

ისეთებიდან, როგორცაა ნიადაგი, წყალი, ჰაერი ან ბიოლოგიური მასალა. შერჩეული შტამები ოპტიმიზირდება სელექციით, მუტაციით ან სხვა გენეტიკური მეთოდებით, რომ გავზარდოთ მისი ჩქარი ზრდა და პროდუქტიულობა. კულტივირების ტექნიკური პირობები დგინდება მიკრობის ზრდის სტიმულაციისათვის და უჯრედოვანი მასის მაქსიმალური წარმოებისათვის.

ტექნოლოგიური პროცესი და აპარატების ტექნოლოგია გამოიყენება საწარმოო პროცესების ტექნიკური ასპექტებისათვის მსხვილმასშტაბიან გამოყენების დროს.

კოლბაში გაზრდის პირობები და რეაქტორში გაზრდის გარემო პირობები მიუხედავად იმისა, რომ ერთნაირია, შტამის გაზრდა მაინც განსხვავდება და მონაცემები სხვადასხვაა.

პროცესის დამუშავებისას უნდა გავითვალისწინოთ ეკონომიური ფაქტორები: მაგ., ენერჯის მოხმარება და ეკონომიური ეფექტიანობა.

ვითვალისწინებთ გარემოს დაცვის (ეკოლოგიურ) უსაფრთხოების ნორმებს, როგორც ტექნოლოგიურ, ასევე პროდუქტიულ ასპექტებში.

სიღრმული კულტივირება - სუბსტრატი კულტივირებისათვის არის თხევად მდგომარეობაში და უზრუნველყოფს აუცილებელი ნივთიერებებით მიკრობის ზრდას.

ბიომასა მიიღება ფერმენტაციის შემდეგ და გროვდება ფილტრაციით ან ცენტრიფუგირებით.

აერაცია სიღრმული კულტივირებისას მიკრობთა ჟანგბადით უზრუნველსაყოფად და სითბოს მოსაშორებლად, რომელიც გამოიყოფა პროცესის დროს.

მიკრობული ბიომასის გამოსაყოფად იყენებენ სხვადასხვა მეთოდებს საფუარებისათვის და ბაქტერიებისათვის ცენტრიფუგირებას, ხოლო მიკრომიცეტებისათვის ფილტრაციას.

ფილტრაციის შემდეგ ბიომასას ვაშრობთ სპეციალურ დანადგარში და ვიღებთ საბოლოო პროდუქტს, რომელსაც ვაგროვებთ ქაღალდის ან პოლიეთილენის პარკებში 10 -15 კგ რაოდენობით.

მიკროსკოპული სოკოებიდან ცილის მიღების უპირატესობები ცილით მდიდარ მარცვლეულებთან შედარებით.

1. სწრაფად იზრდებიან და მრავლდებიან, მარცვლეულებს კი სჭირდებათ თვეები.
2. ნარჩენებზე გაზრდილი მიკრომიცეტის ბიომასაში ცილის რაოდენობა გაცილებით მეტია 50 %-მდე და უფრო ხარისხიანიც. შეიცავს შეუცვლელ ამინომჟავებს.
3. მიკრომიცეტები ზრდისა და გამრავლებისათვის იყენებენ იაფ სუბსტრატებს.
4. საწარმოო პროცესი მარტივია. შტამისა და სუბსტრატის ამორჩევის შემდეგ ფერმენტაციის პროცესი და ბიომასის გამოყოფა კულტურალური სითხიდან არ არის რთული და არც გარემოს დაბინძურების საშიშროება არსებობს.
5. გენეტიკური მანიპულაციები შტამზე გაცილებით ადვილია, ვიდრე მცენარეებზე და ცხოველებზე, რაც საშუალებას იძლევა მივიღოთ ჩვენთვის საჭირო პროდუქცია.

6. წარმოება წლიურია და არა სეზონური - მათი ზრდა და გამრავლება შეიძლება მთელი წლის განმავლობაში. ეს განასხვავებს მათ მცენარეებისაგან, რომლებსაც ვეგეტაციის პერიოდი გააჩნიათ.
7. სუბსტრატების ფართო სპექტრი - მიკრომიცეტებს შეუძლიათ სუბსტრატად გამოიყენონ სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენები და კვების მრეწველობის ნარჩენები.
8. ეკოლოგიურად სუფთა და უსაფრთხო
9. ეკონომიურად იაფი და რენტაბელური
10. ჩამოთვლილი უპირატესობები ამცირებს დამოკიდებულებას ცილის ტრადიციულ მცენარეულ და ცხოველურ წყაროებზე.
11. ათავისუფლებს მიწის დიდ ფართობებს.
12. არ არის დამოკიდებული კლიმატზე.

მიკროორგანიზმები ცილას შეიცავენ დიდი რაოდენობით და მათი კულტივირება შეიძლება ისეთ იაფ სუბსტრატებზე, როგორცაა სოფლის მეურნეობისა და კვების მრეწველობის ნარჩენები. იყენებენ რა ამ ნარჩენებში არსებულ ნახშირბადას და აზოტს, მიკროორგანიზმები გარდაქმნიან მათ მაღალხარისხოვან ცილებად, რომელთა გამოყენება შეიძლება, როგორც საკვები დანამატი მეცხოველეობაში. იგი გამოდგება აგრეთვე ფრინველებისა და თევზების დამატებით საკვებად.

2021 წლის მონაცემებით მიკრობული ცილის წარმოება 10-ჯერ ნაკლებ მიწის ფართობს საჭიროებს, ვიდრე სოიოს გაზრდით (კულტივირებით) მიღებულ იგივე რაოდენობის ცილაზე.

მთლიანობაში, მიკრობული ცილა იმედისმომცემი ალტერნატიული წყაროა, რომელიც იძლევა მდგრად და ეფექტიან საკვებ დანამატს მეცხოველეობისათვის. მიმდინარე კვლევები და სამუშაოები ამ დარგში მიმართულია ამ უპირატესობების შემდგომი ოპტიმიზაციისაკენ და ცილის გამოყენების გაფართოებისაკენ.

ლიტერატურული მონაცემებით დამტკიცებულია, რომ მიკრობული ცილა აჩქარებს ცხოველთა და ფრინველთა ზრდას და აუმჯობესებს მათ ხორცის ხარისხს.

მიკრობულ ცილას უპირატესობებთან ერთად გააჩნიათ ნაკლოვანებებიც, კერძოდ, ცილაში არასრულია შეუცვლელი ამინომჟავები და ამიტომ ის გამოიყენება მხოლოდ, როგორც დამატებითი საკვები. გარდა ამისა, წარმოება საჭიროებს პროცესების ოპტიმალური პირობების დაცვას და მუდმივ კონტროლს, თანამედროვე დანადგარებს და ხელსაწყოებს.

პროგნოზირებით, 2050 წლისათვის დედამიწის მოსახლეობის რაოდენობა მიაღწევს 9 მილიარდს, არის საშიშროება, რომ ტრადიციული სოფლის მეურნეობა (აგრარული სექტორი) ვერ დააკმაყოფილებს მოსახლეობის სურსათით უზრუნველყოფას. ასეთ

პირობებში მიკრობული ცილა გამოდგება კარგ ალტერნატივად, რომლის წარმოება არ იქნება დამოკიდებული კლიმატურ პირობებზეც

მიკრობული ცილა ანუ ჩვენ შემთხვევაში მიკოპროტეინი, შეიცავს აუცილებელ საკვებ ნივთიერებებს, როგორცაა ვიტამინები (B ჯგუფის ვიტამინები: თიამინი, რიბოფლავინი, პირიდოქსინი და ფოლის მჟავა), შეუცვლელ ამინომჟავებს (ლიზინი, მეთიონინი, ვალინი, ლეიცინი, იზოლეიცინი, ტრეონინი, ფენილალანინი, ტრიფტოფანი), ლიპიდებს, ნუკლეინის მჟავებს და მინერალურ მარილებს.

სამრეწველო მასშტაბით გამოსაყენებელ მიკროორგანიზმებს წაეყენება შემდეგი მოთხოვნები: 1. არ იყვნენ პათოგენურები და ტოქსიკურები 2. დიდი რაოდენობით შეიცავდნენ მიზნობრივ, მაღალხარისხოვან ცილას 3. იზრდებოდნენ სწრაფად 4. ცილას ჰქონდეს კარგი შეთვისების უნარი 5. შეეძლოთ ადაპტირება გარემოს ცვლილებებზე (საკვები არე, ტემპერატურა, pH).

აღსანიშნავია, რომ ფაქტიური შედგენილობა შეიძლება იცვლებოდეს იმ ფაქტორებზე დამოკიდებულებით თუ როგორია ამორჩეული შტამი, ზრდის პირობები, როგორია სუბსტრატი. თავის მხრივ, ბიოტექნოლოგია აწვითარებს მიკროორგანიზმთა შემდგომ ოპტიმიზაციას მიკრობული ცილის წარმოების გასაუმჯობესებლად და გასადიდებლად.

ამრიგად, მიკრობული ცილა, თუ მთლიანად არა, უმეტეს შემთხვევაში წყვეტს ცილის დეფიციტის პრობლემას მეცხოველეობაში, ათავისუფლებს რა მიწის დიდ ფართობებს, ამცირებს წყლის დიდ ხარჯს და თავიდან გვაცილებს გარემოს დაბინძურებას.

ცილის მიღების ნორმა - 60-120 გ /დღ

სხვადასხვა ორგანიზმები ცილოვან ბიომასას 2-ჯერ ადიდებენ: საქონელი - 60 დღეში, ღორი - 45 დღეში, წიწილები - 30 დღეში, ბაქტერიები და საფუარები 1-დან 6 საათამდე. ნმურებას.

პექტინები ჭარბად გროვდება ყურძენში. პექტინოვანი ნივთიერებები ცელულოზასთან, ჰემიცილოზასთან და ლიგნინთან ერთად წარმოადგენენ მცენარეული უჯრედის კედლის ძირითად შემადგენელ ნაწილს.

ყურძნის პექტინის 1%-იანი ხსნარის pH 3,0 – 4,0-მდეა.

ყურძნის ცილები გამოირჩევა ამინომჟავებისა და კერძოდ ლიზინის მაღალი პროცენტული შემცველობით. ყურძნის ცილები სრულფასოვანია კვებითი ღირებულების თვალსაზრისით.

მელვინეობის ნარჩენიდან მიიღება მაღალხარისხოვანი ცილა., რომელიც წარმატებით გამოიცადა პურის ცხობაში.

ყურძენში ნუკლეინის მჟავების შემცველობა მცირეა, მაგრამ ნიადაგში მინერალური სასუქების შეტანის შემდეგ იზრდება.

რესვერატროლი - ყურძნის კანში აღმოჩენილი პოლიფენოლი. 1992 წ. რესვერატროლი უფრო დეტალურად იქნა გამოკვლეული და გამოვლინდა, როგორც ყურძნის კანის

ძირითადი კომპონენტი. იგი არის ძლიერი ანტიოქსიდანტი, ანადგურებს თავისუფალ რადიკალებს. აქვს უნარი გამოიწვიოს საკვანძო ცილის PGC-1 - ის აქტიობა, რაც იწვევს უფრო მეტ უჯრედულ ენერჯიას ტვინში კუნთებსა და გულში.

ლიგნინი წარმოადგენს ფენოლური ბუნების პოლიმერს, რომელთანაც მცენარეულ ქსოვილში მჭიდროდ არის გადაჯაჭვული ცელულოზისა და ჰემიციელოზის ფიბრილები. ლიგნინის წინამორბედებს წარმოადგენენ ოქსიდარიჩინის სპირტები – კონიფერილის და სინაპის. ლიგნინი არ წარმოადგენს განსაზღვრული აღნაგობის ნივთიერებას. ერთმანეთისაგან განირჩევა არამარტო სხვადასხვა მცენარის ლიგნინი, არამედ ერთი მცენარის სხვადასხვა ნაწილისაც კი. ლიგნინი სხვადასხვა რაოდენობით გვხვდება ყურძნის კანში, კლერტში და თესლში. შედარებით მეტია თესლში. მტევნის მაგარი ნაწილების ლიგნინი შეიძლება დაიშალოს მცირე რაოდენობით, თუ ღვინო ხანგრძლივად იქნება დატოვებული ჭაჭაზე. ლიგნინის ჰიდროლიზისა და დაშლის შედეგად ჩვეულებრივ წარმოიქმნებიან არომატული ალდეჰიდები - ვანილინი, იასამანალდეჰიდი, დარიჩინალდეჰიდი.

ვიტამინი B 12 არ სინთეზირდება მცენარეებში. მისი სინთეზი მხოლოდ ზოგიერთ მიკროორგანიზმში ხდება.

ძნელად მოსაწვლელი ბიოპოლიმერები: ცელულოზა, ჰემიციელოზა, ლიგნინი

აზოტის ორგანული წყაროები: პეპტონი, საფუვრის ექსტრაქტი, მალტ-ექსტრაქტი (ალაოს ექსტრაქტი).

ჰემიციელოზა - მაღალმოლეკულური პოლისაქარიდი, რომელშიც შედის პენტოზანები (არაბანები, ქსილანები), ჰექსოზანები (გალაქტანები, მანანები), პოლიურონიდები.

პეპტინი - წყალში ხსნადი პეპტინოვანი ნივთიერებები.

პროტოპეპტინი - წყალში უხსნადი პეპტინოვანი ნივთიერებები

პეპტინები ჭარბად გროვდება ყურძენში. პეპტინოვანი ნივთიერებები ცელულოზასთან, ჰემიციელოზასთან და ლიგნინთან ერთად წარმოადგენენ მცენარეული უჯრედის კედლის ძირითად შემადგენელ ნაწილს.

ყურძნის პეპტინის 1%-იანი ხსნარის pH 3,0 – 4,0-მდეა.

