



I გლობალური სიმპოზიუმი
სამედიცინო ქიმიისა და
ბიოქიმიური
მეცნიერებების
საკითხებზე

1st Global Symposium
on Medical Chemistry &
Biochemical Sciences

2025

COLLECTED PAPERS
November 14-15, Tbilisi, Georgia

შრომების კრებული
14-15 ნოემბერი, თბილისი, საქართველო

I გლობალური სიმპოზიუმი
სამედიცინო ქიმიისა და
ბიოქიმიური მეცნიერებების
საკითხებზე

1st Global Symposium
on Medical Chemistry &
Biochemical Sciences

2025

COLLECTED PAPERS

November 14-15, 2025

Tbilisi, Georgia

შრომების კრებული

14-15 ნოემბერი, 2025

თბილისი, საქართველო

მთავარი რედაქტორი

მარინა შავლაყაძე – ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის აკად. დოქტორი, ქიმიკოსი; სამედიცინო ქიმიისა და ბიოქიმიის ლექტორი; ასოც. პროფესორი; საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მეცნიერ თანამშრომელი.

თაიშუკა ჟიჟვილი – ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი. კვლევის სფეროები: ფოროვანი არაორგანული მასალები, ბიომასალები, მინისა და კერამიკის ინჟინერია.

მადონა სამხარაძე – ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი, ქუთაისის აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

ალიოშა ბაკურიძე – ფარმაცევტულ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ფარმაცევტული ტექნოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი, საქართველოს ფარმაცევტა ასოციაციის პრეზიდენტი.

მარინა შავლაყაძე – ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დოქტორი, ასისტ. პროფესორი საქართველოს უნივერსიტეტის, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მეცნიერ თანამშრომელი. დამფუძნებელი და დირექტორი ორგანიზაცია „ქიმია და ადამიანის ჯანმრთელობა“.

ნათია ოჩხიკიძე – ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დოქტორი, ასისტენტ პროფესორი საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში; ლექტორი და მკვლევარი საქართველოს აგრარულ უნივერსიტეტში. პოსტ-დოქტორი – აიოვას სახელმწიფო უნივერსიტეტი (აშშ).

ივანე რუბაშვილი – ქიმიის დოქტორი, კავკასიის უნივერსიტეტის სრული პროფესორი; უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი თსუ-ს ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში; ფარმაცევტული ხარისხის და ანალიზური ქიმიის ექსპერტი.

ინო მხეიძე – ქიმიის დოქტორი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრარული და მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის დირექტორი.

ინო კინაძე – მეცნიერებათა დოქტორი, ანალიზური ქიმიის დოცენტი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

რაულ გოცირიძე – ქიმიის დოქტორი, მემბრანული ტექნოლოგიების განყოფილების ხელმძღვანელი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

თაშრიკო სუპათაშვილი – ქიმიკოსი, აკად. დოქტორი, საქართველოს უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი, სტუ-ის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის უფროსი მკვლევარი.

გიორგი ნატროშვილი – აკად. დოქტორი, ასოცი-

რებული პროფესორი და მკვლევარი საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში; სპეციალიზაცია – წყლის რესურსები, ბიომეურნეობა და ეკოლოგიური აგრო-ტექნოლოგიები.

მარინა თედიაშვილი – ბიოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორი, საქართველოს უნივერსიტეტის მიკრობიოლოგიის პროფესორი და ბიოლოგიის მიმართულების ხელმძღვანელი; გ. ელიავას ინსტიტუტის მიკრობთა ეკოლოგიის ლაბორატორიის ხელმძღვანელი.

პასაბერ ჯაყელი – ეკონომიკის დოქტორი, ასოც. პროფესორი, საქართველოს უნივერსიტეტის მედიცინის დეპარტამენტი, ჯანმრთელობის მეცნიერებების სკოლა. საზოგადოებრივი ჯანდაცვის მარკეტოლოგი.

თამარ ლოგაზანიძე – საქართველოს უნივერსიტეტის ჯანმრთელობის მეცნიერების სკოლის დეკანი

მარიამ ლოგაზანიძე – საქართველოს უნივერსიტეტის საზოგადოებრივი ჯანმრთელობისა და ჯანდაცვის მეცნიერების დეპარტამენტის უფროსი.

ეკატერინე სანიკიძე – ექიმი ინტერნალისტი, ფთიზიო-პულმონოლოგი, მედ. აკად. დოქტორი, თსსუ, ასოც. პროფესორი, თბილისის ბალნეოლოგიური კურორტის სამედიცინო ხელმძღვანელი.

დავით ზურაბაშვილი – დოქტორი, პროფესორი, ი. ჭავჭავაძის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფსიქიატრიისა და სამედიცინო ფსიქოლოგიის კათედრა.

ანა როჩია – ექ. ბავშვთა ნევროლოგი, Ph.D „თბილისის ბალნეოლოგიური კურორტი“, „ფსიქიკური ჯანმრთელობის და ნარკომანიის პრევენციის ცენტრი“ თბილისი, საქართველო.

ნანა დვდარიანი – ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დოქტორი, ასოც. პროფესორი ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის ფაკულტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრის ხელმძღვანელი

ნანა ბოჟრაშვა – ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის ფაკულტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თეა ზაკალაშვილი – ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დოქტორი, ასოც. პროფესორი ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის ფაკულტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი

იოშინორი ოკუჰა – მედიცინის დოქტორი, ფილოსოფიის დოქტორი, დამსახურებული პროფესორი, ჰოკაიდოს უნივერსიტეტი, იაპონია. ბალნეოთერაპიის, დიაბეტოლოგიისა და კამპო მედიცინის სპეციალისტი.

ეველინა ტროშიანაკო-ვილკი – დოქტორი, ფიზიოთერაპევტი, ტ. მარცინიაკის საავადმყოფო, ვროცლავი, პოლონეთი. რეაბილიტაციის სპეციალისტი.

ინჟი ვაბერი – პროფესორი, ვროცლავის გარემოსდაცვითი და სასიცოცხლო მეცნიერებების უნივერსიტეტი, ნიადაგის მეცნიერების, მცენარეთა კვებისა და გარემოს დაცვის ინსტიტუტი.

ირინა ცვილაზ-პიასავა – ქიმიის დოქტორი, სოფლის მეურნეობისა და მებაღეობის დოქტორი ჰაბილი, ასოცირებული პროფესორი, ვროცლავის გარემოსდაცვითი და სასიცოცხლო მეცნიერებების უნივერსიტეტი, პოლონეთი.

არესლავ კევი – ასოცირებული პროფესორი, დოქტორი (IO-BAS, ბულგარეთი) – IO-BAS-ის საზღვაო გეოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი, 30+ პუბლიკაცია. ექსპერტიზა: საზღვაო გეოლოგია, სანაპირო კვლევები, ინტერდისციპლინარული ექსპედიციები.

დოქტორი კრასიმირა-სლავოვა (IO-BAS, ბულგარეთი) – უფროსი ასისტენტი, ზღვის ნალექების სპეციალისტი, ევროკავშირის პროექტის გამოცდილება (H2020). ექსპერტიზა: ნალექების ანალიზი, დაბინძურების/კლიმატის რეკონსტრუქცია.

დოქტორი სვეტლანა სოლოდიანკინა (IO-BAS, ბულგარეთი) – მკვლევარი, სანაპირო ლანდშაფტის მეცნიერება და მონაწილეობითი რუკების შედგენა. წვლილი: ეკოსისტემური სერვისები, დაინტერესებული მხარეების ინტეგრაცია.

დოქტორი ლილია პანაიოტოვა (MU-ვარნა, ბულგარეთი) – მედიცინის დოქტორი, რეაბილიტაციის მედიცინის დოქტორი, ბალნეოლოგიის სპეციალისტი. ევროკავშირის მიერ დაფინანსებული პროექტის გამოცდილება, თერაპიების კლინიკური ვალიდაცია.

პროფ. თოდორკა კოსტადინოვა (MU-ვარნა, ბულგარეთი) – ფილოსოფიის დოქტორი, აკრედიტაციისა და პროექტების დირექტორი. ექსპერტიზა: ხარისხის მენეჯმენტი, ევროკავშირის პროექტის ადმინისტრირება.

პროფ. ალექსანდერ კლაკიდა (უკრაინა) – მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, რეაბილიტაციის მთავარი მკვლევარი. ექსპერტიზა: ფიზიოთერაპია, ბალნეოლოგია, თერაპიული რეაბილიტაცია. წვლილი: ბალნეოლოგიური თერაპიების კლინიკური ვალიდაცია, ინტეგრაცია ჯანდაცვაში.

დოქტორი სარგვი გუზა (უკრაინა) – მედიცინის დოქტორი, ექსპერიმენტული ბალნეოლოგიისა და პათოფიზიოლოგიის ექსპერტი. წვლილი: ბიოსამედიცინო ვალიდაცია.

დოქტორი კრისტინა კოვვა (უკრაინა) – სახელმწიფო ადმინისტრირების დოქტორი, ხარისხის კონტროლის ცენტრის ხელმძღვანელი. ექსპერტიზა: სტანდარტები, ხარისხის კონტროლი/კონტროლი ბალნეოლოგიური რესურსებისთვის.

დოქტორი ირფან უისალი (თურქეთი) – საზღვაო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ჩანაქალეს ონსეკიზ მარტ უნივერსიტეტი (თურქეთი). ექსპერტიზა: ზღვის ბიომრავალფეროვნების, კლიმატის ცვლილების და სანაპირო ეკოსისტემის მდგრადობის საკითხებში. მონაწილეობს ევროკავშირის შავი ზღვისა და ლურჯი ზრდის მრავალ ინიციატივაში, რომლებიც ფოკუსირებულია საზღვაო რესურსების მდგრად გამოყენებაზე.

ასოც. პროფესორი ნათაშა ვაიდიანუ (რუმინეთი) – გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა ფაკულტეტი, კონსტანცას ოვიდიუსის უნივერსიტეტი; მკვლევარი ბუქარესტის უნივერსიტეტში (რუმინეთი). ექსპერტიზა: ზღვის სივრცითი დაგეგმარების (MSP), სანაპირო ზოლის მართვის, ლურჯი ეკონომიკისა და საზღვაო მმართველობის საკითხებში. აქტიურად არის ჩართული ევროკავშირის ლურჯი ეკონომიკისა და ლურჯი სამართლიანობის პოლიტიკის პროექტებში.

EDITORIAL BOARD

MAIN EDITOR:

MARINE SHAVLAKHADZE – PhD in Chemical and Biological Engineering, Assistant Professor at the University of Georgia, and Researcher at the Tsothe Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University. Founder and Director of the organization “Chemistry and Human Health.”

TEIMURAZ CHEISHVILI – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Georgian Technical University. Research interests include porous inorganic materials, biomaterials, and glass and ceramic engineering.

MADONA SAMKHARADZE – Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor in the Department of Chemistry, Faculty of Exact and Natural Sciences, Akaki Tsereteli State University.

ALIOSHA BAKURIDZE – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Head of the Department of Pharmaceutical Technology at Tbilisi State Medical University, and President of the Pharmacists' Association of Georgia.

NATIA OCHKHIKIDZE – Ph.D Degree in Chemical and Biological Engineering. Assistant Professor, Department of Chemical Technology and Metallurgy, Georgian Technical University, Postdoc Res Assoc. Dr. S. Mallapragada's group, Department of Chemical and Biological Engineering, Iowa State University (2012-2013).

IMEDA RUBASHVILI – PhD in Chemistry, Senior research scientist at the Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry of TSU, Full Professor of Caucasus University, Visiting Lecturer at Tbilisi State Medical University and Sukhumi State University, Member of the International Society of Pharmaceutical Engineering, Head of the Quality Department/Qualified Person (QP) of the pharmaceutical company JSC “Biochimpharm”,

NINO MKHEIDZE – Director and Senior Researcher at the Institute of Agricultural and Membrane Technologies, Batumi Shota Rustaveli State University; Doctor of Chemical Sciences.

NINO KIKNADZE – Associate Professor of Batumi Shota Rustaveli State University, Chief Researcher at the Institute of Agricultural and Membrane Technologies.