ყურძნის ცილები გამოირჩევა ამინომჟავებისა და კერძოდ ლიზინის მაღალი პროცენტული შემცველობით. ყურძნის ცილები სრულფასოვანია კვებითი ღირებულების თვალსაზრისით.

მელვინეობის ნარჩენიდან მიიღება მაღალხარისხოვანი ცილა., რომელიც წარმატებით გამოიცადა პურის ცხობაში.

ყურძენში ნუკლეინის მჟავების შემცველობა მცირეა, მაგრამ ნიადაგში მინერალური სასუქების შეტანის შემდეგ იზრდება.

მიზანი - ღვინის წარმოების ნარჩენის - კლერტის, ჩენჩოს და წიპწის ერთიანი მასის ბიოკონვერსია ცილით მდიდარ და ადვილად მოსანელებელ ბიომასად.

ნარჩენები იფუჭება 0,4 – 0,5 მმ ზომის ნაწილაკებად.

50 გ /ლ სუბსტრატი შეიცავს: საფერავის ჯიშის ყურძნის ნარჩენი - 35%, ჩაი - 25%, ტომატი - 28%, ციტრუსი - 30%, სიმინდის ფუჩეჩი - 28%, ვაზის ანასხლავი - 25%.

ბიომასის გამოსავალი გ / 100 მლ - ციტრუსი 30, ნედლი ცილის შემცველობა - 21%.

ავტოლიზატის ორი ფრაქციის (ხსნადი და უხსნადი) გაყოფა ხდება ცენტრიფუგირებით.

ჭეშმარიტი ცილა ბიომასაში 11,8 %.

ვიღებთ სუბსტრატის (ნარჩენის) კონცენტრაციას 2 გ, 4 გ, 6 გ, 8 გ. ოპტიმალურია 4 გ, ნედლი ცილა 13,4 გ.

NaNO₃ 144 მგ / 4 გ სუბსტრატზე, ჭეშმარიტი ცილა 15,3 %.

საფუარების უპირატესობა სხვა მიკროორგანიზმებთან შედარებით, მათი ტექნოლოგიურობაა (технологичность): მდგრადია ინფექციების მიმართ, ადვილად შორდება (გამოიყოფა) საკვებ არეს (სუსპენზიას) უჯრედების მსხვილი ზომების გამო. ისინი აგროვებენ 60%-მდე ცილას (მდიდარს ლიზინით, ტრეონინით, ვალინით, ლეიცინით). ეს ამინომჟავები ცოტაა მცენარეულ საკვებში. ნუკლეინის მჟავების მასური წილი 10%-მდეა, რაც მავნებელია ცხოველური ორგანიზმებისათვის, რადგან მათი ჰიდროლიზით წარმოიქმნება ბევრი პურინები, რომლებიც შემდეგში გარდაიქმნებიან შარდმჟავაში და მის მარილებში, რომლებიც ქვებს აჩენს შარდსასქესო სისტემაში. ნმ-ის მაღალი შემცველობა სახიფათოა ზოგიერთი პათოლოგიური დაავადებისას. საფუარების მასის ოპტიმალური დოზა (ნორმა), რომელიც ემატება ცხოველთა საკვებს შეადგენს 5 – 10% მშრალ წონაზე. საფუარები გამოიყენება საჭმელი და საკვები მიზნებისათვის.

1979 წელს ამერიკაში დაამონტაჟეს მსოფლიოში ყველაზე დიდი ერლიფტური ფერმენტატორი 50 000 ტ / წ წარმადობით.

რეაქტორი < ლათ. რე - გამეორება, აქტიო - მოქმედება

ბაქტერიების უპირატესობაა მათი სწრაფად ზრდა და ცილის სინთეზი 80% - მდე. მიღებული ცილა შეიცავს ბევრ დეფიციტურ ამინომჟავებს.

წყლის მცენარე სპირულინა შეიცავს 60 – 70 % ცილას და მხოლოდ 3 – 8% ნკ-ს.

ცილის მოლეკულა 150 -მდე ამინომჟავით ერთუჯრედებიანი მიკროორგანიზმებით

სინთეზდება 1,5 წუთში. ცილის ჯაჭვის სინთეზისას ამინომჟავები უერთდება ერთმანეთს სიჩქარით - 2 ამინომჟავა 1 წამში. (Коновалов С.А. 1980)

სოკოს (მიკრომიცეტი) *Fusarium gramineum* ცილის კვლევა დაიწყო 1964 წელს და ნებართვა წარმოებაში ჩასაშვებად მიეცა 1986 წელს.

წყველის მყავების (ძირითადად რნმ) შესამცირებლად კულტურას ვათბობთ 640-მდე 25-30 წუთის განმავლობაში სპეციალურ ჭურჭელში, რომელშიც ვატარებთ წყლის ორთქლს. ამ ტემპერატურამდე ვათბობა იწვევს რნმ-ს ინაქტივაციას ისე, რომ ცილა არ ნადგურდება, ხოლო რნმ-ს კონცენტრაცია მცირდება 1%-მდე.

სოკო წარმოქმნის 0,5 კგ ბიომასას (გამშრალს) 1 კგ გამოყენებულ შაქარზე. სოკოების უპირატესობა სხვა მიკროორგანიზმებთან შედარებით არის ის, რომ ისინი იზრდებიან საკმაოდ მყავა გარემოში, რომლის დროსაც ითრგუნება ბაქტერიების ზრდა და მცირდება კულტურის დაბინძურების რისკი.

Aspergillus terreus ნიადაგიდან გამოყოფილი ობის სოკოა.

სპირულინა - ერთუჯრედიანი წყალმცენარე ლურჯ-მწვანე ფერის არ ითვლება მცენარედ, მიუხედავად იმისა, რომ ენერგიას ლებულობს ფოტოსინთეზით.

წყალმცენარეები იზრდება წყალშიც და ნიადაგშიც.

წყლის მცენარეულობა იზრდება მხოლოდ წყალში.

ნარჩენებზე გაზრდილი მიკრომიცეტების ცილა შეიცავს მინერალურ ნივთიერებებს, ვიტამინებს, ცხიმებს და ნახშირწყლებს. ეს საშუალებას გვაძლევს დავზოგოთ სოიოს ფქვილი და მარცვლეული, რომლითაც ვკვებავთ ცხოველებსა და ფრინველებს.

პროგნოზით პლანეტის მოსახლეობის რაოდენობა 2050 წელს მიაღწევს 9 მილიარდს, სურსათი და საკვები დასჭირდებათ 56 %-ით მეტი, აგრარული ფართობები მცირდება, წყლის დეფიციტია და შეუძლებელი იქნება საკმარისი ცილის რაოდენობის წარმოება ტრადიციული მეთოდებით. .

სოკოების ერთობლივი კულტივირებისას არ აღინიშნებოდა ბიომასის ინტენსიური ზრდა და ცილის დაგროვება. მისი შემცველობა არ აღემატებოდა 16 %-ს,

კულტივირებისათვის შერჩეული იყო არატოქსიკური და არაპათოგენური მუტაგენური შტამი *Aspergillus terreus*-IK40 და საწყისი კოლექციიდან აღებული კულტურა *Aspergillus*-AT 490

მიზანი - ღვინის წარმოების ნარჩენის - კლერტის, ჩენჩოს და წიპწის ერთიანი მასის ბიოკონვერსია ცილით მდიდარ და ადვილად მოსანელებელ ბიომასად.

ნარჩენები იფქვება 0,4 – 0,5 მმ ზომის ნაწილაკებად.

ბიომასის გამოსავალი გ / 100 მლ - ციტრუსი 22, ნედლი ცილის შემცველობა - 28%.

ავტოლიზატის ორი ფრაქციის (ხსნადი და უხსნადი) გაყოფა ხდება ცენტრიფუგირებით.

ჭეშმარიტი ცილა ბიომასაში 11,8 %.

NaNO₃ 144 მგ / 4 გ სუბსტრატზე, ჭეშმარიტი ცილა 15,3 %.

ნედლი ცილა 55%, ჭეშმარიტი 33%, მონელება ცილის 85%, ლიპიდების 72%

ნახშირწყლოვანი სუბსტრატის 100 გ იძლევა 35 გ მიკოპროტეინს.

პროდუქტს, რომელიც მიღებულია მიკროორგანიზმებით ბიოტრანსფორმაციით უწოდებენ ერთუჯრედიან ცილას (ეუც), Single Cell Protein (SCP)

მცენარეული ბიომასის ძირითად კომპონენტს წარმოადგენს ცელულოზა. მას თან ახლავს ჰემიცილოზა, ლიგნინი, სახამებელი, ცხიმები, ცილები.

საქართველოში 800 ტონამდე გროვდება კვების მრეწველობის ნარჩენები. (1985წ.)

ნარჩენების მჟავური ჰიდროლიზის დროს წარმოიქმნება ფურფუროლი, მელანინი, ხდება შაქრების კარამელიზაცია.

1700 კგ რძის შრატის იძლევა 1 კგ ცხოველურ ცილას.

ცილოვან-ვიტამინური კომპლექსი (ცკვ), Белково-витаминный комплекс (БВК)

კელდალის ტიტრომეტრული მეთოდი - საერთო და ნარჩენი აზოტის განსაზღვრა სისხლის შრატში.

დანიელმა ქიმიკოსმა იოჰან კელდალმა 1883 წ. შემოგვთავაზა ცილაში აზოტის განსაზღვრის მეთოდი, რომელსაც დღემდე იყენებენ.

ცილაში აზოტის შემცველობა საშუალოდ 16%-ია.

Taking mycoprotein-rich dietary supplements of grape juice

Based on the biotransformation of production waste

Irine Kapanadze - PhD student. Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU.

i.kapanadze@gtu.ge

Temur Buachidze - Professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU.

T.buachidze@gtu.ge

Reviewers: E. Kvesitadze, professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU. E. kvesitadze@gtu.ge

N. Butskhrikidze - professor of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of GTU.

N.bucxrikidze@gtu.ge

Annotation.

Currently, there is a protein deficiency problem in the world along with other problems. This includes human food and animal food protein. The current situation can be said to be a crisis, since the world's population is growing and will reach 9 billion in 25-30 years, and food and animal feed will no longer be enough for them, because they will need 56% more food and feed.

Food and food primarily means protein, both plant and animal. One of the directions of biotechnology - microbiological industry - plays a decisive role in this matter. It provides us both food and animal feed protein. Microbial protein is provided by microorganisms, namely algae, yeasts, bacteria and microscopic fungi or micromycetes. The protein obtained from them is used as additional feed for animals and birds. Traditional agriculture is associated with various environmental problems, such as high consumption of water, occupying large areas of land, disturbance of biodiversity and emission of greenhouse gases. In contrast, microbial protein production offers a more sustainable alternative, although modern microbial protein production often depends on residues from agriculture and the food industry.

Key words: biomass, mycoprotein, residues, protein.

UDC 665.7:543.544.32:006.354

დიელექტრიკულ ზეთებში პოლიქლორირებული ბიფენილების (PCBs) განსაზღვრა (სკრინინგი და ლაბორატორიული ანალიზი)

ზურაბ გელიაშვილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის
დეპარტამენტი, პროფესორი, საქართველო, 0175, თბილისი,
მ.კოსტავას ქუჩა 69
E-mail: z.geliashvili@gtu.ge

გურამ თანდილაშვილი კავკასიის რეგიონული გარემოსდაცვითი ცენტრის ექსპერტი,
საქართველო, 0179, თბილისი, მცხეთის ქუჩა 48/50
E-mail: guram.tandilashvili@gmail.com

ირაკლი ლეგაშვილი კავკასიის რეგიონული გარემოსდაცვითი ცენტრის
კოორდინატორი, საქართველო, 0179, თბილისი, მცხეთის ქუჩა 48/50
E-mail: chem_ira@yahoo.com

სოფიკო ახოზაძე კავკასიის რეგიონული გარემოსდაცვითი ცენტრის ხელმძღვანელი,
საქართველო, 0179, თბილისი, მცხეთის ქუჩა 48/50
E-mail: sophiko.akhobadze@rec-caucasus.org

რეცენზენტები:

თ. ჭეიშვილი, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის
პროფესორი, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, საქართველო, 0175, თბილისი,
მ.კოსტავას ქუჩა 69. E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

ნ. კუციავა, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის
პროფესორი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, საქართველო, 0175, თბილისი,
მ.კოსტავას ქუჩა 69. E-mail: n.kutsiava@gtu.ge

ანოტაცია. დღესდღეობით ენერგო კომპანიები და მათი მომსახურების განყოფილებები, რომლებიც მუშაობენ PCBs-ის შემცველ სატრანსფორმატორო დიელექტრიკულ ზეთებზე ფართოდ კონტროლდება.

PCBs-ები მიეკუთვნება მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების POPs ჯგუფს და მათ მცირე დოზებსაც კი შეუძლია ჰქონდეს გენოტოქსიკური, იმუნოტოქსიკური და კანცეროგენური ეფექტები.

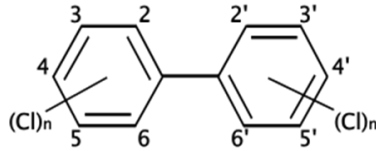
განხორციელდა საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის ენერგეტიკის სექტორის ელექტრო მოწყობილობებში გამოყენებული დიელექტრიკული ზეთების ინვენტარიზაცია, პირველადი სკრინინგი, ლაბორატორიული ანალიზის მეთოდებით განისაზღვრა დაბინძურების დონე.

კვლევებმა გამოავლინა, რომ ინვენტარიზირებული ზეთების 20%-ზე მეტი შეიცავს პოლიქლორირებულ ბიფენილებს (PCBs), ზღვრულად დასაშვებ ნორმაზე (50 ppm) მეტი რაოდენობით. 4000 ერთეული ელექტრო მოწყობილობის დიელექტრიკული ზეთის სინჯის სკრინინგის შედეგად 1759 სინჯში PCBs-ის კონცენტრაცია აღემატება 50 ppm-ს (44%), ხოლო 2241 სინჯში PCBs-ის კონცენტრაციამ შეადგინა 50 ppm-ზე ნაკლები (56%), რაც დასაშვებია სტოკჰოლმის კონვენციით დიელექტრიკული ზეთის უსაფრთხოდ გამოყენებისთვის. გაზური ქრომატოგრაფიის შედეგად PCBs-ის 50 ppm-ზე მეტი შემცველობა გამოვლინდა 1759 დან 310 სინჯში, რაც შეადგენს შემოწმებული ელექტრო მოწყობილობის საერთო რაოდენობიდან 7,75% -ს.

საკვანძო სიტყვები: გაზური ქრომატოგრაფია (GC), დიელექტრიკული ზეთები, ელექტრული ტრანსფორმატორები, მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლები (POPs), პქბ-პოლიქლორირებული ბიფენილები (PCBs), სტოკჰოლმის კონვენცია, სკრინინგი, ქლორ-სპეციფიკური ანალიზატორი,

შესავალი

პოლიქლორირებული ბიფენილები (PCBs) $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ არომატული ორგანულ ნაერთთა ის ჯგუფია, რომელიც მოიცავს ბიფენილის $n=1-10$ ქლორის ატომების შემცველ წარმოებულს. არსებობს ორგანული ქლორიდების 209 კონფიგურაცია 1-დან 10-მდე ქლორის ატომის შემცველობით:



სურათი 1. პოლიქლორირებული ბიფენილების (PCBs) ქიმიური სტრუქტურა

პოლიქლორირებული ბიფენილების 130 განსხვავებული შემადგენლობა და სტრუქტურა გამოიყენება კომერციული მიზნებისათვის [1].

პოლიქლორირებულ ბიფენილებთან (PCBs) ერთად, დიოქსინები, ფურანები და პესტიციდები მიეკუთვნება მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების (POPs) ჯგუფს, რომლებიც ტოქსიკური ნაერთებია და შეიძლება სწრაფად გავრცელდეს დიდ მანძილზე მოკლე დროში. მათი მონიტორინგი ჰაერში, წყალსა და ნიადაგში სავალდებულოა განვითარებულ ინდუსტრიულ ქვეყნებში მათი მაღალი გარემოსდაცვითი და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის საფრთხის გამო [2-4].

POPs ანუ მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლები, რომლებიც მდგრადია ქიმიური, ბიოლოგიური და ფოტოლიზური დეგრადაციის მიმართ და შესაბამისად, დიდხანს რჩება დეგრადირებული, როდესაც ისინი უკონტროლო გზით გადადიან ბუნებრივ გარემოში. უკიდურესად დაბალი დოზის შემთხვევაშიც კი, POPs-მა შესაძლოა ნეგატიური ზემოქმედება მოახდინოს ადამიანის ჯანმრთელობაზე და/ან ეკოსისტემაზე [4].

პოლიქლორირებული ბიფენილები იწარმოებოდა 1940-იანი წლებიდან როდესაც გლობალური მრეწველობის წინაშე იდგა განსაკუთრებული თერმული და ელექტრული საიზლაციო თვისებების მქონე მასალების შექმნის ამოცანა. ყველაზე დიდი რაოდენობით მათი წარმოება მოხდა ამერიკის შეერთებულ შტატებში, გერმანიაში, რუსეთსა და საფრანგეთში. დანარჩენი კი წარმოებულ იქნა სხვა ქვეყნებში, როგორებიცაა სლოვაკეთი, იაპონია, გაერთიანებული სამეფო, ესპანეთი, იტალია და პოლონეთი, ხოლო საქართველოში PCBs არასოდეს წარმოებულა.

პქბ-ის გარემოში მოხვედრის ძირითადი გზებია: აორთქლება პლასტიფიკატორებიდან; ნარჩენების წვის პროცესის დროს წარმოქმნილი ნამწვი; პქბ-ის შემცველი სამრეწველო მოწყობილობების წვა; უკონტროლო გაჟონვა; პქბ-ს შემცველი ან მისგან დაბინძურებული ნარჩენების ნაგავსაყრელზე გატანა. დაბინძურება ძირითადად ხდება

პქბ-ის შემცველი ან პქბ-ით დაბინძურებული ნივთიერებების, საექსპლუატაციო და სარემონტო წესების, შენახვისა და გადაყრის პირობების დარღვევის გამო გამოწვეული უკონტროლო გაჟონვების შედეგად [4].

2001 წელს ევროპის ქვეყნების უმრავლესობამ ხელი მოაწერა სტოკჰოლმის კონვენციას მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების შესახებ, ამ ნივთიერებების სწრაფი და ეკოლოგიურად უსაფრთხო განადგურების მიზნით. ამ კონვენციის მონაწილეებმა აიღეს ვალდებულება 2028 წლისთვის თავიანთ ქვეყნებში არსებული PCBs -ის სრულ განეიტრალებაზე [5].

სტოკჰოლმის კონვენცია „მდგრადი ორგანული დამბინძურებლების შესახებ“ რატიფიცირებულია საქართველოს პარლამენტის 2006 წლის 11 აპრილის №2840 დადგენილებით [6].

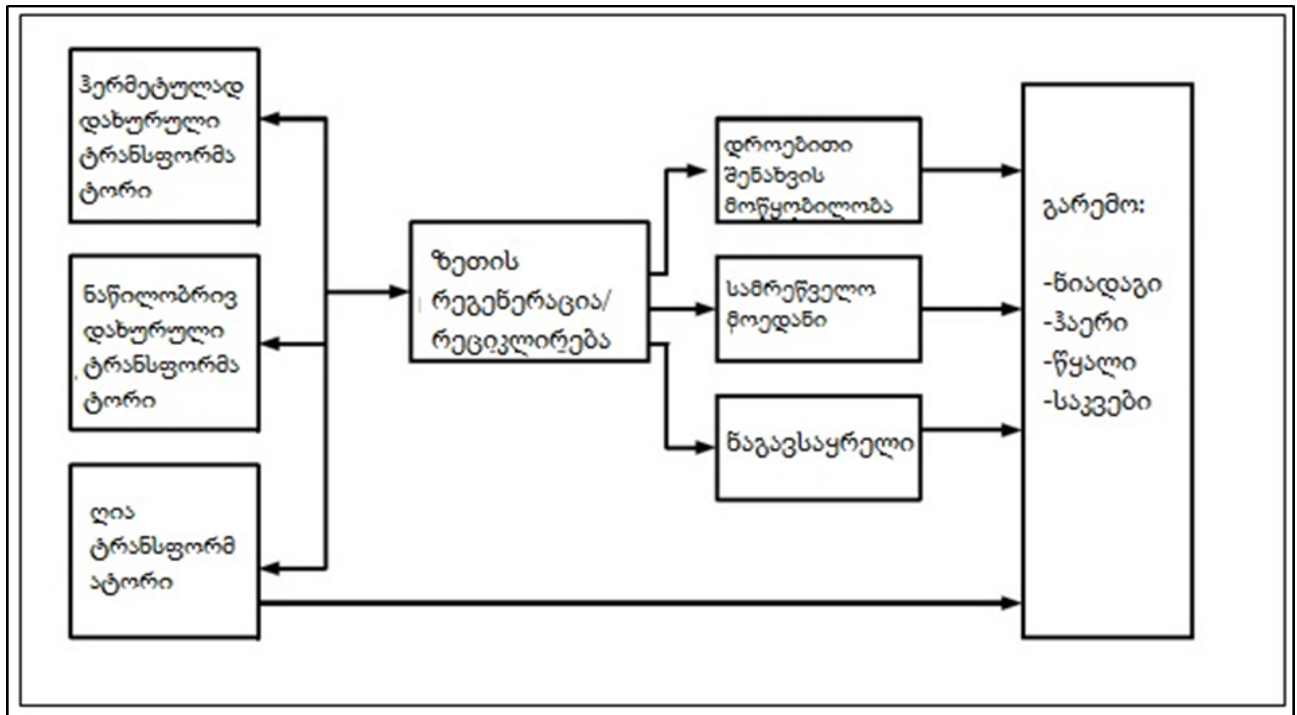
ძირითადი ნაწილი

პოლიქლორირებული ბიფენილებს (PCBs) ახასიათებს შემდეგი უნიკალური ფიზიკური და ქიმიური თვისებები: თერმული მედეგობა და ცეცხლგამძლეობა (სრული წვა მხოლოდ $> 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე); ელექტრო იზოლაციის თვისებები; მაღალი ხსნადობა ცხიმებში, ზეთებში და სხვა ორგანულ გამხსნელებში; ცუდი ხსნადობა წყალში $0,0027-0,42$ ნანოგრამი/ლ ფარგლებში; დაბალი აქროლადობა (170 -დან $380\text{ }^{\circ}\text{C}$ -მდე); კოროზია მედეგობა; მაღალი თავსებადობა ფისებთან; დაწებების უნარი; ქიმიური ინერტულობა მჟავებზე, ტუტეებზე და ა.შ. [2].

პქბ-ის კეთილთვისებიანმა მახასიათებლებმა (არააალებადობა, მჟავებზე და ტუტეებზე მედეგობა, ჟანგვადობა და ჰიდროლიზი, დაბალი ხსნადობა წყალში, მაღალ ტემპერატურაზე მედეგობა, ფართო დიელექტრიკული მახასიათებლები და ა.შ) განაპირობებს მათი მრეწველობაში ფართო გამოყენება. პქბ-ის ნარევები (როგორც სუფთა, ასევე სხვა მინარევების მქონე) გამოიყენებოდა როგორც ღია, ასევე ნაწილობრივ ღია და დახურულ სისტემებში.

1970 წელს აღმოაჩინეს, რომ ის თვისებები, რომლებიც აღნიშნულ ნივთიერებას ძალზედ პოპულარულს ხდიდა, სერიოზულ საფრთხეს უქმნიდა ადამიანის ჯანრმთელობას და გარემოს. PCBs-ის წარმოება თითქმის მთლიანად შეწყდა მთელ მსოფლიოში.

ქვეყნის ენერგეტიკის სექტორში არის ობიექტები, რომელიც ახორციელებს PCBs-ის შემცველ დიელექტრიკული ზეთის რეგენერაციას და ტრანსფორმატორების შეკეთება/ტექნიკურ მომსახურებას. აღნიშნული ქმედებები ხორციელდება ზეთში PCBs-ის შემცველობის შემოწმების გარეშე, რაც შესაბამისად ზრდის მოწყობილობების არაგანზრახ ან ჯვარედინი დაბინძურების რისკს (იხ. სურათი 2).



სურათი 2. ჯვარედინი დაბინძურების გზები

PCBs-ის მწვავე ზემოქმედება შესაძლოა მოხდეს პეპ-ის შემცველი მოწყობილობების სარემონტო და ტექნიკური მომსახურების სამუშაოების შესრულებისას, სახიფათო ნარჩენების ან დაზიანებული და გადახურებული ძველი ტრანსფორმატორებიდან, კონდენსატორებიდან ან სხვა ელექტრო მოწყობილობებიდან გაჟონვის ადგილებთან კონტაქტისას. ზეთებთან და ზეთიან აღჭურვილობასთან მუშაობის დროს პეპ-ის ჯვარედინი დაბინძურების თავიდან აცილების მიზნით მნიშვნელოვანია პეპ-ის შემცველობის შუალედური ტესტირება.

წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანია საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის ენერგო სექტორში არსებულ ელექტრო მოწყობილობებში (ტრანსფორმატორები, კონდენსატორები, წრედის ამომრთველები) გამოყენებულ დიელექტრიკულ ზეთებში პოლიქლორირებული ბიფენილების განსაზღვრა, მათი სკრინინგი და ლაბორატორიული ანალიზი, ინვენტარიზაციის შედეგებზე დაყრდნობით დაბინძურების შეფასება და პეპ-ის მონაცემთა ბაზის შექმნა.

მონაცემთა ბაზა POPs-ზე უფლებამოსილ ორგანოს საშუალებას აძლევს აკონტროლოს PCBs-ის რაოდენობა ექსპლუატაციიდან ამოღების დროის თვალსაზრისით. ვინაიდან, მონაცემთა ბაზა შეიცავს პქბ-ით დაბინძურებული მოწყობილობების ყველა მფლობელის მისამართებს. მონაცემთა ბაზის შექმნა გრძელვადიანი ინვენტარიზაციის წარმატებით განხორციელების და 2025 და 2028 წლისთვის სტოკჰოლმის კონვენციით განსაზღვრული მიზნების მიღწევის გარდაუვალი წინაპირობაა [5].

ინფორმაცია PCBs-ის შემცველ მოწყობილობაზე და მათ მფლობელებზე, რომელიც შეგროვებულია ეროვნული ინვენტარიზაციის დროს, უნდა იქნას შენახული მონაცემთა ბაზაში.

ყოველ ხუთ წელში ერთხელ, სტოკჰოლმის კონვენციის ყველა მხარე ვალდებულია მხარეთა კონფერენციას გაუგზავნოს შეტყობინება პქბ-ის განთავსების მიმდინარეობასთან დაკავშირებით. მაშასადამე, მონაცემთა ბაზის ფუნქცია აგრეთვე არის აღნიშნულ პერიოდში განთავსებული მოწყობილობების აღრიცხვა.

პქბ-ის მონაცემთა ბაზა, არ უნდა იქნას აღქმული, როგორც მხოლოდ ინფორმაციის შენახვისა და შეგროვების საშუალება, არამედ როგორც ინსტრუმენტი, რომელიც შესაძლებელია რეგულარულად განახლდეს, შეფასდეს და დარეგულირდეს მანამ, სანამ არ განთავსდება მოწყობილობის ბოლო ერთეული.