RAUL GOTSIRIDZE – Head of the Membrane Technologies Department at the Institute of Agricultural and Membrane Technologies, Batumi Shota Rustaveli State University; Senior Researcher, Doctor of Chemical Sciences.

TAMRIKO SUPATASHVILI – Associate Professor, Academic Doctor. Senior Researcher at the Tsothe Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University.

GIORGI NATROSHVILI – Assistant Professor, Academic Doctor. Senior Researcher at the Tsothe Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University. Scientific fields: Agricultural Sciences, Technology of Mineral and Drinking Water Extraction and Processing, Environmentally Clean Agricultural Production Using Fertilization.

MARINA TEDIASHVILI – Doctor of Biological Sciences, Professor of Microbiology and Head of the Biology Program at the University of Georgia; Head of the Microbial Ecology Laboratory at the G. Eliava Institute.

KAKHABER JAKELI – Doctor of Economics, Associate Professor, Department of Medicine, School of Health Sciences, University of Georgia; Public Health Marketing Specialist.

TAMAR LOBJANIDZE – Dean of the School of Health Sciences, University of Georgia.

MARIAM LOBJANIDZE – Head of the Department of Public Health and Health Care Management, University of Georgia.

EKATERINE SANIKIDZE – Internal Medicine Physician, Phthisiopulmonologist, Medical Doctor of Science, Associate Professor at Tbilisi State Medical University, and Medical Director of the Tbilisi Balneological Resort.

DAVID ZURABASHVILI – Doctor, Professor, Department of Psychiatry and Medical Psychology, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University.

ANA CHOCHIA – Pediatric Neurologist, PhD, Tbilisi Balneological Resort; Center for Mental Health and Addiction Prevention, Tbilisi, Georgia.

NANA DEVDARIANI – PhD in Chemical and Biological Engineering, Associate Professor, Faculty of Chemical and Biological Engineering, Georgian Technical University; Head of the Educational-Scientific Center.

NANA BOKUCHAVA – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Faculty of Chemical and Biological Engineering, Georgian Technical University.

TEA ZAKALASHVILI – PhD in Chemical and Biological Engineering, Associate Professor, Faculty of Chemical and Biological Engineering, Georgian Technical University; Senior Researcher at the Educational-Scientific Center.

YOSHINORI OHTSUKA – M.D., Ph.D., Professor Emeritus, Hok-

kaido University, Japan. Specialist in Balneotherapy, Diabetology, and Kampo Medicine.

EWELINA TROŚCIANKO-WILK – PhD, Physiotherapist, T. Marciniak Hospital, Wrocław, Poland. Specialist in Home Rehabilitation.

JERZY WEBER – Prof. Dr., Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Institute of Soil Science, Plant Nutrition and Environmental Protection.

IRMINA ĆWIELĄG-PIASECKA – PhD in Chemistry, Dr. Habil. in Agriculture and Horticulture, Associate Professor, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Poland.

ASSOC. PROF. DR. PRESLAV PEEV (IO-BAS, Bulgaria) – Head of Marine Geology Dept. at IO-BAS, 30+ publications. Expertise: marine geology, coastal research, interdisciplinary expeditions.

DR. KRASIMIRA SLAVOVA (IO-BAS, Bulgaria) – Senior Assistant, specialist in marine sediments, EU project experience (H2020). Expertise: sediment analysis, pollution/climate reconstruction.

DR. SVETLANA SOLODYANKINA (IO-BAS, Bulgaria) – Researcher, coastal landscape science and participatory mapping. Contribution: ecosystem services, stakeholder integration.

DR. LILIYA PANAYOTOVA (MU-Varna, Bulgaria) – MD, PhD in Rehabilitation Medicine, specialist in balneology. EU-funded project experience, clinical validation of therapies.

PROF. TODORKA KOSTADINOVA (MU-Varna, Bulgaria) – PhD, Director of Accreditation & Projects. Expertise: quality management, EU project administration.

PROF. ALEXANDER PLAKIDA (Ukraine) – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher in Rehabilitation. Expertise: physiotherapy, balneology, therapeutic rehabilitation. Contribution: clinical validation of balneological therapies, integration into healthcare.

DR. SERGEY GUSHCHA (Ukraine) – PhD in Medicine, expert in experimental balneology and pathophysiology. Contribution: biomedical validation.

DR. KRISTINA KOEVA (Ukraine) – PhD in Public Administration, head of Quality Control Center. Expertise: standards, QA/QC for balneological resources.

DR. IRFAN UYSAL (Türkiye) – Faculty of Marine Sciences, Çanakkale Onsekiz Mart University (Türkiye). Expert in marine biodiversity, climate change, and coastal ecosystem resilience. Participant in multiple EU Black Sea and Blue Growth initiatives, focusing on sustainable use of marine resources.

ASSOC. PROF. NATASA VAIDIANU (Romania) – Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Ovidius University of Constanța; researcher at the University of Bucharest (Romania). Expertise in marine spatial planning (MSP), coastal management, blue economy, and marine governance. Actively engaged in EU Blue Economy and Blue Justice policy projects.

თეზისები/THESES

ქელატოთერაპია – მძიმე მეტალების მტერი და მედიცინის მოკავშირე..... 9
მადონა სამხარაძე

CHELATION THERAPY – THE ENEMY OF HEAVY METALS AND THE ALLY OF MEDICINE 10
Madona Samkharadze

ფორიანი არაორგანული მასალები (LECA), როგორც ეკოლოგიური მრავალფუნქციური სორბენტები 12
თეიმურაზ ქეიშვილი, რაჟდენ სხვიტარიძე, გივი ლოლაძე, მანანა კეკელიძე

POROUS INORGANIC MATERIALS (LECA) AS ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MULTIFUNCTIONAL SORBENTS 13
Teimuraz Cheishvili, Razden Skhvitaridze, Givi Loladze, Manana Kekelidze

ძვლის ნაცრის საფუძველზე ინოვაციური ბიოსამედიცინო მასალების მიღება და შესწავლა 15
მარინე შავლაყაძე, თეიმურაზ ქეიშვილი

PRODUCTION AND STUDY OF INNOVATIVE BIOMEDICAL MATERIALS BASED ON BONE ASH 17
Marine Shavlakadze, Teimuraz Cheishvili

ფსევდოპროტეინები: ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების კერსკაქტიული ოჯახის მრავალმხრივი ბიოსამედიცინო გამოყენებისთვის 19
ნინო ზავრადაშვილი, გურამ თათარაშვილი, რამაზ ქაცარავა

PSEUDO-PROTEINS: A PROMISING FAMILY OF BIODEGRADABLE POLYMERS FOR VERSATILE BIOMEDICAL APPLICATIONS 20
Nino Zavrashvili, Guram Tatarashvili, Ramaz Katsarava

საერთაშორისო სტანდარტები და თანამედროვე მიდგომები სამკურნალო საშუალებების ხარისხისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფისთვის21
იმედა რუბაშვილი

INTERNATIONAL STANDARDS AND MODERN APPROACHES TO ENSURING THE QUALITY AND SAFETY OF MEDICINAL PRODUCTS 22
Imeda Rubashvili

სამეცნიერო კომუნიკაცია და ინოვაციები ჯანდაცვის გაცეფროვნების რეფორმები მთელ მსოფლიოში და საქართველოს გზა 23
კახაბერ ჯაყელი, თამარ ლობჯანიძე, მარიამ ლობჯანიძე

REFORMS FOR HEALTHCARE DIITALIZATION AROUND THE WORLD AND THE PATH OF GEORGIA.....	25
Kakhaber Jakeli, Tamar Lobjanidze, Mariam Lobjanidze	
მარკეტინგის როლი თანამედროვე სამეცნიერო კომუნიკაციაში: ეფექტიანი ნარატივის ფორმირება და საზოგადოებრივი ჩართულობის გაძლიერება.....	27
მირანდა შავლაყაძე	
THE ROLE OF MARKETING IN SCIENCE COMMUNICATION: SHAPING EFFECTIVE NARRATIVES AND ENHANCING PUBLIC ENGAGEMENT	28
Miranda Shavlakadze	
ბალნეოქიმიკა, ბიოქიმიკა და თერაპიული ინოვაციები გოგირდის მინერალური წყლების ჯანმრთელობაზე ზემოქმედების ძირითადი მექანიზმების შესწავლის როლი სამკურნალო შესაძლებლობების გაზრდისათვის.....	29
ეკატერინე სანიკიძე	
THE ROLE OF STUDYING THE MAIN MECHANISMS OF THE HEALTH EFFECTS OF SULFUR MINERAL WATERS FOR INCREASING HEALING POTENTIAL.....	30
Ekaterine Sanikidze	
სამკურნალო ტალახები (პელოიდები) როგორც კოსმეცეპტიკური ნედლეული საქართველოში	32
ნანა დევდარიანი, ნანა ბოკუჩავა, თეა ზაკალაშვილი	
THERAPEUTIC MUDS (PELOIDS) AS COSMECEUTICAL RAW MATERIALS IN GEORGIA.....	33
Nana Devdariani, Nana Bokuchava, Tea Zakalashvili	
გეო-ჯანმრთელობისა და თალასოთერაპიის მონაცემთა ინტეგრირებული ანალიზი: გეოინფორმაციულ სისტემაზე (GIS) დაფუძნებული მოდელი შავი ზღვის რეგიონისთვის	37
მარინე შავლაყაძე, გიორგი ნატროშვილი, ალექსანდერ პლაკიდა, ირფან უისალი, ნატაშა ვაიდიანუ, სვეტლანა სოლოდიანკინა, კრასიმირა სლავოვა, პრესლავ პეევ, ლილია პანაიოტოვა-ოვჩაროვა	
INTEGRATING GEO-HEALTH AND THALASSOTHERAPY DATA: A GIS-BASED MODEL FOR THE BLACK SEA REGION	38
Marine Shavlakadze, Giorgi Natroshvili, Alexander Plakida, Irfan Uysal, Natasa Vaidianu, Svetlana Solodyankina, Krasimira Slavova, Preslav Peev, Liliya Panayotova-Ovcharova	
უკრაინის ბუნებრივი სამკურნალო რესურსები და მტკიცებულებებზე დაფუძნებული მედიცინა კურორტოლოგიაში	40
კოსტინტინ ბაბოვი, ოქსანა ცურკანი, ალექსანდერ პლაკიდა	

სარიკვი/ CONTENTS

NATURAL HEALING RESOURCES OF UKRAINE: EVIDENCE-BASED MEDICINE AT A RESORT.....	41
Kostyantyn Babov, Oksana Tsurkan, Alexander Plakida	
კლიმატური ფაქტორების ზემოქმედების კირობებში „ლურჯი ჯანმრთელობა“: თალასოთერაპიული რესურსების მდგრადობა შავი ზღვის რეგიონში.....	43
გიორგი ნატროშვილი, მარინე შავლაყაძე, ალექსანდერ პლაკიდა, ირფან უისალი, ნატაშა ვაიდიანუ, სვეტლანა სოლოდნიანკინა, კრასიმირა სლავოვა, პრესლავ პეევ, ლილია პანაიოტოვა-ოვჩაროვა	
BLUE-HEALTH UNDER CLIMATE PRESSURE: RESILIENCE OF THALASSOTHERAPY RESOURCES IN THE BLACK SEA REGION	44
Giorgi Natroshvili, Marine Shavlakadze, Alexander Plakida, Irfan Uysal, Natasa Vaidianu, Svetlana Solodyankina, Krasimira Slavova, Preslav Peev, Liliya Panayotova-Ovcharova	
კელირების ბიოქიმია და ადამიანის ჯანმრთელობა: მოლეკულური მექანიზმებიდან თერაპიულ პრაქტიკამდე	43
მარინე შავლაყაძე	
BIOCHEMISTRY OF PELOIDS AND HUMAN HEALTH: FROM MOLECULAR MECHANISMS TO THERAPEUTIC PRACTICE.....	44
Marine Shavlakadze	
TERT-BU – ჩანაცვლებული ფტალოცინინები და მათი მეტალის კომპლექსები კიბოს ფოტოდინამიკური თერაპიისთვის	49
ლილი არაბული, მევლუდე ჯანლიჯა	
TERT-BU – SUBSTITUTED PHTHALOCYANINES AND THEIR METAL COMPLEXES FOR PHOTODYNAMIC THERAPY OF CANCER	51
Lili Arabuli, Mevlude Canlica	