PCBs-ის ანალიზი შესაძლებელია დაიყოს ორ კატეგორიად: სპეციფიკური და არა-სპეციფიკური მეთოდები.

არასპეციფიკური მეთოდები მოიცავენ პქბ-ის სავსე სკრინინგის ტესტის კომპლექტს და ასევე სავსე ანალიზატორებს.

სპეციფიკური მეთოდები მოიცავენ გაზურ ქრომატოგრაფიას (GC) და მასის სპექტომეტრიას (MS), რომელიც ანალიზსს აკეთებს პოლიქლორირებული ბიფენილების გარკვეულ მოლეკულებზე.

ანალიზური კვლევები განხორციელდა კავკასიის რეგიონული გარემოსდაცვითი ცენტრის მიერ საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს, გაეროს ინდუსტრიული განვითარების ორგანიზაციასთან (UNIDO) ერთად, გლობალური გარემოსდაცვითი ფონდის (GEF) მიერ დაფინანსებული პროექტის „პოლიქლორირებული ბიფენილებისაგან (PCBs) თავისუფალი ელექტრომომარაგება

საქართველოში“ ფარგლებში L2000Dexsil ანალიზატორის გამოყენებით (სკრინინგის ხარისხობრივი/რაოდენობრივი-EPA SW-846 მეთოდი 9079) [7].

საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის ენერგო სექტორის ელექტრო მოწყობილობებში გამოყენებულ დიელექტრიკულ ზეთებს ჩაუტარდა PCBs-ის შემცველობაზე პირველადი სკრინინგი.

სინჯების ასაღებად მოსამზადებელ ეტაპზე, რეკომენდებულია მომზადდეს სპეციალური სინჯების ასაღები ყუთი, რომელშიც მოთავსებული იქნება სინჯის აღების ყველა საჭირო აღჭურვილობა, რათა მუდმივად იყოს უზრუნველყოფილი ხელმისაწვდომობა საჭირო აღჭურვილობაზე, მათი სასწრაფო გამოყენების საჭიროების შემთხვევაში.



სურათი 3. სინჯების ასაღები აღჭურვილობა

ნიმუშები აღებულ იქნა სტანდარტული IEC 60475 „თხევადი დიელექტრიკების სინჯის აღების მეთოდის“ შესაბამისად [8].

შუშის ბოთლები გამოიყენება თხევადი სინჯებისთვის, ხოლო მკვრივი შუშის ან პლასტმასის კონტეინერების გამოყენება ხდება მყარი სინჯებისთვის. თუმცა, პკბ-ის მაღალი შემცველობის მოლოდინებისას (მაგალითად, სუფთა პკბ-ის შემთხვევაში), აუცილებელია შუშის კონტეინერები გამოვიყენოთ, რადგან PCB იწვევს პლასტმასის ამოჭმას.



სინჯის ასაღები კონტეინერები უნდა იყვეს აბსოლუტურად სუფთა. თითოეული სინჯის აღების შემდეგ, ხდება სინჯების შორ მანძილზე ტრანსპორტირება. ამიტომაც, კარგი ხარისხის შუშაზე (უმტვრევი) მოთხოვნა არის შესაბამისად მაღალი.

სინჯების აღების პროცედურაში შეცდომების თავიდან ასაცილებლად, ვითვალისწინებთ შემდეგ პუნქტებს:

ჯვარედინი დაბინძურების რისკი - ჩვეულებრივ ხდება ერთი სინჯით მეორე სინჯის დაბინძურება; თუ ერთჯერად მასალას ვიყენებთ (როგორებიცაა ხელსახოცები, პიპეტები, მეტალის საფხეკები და ა.შ.), ვრწმუნდებით, რომ თითოეული სინჯისთვის ახალ ხელსაწყოს ვიყენებთ. თუ ეს არ არის შესაძლებელი, ხელსაწყოები მუდმივად უნდა გაიწმინდოს ყოველი გამოყენების წინ. შეძლებისდაგვარად, ამ მიზნისათვის საჭიროა გამხსნელის (ტექნიკური აცეტონი) გამოყენება; სინჯების არევა - იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ სინჯების არევა, ძალზედ მნიშვნელოვანია სინჯების აღებისთანავე მოვახდინოთ კონტეინერების გარკვევით და სიზუსტის დაცვით ეტიკეტირება; სინჯების აღების ჩანაწერების ჟურნალის წარმოება - ჩანაწერების ჟურნალი უნდა შეივსოს დაუყოვნებლივ (სინჯის აღების პროცესში), სხვა შემთხვევაში, შესაძლოა გამოგვეპაროს მნიშვნელოვანი ინფორმაცია.



სურათი 4. ტრანსფორმატორიდან სინჯის აღება

პოლიქლორირებული ბიფენილების ანალიზი უნდა ჩატარდეს ე.წ „სპეციფიკური მეთოდით“ ან „არასპეციფიკური მეთოდით“.

არასპეციფიკური მეთოდი განსაზღვრავს ქლორირებული ნახშირწყალბადებს, რომლებსაც PCBs მიეკუთვნება. PCBs-ის განსაზღვრისათვის გამოიყენება სკრინინგ-ტესტის მეთოდი- კოლორიმეტრიულ რეაქციაზე დაფუძნებული სწრაფი ტესტის კომპლექტის ან ქლორიდების იონსელექციური ელექტროდის მეშვეობით. ამ ინსტრუმენტალური აღმოჩენის მეთოდით ვადგენს ზეთის სინჯში პქბ-ს კონცენტრაციას. დიელექტრიკული ზეთისთვის გაზომვის დიაპაზონი არის 2-დან 2000-მდე მემილიონედი ნაწილი (ppm).



სურათი 5. ქლორ-სპეციფიკური ანალიზატორი (L2000DX) (მარცხნივ); დიელექტრიკული ზეთის სინჯები (მარჯვნივ)

სკრინინგის დროს წარმოშობილი ნებისმიერი სახის ნარჩენი (გამოყენებული სკრინინგ-ტესტები, ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები და სხვ.) უნდა შეგროვდეს და განთავსდეს როგორც სახიფათო ნარჩენი „ნარჩენების მართვის კოდექსის“ მოთხოვნების შესაბამისად [9].

აგრეთვე გამოიყენება დიელექტრიკული ზეთის სკრინინგის ხარისხობრივი/რაოდენობრივი მეთოდი (EPA SW-846 მეთოდი 9079) [10].

დიელექტრიკული/საიზოლაციო ზეთისთვის, ნარჩენი ზეთისთვის და სხვა ნარჩენების მართვისთვის გამოიყენება შემდეგი ლაბორატორიული ანალიზის მეთოდები:

- ლაბორატორიული მეთოდი (ევროპული სტანდარტი EN 61619 საერთაშორისო ელექტრო-ტექნიკური კომისია (IEC) 61619- საიზოლაციო სითხეები - PCBs -ით დაბინძურებული [11];
- სტანდარტული ტესტირების მეთოდი საიზოლაციო სითხეებში PCBs-ების ანალიზისთვის გაზური ქრომატოგრაფიის გამოყენებით ASTM D4059 [12]; ASTM D6160 – 98(2013) [13];
- კაპილარული გაზური ქრომატოგრაფიით PCBs-ების დადგენის მეთოდი ნავთობპროდუქტებში და გამოყენებულ ზეთებში (EN 12766-1, EN-12766-2 და EN 12766-3) [14-16].

რეგიონის ენერგო სექტორში შეგროვებული ზეთის ნიმუშები შემოწმდა 22-25°C ტემპერატურაზე ქლორ-სპეციფიკური ანალიზატორის (L2000DX) გამოყენებით თანდართული ინსტრუქციის შესაბამისად [7].

სახელმძღვანელო დოკუმენტის მოთხოვნის შესაბამისად PCBs-ის 50 ppm-ზე მეტი შემცველობის ნიმუშები საჭიროებს გადამოწმებას გაზური ქრომატოგრაფიის მეთოდით

[17]. გაზური ქრომატოგრაფია ძირითადად გამოიყენება დაბალი მოლეკულური მასის მქონე აქროლადი ნივთიერებებისთვის, ხოლო მაღალი მოლეკულური მასის მქონე არააქროლადი ნივთიერებებისთვის გამოიყენება იმ შემთხვევაში, თუ მოვახდენთ საკვლევი ნივთიერების დერივატიზაციას და აქროლად ფორმაში გადაყვანას.

ჩატარებულმა კვლევამ აჩვენა რომ ინვენტარიზებული 4000 ერთეული ელექტრო მოწყობილობის დიელექტრიკული ზეთის სინჯის სკრინინგის შედეგად 1759 სინჯში PCBs-ის კონცენტრაცია აღემატება 50 ppm-ს (44%), ხოლო 2241 სინჯში PCBs-ის კონცენტრაციამ შეადგინა 50 ppm-ზე ნაკლები (56%), რაც დასაშვებია სტოკჰოლმის კონვენციით დიელექტრიკული ზეთის უსაფრთხოდ გამოყენებისთვის.

გაზური ქრომატოგრაფიის შედეგად PCBs-ის 50 ppm-ზე მეტი შემცველობა გამოვლინდა 1759-დან 310 სინჯში, რაც შეადგენს შემოწმებული 4000 ერთეული ელექტრო მოწყობილობის საერთო რაოდენობიდან 7,75% -ს.

ანალიზის შეფასებიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ინვენტარიზებული 4000 ერთეული ელექტრო მოწყობილობიდან გაზური ქრომატოგრაფიის გამოყენებით PCBs-ით დაბინძურებული 310 ერთეული ელექტრო მოწყობილობა გამოვლინდა (საერთო წონა 285248 კგ, ზეთის წონა 82028 კგ).

დასკვნა

შერჩეული ანალიზის მეთოდი მოიცავს ზემოაღნიშნული მეთოდებიდან ერთერთში გათვალისწინებული ხარისხის უზრუნველყოფის/ხარისხის კონტროლის (QA/QC) პროცედურებს. ლაბორატორია, სადაც ტარდება ანალიზი, უნდა აკმაყოფილებდეს შერჩეული ანალიზის მეთოდისთვის გათვალისწინებულ QA/QC-ის მოთხოვნებს.

გაზური ქრომატოგრაფიის შედეგად PCBs-ის 50 ppm-ზე მეტი შემცველობა გამოვლინდა 1759-დან 310 სინჯში, რაც შეადგენს შემოწმებული 4000 ერთეული ელექტრო მოწყობილობის საერთო რაოდენობიდან 7,75% -ს.

PCBs-ით დაბინძურებული 310 ერთეული ელექტრო მოწყობილობის 285248 კგ. საერთო წონიდან გამოვლინდა 82028 კგ ზეთის წონა.

ინვენტარიზაციის შედეგებზე დაყრდნობით ქვეყანაში PCBs-ით მოსალოდნელი დაბინძურება შეფასებულია და ასახულია მონაცემთა ბაზაში.

ლიტერატურა:

1. Top 10 Applications for PCBs. <https://emsginc.com/resources/10-common-pcb-applications/>.
2. Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Inventory Guidance. PCB Elimination Network (PEN) February 2016, -53p.
<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31250/PCBIG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Gorbunova T. I., Pervova M. G., Zabelina O. N., Saloutin V. I., Chupakhin O. N. Polychlorinated biphenyls. Problems of ecology, analysis and chemical utilization. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, (in Russian) [2011]. ISBN: 978-5-396-00309-5; – 400 p.
<https://azon.market/polihlorbifenilyi-problemyi-ekologii-analiza-i-himicheskoy-utilizatsii---gorbunova-ti-mysh2481377>
4. Tsygankov V.Yu., Donets M.M., Khristoforova N.K.. Persistent organic pollutants (POPs) in the Far Eastern Region: Seas, Organisms, Human. – Vladivostok: Publishing House of the Far Eastern Federal University, 2020. – 344 p.
<https://www.dvfu.ru/upload/medialibrary/119/%D0%A6%D1%8B%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20%D0%B8%20%D0%B4%D1%80.pdf>
5. Stockholm convention (in Georgian)
<https://matsne.gov.ge/ka/document/view/1245079?publication=0>
6. Stockholm convention ratify (in Georgian)
<https://matsne.gov.ge/ka/document/view/43702?publication=0>
7. L2000 DX Analyzer - <https://www.dexsil.com/writable/documents/product-manuals/L2000DXManualV1.28.RV0.pdf>
8. Scope of accreditation of the testing laboratory. "Tranfiber-Service" Ltd (in Georgian)
https://gac.gov.ge/upload/accredited_bodies/files/467c716d1acf3172d894ec24cf1e5319.pdf;
9. Waste management code
<https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/2676416?publication=15>

10. SW-846 Test Method 9079: Screening Test Method for Polychlorinated Biphenyls in Transformer Oil. <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-9079-screening-test-method-polychlorinated-biphenyls-transformer-oil>
11. Insulating liquids - Contamination by polychlorinated biphenyls (PCBs) - Method of determination by capillary column gas chromatography
<https://webstore.iec.ch/publication/5670>
12. Standard Test Method for Analysis of Polychlorinated Biphenyls in Insulating Liquids By Gas Chromatography.
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/101941/e183c041a1d64049a6182d05c4c83175/ASTM-D4059-00-2018-.pdf>
13. Standard Test Method for Determination of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Waste Materials by Gas Chromatography. <https://www.astm.org/d6160-98r13.html>
14. Petroleum products and used oils - Determination of PCBs and related products - Part 1: Separation and determination of selected PCB congeners by gas chromatography (GC) using an electron capture detector (ECD).
<https://www.scribd.com/document/621663335/EN-12766-1>
15. Petroleum products and used oils - Determination of PCBs and related products - Part 2: Calculation of polychlorinated biphenyl (PCB) content
https://www.intertekinform.com/en-us/Standards/EN-12766-2-2001-329330_SAIG_CEN_CEN_757972/
16. Petroleum products and used oils - Determination of PCBs and related products - Part 3: Determination and quantification of polychlorinated terphenyls (PCT) and polychlorinated benzyl toluenes (PCBT) content by gas chromatography (GC) using an electron capture detector (ECD)
https://www.intertekinform.com/en-us/Standards/EN-12766-3-2004-329331_SAIG_CEN_CEN_2746182/
17. Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Inventory Guidance. PCB Elimination Network (PEN) February 2016

**Determination (Screening and laboratory analysis) of Polychlorinated
Biphenyls (PCBs) in Dielectric Oils**

Zurab Geliashvili Georgian Technical University, Department of Chemistry, Professor,
Georgia, 0175, Tbilisi, 69a M. Kostava str. E-mail: z.geliashvili@gtu.ge

Guram Tandilashvili The Regional Environmental Centre for the Caucasus (RECC), Georgia,
0179, Tbilisi, 48/50 Mtskheta str. E-mail: guram.tandilashvili@gmail.com

Irakli Legashvili The Regional Environmental Centre for the Caucasus (RECC), Georgia, 0179,
Tbilisi, 48/50 Mtskheta str. E-mail: chem_ira@yahoo.com

Sophiko Akhobadze The Regional Environmental Centre for the Caucasus (RECC), Georgia,
0179, Tbilisi, 48/50 Mtskheta str. E-mail: sophiko.akhobadze@rec-caucasus.org

Abstract. Nowadays, energy companies and their service departments operating on PCBs-
containing transformer dielectric oils are widely controlled.

PCBs belong to the POPs group of sustainable organic pollutants and even small doses of them
can have genotoxic, immunotoxic, and carcinogenic effects.

An inventory and primary screening of dielectric oils used in electrical equipment within the
energy sector of specific regions in Georgia have been conducted. The pollution levels were
determined through laboratory analysis methods.

Studies have shown that over 20% of the inventoried oils contain polychlorinated biphenyls
(PCBs) in quantities above the marginally permissible norm of 50 ppm. Screening of dielectric
oil samples from 4000 units of electrical equipment revealed that PCBs concentrations in 1759

samples (44%) exceeded the 50 ppm limit, while 2241 samples (56%) remained below this threshold, compliant with the Stockholm Convention for safe dielectric oil use. Gas chromatography analysis further identified PCBs levels above 50 ppm in 310 samples (from 1759), representing 7.75% of the total equipment tested.

Keywords: chlorine-specific analyzer, L2000 DX Analyzer, dielectric oils, electric transformers, gas chromatography (GC), polychlorinated biphenyls (PCBs), POPs, Stockholm Convention, screening.

UDC 541.49+661.089

Supramolecular Constructs of Bis(lidocaine) Tetrachloridozincate(II)

- Vladimer Tsitsishvili** Department of Chemistry & Chemical Technologies, Georgian National Academy of Sciences, Georgia, 0108, Tbilisi, 52, Sh. Rustaveli av.;;
Petre Melikishvili Institute of Physical & Organic Chemistry, Tbilisi State University, Georgia, 0186, Tbilisi, 31 A. Politkovskaia str.
E-mail: v.tsitsishvili@gmail.com
- Koba Amirkhanashvili** Petre Melikishvili Institute of Physical & Organic Chemistry, Tbilisi State University, Georgia, 0186, Tbilisi, 31 A. Politkovskaia str.
E-mail: amirhan@hotmail.com

Abstract. The supramolecular structure of the bis(lidocaine) tetrachloridozincate(II) (LidH)₂[ZnCl₄], which crystallizes in the monoclinic space group P2₁/c with a = 8.8921(2), b = 19.2650(3), c = 19.3211(3) Å, β = 95.026(2)°, and consists of the slightly distorted tetrahedral anion [ZnCl₄]²⁻ and two protonated cations of lidocaine (LidH)⁺ in an outer coordination sphere, is considered. Supramolecular constructs of zero dimension are R₂²(10) rings, formed by intermolecular hydrogen bonds of the N–H···O type, as well as R₁₆¹⁶(70) rings, which include two R₂²(10) motifs and six zinc atoms, while the chains C₄⁴(16)R₂²(10), formed by intermolecular hydrogen bonds of the N–H···Cl type and including one R₂²(10) ring and two zinc atoms, are considered to be one-dimensional

supramolecular constructs. The combination of $R_{16}^{16}(70)$ rings into honeycomb-like spatial structures forms two-dimensional supramolecular constructs lying in planes making a dihedral angle of 40.3° with the *bc* plane and located at a distance of 6.25 \AA from each other.

Keywords: hydrogen bond, lidocaine, supramolecular ring, X-ray diffraction, zinc.

Introduction

Lidocaine (2-(diethylamino)-N-(2,6-dimethylphenyl)acetamide $C_{14}H_{22}N_2O$, Lid), a non-ester local anesthetic and peripheral analgesic [1], also known as lignocaine, was introduced to the clinical market in 1948 and has been used ever since in medicine, remaining the most common local anesthetic in most countries. The lidocaine base is easily soluble in diethyl ether, but poorly soluble in water, so the water soluble salt of $C_{14}H_{22}ON_2 \cdot HCl \cdot H_2O$ is used (see Figure 1).

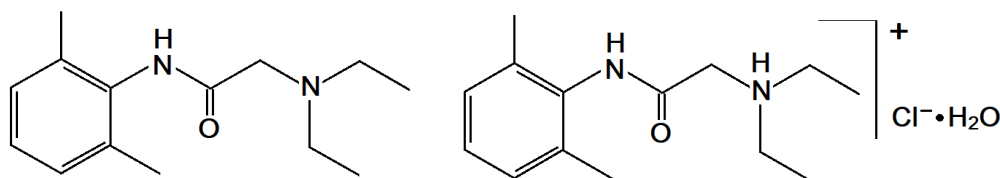


Fig. 1. Lidocaine base (left) and lidocaine hydrochloride monohydrate (right).

Despite the fact that the molecular mechanism of action of lidocaine and other local anesthetics upon the nervous system and contribution of the cell membrane to the process are still controversial, the ability to hydrogen bond donation is essential to the action of local anesthetics, as was suggested more than half a century ago [2]. The crystal structure, arrangement of hydrogen bonds and conformation of the molecule differ significantly for the free base, hydrochloride and other salts, as well as for the coordination compounds of lidocaine [3]. The structure of various lidocaine compounds is discussed in the second part of our review [4]; subsequent parts of the review are devoted to the structure of lidocaine complexes.

The structure of lidocaine complex with zinc chloride was first studied by single crystal X-ray diffraction by Polish scientist Głowka and Gałdecki [5], but the structure was refined with rather low accuracy of interatomic distances and angles. Later, a group of scientists from the University of Mysore, India, published [6] the results of a study of the crystal structure of “lignocaine hydrochloride – zinc chloride complex”, with strange gross-formula $ZnCl_4C_{28}N_4O_2H_{44}$, but in this work the protonation of the amino nitrogen atom was not taken into account and led to conflicting conclusions.

Re-refinement of crystal structure of lidocaine complex with zinc(II) chloride was carried out by our group in 2020 [7], it was found that bis(lidocaine) tetrachloridozincate(II) crystallizes in the monoclinic space group $P2_1/c$ with unit cell parameters $a = 8.8921(2)$, $b = 19.2650(3)$, $c = 19.3211(3)$ Å, $\beta = 95.026(2)^\circ$, and consists of the slightly distorted tetrahedral anion $[\text{ZnCl}_4]^{2-}$ and two protonated cations of lidocaine $(\text{LidH})^+$ in an outer coordination sphere. Consideration of hydrogen bonding including classical ($\text{N-H}\cdots\text{O}$ and $\text{N-H}\cdots\text{Cl}$) and “non-classical” ($\text{C-H}\cdots\text{Cl}$) bonds showed that neighbouring complex molecules are combined in pairs $2\{(\text{LidH})_2[\text{ZnCl}_4]\}$, while four adjacent pairs form endless layers parallel to the ac crystallographic plane and lying at a distance of $9.6325(3)$ Å from each other.

The purpose of the work was to clarify the details of the supramolecular structure of bis(lidocaine) tetrachloridozincate(II), that is to characterize its zero-dimensional, 0D *i.e.* discrete molecular arrangements, 1D chains, 2D sheets and 3D framework.

Main Part

EXPERIMENTAL

Zinc(II) complex of lidocaine was prepared in water-methanol solution with 1:2 molar ratio of the zinc chloride (ZnCl_2) and lidocaine hydrochloride monohydrate ($\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{ON}_2\cdot\text{HCl}\cdot\text{H}_2\text{O}$). To avoid the hydrolysis of Zn(II) salt, 2-3 drops of concentrated hydrochloric acid were added to the solution during synthesis. Colorless prismatic crystals suitable for the X-ray measurements started to form after 4 days. The resulting crystals were washed with ether and dried in air. Isolated yield 68%. Elemental analyses were performed using a Labertherm CHN elemental analyser and a Perkin-Elmer atomic adsorption spectrometer. Elemental analyses data (wt.%): calculated for $\text{C}_{28}\text{H}_{46}\text{Cl}_4\text{N}_4\text{O}_2\text{Zn}$: C 47.78; H 6.26; N 13.93; found: C 47.71; H 6.19; N 13.90.

The single crystal X-ray diffraction measurements were carried out with an Oxford Diffraction XCALIBUR E CCD diffractometer equipped with graphite-monochromated $\text{MoK}\alpha$ radiation ($\mu = 1.100 \text{ mm}^{-1}$, $F_{000} = 1422$, $\lambda = 0.71073$ Å, $T = 100(2)\text{K}$). The data collection, cell refinement and data reduction were carried out with the CrysAlis^{PRO} package of Rigaku Oxford Diffraction (version 1.171.38.46, 2015); theta range for data collection was up to $2\theta_{\text{max}} = 65.2^\circ$, 39836 reflections collected, 11211 unique ($R_{\text{int}} = 0.0337$). The structure was solved by direct methods and refined against F^2 with full-matrix least-squares using the software complex SHELXL-2014; final $GOF = 1.001$, $R_I = 0.0336$, $wR_2 = 0.0783$, R indices based on 9057 reflections with $I > 2\sigma(I)$ (refinement on F^2), $|\Delta\rho|_{\text{max}} = 0.49(7) \text{ e \AA}^{-3}$, 376 parameters, 0 restraints. CCDC file 1859311 contains the supplementary crystallographic data for this contribution, and can be obtained free of charge *via*

<https://www.ccdc.cam.ac.uk/conts/retrieving.html> or from the Cambridge Crystallographic Data Centre, deposit@ccdc.cam.ac.uk.

RESULTS & DISCUSSION

According to the X-ray diffraction data, lidocaine cations **1** and **2** (see Figure 2) are not crystallographically equivalent, which is expressed, among other things, in the difference in torsion angles in flexible chain between aromatic ring and diethylamino group (see Table 1).

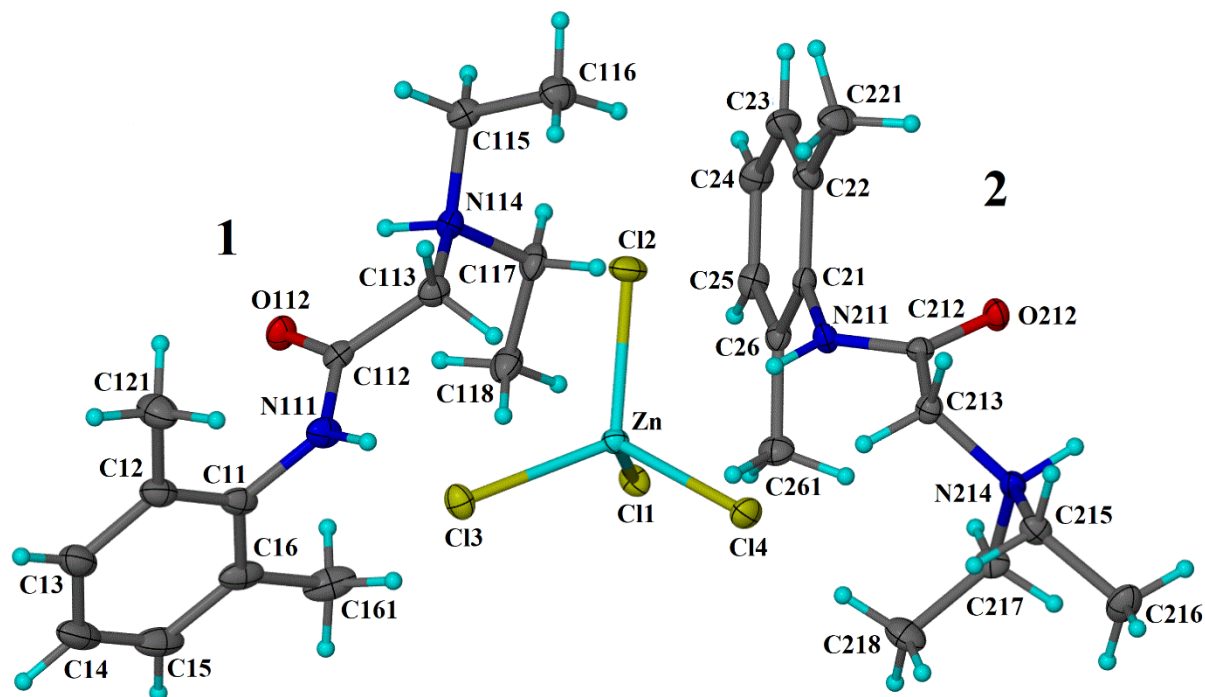


Fig. 1. Molecular structure of the $(\text{LidH})_2\text{ZnCl}_4$ showing the atom numbering scheme.

Table 1

Torsion angles in flexible chain between aromatic ring and diethylamino group of LidH^+ cations.