სტატიები/ARTICLES

THE PRACTICE OF STUDYING THE BIOCHEMICAL MECHANISMS OF BALNEOTHERAPY (SULFURIC WATERS) EFFECTIVENESS IN THE WORLD AND GEORGIA AS A BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF EVIDENCE-BASED RHABILITATION MEDICINE	55
Ekaterine Sanikidze	
INTEGRATING GEO-HEALTH AND THALASSOTHERAPY DATA: A GIS-BASED MODEL FOR THE BLACK SEA REGION.....	61
Marine Shavlakadze, Giorgi Natroshvili, Alexander Plakida, Irfan Uysal, Natasa Vaidianu, Svetlana Solodyankina, Krasimira Slavova, Preslav Peev, Liliya Panayotova-Ovcharova	

BLUE-HEALTH UNDER CLIMATE PRESSURE: RESILIENCE OF THALASSOTHERAPY RESOURCES IN THE BLACK SEA REGION	66
Giorgi Natroshvili, Marine Shavlakadze, Alexander Plakida, Irfan Uysal, Natasa Vaidianu, Svetlana Solodyankina, Krasimira Slavova, Preslav Peev, Liliya Panayotova-Ovcharova	
PRODUCTION AND STUDY OF INNOVATIVE BIOMEDICAL MATERIALS BASED ON BONE ASH	76
Marine Shavlakadze ¹ , Teimuraz Cheishvili ²	
LIGHTWEIGHT EXPANDED CLAY AGGREGATE (LECA) AS ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MULTIFUNCTIONAL SORBENTS	80
Teimuraz Cheishvili, Razhden Skhitaridze, Givi Loladze, Manana Kekelidze	
HEALTHCARE DIGITALIZATION REFORMS AROUND THE WORLD AND GEORGIA'S PATH	85
Kakhaber Jakeli, Tamar Lobjanidze, Mariam Lobjanidze	

ქელატოთერაპია — მძიმე მეტალების მტერი და მედიცინის მოკავშირე

მადონა სამხარაძე

აკაკი წიყეთელის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქიმიის ფეხიგამენგი,
საქათველო

madona.samkharadze@atsu.edu.ge

შესავალი

ქელატოთერაპია წარმოადგენს ქიმიურ თერაპიას, რომელიც ეფუძნება მეტალოკომპლექსური ქიმიის პრინციპებს და მიზნად ისახავს მძიმე მეტალებით გამოწვეული ინტოქსიკაციის შემცირებას. მძიმე მეტალების (Pb, Hg, Cd, As, Cu და სხვ.) დაგროვება გარემოსა და ორგანიზმში წარმოადგენს სერიოზულ ბიოქიმიურ და ეკოლოგიურ საფრთხეს. ქელატოთერაპიის აქტუალობა უკავშირდება გარემოს დაბინძურების ზრდასა და ინდუსტრიულ რეგიონებში ტოქსიკური ზემოქმედების მატებას, რის ფონზეც იზრდება მოთხოვნა ეფექტიან და ბიოშეთავსებად ქელატორებზე.

მეთოდები და გამოყენებული ნაერთები

ქელატოთერაპიის ქიმიური მექანიზმი ეფუძნება პოლიდენტატური ლიგანდების უნარს, წარმოქმნან სტაბილური კომპლექსები ტოქსიკურ მეტალის იონებთან, რაც უზრუნველყოფს მათი ბიოშეწოვადობის შემცირებას და ორგანიზმიდან გამოდევნას. პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება შემდეგი ქელატორები:

- ▲ ეთილენდიამინტეტრააცეტატის მჟავა (EDTA) — ეფექტიანია ტყვიისა და კალციუმის იონების მიმართ;
- ▲ მეზო-2,3-დიმერკაპტოსუქცინური მჟავა (DMSA) — გამოიყენება ვერცხლისწყლისა და კადმიუმის ინტოქსიკაციისას;
- ▲ დიმერკაპტოპროპანოლი (BAL, British Anti-Lewisite) — ეფექტიანია არსენისა და სპილენძის შემთხვევაში;
- ▲ დესფეროქსამინი (DFO) — გამოიყენება რკინისა და ალუმინის ქარბი რაოდენობის დროს.

შედეგები და განხილვა

თანამედროვე კვლევები მიმართულია ქელატორების სელექტიურობის, ბიოშეთავსებადობისა და ფარმაკოკინეტიკური თვისებების გაუმჯობესებისკენ. პერსპექტიულად მიიჩნევა ნანოქელატოთერაპია, სადაც ქელატორები ჩაშენებულია

ნანომატარებლებში, რაც ზრდის პრეპარატების სტაბილურობას და მიზნობრივ მოქმედებას ქსოვილებში, ასევე, ვითარდება პოლიმერული და ლიპოფილური ქელატორები, რომლებიც აუმჯობესებენ ბიოშედნევადობას. საქართველოში ქელატოთერაპიის მეთოდი, პრაქტიკულად, ჯერ არ გამოიყენება, თუმცა ტოქსიკოლოგიურ და ჰემატოლოგიურ ცენტრებს შორის იზრდება დაინტერესება ამ მიმართულებით.

დასკვნა

ქელატოთერაპია წარმოადგენს ქიმიისა და მედიცინის ინტერდისციპლინური ინტეგრაციის წარმატებულ მაგალითს. მისი შემდგომი განვითარება დამოკიდებულია ქელატორთა ახალი თაობის შექმნაზე, ბიოშეთავსებადობის გაუმჯობესებასა და კლინიკურ პრაქტიკაში მის ფართო დანერგვაზე. საქართველოსთვის პრიორიტეტულია ქელატოთერაპიის კვლევის, განათლებისა და გამოყენების ერთობლივი პლატფორმის ჩამოყალიბება, რაც გააძლიერებს ქიმიის გამოყენებით ჯანმრთელობის დაცვის თანამედროვე მიდგომებს.

საკვანძო სიტყვები: ქელატოთერაპია, მძიმე მეტალები, მეტალოკომპლექსური ქიმია, EDTA, DMSA, BAL, დესფეროქსამინი, ნანოქელატორები, ბიოშეთავსებადობა

Chelation Therapy — The Enemy of Heavy Metals and the Ally of Medicine

MADONA SAMKHARADZE

Department of Chemistry, Akaki Tsereteli State University, Georgia

madona.samkharadze@atsu.edu.ge

Introduction

Chelation therapy represents a form of chemical treatment based on the principles of coordination chemistry, aimed at reducing heavy metal intoxication in the human body. The accumulation of heavy metals (Pb, Hg, Cd, As, Cu, etc.) in the environment and in biological systems poses a serious biochemical and ecological hazard. The relevance of chelation therapy is associated with the increasing level of environmental pollution and the growing impact of industrial toxins, which strengthens the need for efficient and biocompatible chelators.

Methods and Applied Compounds

The chemical mechanism of chelation therapy is based on the ability of polydentate ligands to form stable complexes with toxic metal ions, thereby reducing their bioavailability and facilitating their excretion from the organism. The following chelating agents are most commonly used:

- ▲ Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) – effective against lead and calcium ions;
- ▲ Meso-2,3-dimercaptosuccinic acid (DMSA) – used for mercury and cadmium intoxication;
- ▲ Dimercaptopropanol (BAL, British Anti-Lewisite) – effective for arsenic and copper;
- ▲ Deferoxamine (DFO) – used in cases of iron and aluminum overload.

Results and Discussion

Modern studies are directed toward improving the selectivity, biocompatibility, and pharmacokinetic properties of chelating agents. Promising approaches include nano-chelation therapy, where chelators are incorporated into nanocarriers, increasing drug stability and targeted delivery to tissues. Polymeric and lipophilic chelators are also being developed to enhance bioavailability. In Georgia, chelation therapy is still not practically applied, although interest in this method is increasing among toxicological and hematological centers.

Conclusion

Chelation therapy is a successful example of interdisciplinary integration between chemistry and medicine. Its further development depends on the synthesis of new-generation chelators, the improvement of their biocompatibility, and their broader implementation in clinical practice. For Georgia, it is a priority to establish a common platform for research, education, and clinical application of chelation therapy, which will strengthen the role of chemistry in modern approaches to health protection.

KEYWORDS: chelation therapy, heavy metals, coordination chemistry, EDTA, DMSA, BAL, deferoxamine, nano-chelators, biocompatibility

ფორიანი არაორგანული მასალები (LECA), როგორც ეკოლოგიური მრავალფუნქციური სორბენტები

თეიმურაზ ჭეიშვილი¹ ქ.მ.დ., რაჟდენ სხვიგარიძე¹, ზ.მ.კ.,
გივი ღოღაძე¹, ზ.მ. კ., მანანა კეკელიძე¹, მაგისტრი

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

t.cheishvili@gtu.ge

არაორგანული, ბუნებრივად ფორიანი რიგი ქანი ხშირად გამოიყენება სორბენტების სახით, არაერთი ეკოლოგიური პრობლემის აღმოსაფხვრელად. დღეისათვის სამრეწველო დარგებთან დაკავშირებული ეკოლოგიური საკითხის გადასაწყვეტად რეკომენდირებულია „ნედლი“ ქანების გამოყენება: ქვიშები, კირქვოვანი მასალები, დიატომიტი, ოპოკა, ტრეპელი, თიხები, ცეოლითი და სხვ. პრაქტიკულად, ისინი ძირითადად გამოიყენება ჩამდინარე საწარმოო წყლების გასასუფთავებლად და დაბინძურებული ნიადაგის დეინტოქსიკაციისას (შხამ-ქიმიკატები, მძიმე ლითონები, ნავთობპროდუქტები და ა.შ.). მათ სორბციულ უნარს ძირითადად განსაზღვრავს ბუნებრივი ფორიანობა და წმინდადისპერსულ მდომარეობაში გამოყენება (ნაყარი მოცულობითი წონა 1500კგ/მ³-ზე ნაკლები). ჩამოთვლილი ცნობილი სორბენტების უარყოფით მხარეს წარმოადგენს მათი შეზღუდული გამოყენება, რასაც განსაზღვრავს ბუნებრივი ქანების მაღალი ნაყარი და ჭეშმარიტი /ნამდვილი სიმკვრივე (სითხეებში დალექვა), დაბალი სორბციული უნარი და რეგენერაცია-უტილიზაციასთან დაკავშირებული პრობლემები.

მრავალფუნქციური დანიშნულების და მაღალი სორბციული უნარის მატარებელი სორბენტების მისაღებად განხორციელდა მიზნობრივი კვლევა, კერძოდ, რიგი საქართველოში არსებული ბუნებრივი ქანიდან (ცეოლითური ტუფი, ობსიდიანი, პემზა, პერლიტი) მათი მაღალ-ტემპერატურული დამუშავებით მიღებულ იქნა მაღალფორიანი მსუბუქი მასალები (LECA). სხვადასხვა ტემპერატურებზე თერმოდამუშავებულ მასალებს დაუდგინდა ძირითადი მახასიათებელი თვისებები: ნაყარი მოცულობითი წონა (γ , კგ/მ³) ან ხვედრითი სიმკვრივე (d , კგ/მ³); ფორიანობა წყალშთანთქმით (w ,%) ან შთანთქმული აირის წონით (Δ ,%); სიმტკიცე კუმშვაზე (P , მპა) და წყალმედევობა გარბილების კოეფიციენტის (Σ) დადგენით. მიზნობრივად ჩატარებული კვლევით დადგინდა, რომ თერმული დამუშავება რადიკალურად ცვლის ოთხივე ნედლეულის ფიზიკურ მახასიათებლებს. კერძოდ, **პერლიტის და პემზის 1100°C-ზე** თერმული დამუშავებით მიიღება ფორიანი მასალა, რომლის $\delta=10-15$ მმ ფრაქციულობის მარცვლების თვისებრივი მახასიათებლები შემდეგია: $\gamma=400-470$; $P=6,2-6,8$; $w=18-20$; $\Sigma= 0,75-076$. **ობსიდიანი 1250°C-ზე** ინტენსიურად აფუვდება და მიიღება ქაფმინა, რომლის თვისე-

ბებია: $d=180-200$; $P=120-140$; $w=0,5-1,0$. $330\pm 20^{\circ}\text{C}$ -ზე თერმოდამუშავებული ცეოლითური ტუფის შემთხვევაში $\delta=3-5\text{მმ}$ ფრაქციულობის მასალის მიერ $35-75^{\circ}\text{C}$ ინტერვალში CO_2 -ის შთანთქმა შეადგენს, შესაბამისად, 3-10%-ს.