Main-chain atoms	(°)	Main-chain atoms	(°)
C16-C11-N111-C112	75.38(19)	C26-C21-N211-C212	106.32(15)
C11-N111-C112-O112	2.6(2)	C21-N211-C212-O212	-0.3(2)
C11-N111-C112-C113	178.45(13)	C21-N211-C212-C213	178.08(12)
N111-C112-C113-N114	168.10(13)	N211-C212-C213-N214	134.19(12)
O112-C112-C113-N114	-12.89(19)	O212-C212-C213-N214	-47.38(17)

Nevertheless, for both cations the aromatic ring and the oxygen atom adopt a *synperiplanar* (C) conformation with respect to the carboxamide N–C bond, while the amido and amino nitrogen atoms

adopt a staggered *antiperiplanar* (T) conformation, which excludes the formation of an intramolecular hydrogen bond N–H···N.

Conformation C is realized in cation **1**, but in cation **2** the torsion angle $\theta(\text{O212, C212, C213, N214})$ exceeds the limit defining the C conformation ($\pm 30^\circ$), and the SHELXL software fixes only one intramolecular hydrogen bond N114–H114···O112 (see Table 2). However, consideration of the geometry of this fragment of cation **2** and calculation of interatomic distances and angles using the Xseed software shows that the formation of an intramolecular hydrogen bond N214–H214···O212 is quite possible.

Table 2

Geometry of generated by the SHELXL software and calculated (bold) “classical” intramolecular, cation-anion and intermolecular hydrogen bonds

D–H···A	D–H (Å)	H···A (Å)	D···A (Å)	D–H···A (°)
N114–H114···O112	0.885(18)	2.071(18)	2.6424(16)	121.4(15)
N214–H214···O212	0.844	2.496	2.828	104.5
N211–H211···Cl1	0.836(19)	2.415(18)	3.2349(12)	166.8(17)
N111–H111···Cl3	0.83(2)	2.50(2)	3.3124(13)	169.1(18)
N114^{iv}–H114^{iv}···Cl4	0.885	2.508	3.184	133.69
N114–H114···Cl4 ⁱ	0.885(18)	2.508(19)	3.1842(13)	133.7(15)
N214–H214···O212 ⁱⁱⁱ	0.844(17)	1.998(18)	2.7511(15)	148.1(16)
N214ⁱⁱⁱ–H214ⁱⁱⁱ···O212	0.844	1.998	2.751	148.07

Symmetry codes: (i) $-x+1, y-1/2, -z+1/2$; (iii) $-x, -y+1, -z+1$; (iv) $-x+1, y+1/2, -z+1/2$.

Thus, the distance between the donor N214 and the acceptor O212 is ≈ 2.8 Å and, as for the ABC bond, slightly exceeds the limit of 2.5 Å established for “strong, mostly covalent” hydrogen bonds and falls well within the range of 2.5–3.2 Å, adopted for “moderate, mostly electrostatic” hydrogen bonds [8]. The donor-acceptor distances generated by the SHELXL software for hydrogen bonds between anion and cations, as well as for intermolecular hydrogen bonds with participation of chlorine atoms are approximately 3.2 Å, which corresponds to the upper limit for “moderate, mostly electrostatic” and the lower limit for “weak, electrostatic” hydrogen bonds.

The SHELXL software also indicates the existence of an intermolecular hydrogen bond between the nitrogen atom N214 and the oxygen atom O212ⁱⁱⁱ of the neighboring cation; the geometry of the symmetric hydrogen bond of N214ⁱⁱⁱ–H214ⁱⁱⁱ···O212 was calculated by the Xseed software. Both hydrogen atoms H214 and N214ⁱⁱ participate in bifurcated hydrogen bonds with two carbonyl oxygen atoms, O212 and O212ⁱⁱⁱ, forming a 0-dimensional supramolecular heterosynthion motif denoted $R_2^2(10)$ as ten atoms are linked in a supramolecular ring [9], as shown in Figure 2.

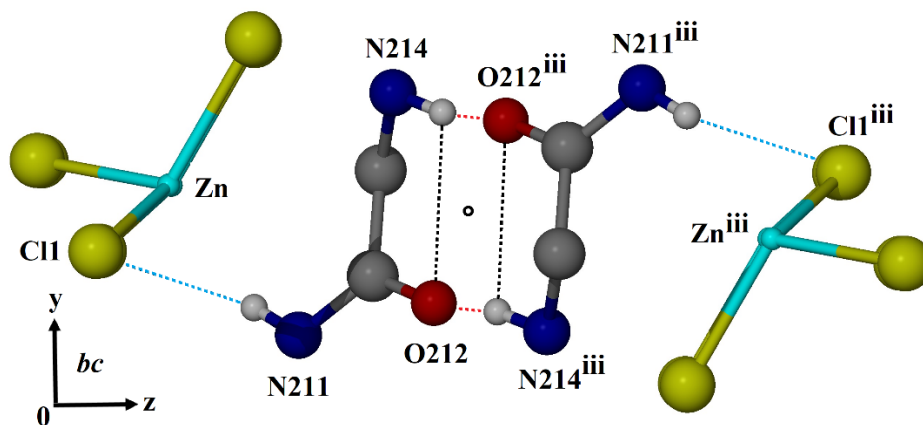


Fig. 2. Supramolecular motif $R_2^2(10)$ viewed along $[100]$; dotted lines show intramolecular (black), cation-anion (blue) and intermolecular (red) hydrogen bonds, the dot in the middle of the ring shows the center of inversion $\{(LiH)_2[ZnCl_4]\} \leftrightarrow \{(LiH)_2[ZnCl_4]\}^{III}$.

As stated earlier [10], the center of inversion $\{(LiH)_2[ZnCl_4]\} \leftrightarrow \{(LiH)_2[ZnCl_4]\}^{III}$ lies in the center of the bc crystallographic plane of the unit cell and has fractional coordinates $(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$. The coordinates of the “central” zinc atom Zn are $(0.60897, 0.51813, 0.29623)$, the coordinates of the Zn^{III} atom are $(-0.60897, 0.48187, 0.70377)$, and it is located outside the unit cell, in the negative range of the fractional coordinate x values, in the cell located in front of the “central” unit cell, when viewed along $[100]$. Thus, the $R_2^2(10)$ motif formed by the $N-H \cdots O$ bifurcated hydrogen bonds unites molecules of the complex located in adjacent unit cells into pairs $2\{(LiH)_2[ZnCl_4]\}$, and the distance between zinc atoms is 13.954 \AA . The center of inversion can be located either on a face or on an edge or vertex of a unit cell, as shown in Figure 3.

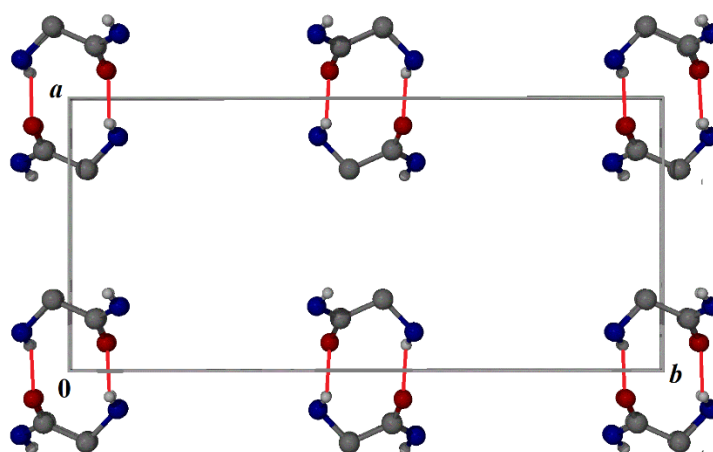
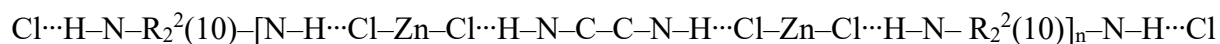


Fig. 3. $R_2^2(10)$ motifs in unit cell viewed along $[001]$.

Intermolecular hydrogen bonds of the N–H···Cl type provide the connection of each (LidH)₂[ZnCl₄] molecule with two neighboring molecules, and the 0D supramolecular construct R₂²(10) can be propagated in the packing of bis(lidocaine) tetrachloridozincate(II), as shown in Figure 4, forming supramolecular constructs of higher dimensionality.

Firstly, endless chains of



are formed, and according to the Etter-MacDonald-Bernstein classification, complete graph set of the 1D supramolecular construct is the C₄⁴(16)R₂²(10) motif.

However, the R₂²(10) motif is not the only ring supramolecular construct in bis(lidocaine) tetrachloridozincate(II), since each (LidH)₂[ZnCl₄] molecule is connected to the neighboring one by a N–H···Cl-type hydrogen bond.

According to generated by the SHELXL software and calculated hydrogen bonding, intermolecular hydrogen bond N114–H114···Cl4ⁱ unites (LidH)₂[ZnCl₄] and {(LidH)₂[ZnCl₄]}ⁱ molecules, while N214ⁱ–H214ⁱ and O214ⁱ atoms form the R₂²(10) motif with corresponding atoms N214¹⁰⁰–H214¹⁰⁰ and O214¹⁰⁰ by inversion {(LidH)₂[ZnCl₄]}ⁱ ↔ {(LidH)₂[ZnCl₄]}¹⁰⁰ through the center with fractional coordinates (1, 0, 0); the amino group N114¹⁰⁰–H114¹⁰⁰ forms hydrogen bond with chlorine atom Cl4^{1/20} of molecule {(LidH)₂[ZnCl₄]}^{1/20} symmetrical to the “central” molecule {(LidH)₂[ZnCl₄]} through inversion center with fractional coordinates (1, ½0, 0).

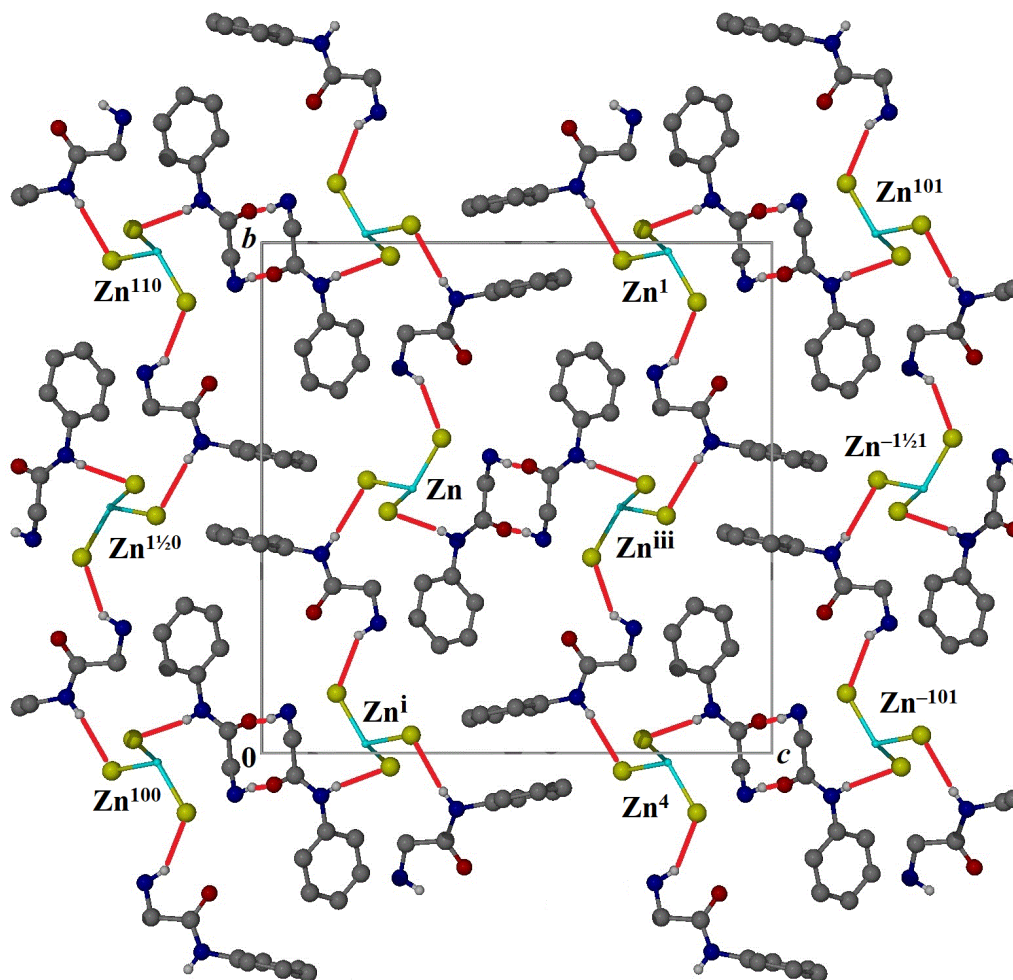
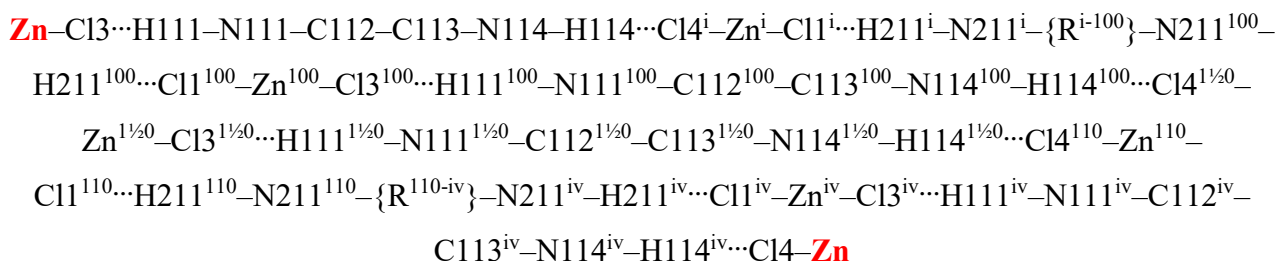


Fig. 4. Unit cell of $\{(LidH)_2[ZnCl_4]\}$ viewed along $[100]$; for simplicity, methyl groups at the aromatic rings, ethyl groups at the amino group and hydrogen atoms not involved in formation of hydrogen bonds are not shown; red lines show intermolecular hydrogen bonds.