საკვლევი ოთხი სახეობის ნედლეულიდან მიღებული LECA-ს თვისებათა შეჯერებით შესაძლებელი ხდება შემდეგი რეკომენდაციის გაცემა: პერლიტის და პემზის აფუებით მიღებული მსუბუქი ფორიანი მასალა შეიძლება გამოყენებულ იქნას დაბინძურებული სითხეების, ნიადაგის და ჩამდინარე წყლების გამწმენდ სორბენტად. ობსიდიანიდან მიღებული ქაფმინის გამოყენება მიზანშეწონილია განღვრილი ნავთობპროდუქტების ლოკალიზაციისა და შესანახ ტევადობებში ნავთობპროდუქტების ზედაპირული აორთქლებისგან დამცავ საფარად (ტივტივა ხუფი). თერმულად აქტივირებული ცეოლითური ტუფი „სითბური ეფექტის“ გამომწვევი CO_2 -ის მშანთქმელად (ატმოსფერული ჰაერიდან და საწარმოო ნამწვი აირებიდან), შემდგომ უნარჩენო ტექნოლოგიებში გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: ბუნებრივი ქანი, თერმოდამუშავება, ფორიანი მასალები, თვისება, სორბენტი

კვლევა ხოციედება შოთა ხუსთაველის ეხოვნური სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭეით (გხანგი N FR-23 – 15 888).

Porous inorganic materials (LECA) as environmentally friendly multifunctional sorbents

TEIMURAZ CHEISHVILI¹, PH.D; RAZDEN SKHVITARIDZE¹, PH.D., GIVI LOLADZE¹, PH.D. MANANA KEKELIDZE¹, MASTER'S DEGREE

¹ Georgian Technical University

t.cheishvili@gtu.ge

Inorganic, naturally porous organic materials are often used as sorbents to solve a number of environmental problems. In particular, to address environmental issues related to industrial sectors, it is recommended to use 'raw' rocks: sands, limestones, diatomites, clays, trass, clays, zeolites, etc. In practice, they are mainly used for the treatment of industrial wastewater and the detoxification of contaminated soils (with toxic chemicals, heavy metals, petroleum products, etc.). Their sorption capacity is mainly determined by their natural porosity and use in a finely dispersed state (bulk density less than 1500 kg/m³). The downside

of these known sorbents is their limited application, which is due to the high bulk and true density of natural rocks (sedimentation in liquids), low sorption capacity, and problems associated with regeneration and disposal.

A targeted study was conducted to obtain multifunctional sorbents with high purity. Highly porous lightweight materials (LECA) were obtained from a number of natural rocks in Georgia (zeolite tuff, obsidian, pumice, perlite) by heat treatment at different temperatures. Determination of characteristic properties: bulk density (γ , kg/m³) or specific (d , kg/m³) density; porosity by water absorption (w ,%) or by mass of absorbed gas (Δ ,%); compressive strength (P ,MPa) and water resistance by softening coefficient (ξ). Targeted research has shown that heat treatment radically changes the physical characteristics of all four types of raw materials. In particular, heat treatment of perlite and pumice at 11000C results in a porous material with the following quality characteristics: $\gamma = 400-470$; $P = 6.2-6.8$; $w = 18-20$; $\xi = 0.75-0.76$. Obsidian swells intensively at a temperature of 1250°C, producing foam glass with the following properties: $d = 180-200$; $P = 120-140$; $w = 0.5-1.0$. In the case of zeolite tuff, a material fraction of $\delta=3-5$ mm thermally activated at $330\pm 200C$ absorbs 3–10% CO₂ at 35–75°C.

Comparing the properties of LECA obtained from the four types of raw materials studied, the following recommendations can be made: lightweight porous material obtained by foaming perlite and pumice can be used as a sorbent for cleaning contaminated liquids, soils and wastewater. The use of foam glass obtained from obsidian is advisable for localising spilled petroleum products and as a protective coating (float cover) against surface evaporation of petroleum products in tanks. Thermally activated zeolite tuff is an absorber of CO₂ causing the 'greenhouse effect' (from atmospheric air and flue gases) with further use in waste-free technologies.

KEYWORDS: Natural Rocks, Heat Treatment, Pporous Materials, Properties, Sorbents

Acknowledgement: *This work was supported by the Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG) (grant number № FR-23-15888)*

ძვლის ნაცრის საფუძველზე ინოვაციური ბიოსამედიცინო მასალების მიღება და შესწავლა

მარინე შავლაყაძე¹, თეიმურაზ ჭიჭვილიძე²

¹საქართველოს უნივერსიტეტი,

²საქართველოს გექნიკური უნივერსიტეტი

Mar.shavlakadze@ug.edu.ge

მედიცინის მნიშვნელოვან სფეროებში, მათ შორის, ყბა-სახის ქირურგიაში და სტომატოლოგიაში, მზარდი მოთხოვნა არსებობს ძვლის ქსოვილის ჩამნაცვლებელ და რეგენერაციის უზრუნველმყოფ მასალებზე. ასეთ მასალებში სანდოობით და ეფექტიანობით გამოირჩევა ხელოვნურად მიღებული ორი სახეობის ფოსფორ-შემცველი მასალა: ბიოკერამიკა და ბიომინა. დღეისათვის კერამიკული ბიომასალებიდან ფართოდ გამოიყენება კრისტალური აღნაგობის ორი სახეობა – $Ca_3(PO_4)_2$ (სამკალციუმიანი ორთოფოსფატი) და $Ca_5(PO_4)_3(OH)$ (ჰიდროქსილაპატიტი). მათგან განსხვავებით, ბუნებით ამორფული ბიოაქტიური მინა გამოირჩევა ცოცხალი ორგანიზმის ძვლის ქსოვილთან კარგი შეთავსების უნარით: ხელს უწყობს იმ რეაქციების აქტივირებას, რომლებიც პასუხისმგებელია ახალი ძვლის ქსოვილის წარმოქმნაზე და ძვლის დეფექტების აღდგენაზე. აღნიშნულის წინაპირობას ქმნის ბიომინის შედგენილობა (მიიღება $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$ სისტემაში) და მისი შემადგენელი კომპონენტების შენელებული ხსნადობა. აღნიშნული ხელს უწყობს ისეთი პროცესების წარმართვას, რომლებიც განსაზღვრავენ მინის ზედაპირზე ნანოკრისტალური ჰიდროქსილაპატიტის აქტიური შრის წარმოქმნას. აღნიშნული უზრუნველყოფს ხელოვნური იმპლანტის-ბიომინის მჭიდრო კავშირს როგორც სამკურნალო ძვალთან, ასევე, რბილ ქსოვილთან. ორივე სახეობის ბიომასალის (კერამიკა, მინა) მიღების არსებული ტექნოლოგიური თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ მათი მიღება ხდება რთულ ზოლ-გელ ტექნოლოგიით – წყალხსნადი ძვირადღირებული საწყისი ნივთიერებიდან წმინდა დისპერსიული კაზმის მიღება და შემდგომი მაღალტემპერატურული სინთეზით სასურველი შედგენილობის და ბუნების (კრისტალური ან ამორფული) ბიომასალის შეცხოვრებით ან ლღობით მიღება. ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევა მიზნად ისახავდა კლასიკური შედგენილობის ბიომინის (45S5 Bioglass) მიღებას მინის ტრადიციული ტექნოლოგიის გამოყენებით. ინოვაციური ტექნოლოგიით ბიომინის მიღება საგრძნობლად გაამარტივებდა ტექნოლოგიურ პროცესს და გაზრდიდა აღნიშნული სახეობის მასალებზე წვდომას.

საკვლევ ობიექტად აღებული 45S5 Bioglass ცნობილია როგორც არატოქსიკური,

ბიორეზი-ტენტული, ბიოაქტიური და ა.შ. მასალა. მისი შედგენილობა შემდეგია (მას. %): 45SiO_2 ; $24,5 \text{CaO}$; $24,5 \text{Na}_2\text{O}$; $6\text{P}_2\text{O}_5$. არსებული ტექნოლოგია ითვალისწინებს SiO_2 – თხევადი მინის ან სილიციუმის ჰალოგენნაერთების, CaO – კირის რძის, Na_2O – ნიტრატის, P_2O_5 – ორთოფოსფორმჟავის ან ტუტე ლითონთა ფოსფატების გამოყენებას მის შედგენილობაში შემავალი ოქსიდების შესაყვანად. ჩვენ მიერ არჩეული „მშრალი კაზმის“ მიდგომით, ბიომინის სინთეზი განხორციელდა კაზმიდან, რომელიც მიღებული იქნა ტრადიციული ნედლეულიდან. კერძოდ, მინის შედგენილობაში წარმოდგენილი ოქსიდების შემცველობა დაკმაყოფილდა: SiO_2 – მთის ბროლი/ხელოვნური სილიციუმის დიოქსიდი; CaO – ცარცი; Na_2O – სოდა კალცინირებული; P_2O_5 – ძვლის ნაცრით; მოყვანილი მასალებიდან ინოვაციურს/არატრადიციულ ნედლეულს წარმოადგენს P_2O_5 -ის შემცველი ძვლის ნაცარი, რომელიც მიღებული იქნა მსხვილფეხა საქონლის დეპროტეინირებული ძვლიდან (მსხვრევა-დაფქვით). ძვლის ნაცრის ქიმიური შედგენილობა შემდეგია (მას. %): $40,3 \text{P}_2\text{O}_5$; $53,2 \text{CaO}$; $2,8$; $0,4 \text{SiO}_2$; $0,4 (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$; $0,3 \text{LOI}$. ჩვენ მიერ ჩატარებული 1000 და 1300°C თერმოდამუშავებით მიღებული ძვლის რენტგენული ანალიზის მიხედვით, მასში ერთადერთ კრისტალურ ფაზას წარმოადგენს ჰიდროქსიაპატიტი. საკვლევად აღებული და ახალი შედგენილობის კაზმიდან ბიომინის სინთეზი ჩატარდა $1340 \pm 20^\circ\text{C}$ -ზე (დაყოვნება 2 სთ), ნადნობის შემდგომი დაყალიბებით და ნამზადის მოწვით ($600 \pm 10^\circ\text{C}$). ახალი მეთოდოლოგიით მიღებული ბიომინის ვარგისიანობის დასადგენად შესწავლილი იქნა ის ძირითადი თვისებები, რომლებიც მოთხოვნადია შესაბამის მასალებზე არსებული GOST P ISO 13175-3-2015-ის მიხედვით. დადგინდა, რომ სანედლეულო ბაზაზე მიღებული ახალი ბიომინის მახასიათებელი თვისებები შემდეგია:

- ▲ სიმტკიცე კუმშვაზე – 510 მაა;
- ▲ ქიმიური მდგრადობა (წონის დანაკარგები ვიზიალურ ხსნარში) – $1,6$ %;
- ▲ სიმკვრივე – $2\ 660$ გმ/მ³;
- ▲ ადსორბციული უნარი წყალში – $0,05$ %.

ჩატარებული კვლევით დადასტურდა ბიომინის მიღების შესაძლებლობა ახალ სანედლეულო ბაზაზე, ტრადიციული მინის მიღების ტექნოლოგიის გამოყენებით. მიღებული მინების ძირითადი მახასიათებელი თვისებები სრულ შესაბამისობაშია ISO სტანდარტით გათვალისწინებულ მოთხოვნებთან, რაც მისი ბიოაქტიური მასალის სახით გამოყენების პერსპექტიულობას განსაზღვრავს.

საკვანძო სიტყვები: ბიომინა, ბიოკერამიკა, ძვლის ნაცარი, ჰიდროქსიაპატიტი, ბიოაქტიური მასალები, სტომატოლოგია, სამედიცინო ბიომასალები

Production and Study of Innovative Biomedical Materials Based on Bone Ash

MARINE SHAVLAKADZE¹, TEIMURAZ CHEISHVILI²

¹ University of Georgia

² Georgian Technical University

Mar.shavlakadze@ug.edu.ge

There is a growing demand in important fields of medicine – including maxillofacial surgery and dentistry – for materials that can replace and regenerate bone tissue. Two major types of synthetic phosphorus-containing materials, bioceramics and bioglass, have proven to be particularly reliable and effective in this regard. Among the ceramic biomaterials, two crystalline types are widely used today: **tricalcium orthophosphate** and **hydroxyapatite**. In contrast, **bioactive glass**, which is amorphous in nature, demonstrates excellent compatibility with living bone tissue – it promotes biochemical reactions responsible for new bone formation and the restoration of bone defects. This property is determined by the composition of the glass (obtained in the $\text{SiO}_2\text{-CaO-Na}_2\text{O-P}_2\text{O}_5$ system) and the slow solubility of its constituent oxides. These factors facilitate the formation of a nanocrystalline hydroxyapatite layer on the glass surface, ensuring strong bonding between the artificial implant and both bone and soft tissues.

The technological particularity of producing both bioceramics and bioglass lies in the complex sol-gel processes used to obtain a pure dispersed precursor from expensive water-soluble reagents, followed by high-temperature synthesis to form the desired crystalline or amorphous biomaterial through sintering or melting.

Our research aimed to produce bioglass of classical composition (45S5 Bioglass) using conventional glass-making technology. The innovative approach developed for bioglass production significantly simplifies the technological process and increases the material's accessibility.

The studied 45S5 Bioglass is known as a non-toxic, bioresorbable, and bioactive material. Its composition (wt.%) is as follows: 45 SiO_2 , 24.5 CaO , 24.5 Na_2O , and 6 P_2O_5 . Conventionally, the oxides are introduced using liquid glass or silicon halides (for Si), lime milk (for CaO), sodium nitrate (for Na_2O), and phosphoric acid or alkali metal phosphates (for P_2O_5).

In our modified “dry batch” approach, bioglass was synthesized from traditional raw materials: quartz (or synthetic SiO_2), chalk (CaCO_3), soda ash (Na_2CO_3), and bone ash as a source of P_2O_5 . The bone ash, obtained by crushing and calcining deproteinized bovine bone, represents an innovative raw material. Its chemical composition (wt.%) is: 40.3 P_2O_5 ; 53.2 CaO ; 2.8 Na_2O ; 0.4 SiO_2 ; 0.4 Fe_2O_3 (+ TiO_2); and 0.3 LOI.

X-ray analysis of the bone ash thermally treated at 1000°C and 1300°C showed that hydroxyapatite is the only crystalline phase present. The synthesis of bioglass from the modified batch was carried out at $1340 \pm 20^\circ\text{C}$ (2-hour hold), followed by annealing at $600 \pm 10^\circ\text{C}$.

To evaluate the quality of the bioglass obtained by this new method, its main properties were examined according to GOST R ISO 13175-3-2015 standards. The following results were obtained:

- ▲ Compressive strength: 510 MPa
- ▲ Chemical stability (weight loss in aqueous solution): 1.6%
- ▲ Density: 2.66 g/cm^3
- ▲ Water absorption capacity: 0.05%

The research confirmed the feasibility of producing bioglass from a new raw material base using traditional glass-making technology. The key characteristics of the obtained material fully comply with the relevant ISO standards, confirming its prospective application as a bioactive material.

KEYWORDS: Bioglass, Bioceramics, Bone ash, Hydroxyapatite, Bioactive materials, Dentistry, Biomedical materials

ფსევდოპროტეინები: ბიოდეგრადაციული პოლიმერების პერსპექტიული ოჯახი მრავალმხრივი ბიოსამედიცინო გამოყენებისთვის

ნინო ზავრადაშვილი
ასოციირებული პროფესორი

გურამ თათარაშვილი
მაგისტრანტი

რამაზ ქაცარავა
პროფესორი

საქართველოს აგრიკულტურული უნივერსიტეტი

N.Zavradashvili@agruni.edu.ge

ფსევდოპროტეინები (ფპ) წარმოადგენენ ამინომჟავურ ბიომიმეტიკთა მნიშვნელოვან ოჯახს – ცილების სინთეზურ ანალოგებს, რომლებიც ხასიათდებიან დაბალი ან ნულოვანი იმუნოგენურობით, მაღალი ბიოთავსებადობითა და თანდაყოლილი ბიოლოგიური აქტივობით. ფპ-ების მაკრომოლეკულური არქიტექტურა ნაკლებად აღქმადია ორგანიზმის იმუნური სისტემის მიერ, რაც უზრუნველყოფს მათ მაღალ ბიოთავსებადობას. ბუნებრივ პროტეინებთან შედარებით, ფპ-ები თავისუფალი არიან პროტეინების ისეთი შეზღუდვებისგან, როგორცაა იმუნური შეუთავსებლობა, დაავადების შესაძლო ტრანსფერი, ცვალებადობა პარტიიდან პარტიამდე და შეზღუდული სამასალე თვისებები, ამასთან, ინარჩუნებენ პროტეინების დადებით თვისებებს, როგორცაა მაღალი თავსებადობა ქსოვილებთან და α -ამინომჟავების გამოთავისუფლება ბიოდეგრადაციისას, რაც ხელს უწყობს უჯრედების ზრდას და შესაბამისად, ქსოვილების რეგენერაციას.

ფპ-ების სინთეზისათვის საკვანძო მონომერებია α -ამინომჟავების და დიოლების საფუძველზე მიღებული დიამინო-დიესტერები. ამიდურ ბმებთან ერთად ფპ-ები შეიძლება შეიცავდნენ დამატებით ჰეტეროკავშირებს, როგორცაა ესტერული, ეთერული, შარდოვანული, ურეთანული ბმები, რაც კიდევ უფრო ამცირებს მათ აღქმას ორგანიზმის იმუნური სისტემის მიერ, ამასთან, მნიშვნელოვნად აფართოებს ფპ-ების სამასალე თვისებათა სპექტრს.

უნიკალური თვისებებიდან გამომდინარე, ფპ-ები პერსპექტიული მასალებია მრავალმხრივი ბიოსამედიცინო გამოყენებისთვის. ვასკულარული სტენტის წამლის კონტროლირებადი გამოყოფის საფარი დანერგილია კლინიკაში Royal DSM (ჰოლანდია) Svelte Medical Systems (აშშ) ერთობლივი ძალისხმევით). მიღებულია პოლიმერ-ბაქტერიოფაგების კომპოზიტები (აფსკების და ჟელირებადი მიკროსფეროების სახით), ასევე, თხევადი პლასტიკი (სპრეი), რომლებიც ეფექტიანია სხვადასხვა სახის დამწვრობების, ტროფიკული წყლულების და დაზიანებული კანის სამკურნალოდ. მიმდინარეობს კვლევები ფპ-ის საფუძველზე მიღებული პოლიეთილენგლიკოლის ღრუბლით დაფარული ნანოკონტეინერებისა, რომლებიც მდგრადია ფაგოციტოზის მიმართ და პერსპექტიულია წამლების მიზნობრივი მიწოდებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: α -ამინომჟავები, ბიომიმეტიკები, ფსევდოპროტეინები, ბიოსამედიცინო მასალები, წამლების ნანოკონტეინერები

Pseudo-Proteins: A Promising Family of Biodegradable Polymers for Versatile Biomedical Applications

NINO ZAVRADASHVILI
Associate Professor

GURAM TATARASHVILI
Doctorate Student

RAMAZ KATSARAVA
Professor

Agricultural University of Georgia
N.Zavradashvili@agruni.edu.ge

Pseudo-proteins (PPs) represent an important family within the so-called amino acid-based biomimetics (artificial analogues of natural proteins) characterized by low or zero immunogenicity, high biocompatibility, and inherent biological activity. Due to their macromolecular architecture, which is less recognizable by the immune system, PPs exhibit excellent biocompatibility. Unlike natural proteins, PPs are free from limitations such as immune incompatibility, potential disease transmission, batch-to-batch variability and restricted material properties, while retaining key advantages of proteins, including excellent tissue compatibility and the ability to release α -amino acids upon biodegradation, which promotes cell growth and, ultimately, tissue regeneration.

The key monomers used to construct PPs are diamine-diester derivatives of α -amino acids and diols. PPs contain various chemical linkages in addition to peptide bonds, which help reduce recognition by the body's immune system while enhancing their material properties and biomedical potential.

Because of their unique properties, PPs are considered promising candidates for various biomedical applications, including coatings for vascular stents with controllable drug release (already implemented in the clinic through a collaboration between Royal DSM, Netherlands, and Svelte Medical Systems, USA), as well as polymer-bacteriophage composites (in the form of films and gel-forming drug-loaded microspheres), and spray-on wound dressings effective for the treatment of burns, tropical ulcers, and post-surgical wounds. Ongoing studies are also focused on PP-based nanocontainers coated with a polyethylene glycol (PEG) cloud, which are resistant to phagocytosis and show great potential for targeted drug delivery.

KEYWORDS: α -Amino acids, Biomimetics, Pseudo-proteins, Biomaterials, Drug nanocarriers

საერთაშორისო სტანდარტები და თანამედროვე მიდგომები სამკურნალო საშუალებების ხარისხისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფისთვის

იმედა რუბაშვილი

ქიმიის აკადემიური დოქტორი, კავკასიის უნივერსიტეტის პროფესორი;
სს „ბიოქიმიკაჰმის“ ხარისხის განყოფილების ხელმძღვანელი

imeda.rubashvili@tsu.ge

ფარმაცევტული ხარისხის პოლიტიკა და კულტურა; ხარისხის მართვის სისტემები სამკურნალო საშუალებების სასიცოცხლო ციკლში; საერთაშორისო სტანდარტების (GXP) და ეროვნული რეგულაციების მიმოხილვა; ფარმაცევტული ხარისხის რისკების ანალიზი და რისკებზე დაფუძნებული მიდგომების გამოყენება წარმოებაში, კონტროლსა და ფარმაცოზედამხედველობაში; აქტუალური საკითხები და გამოწვევები ხარისხის უზრუნველყოფის სფეროში.

საკვანძო სიტყვები: საერთაშორისო სტანდარტები, ფარმაცევტული ხარისხი, ხარისხის მართვა, რისკები, GxP, ფარმაცოზედამხედველობა

International Standards and Modern Approaches to Ensuring the Quality and Safety of Medicinal Products

IMEDA RUBASHVILI

*PhD in Chemistry, Professor of Caucasus University,
Head of the Quality Department/Qualified Person (QP) of the pharmaceutical
company JSC “Biochimpharm”*

imeda.rubashvili@tsu.ge

Pharmaceutical quality and quality approaches; Quality policy and culture; Pharmaceutical quality management and systems throughout the life cycle of a medicinal product; Review of international standards – good practices GXP and national regulations; Pharmaceutical quality risk management, risk analysis tools and the use of a risk-based approach in the production of medicinal products, quality assurance-control, distribution and pharmacovigilance system; Current issues and challenges related to the quality assurance and safety of medicinal products.