On the other hand, intermolecular hydrogen bond $N114^{iv}-H114^{iv}\cdots Cl4$ unites the “central” molecule with molecule $\{(LidH)_2[ZnCl_4]\}^{iv}$, which is paired with the $\{(LidH)_2[ZnCl_4]\}^{110}$ molecule through the inversion center with coordinates $(1, 1, 0)$, and this molecule is connected to the $\{(LidH)_2[ZnCl_4]\}^{1/20}$ molecule by a chain of hydrogen and covalent bonds $Cl4^{110}\cdots H114^{1/20}-N114^{1/20}-C113^{1/20}-C112^{1/20}-N111^{1/20}-H111^{1/20}\cdots Cl3^{1/20}$.

Thus, a ring of atoms



is formed, with a total of 70 atoms including 12 pairs of donors and acceptors N–H···Cl and two $R_2^2(10)$ supramolecular motifs each including two pairs of donors and acceptors N–H···O. According to the Etter-MacDonald-Bernstein classification [9], such a supramolecular heterosynthon motif should be designated $R_{16}^{16}(70)$. Symmetrically, a supramolecular ring $R_{16}^{16}(70)^{iii}$ is formed, including the zinc atoms Zn^{iii} , Zn^i , Zn^{101} , $Zn^{-1/21}$, Zn^{-101} and Zn^4 (see Figure 3). The location of the zinc atoms included in the supramolecular rings is shown in Figure 5, the corresponding symmetry codes and fractional coordinates are given in Table 3.

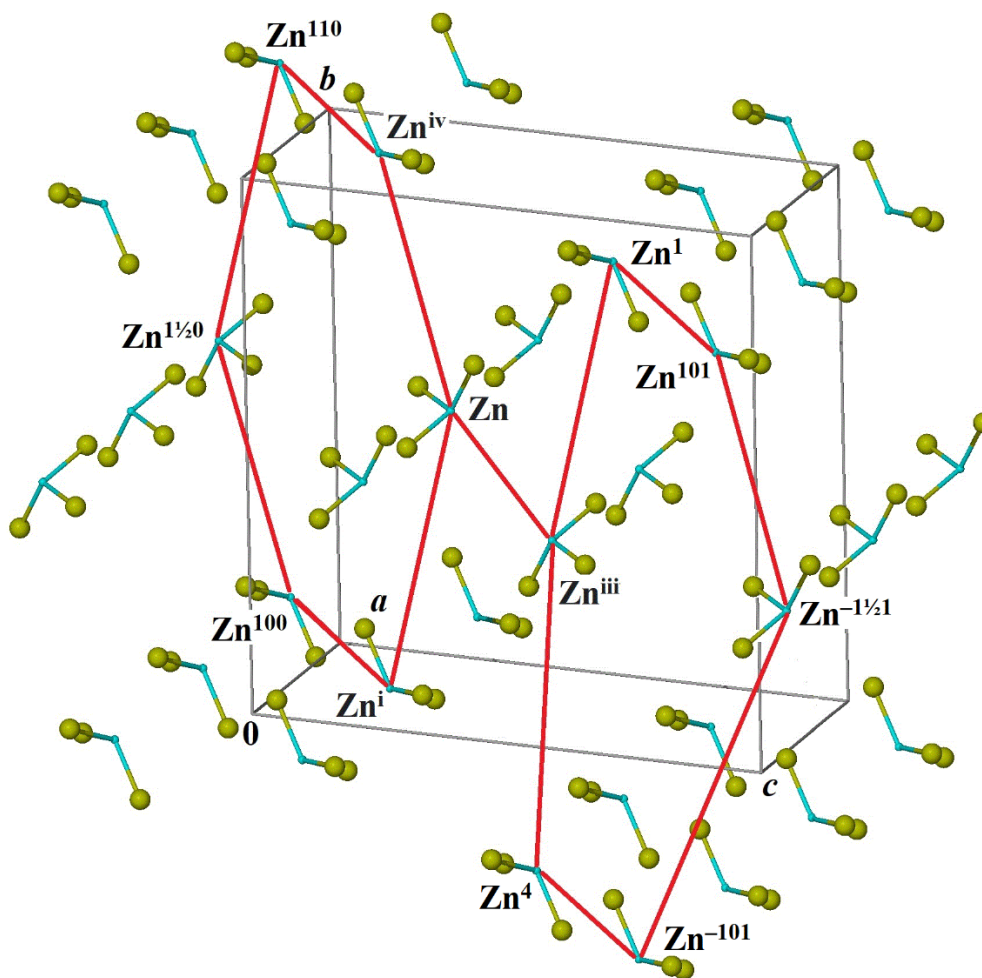


Fig. 5. Zinc atoms involved in $R_{16}^{16}(70)$ motifs

Table 3

Symmetry codes and fractional coordinates of zinc atoms involved in $R_{16}^{16}(70)$ motifs.

Atom	Symmetry code	Fractional coordinates		
		X	y	z
Zn		0.60897	0.51813	0.29623
Zn^i	$-x+1, y^{-1/2}, -z+1/2$	0.39103	0.01813	0.20377
Zn^{100}	$x+1, -y+1/2, z^{-1/2}$	1.60897	-0.01813	-0.20377

Zn ^{1½0}	-x+2, -y+1, -z	1.39103	0.48187	-0.29623
Zn ¹¹⁰	x+1, -y+1½, z-½	1.60897	0.98187	-0.20377
Zn ^{iv}	-x+1, y+½, -z+½	0.39103	1.01813	0.20377
Zn ⁱⁱⁱ	-x, -y+1, -z+1	-0.60897	0.48187	0.70377
Zn ⁴	x-1, -y+½, z+½	-0.39103	-0.01813	0.79623
Zn ⁻¹⁰¹	-x-1, y-½, -z+1½	-1.60897	0.01813	1.20377
Zn ^{-1½1}	x-2, y, z+1	-1.39103	0.51813	1.29623
Zn ¹⁰¹	-x-1, y+½, -z+1½	-1.60897	1.01813	1.20377
Zn ¹	x-1, -y, z+½	-0.39103	0.98187	0.79623

According to the coordinate values calculated using the Xseed software, only Zn and Znⁱ atoms are located in the “central” unit cell, the Zn¹⁰⁰ atom is located in the unit cell behind (x>1), below (y<0) and to the left (z<0), if viewed along the *a*-axis in the coordinate system shown in Figure 4; atoms Zn^{1½0} and Zn¹¹⁰ are located in the unit cell behind and to the left, atom Zn^{iv} is in the cell above (y>1), atom Znⁱⁱⁱ is in the cell in front (x<0), atom Zn⁴ is in the cell in front and below, atoms Zn⁻¹⁰¹ and Zn^{-1½1} are in the cell located two rows closer (x<-1) and a row to the right (z>1), the Zn¹⁰¹ atom is in the cell two rows closer, a row higher (y>1) and a row to the right, while the Zn¹ atom is in the unit cell in front. Thus, each R₁₆¹⁶(70) supramolecular ring is located in four adjacent unit cells, as shown in Figure 6.

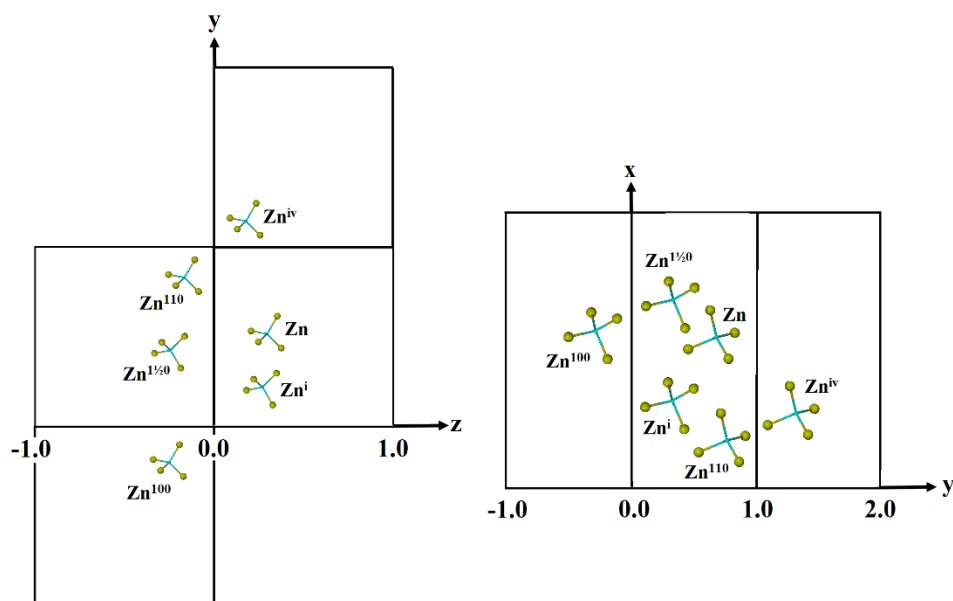


Fig. 5. Distribution of zinc atoms of the R₁₆¹⁶(70) ring over unit cells viewed along [100] (left) and [001] (right).

The hexagon formed by the zinc atoms of the R₁₆¹⁶(70) supramolecular ring has sides Znⁱ-Zn¹⁰⁰ and Zn^{iv}-Zn¹¹⁰ (or Zn¹-Zn¹⁰¹ and Zn⁴-Zn⁻¹⁰¹) with a length of 13.954 Å (connection through the motif R₂²(10)), while sides Zn-Znⁱ, Zn-Zn^{iv}, Zn¹⁰⁰-Zn^{1½0} and Zn¹¹⁰-Zn^{1½0} (or Znⁱⁱⁱ-Zn¹, Znⁱⁱⁱ-Zn⁴, Zn¹⁰¹-Zn^{-1½1} and Zn⁻¹⁰¹-Zn^{-1½1}, connection through the chains -Cl···H-N-C-C-N-H···Cl-) have a length

of 9.956 Å. Four zinc atoms (Zn , Zn^{110} , Zn^{i} and $\text{Zn}^{1\frac{1}{2}0}$, or Zn^{i} , Zn^{iv} , Zn^{101} and Zn^{-101}) lie in the same 4Z (or 4Z^{iii}) plane, as shown in Figure 6, the dihedral angle between the (Zn , Zn^{110} , Zn^{i} , $\text{Zn}^{1\frac{1}{2}0}$) or (Zn^{i} , Zn^{iv} , Zn^{101} , Zn^{-101}) planes and the XY plane is 34.25° , and the YZ plane is 55.75° .

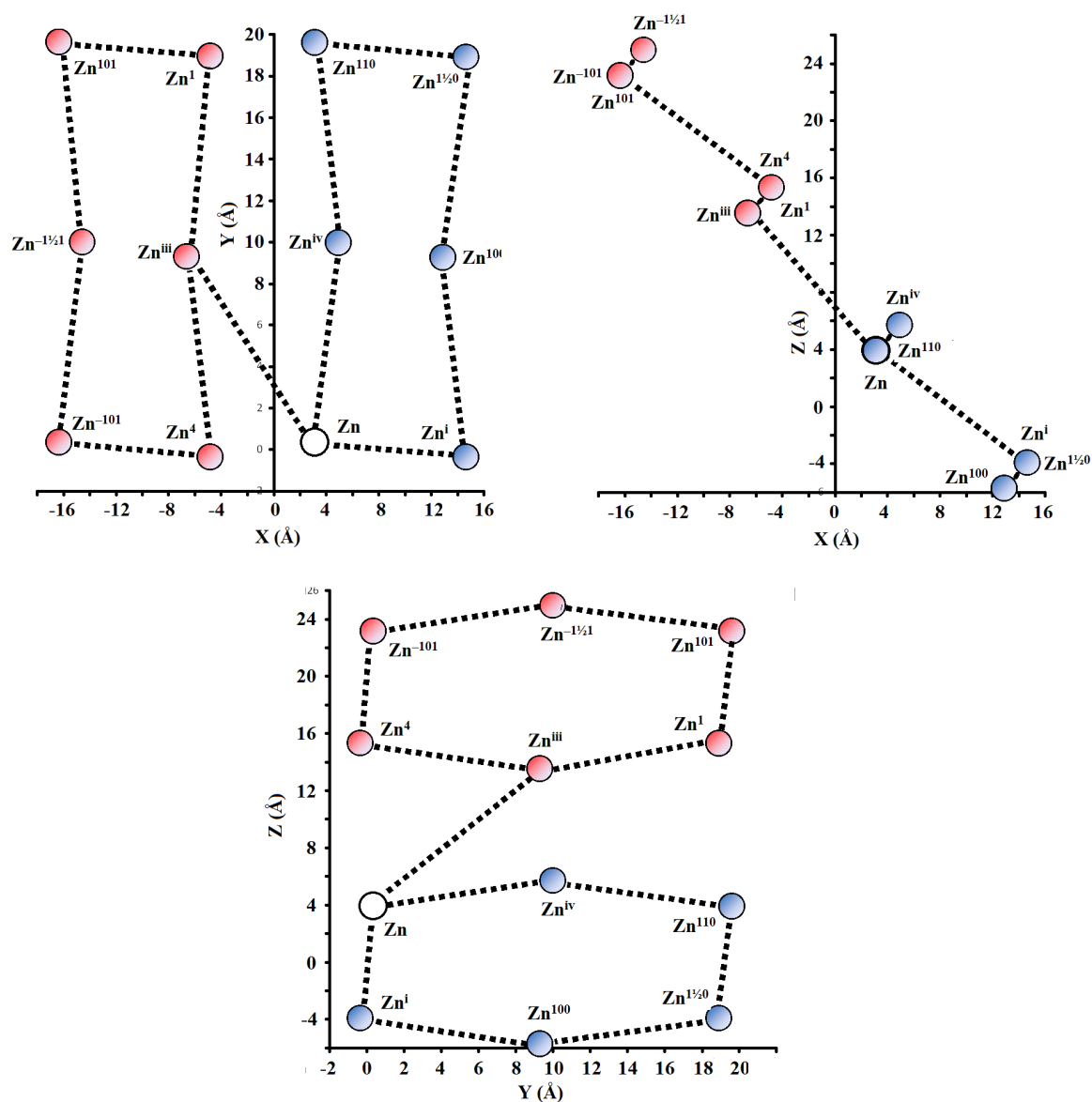


Fig. 6. Zinc atoms of two $\text{R}_{16}^{16}(70)$ rings in Cartesian coordinates.