KEYWORDS: International standards, Pharmaceutical quality, Quality management, Risks, GxP, Pharmacovigilance

სამეცნიერო კომუნიკაცია და ინოვაციები ჯანდაცვის გაციფროვნების რეფორმები მთელ მსოფლიოში და საქართველოს გზა

კახაბერ ჯაყელი

პროფესორი, დოქტორი

თამარ ღობჯანიძე

ჯანმრთელობის მეცნიერებების სკოლის დირექტორი

მარიამ ღობჯანიძე

დოქტორი

საქართველოს უნივერსიტეტი

k.jakeli@ug.edu.ge

რამდენიმე ქვეყანამ უკვე წარმატებით განახორციელა რეფორმები ჯანდაცვის გაციფროვნების სფეროში, მათ შორის ლიდერობენ შემდეგი ქვეყნები:

- ▲ გერმანიამ შექმნა მარეგულირებელი აქტები და გადადგა ნაბიჯები ტელე-მატიკური ინფრასტრუქტურის (TI) შესაქმნელად და შექმნა მომხმარებელთა სერვისები ჯანდაცვის დიგიტალიზაციისთვის;
- ▲ ფინეთმა სრულად დააკმაყოფილა ქვეყნის ჯანდაცვის საჭიროებები და შექმნა Kanta Services, THL eHealth პროგრამა, რომელიც მოიცავს ჯანდაცვის ბაზარს და ადამიანების მოთხოვნას პერსონალიზებულ ციფრულ და ფიზიკურ ჯანდაცვის სერვისებზე;
- ▲ დანია, რომელმაც შექმნა ეროვნული ციფრული ჯანდაცვის პლატფორმა Sundhed.dk და მოიცვა ჯანდაცვის მთელი მოთხოვნა;
- ▲ ესტონეთი, ამ ქვეყანამ თავისი ჯანდაცვის მონაცემები და ჩანაწერები ბლოკჩეინზე დააფუძნა; – შვედეთი – ამ ქვეყანამ შექმნა Vision eHealth 2025 / Inera AB;
- ▲ გაერთიანებულმა სამეფომ, ბევერიჯის მოდელზე დაყრდნობით, შექმნა NHS აპლიკაცია და NHS ციფრული ტრანსფორმაცია; – სინგაპური, სადაც სწრაფად შეიქმნა ეროვნული ელექტრონული ჯანდაცვის ბაზა (NEHR), Smart Nation eHealth ეკოსისტემა; – სამხრეთ კორეამ, ამ ქვეყანამ შექმნა ციფრული საავადმყოფოს ინფრასტრუქტურა და K-Health-ისა და ციფრული ახალი შეთანხმების ინიციატივა;
- ▲ იაპონია, ეს ქვეყანა, ძირითადად, ხანდაზმულთა ჯანდაცვაზეა ორიენტირებული და შექმნა საზოგადოება 5.0 / ციფრული სააგენტოს ჯანდაცვის რეფორმები;
- ▲ კანადა, ერთი გადამხდელის მოდელზე აგებულმა კანადურმა სისტემამ შექ-

მნა საინფორმაციო სისტემა, ჩამოყალიბდა კანადის ჯანდაცვის ინფოგზა / პანკანადური ციფრული ჯანდაცვის სტრატეგია.

ამერიკის შეერთებული შტატები ამ სიაში არ არის, რადგან მას არ ჰქონდა ეროვნული ჯანდაცვის სისტემა და, შესაბამისად, აშშ-მა ფრაგმენტული სისტემები შექმნა. თუმცა, ამერიკამ ძალიან ინოვაციური ნაბიჯები გადადგა: მან საფუძველი აქტების მეშვეობით შექმნა და შემდგომი სამართლებრივი ზომები განახორციელა – HITECH აქტი (2009), 21-ე საუკუნის განკურნების აქტი (2016) და ONC-ის თავსებადობის წესები (2020).

აშშ-ი სწრაფად ავითარებს ციფრულ ჯანდაცვის რეფორმებს და ქმნის ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ კლინიკური გადაწყვეტილების მიღების (Google Health, IBM Watson, Epic-AI ინტეგრაცია) სისტემებს.

ასევე, საინტერესოა იმის დანახვა, თუ რა ხდება ჩინეთში, რომელიც უზარმაზარ ინვესტიციებსა დებს ტელემედიცინაში, მუშაობს ხელოვნური ინტელექტის დიაგნოსტიკისა და ციფრული საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის მეთვალყურეობის განვითარებაზე, როგორცაა Ping An Good Doctor და AliHealth.

ზემოაღნიშნული ინფორმაციის საფუძველზე, აუცილებელია ქართული ჯანდაცვის დროული წარმართვა ელექტრონული ჯანდაცვისა და დიგიტალიზაციისკენ. თუმცა, როგორ მოხდება ეს? ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად, ჩვენ ჩავატარეთ ანონიმური გამოკითხვა საქართველოს წამყვანი საავადმყოფოების ხელმძღვანელებს, დარგის ექსპერტებსა და ექიმებს შორის; გამოვყავით კონკრეტული სტრატეგიული ხედვა, რომელიც ქართულმა ჯანდაცვამ უნდა დაიცვას ელექტრონული ჯანდაცვის ფორმების ეფექტიანი განვითარებისთვის.

გამოკითხვის გარდა, ჩვენ, ასევე, ვეყრდნობით დარგის ლიტერატურის კვლევას და მოწინავე სამეცნიერო ნაშრომებს, რათა განვმარტოთ დარგის განვითარების სტრატეგია, ტაქტიკა და ეკონომიკური ნაწილი.

საკვანძო სიტყვები: ელექტრონული ჯანდაცვა, ტელეჯანდაცვა, ჯანდაცვის რეფორმები, ციფრული მიგრაცია

Reforms for Healthcare Digitalization around the World and the path of Georgia

KAKHABER JAKELI

Professor Dr.

TAMAR LOBJANIDZE

Director of the School of Medical Sciences

MARIAM LOBJANIDZE

Doctorate Student

University of Georgia

k.jakeli@ug.edu.ge

Several countries have already successfully implemented reforms in the field of healthcare digitalization, including the following leaders:

- ▲ Germany, this country has created regulatory acts and taken steps to create Telematics Infrastructure (TI) and created consumer services for the digitalization of healthcare;
- ▲ Finland has completely covered the nation's healthcare needs and created Kanta Services, THL eHealth Program, which covers the healthcare market and people's demand for personalized digital and physical healthcare services;
- ▲ Denmark, which created the national digital healthcare platform Sundhed.dk and covered the entire healthcare demand;
- ▲ Estonia, this country has based its healthcare data and records on blockchain; – Sweden – this country has created Vision eHealth 2025 / Inera AB;
- ▲ The United Kingdom, based on the Beveridge model, has created the NHS App and NHS Digital transformation;
- ▲ Singapore, where the National Electronic Health Record (NEHR), Smart Nation eHealth ecosystem was quickly created;
- ▲ South Korea, this country created a digital hospital infrastructure and the K-Health & Digital New Deal Initiative;
- ▲ Japan, this country focuses primarily on healthcare for the elderly and created Society 5.0 / Digital Agency Health Reforms;
- ▲ Canada, the Canadian system built on a single-payer model, created an information system, the Canada Health Infoway / Pan-Canadian Digital Health Strategy was formed.

The United States is not on this list because it did not have a national healthcare system and, accordingly, created fragmented systems like the US. However, America took very innovative steps; it established the foundation through acts and implemented subsequent legal measures – HITECH Act (2009), 21st Century Cures Act (2016), and ONC Interoperability Rules (2020).

Finally, the US is rapidly developing digital healthcare reforms and creating AI-assisted clinical decision-making (Google Health, IBM Watson, Epic-AI integration) systems.

It is also exciting to see what is happening in China, which is making massive investments and research in telemedicine, working on the development of AI diagnostics and digital public health surveillance, such as Ping An Good Doctor and AliHealth.

Based on the above information, it is essential to lead Georgian healthcare towards e-health and digitalization. However, how will this happen? To answer this question, we conducted an anonymous survey among the leaders of Georgia's leading hospitals, experts in the field, and doctors. We identified a specific strategic vision that Georgian healthcare should follow for the effective development of e-health forms.

In addition to the survey, we also rely on research into the literature in the field and through advanced scientific works to clarify the strategy, tactics, and economic part of the development of the field.

KEYWORDS: E-healthcare, Telehealth, Healthcare Reforms, Digital migration

მარკეტინგის როლი თანამედროვე სამეცნიერო კომუნიკაციაში: ეფექტიანი ნარატივის ფორმირება და საზოგადოებრივი ჩართულობის გაძლიერება

მირანდა შავლაყაძე

ფილანთროპი, მარკეტინგისა და ბიზნესის განვითარების მენეჯერი

Miranda.shavlakadze@icloud.com

თანამედროვე სამეცნიერო სივრცეში მარკეტინგის კონცეფცია თანდათან გადის ტრადიციული ეკონომიკური კონტექსტის ფარგლებს გარეთ და იქცევა ცოდნის ეფექტიანი გავრცელების სტრატეგიად.

სამეცნიერო მარკეტინგი წარმოადგენს ინსტრუმენტს, რომელიც აერთიანებს კომუნიკაციის, მედიატექნოლოგიებისა და სოციალურ მეცნიერებათა მექანიზმებს საზოგადოების ინფორმირებულობისა და ჩართულობის გასაზრდელად. მეცნიერებისადმი ინტერესის შემცირების, დეზინფორმაციის გავრცელებისა და ტერმინოლოგიური ბარიერების ფონზე, მარკეტინგული მიდგომები საშუალებას იძლევა კვლევითი პროცესები და შედეგები გადმოიცეს ადაპტირებულ, გასაგებ და ემპირიულად დასაბუთებულ ფორმატში.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ხდება ეს იმ სოციალურ-კულტურულ გარემოში, სადაც მეცნიერება აღიქმება, როგორც ელიტური და ყოველდღიურ ცხოვრებას მონაცემები სფერო.

ვიზუალური კომუნიკაციის, სოციალური მედიის, პოდკასტებისა და ამბის თხრობის (storytelling) გამოყენება ხელს უწყობს სამეცნიერო თემების დემისტიფიკაციას და მათ ინტეგრირებას საზოგადოებრივ დისკურსში.

ამრიგად, სამეცნიერო მარკეტინგი ქმნის პლატფორმას ცოდნის დემოკრატიზაციისთვის, უზრუნველყოფს ფაქტებზე დაფუძნებული ინფორმაციის ხელმისაწვდომობას და აძლიერებს მეცნიერების როლს საზოგადოებრივ გადამწყვეტილებათა მიღების პროცესში.

საკვანძო სიტყვები: სამეცნიერო კომუნიკაცია, სამეცნიერო მარკეტინგი, საზოგადოებრივი ჩართულობა, დეზინფორმაცია, ნარატივის სტრატეგიები, მედია და ტექნოლოგიები

The Role of Marketing in Science Communication: Shaping Effective Narratives and Enhancing Public Engagement

MIRANDA SHAVLAKADZE

Freelance, Marketing and Business Development Manager

Miranda.shavlakadze@icloud.com

In the contemporary scientific landscape, the concept of marketing extends beyond its conventional economic framework and emerges as a strategic instrument for the effective dissemination of knowledge. Scientific marketing integrates mechanisms of communication, media technologies, and social sciences to enhance public awareness and participation in scientific discourse. Amid decreasing interest in science, the proliferation of misinformation, and persistent terminological barriers, marketing-oriented approaches enable the translation of research processes and results into accessible, comprehensible, and empirically grounded narratives.

This approach is particularly significant in socio-cultural contexts where science is perceived as elitist and disconnected from everyday life. The utilization of visual communication, social media, podcasts, and storytelling contributes to the demystification of science and facilitates its integration into public discourse.

Thus, scientific marketing functions as a platform for the democratization of knowledge, ensures the accessibility of evidence-based information, and reinforces the role of science in informed decision-making processes within society.

KEYWORDS: Science communication, Scientific marketing, Public engagement, Misinformation, Narrative strategies, Media and technology

ბადნეოქიმია, ბიოქიმია და თერაპიული ინოვაციები გოგირდის მინერალური წყლების ჯანმრთელობაზე ზემოქმედების ძირითადი მექანიზმების შესწავლის როდი სამკურნალო შესაძლებლობების გაზრდისათვის

ეკასანიძე სანიკიძე

თბილისის ბადნეოლოგიური კურორტი, მედიცინის აკად. დოქტორი,
თსსუ ას. პროფესორი

ekasanikidze@yahoo.com

მიზანი – გოგირდის წყლების სამკურნალო ეფექტის ქიმიური მექანიზმების შესწავლელი მასალების მოძიება და დამუშავება ამ ბუნებრივი საშუალების სამკურნალო-სარეაბილიტაციო მიზნებით უფრო ეფექტიანად გამოყენებისათვის სხვადასხვა დაავადებების დროს და ახალი კვლევების დასაგეგმად.

მასალა და მეთოდები – ადგილობრივი და საერთაშორისო სტატიების მეტაანალიზი Meta-essentials-ის გამოყენებით.

შედეგთა ანალიზი – გოგირდის თერმული წყლების სამკურნალოდ გამოყენება მთელ მსოფლიოში, მათ შორის, საქართველოში, საუკუნეებს ითვლის. თუმცა, სხვადასხვა ორგანოსა და სისტემაზე მისი ზემოქმედების ფიზიკო-ქიმიური მექანიზმების შესწავლა გასული საუკუნის მეორე ნახევრამდე არ მომხდარა და მაშინაც, ძირითადად, საკითხი გოგირდის წყლების გამოყენებასა და ამა თუ იმ სიმპტომთა დინამიკას შორის კორელაციის დადგენით შემოიფარგლა. დადასტურდა, რომ სამკურნალო ეფექტის ძირითადი პათოგენეზური მექანიზმი მიკროცირკულაციის გაუმჯობესებაა, თუმცა ფიზიკური და ქიმიური ზეგავლენის გამიჯვნა და იმ ქიმიური რეაქციების ზუსტი აღწერა, რომელიც გოგირდის წყლების ძირითადი აქტიური მოლეკულის – გოგირდწყალბადის (H_2S) გავლენით მიმდინარეობს ორგანიზმში, მხოლოდ ბოლო წლებში დაიწყო აქტიურად. გამოითქვა ახალი მოსაზრებებიც იმის შესახებ, რომ H_2S თამაშობს სასიგნალო მოლეკულისა და პროტეინთა სულფჰიდრაციის როლს ჩვენი ორგანიზმის სხვადასხვა ციტოპროტექციულ ბიოქიმიურ რეაქციებში, ხელს უწყობს არამართო არსებული კაპილარული სისხლის მიმოქცევის გაუმჯობესებას, არამედ მიკროცირკულაციის ახალი ქსელების წარმოქმნას სხვადასხვა რთული მექანიზმების წყალობით. არსებობს არაერთი კვლევა, რომელიც დაწვრილებით აღწერს ყველა იმ ქიმიურ რეაქციას, ნაერთს, პირობებს, ზეგავლენის მომხდენ ფაქტორებს, რაც გოგირდის მოლეკუ-

ლის ანთბისანინაალმდეგო, იმუნომოდულაციურ, პროლიფაციურ და სხვა აქტივობებს უკავშირდება.

დასკვნა – კვლევების მეტაანალიზი აჩვენებს, რომ საჭიროა გოგირდის წყლების სხვადასხვა ქსოვილსა და ორგანოზე ზემოქმედების ქიმიური მექანიზმების შემდგომი, უფრო ღრმა და საფუძვლიანი შესწავლა სხვადასხვა პირობებში. შედეგთა მიხედვით კი, აუცილებელია მტკიცებულებებზე დამყარებული პროტოკოლების შემუშავება და გოგირდიანი სამკურნალო წყლების უფრო ფართოდ, სწორად და მიზნობრივად გამოყენება. ეს კი, გარკვეულ შემთხვევებში, სხვადასხვა დაავადებების მკურნალობის გაცილებით იოლი, იაფი და შედეგიანი გზა იქნება, რაც ასე მნიშვნელოვანია დღევანდელი ძვირადღირებული ჯანდაცვის პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: გოგირდის სამკურნალო წყლები, ქიმიური მექანიზმები

The Role of Studying the Main Mechanisms of the Health Effects of Sulfur Mineral Waters for Increasing Healing Potential

EKATERINE SANIKIDZE

Tbilisi Balneological Resort, Acad. of Medicine, Associate Professor of TSMU

ekasanikidze@yahoo.com

Goal – To search and compile materials for studying the chemical mechanisms of the healing effect of sulfur waters for more effective use of this natural remedy for therapeutic and rehabilitation purposes in various diseases and to plan new studies.

Materials and methods – Meta – analysis of local and international articles using Meta – essentials

Analysis of results – The use of sulfur thermal waters for healing all over the world, including in Georgia, dates back centuries. However, the study of the physico-chemical mechanisms of its impact on various organs and systems did not occur until the second half of the last century, and even then, the issue was mainly limited to establishing a correlation between the use of sulfur waters and the dynamics of certain symptoms. It has been proven that the main pathogenetic mechanism of the healing effect is the improvement of microcirculation, although the separation of physical and chemical effects and the precise description of the chemical reactions that occur in the body under the influence of the main active molecule of sulfur waters – hydrogen sulfide (H₂S) – have only been actively pursued in recent years. New ideas have also been expressed that H₂S plays the role of a signaling mol-

ecule and protein sulfhydration in various cytoprotective biochemical reactions of our body, contributing not only to the improvement of existing capillary blood circulation, but also to the formation of new microcirculation networks thanks to various complex mechanisms. There are a number of studies that describe in detail all the chemical reactions, compounds, conditions, influencing factors that are associated with the anti-inflammatory, immunomodulatory, proliferative and other activities of the sulfur molecule.

Conclusion – A meta-analysis of studies shows that further, deeper and more thorough study of the chemical mechanisms of the effect of sulfur waters on various tissues and organs is needed under various conditions. According to the results, it is necessary to develop evidence-based protocols and use sulfuric waters more widely, correctly and purposefully. This, in some cases, will be a much easier, cheaper and more effective way to treat various diseases, which is so important in today's expensive healthcare conditions.

KEYWORDS: Sulfuric medicinal waters, Chemical mechanisms

Եղանակներ/ Sources:

1. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5397653/>
2. <https://www.mdpi.com/2077-0383/9/9/3047/htm>
3. https://www.researchgate.net/publication/11157020_Effect_of_Sulfur_Baths_on_Antioxidative_Defense_Systems_Peroxide_Concentrations_and_Lipid_Levels_in_Patients_with_Degenerative_Osteoarthritis
4. <https://www.hindawi.com/journals/ja/2014/943824/>
5. <https://lifelifehacker.com/the-surprising-health-benefits-of-hot-springs-and-miner-1755445948>
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur_water
7. <https://hive.rochesterregional.org/2021/07/health-benefits-of-mineral-baths>
8. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/bm034519%2B>
9. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.journal-imab-bg.org/issues-2022/issue3/2022vol28-issue3-4541-4547.pdf>
10. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.preprints.org/frontend/manuscript/5e49be28ddb7608105634ba4bb02140a/download_pub
11. <https://sci-hub.se/downloads/2019-08-25/06/sokrateva2019.pdf>
12. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://scispace.com/pdf/sulphurous-mineral-waters-new-applications-for-health-yheemrgizh.pdf>
13. <https://www.journal-imab-bg.org/issues-2019/issue4/vol25issue4p2828-2837.html>
14. <https://journals.mu-varna.bg/index.php/ssp/article/view/3964>
15. <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/11/1773>
16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28484507/>
17. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2225411018310472>
18. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-35264-8>
19. <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2019.00128/full>

სამკურნალო ტალახები (პელოიდები). როგორც კოსმეცევტიკური ნედლეუდი საქართველოში

ნანა ღვვარიაძე, ნანა ბოკუჩავა, თეა ზაკალაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
tea.zakalashvili@gmail.com

სამკურნალო ტალახები (პელოიდები) ბუნებრივი წარმოშობის ნაერთებია, რომლებიც შეიცავს მინერალებსა და ორგანულ კომპონენტებს. მათი გამოყენება საუკუნეების განმავლობაში ეფუძნებოდა როგორც სამედიცინო-პროფილაქტიკურ, ისე კოსმეტიკურ პრაქტიკას.

პელოიდებს ახასიათებთ მრავალმხრივი ბიოლოგიური აქტივობა, მათ შორის:

- ▲ ანტიოქსიდანტური მოქმედება – თავისუფალი რადიკალების ნეიტრალიზაცია და კანის დაბერების პროცესების შეწყობა;
- ▲ ანტიმიკრობული ეფექტი – პათოგენური მიკროორგანიზმების განვითარების შეზღუდვა და კანის ბუნებრივი ბალანსის დაცვა;
- ▲ დამარბილებელი და დატენიანების უნარი – კანის ელასტიურობისა და ტენიანობის აღდგენა;
- ▲ რეგენერაციული მოქმედება – ქსოვილების აღდგენის სტიმულაცია და ანთებითი პროცესების შემცირება.

აღნიშნული თვისებები განაპირობებს მათ ინტეგრაციას თანამედროვე კოსმეცევტიკურ პროდუქტებში (კრემები, ლოსიონები, ნიღბები, თმის მოვლის საშუალებები).

საქართველოს ბუნებრივი რესურსებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ტახტი-თეფას რეგიონის თერაპიული ტალახი და კუმისის ტბის ლამოვანი ტალახი. მათი დამუშავებით შესაძლებელია სხვადასხვა ფორმის პროდუქციის მიღება – მაღამოები, ნიღბები, პილინგები, კომპრესები, ბრიკეტები, გრანულები და სხვა. ეს ზრდის თერაპიის ხელმისაწვდომობას, რადგან მკურნალობა შესაძლებელია როგორც საკურორტო, ისე საშინაო პირობებში.

ამრიგად, სამკურნალო ტალახები წარმოადგენენ მაღალბიოლოგიური აქტივობის მქონე ღირებულ ნედლეულს, რომლის სწორად სტანდარტიზაცია და დამუშავება უზრუნველყოფს მათ ეფექტიან გამოყენებას თანამედროვე კოსმეტოლოგიასა და ინდუსტრიულ წარმოებაში.

საკვანძო სიტყვები: პელოიდები, კოსმეცევტიკა, ბიოლოგიური აქტივობა, კუმისის ტბა, ტახტი-თეფა, ბუნებრივი ნედლეული

Therapeutic muds (peloids) as cosmeceutical raw materials in Georgia

NANA DEVDARIANI, CO-AUTHORS: NANA BOKUCHAVA, TEA ZAKALASHVILI

Georgian Technical University

tea.zakalashvili@gmail.com

Therapeutic muds (peloids) are natural substances composed of minerals and organic components, traditionally applied in both medical-preventive and cosmetic practices.

They demonstrate diverse biological activities, including:

- ▲ Antioxidant activity – neutralizing free radicals and slowing down skin aging;
- ▲ Antimicrobial effect – inhibiting pathogenic microorganisms and preserving the skin's natural balance;
- ▲ Soothing and moisturizing capacity – restoring skin elasticity and hydration;
- ▲ Regenerative action – stimulating tissue repair and reducing inflammation.

These properties ensure their integration into modern cosmeceutical formulations such as creams, lotions, masks, and hair care products.

Among Georgia's natural resources, the therapeutic mud of the Takhthi-Tepa region and the laminated mud of Lake Kumisi are of particular significance. Their processing enables the production of diverse forms – ointments, masks, peelings, compresses, briquettes, granules, and more. This facilitates the use of mud therapy not only in spa and resort settings but also at home, thereby increasing accessibility and reducing costs.

In conclusion, therapeutic muds represent valuable raw materials with high biological activity. Their proper standardization and processing ensure safe and effective integration into contemporary cosmetology and industrial production.

KEYWORDS: Peloids, Cosmeceuticals, Biological activity, Lake Kumisi, Takhthi-Tepa, Natural raw materials

თერაპიული ტალახების შედარებითი ანალიზი საქართველოსა და ბულგარეთის მაგადითზე

მარინე შავლაკაძე¹, ვიორგი ნაჭროშვილი², ნანა ღვდარიანი²,
ნანა ბოკუჩავა², თეა ზაკადაშვილი², კრესლავ კევე³,
კრასიმირა სღავოვა³, სვეტლანა სოლოდიანკინა³

¹ საქართველოს უნივერსიტეტი

² საქართველოს გექნიკური უნივერსიტეტი

³ ბულგარეთის მეცნიერებათა აკადემიის ოკეანოლოგიის ინსტიტუტი

mar.shavlakadze@ug.edu.ge

სამკურნალო ტალახები (პელოიდები) წარმოადგენს უნიკალურ ბუნებრივ რესურსებს, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ბალნეოლოგიასა და სამედიცინო რეაბილიტაციაში. საქართველო და ბულგარეთი გამოირჩევიან ტალახთერაპიის მრავალწლიანი ტრადიციითა და განსხვავებული გეოლოგიურ-კლიმატური პირობებით, რაც განსაზღვრავს მათი პელოიდების ფიზიკურ-ქიმიურ და ბიოლოგიურ თვისებებს.

ჩვენი კვლევის მიზანია საქართველოს კუმისის ტბისა და ბულგარეთის ბალჩიშკა ტუზლას თერაპიული ტალახების შედარებითი შეფასება მათი ქიმიური შემადგენლობის, ბიოქიმიური აქტივობისა და ლანდშაფტურ-ეკოლოგიური ფაქტორების მიხედვით. კვლევა ეფუძნება ლაბორატორიული ანალიზების შედეგებს, რომლებიც ინტეგრირებულია გეოინფორმაციულ სისტემაზე (GIS) დაფუძნებულ მეთოდებთან. გამოყენებულია მრავალწაროიანი მონაცემები — DEM, Sentinel და Landsat სურათები, აგრეთვე ტურისტული ინფრასტრუქტურის, დაცული ტერიტორიების, კულტურული მემკვიდრეობისა და ბუნებრივი რისკების სივრცული განაწილების რუკები.

კუმისის ტბის პელოიდს ახასიათებს ბიოაქტიური ელემენტების (Fe, Co, Ni, Zn, Cu, Ag) მაღალი კონცენტრაციები და ორგანული კომპონენტების — ჰუმინისა და ცხიმოვანი მჟავების, ქლოროფილების და კაროტინოიდების — სიჭარბე. ტალახის ლიპიდური ფრაქცია, რომელიც მიღებულ იქნა ორსაფეხურიანი ქლოროფორმ-ეთანოლის ექსტრაქციის მეთოდით, აჩვენებს გამოკვეთილ ანტიბაქტერიულ მოქმედებას *Escherichia coli*-სა და *Staphylococcus aureus*-ის მიმართ. ბულგარეთის ბალჩიშკა ტუზლას ტალახი მდიდარია ნატრიუმის, კალციუმისა და სულფატის იონებით და ხანგრძლივად გამოიყენება რევმატოლოგიური და დერმატოლოგიური დაავადებების მკურნალობის პრაქტიკაში.

GIS და ლანდშაფტურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ორივე ლოკაცია გამოირჩევა მაღალი ბალნეოლოგიური პოტენციალით, კარგი ტრანსპორტული ხელმისაწვდომობითა და ხელსაყრელი კლიმატური კომფორტის ზონებით. მიღებულმა შედეგებმა

გამოავლინა მნიშვნელოვანი მინერალოგიური და ბიოლოგიური მსგავსებები, რაც ქმნის საფუძველს თერაპიული ტალახების საერთაშორისო სტანდარტიზაციისა (ISO/EN) და სერტიფიცირების პროცესების განვითარებისთვის.

კვლევა წარმოადგენს ერთობლივ ქართულ-ბულგარულ მეცნიერულ ინიციატივას, რომელიც უწყობს ხელს ბალნეოლოგიის, გარემოსდაცვითი მეცნიერებებისა და ბიოტექნოლოგიის ინტერდისციპლინური თანამშრომლობის გაღრმავებას. იგი ემსახურება ბუნებრივი სამკურნალო რესურსების მდგრად გამოყენებასა და შავი ზღვის რეგიონის სპა და ველნეს ტურიზმის განვითარებას.

საკვანძო სიტყვები: თერაპიული ტალახები, პელოიდები, ბალნეოლოგია, GIS ანალიზი, ბიოქიმიური აქტივობა, შავი ზღვის რეგიონი, სტანდარტიზაცია, ბუნებრივი სამკურნალო რესურსები

Comparative Analysis of Therapeutic Muds from Georgia and Bulgaria

*Marine Shavlakadze¹, Giorgi Natroshvili², Nana Devdariani²,
Nana Bokuchava², Tea Zakalashvili², Preslav Peev³,
Krasimira Slavova³, Svetlana Solodyankina³*

¹University of Georgia

²Georgian Technical University

³Institute of Oceanology – BAS

Mar.shavlakadze@ug.edu.ge

Therapeutic muds (peloids) are unique natural resources widely used in balneology and medical tourism. Georgia and Bulgaria share a rich tradition of mud therapy and diverse climatic and geological settings that define the distinctive physicochemical and biological properties of their peloids.

This study presents a comparative analysis of the therapeutic muds from Kumisi Lake (Georgia) and Balchishka Tuzla (Bulgaria), focusing on physicochemical composition, biochemical activity, and landscape-ecological context.

The research integrates laboratory analyses with GIS-based approaches and maps (accommodation possibilities, technical and social infrastructures, protected natural and cultural areas and objects, sightseeing attractions; natural and anthropogenic risk factors, DEM, Sentinel, Landsat), combining data on chemical composition, microbiological activity, and environmental conditions.

The Kumisi mud is characterized by high concentrations of bioactive elements — Fe, Co, Ni, Zn, Cu, Ag — along with humic and fatty acids, chlorophylls, and carotenoids. Its lipid fraction, extracted by a two-step chloroform–ethanol method, showed strong antibacterial effects against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. In contrast, the Bulgarian Balchishka Tuzla muds are rich in sodium, calcium, and sulfate ions and have a long history of clinical application in rheumatology and dermatology.

GIS and landscape analysis indicate that both sites possess high balneological potential, accessibility, and favorable climatic comfort zones. The findings reveal strong mineralogical and biological parallels, supporting future **standardization and certification of therapeutic muds (ISO/EN)**.

This joint Georgian–Bulgarian research forms a foundation for future interdisciplinary collaboration in balneology, environmental sciences, and biotechnology, promoting the sustainable use of natural healing resources and strengthening spa and wellness tourism in the region.

KEYWORDS: Therapeutic muds, Peloids, Balneology, GIS analysis, Biochemical activity, Black Sea region, Standardization, Natural healing resources

გეო-ჯანმრთელობისა და თადასოთერაპიის მონაცემთა ინტეგრირებული ანალიზი: გეოინფორმაციულ სისტემებზე (GIS) დაფუძნებული მოდელი შავი ზღვის რეგიონისთვის

მარინა შავლაყაძე¹, გიორგი ნაგროშვილი², ალექსანდერ კლაკიძე³,
ირფან უისაღი⁴, ნაგაშა ვაიღიანუ⁵, სვეტიანა სოლოდიანკინა⁶,
კრასიმირა სლავოვა⁶, კრესლავ კევე⁶,
დიდია პანაიოტოვა-ოვჩაროვა⁷

¹ საქართველოს უნივერსიტეტი² საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
³ უკრაინის ჯანდაცვის სამინისტროს „ხეაბრიტაციისა და კურორტოთერაპიის
სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი“

⁴ ბიომრავალფეროვნებისა და კლიმატის ცვლილების დამოუკიდებელი
ექსპერტ-კონსულტანტი

⁵ კონსტანცის ოვიდუსის უნივერსიტეტი⁶ ბუდგაჰეთის მეცნიერებათა
აკადემიის ოკეანოლოგიის ინსტიტუტი
⁷ ვაჰნის სამედიცინო უნივერსიტეტი

mar.shavlakadze@ug.edu.ge

ამ კვლევის ფარგლებში განხილული შავი ზღვის აუზის ქვეყნები – ბულგარეთი, რუმინეთი, უკრაინა, საქართველო და თურქეთი – ხასიათდება ზღვის თერაპიული რესურსების უნიკალური მრავალფეროვნებით: მინერალიზებული ზღვის წყალი, პელოიდები, ზღვის აეროზოლები და სანაპირო მიკროკლიმატები. მიუხედავად ამისა, აღნიშნული რესურსები ისტორიულად შესწავლილი იყო ფრაგმენტულად, სივრცითი და ანალიტიკური ერთიანი ჩარჩოს გარეშე. წარმოდგენილი კვლევა გვთავაზობს Geo-Health სისტემის კონცეპტუალურ მოდელს, რომელიც აერთიანებს GIS-ზე დაფუძნებულ გარემოსდაცვით რუკირებას, ბიოქიმიურ და კლინიკურ მონაცემებს, ასევე, სტანდარტიზებულ გეო-მეტამონაცემებს. მოდელის მიზანია პრევენციული მედიცინის, სპა-მენეჯმენტის და სანაპირო მდგრადი განვითარების გაძლიერება. აღნიშნული მოდელი ეფუძნება სამ ურთიერთდაკავშირებულ კომპონენტს:

1. **თადასოთერაპიის GIS-რუკა** – ძირითადი თერაპიული ზონების სივრცითი დელიმიტაცია: პომორია, ტეჩირგიოლი, კუალნიკი, ბალჩიკ-ტუზლა, ანაკლია-ურეკი-გრიგოლეთი, სინოპი-რიზე;
2. **Geo-Health ინდიკატორების Dashboard** – გარემოსდაცვითი და კლინიკური მონაცემების ინტეგრაცია კომპოზიტური ინდექსების გამოყენებით:
 - HCI – ჰიდროქიმიური ინდექსი

- PBI – პელოიდების ბიოაქტიურობის ინდექსი
 - CCI – კლინიკური კორელაციის ინდექსი
 - TES – თერაპიული ეკოსისტემის სტაბილურობის ინდექსი;
3. სტანდარტიზებული გეო-მეტამონაცემების ჩარჩო – მონაცემთა თავსებადობის უზრუნველყოფა INSPIRE დირექტივისა და ISO 19115/19139 სტანდარტების შესაბამისად.

სამი კომპონენტი, ინტეგრირებული ერთიან სისტემაში, ქმნის რეგიონული Geo-Health მონაცემთა პლატფორმის საძირკველს, რომელიც უზრუნველყოფს მტკიცებულებაზე დაფუძნებულ თალასოთერაპიას, ციფრულ ტრანსფორმაციას და ტრანსნაციონალურ თანამშრომლობას Blue Health-ის ჩარჩოში.

საკვანძო სიტყვები: თალასოთერაპია, Geo-Health, GIS-რუკირება, ბიოქიმიური ინდიკატორები, პელოიდები, Blue Health, შავი ზღვის რეგიონი, მეტამონაცემების სტანდარტიზაცია, პრევენციული მედიცინა, სანაპიროს მდგრადი განვითარება

Integrating Geo-Health and Thalassotherapy Data: A GIS-Based Model for the Black Sea Region

MARINE SHAVLAKADZE¹, GIORGI NATROSHVILI², ALEXANDER PLAKIDA³, IRFAN UYSAL⁴, NATASA VAIDIANU⁵, SVETLANA SOLODYANKINA⁶, KRASIMIRA SLAVOVA⁶, PRES LAV PEEV⁶, LILIYA PANAYOTOVA-OVCHAROVA⁷

¹University of Georgia

²Georgian Technical University

³State Non-profit Enterprise "Ukrainian Research Institute of Rehabilitation and Resort Therapy of the Ministry of Health of Ukraine"

⁴Freelance Consultant on Biodiversity and Climate Change

⁵Ovidius University of Constanța

⁶Institute of Oceanology – BAS

⁷Medical University of Varna

Mar.shavlakadze@ug.edu.ge

The Black Sea region, encompassing Bulgaria, Romania, Ukraine, Georgia, and Turkey, contains a unique diversity of marine therapeutic resources — mineralized seawater, peloids, marine aerosols, and coastal microclimates. However, these resources have historically been studied in isolation, without a unified spatial or analytical framework. This study presents a conceptual model for a Geo-Health System integrating GIS-based environmental mapping,

biochemical and clinical datasets, and standardized geo-metadata to strengthen preventive medicine, spa management, and sustainable coastal development. Three interrelated components were developed:

1. Thalassotherapy GIS Map – spatial delineation of key therapeutic zones (Pomorie, Techirghiol, Kuyalnik, Balchik Tuzla, Anaklia–Ureki–Grigoleti, Sinop–Rize).
2. Geo-Health Indicators Dashboard – integration of environmental and clinical data through composite indices (HCI, PBI, CCI, TES).
3. Standardized Geo-Metadata Framework – ensuring data interoperability according to INSPIRE Directive and ISO 19115/19139 standards.

Together, these tools offer a foundation for a regional Geo-Health database, promoting evidence-based thalassotherapy, digital transformation, and transnational cooperation in the Blue Health context.

KEYWORDS: Thalassotherapy, Geo-Health, GIS-based mapping, Biochemical indicators, Peloids, Blue Health, Black Sea region, Metadata standardization, Preventive medicine, Sustainable coastal development

უკრაინის ბუნებრივი სამკურნალო რესურსები და მტკიცებულებებზე დაფუძნებული მედიცინა კურორტოლოგიაში

კოსტინა გინა ბაბოვი,
მედიცინის დოქტორი, პხოფესორი

ოქსანა ცურკანი
დოქტორი

აღექსანდერ პლაკიდა
მედიცინის დოქტორი, პხოფესორი

უკრაინის ჯანდაცვის სამინისტროს ჰეაბილიტაციისა და კურორტოლოგიის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი

aplakida