The Zn^{iv} and Zn^{100} (Zn^{iii} and $\text{Zn}^{-1\frac{1}{2}1}$) atoms are in the trans conformation, only unlike the “chair” conformation in cyclohexane, these atoms are not removed to the maximum distance, but on the contrary, brought closer, and the distance between them is 13.923 Å.

Formally, the $\text{R}_{16}^{16}(70)$ ring motifs are zero-dimensional supramolecular constructs, and their arrangement into honeycomb-type spatial structures, as shown in Figure 7, forms two-dimensional supramolecular constructs.

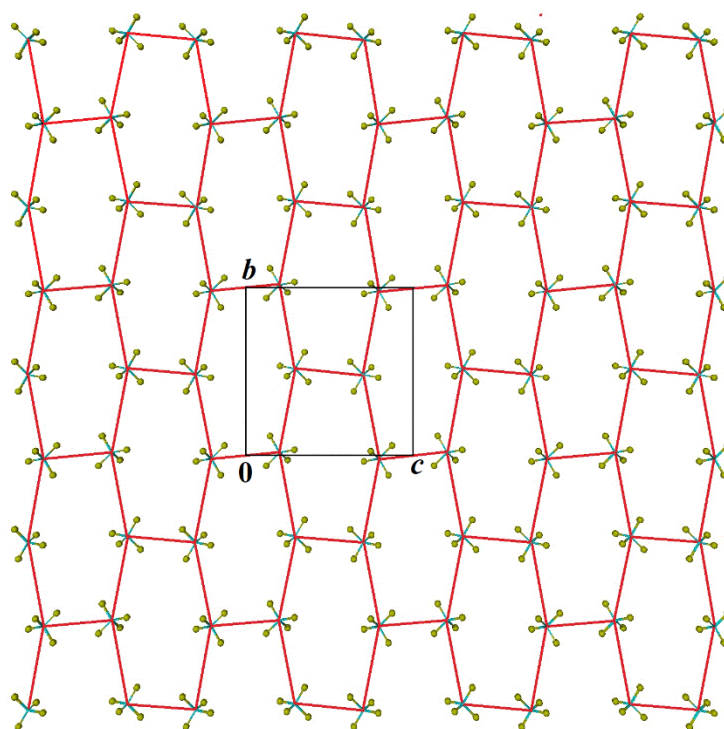


Fig. 7. Packing of inorganic part of the $(\text{LidH})_2[\text{ZnCl}_4]$ complex viewed along $[100]$.

Since the zinc atoms Zn , Zn^{110} , Zn^i and $\text{Zn}^{1/20}$ (or Zn^1 , Zn^4 , Zn^{101} and Zn^{-101}) that make up the plane of the $\text{R}_{16}^{16}(70)$ ring do not lie in the bc plane, the $\text{R}_{16}^{16}(70)$ hexagons in Figure 7 are “compressed” along the c axis. As shown in Figure 6, the junction of two rings $\text{R}_{16}^{16}(70)$ occurs along the line $\text{Zn} - \text{Zn}^{\text{iii}}$ (thick red line in Figure 8), parallel to the line AC (blue lines in Figure 8), passing through the centers of inversion (located at the nodes of the unit cell and in the middle of edge c) and making an angle of 40.31° with the c axis (see. Figure 8).

In the crystalline structure of bis(lidocaine) tetrachlorozincate(II), honeycomb-shaped 2D constructs lie in planes making a dihedral angle of 40.3° with the plane bc and located at a distance of 6.25 \AA from each other.

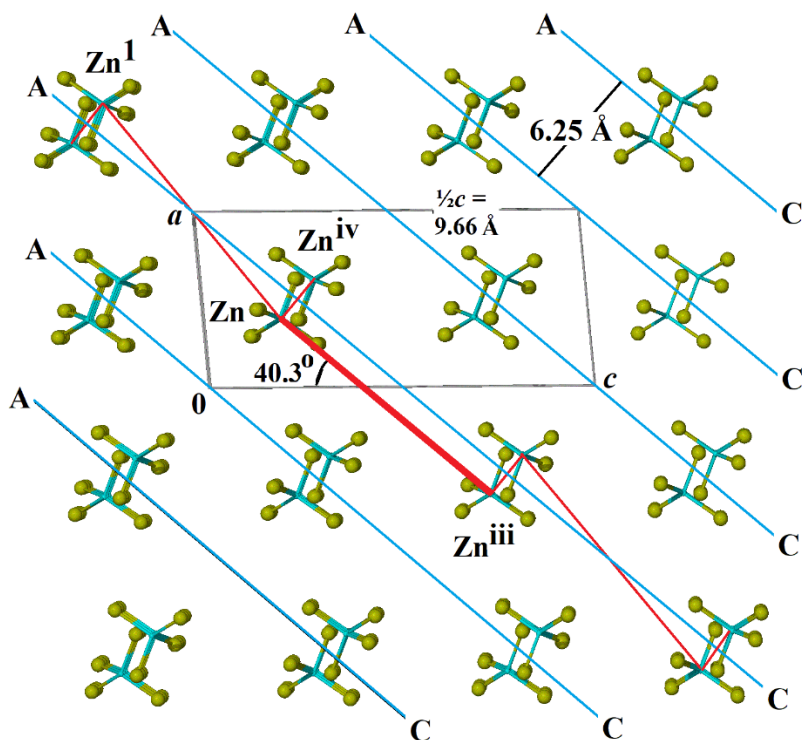


Fig. 8. Packing of inorganic part of the $(\text{LidH})_2[\text{ZnCl}_4]$ complex viewed along $[0-10]$; .

Figure 8 also shows that the inorganic part of the complex forms “vertical” layers parallel to the ab plane and located at a distance of $\frac{1}{2}c = 9.66 \text{ \AA}$ from each other, and “horizontal” layers parallel to the bc plane and located at a distance of 8.86 \AA from each other. We noted earlier [10] that the inorganic part of the complex forms layers parallel to the ac plane and located at a distance of $\frac{1}{2}b = 9.63 \text{ \AA}$ from each other, but these 2D and 3D structures are formed due to “non-classical” hydrogen bonds of the $\text{C-H}\cdots\text{Cl}$ type and will be discussed further.

Conclusion

Based on the conducted analysis, it can be concluded that in bis(lidocaine) tetrachlorozincate(II) supramolecular constructs of zero dimension are $R_2^2(10)$ rings, formed by intermolecular hydrogen bonds of the $\text{N-H}\cdots\text{O}$ type, as well as $R_{16}^{16}(70)$ rings, which include two $R_2^2(10)$ motifs and six zinc atoms, while the chains $C_4^4(16)R_2^2(10)$, formed by intermolecular hydrogen bonds of the $\text{N-H}\cdots\text{Cl}$ type and including one $R_2^2(10)$ ring and two zinc atoms, are considered to be one-dimensional supramolecular constructs. The combination of $R_{16}^{16}(70)$ rings into honeycomb-like spatial structures forms two-dimensional supramolecular constructs lying in planes making a dihedral angle of 40.3° with the bc plane and located at a distance of 6.25 \AA from each other.

Authors thank Nani Zhorzholiani for synthesis of the complex and Alexandre N. Sobolev from the University of Western Australia for the single-crystal XRD measurements.

References

34. Stanos, S. (2020). Topical analgesics. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 31(2), 233-244. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2020.02.002>.
35. Sax, M., & Pletcher, J. (1969). Local anesthetics: significance of hydrogen bonding in mechanism of action. *Science*, 166(3912), 1546-1548. <https://doi.org/10.1126/science.166.3912.1546>.
36. Tsitsishvili, V., & Amirkhanashvili K. (2022). Application, structure, salts and complexes of lidocaine: a review. Part I. Application & structure. *Scientific collection «InterConf+»*, 28(137), 319-338. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.12.2022.035>.
37. Tsitsishvili, V., & Amirkhanashvili, K. (2023). Application, structure, salts and complexes of lidocaine: a review. Part II. Lidocaine in the composition of deep-eutectic solvents, microemulsions and coordination compounds. *Scientific collection «InterConf+»*, 38(175), 259-276. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.10.2023.023>.
38. Głównka, M.L., & Gałdecki, Z. (1981). Crystal structure of bis[2-(diethylammonium)-N-(2,6-dimethylphenyl)acetamide] tetrachlorozinc (lidocaine hydrochloride zinc chloride). *Polish Journal of Chemistry*, 55, 651-658.
39. Indira, A., Sridhar, M.A., Bellad, S.B., Babu, A.M., & Shashidhara Prasad, J. (1993). Crystal structure of lignocaine hydrochloride – zinc chloride complex. *Molecular Crystals and Liquid Crystals Science and Technology*, A237(1), 377-388. <https://doi.org/10.1080/10587259308030150>.
40. Amirkhanashvili, K., Sobolev, A.N., Tsitsishvili, V., Zhorzholiani, N. (2020). Molecular and crystal structure of bis(lidocaine) tetrachlorozincate(II). *Bull. Georgian Natl Acad. Sci.*, 14(2), 42-49. http://science.org.ge/bnas/t14-n2/07_Amirkhanashvili_Chemistry.pdf.
41. Jeffrey, G.A. (1997), *An introduction to hydrogen bonding*. Oxford: Oxford University Press, p. 12. https://openlibrary.org/books/OL988608M/An_introduction_to_hydrogen_bonding.
42. Etter, M.C., MacDonald, J.C., & Bernstein J. (1990). Graph-set analysis of hydrogen-bond patterns in organic crystals. *Acta Crystallogr. B*, 46(2), 256–62. <https://doi.org/10.1107/s0108768189012929>.
43. Tsitsishvili, V., & Amirkhanashvili, K. (2024). Application, structure, salts and complexes of lidocaine: a review. Part III. Structure of bis(lidocaine) tetrachloridozincate(II). *Scientific collection «InterConf+»*, 44(197), 427-442. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.04.2024.043>.

ბის(ლიდოკაინ) ტეტრაქლორიდოცინკატ (II)-ის სუპრამოლეკულური სტრუქტურის დეტალები

ვლადიმერ ციციშვილი	ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიების განყოფილება, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, საქართველო, 0108, თბილისი, შ. რუსთაველის გამზ. 52; თსუ, პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ა. პოლიტკოვსკაიას ქ. 31 E-mail: v.tsitsishvili@gmail.com
კობა ამირხანაშვილი	თსუ, პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ა. პოლიტკოვსკაიას ქ.31 E-mail: amirhan@hotmail.com

ანოტაცია. განხილულია სუპრამოლეკულური სტრუქტურა ბის(ლიდოკაინ) ტეტრაქლორიდოცინკატ(II)-ისა $((\text{LidH})_2[\text{ZnCl}_4])$, რომელიც კრისტალიზდება მონოკლინულ სივრცით ჯგუფში $P2_1/c$ ელემენტური უჯრედის პარამეტრებით $a = 8.8921(2)$, $b = 19.2650(3)$, $c = 19.3211(3)$ Å, $\beta = 95.026(2)^\circ$, და შედგება ოდნავ დამახინჯებული ტეტრაედრული ანიონისა $[\text{ZnCl}_4]^{2-}$ და გარე კოორდინაციულ სფეროში მდებარე ლიდოკაინის ორი პროტონირებული კატიონისაგან $(\text{LidH})^+$. ნაჩვენებია, რომ ნულოვანი განზომილების მქონე ზემოლეკულური კონსტრუქციებია $\text{N}-\text{H}\cdots\text{O}$ ტიპის მოლეკულათაშორისი წყალბადური ბმებით წარმოქმნილი $R_2^2(10)$ რგოლები, ასევე ორი $R_2^2(10)$ რგოლისა და ექვსი თუთიის ატომის შემცველი $R_{16}^{16}(70)$ რგოლები, ხოლო $C_4^4(16)P(10)$ ჯაჭვები, რომლებიც წარმოიქმნება $\text{N}-\text{H}\cdots\text{Cl}$ ტიპის მოლეკულათაშორისი წყალბადური ბმებით და მოიცავს ერთ $R_2^2(10)$ რგოლს და თუთიის ორ ატომს, განიხილება ერთგანზომილებიან ზემოლეკულურ კონსტრუქციებად. $R_{16}^{16}(70)$ რგოლების მოწყობა სივრცულ ფიჭისნაირ სტრუქტურებში ქმნის ორგანოზომილებიან სუპრამოლეკულურ კონსტრუქციებს, რომლებიც განლაგებულია bc სიბრტყის მიმართ 40.3° -იანი კუთხით და ერთმანეთისგან 6.25 Å დაშორებით.

საკვანძო სიტყვები: თუთიის ქლორიდი, ლიდოკაინი, რენტგენული დიფრაქცია, სუპრამოლეკულური რგოლი, წყალბადური ბმა.

კონფერენციის სურათები









Published as represented by the authors

Given for production 12.06.2024. Signed for printing 02.09.2024. Size of paper 60X84 1/16.
Approximately 43,5 pr.sh.

Publishing House “Technical University”, Tbilisi, Kostava 77



Verba volant,
scripta manent

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 12.06.2024. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 02.09.2024. ქალაქის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 43,5.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent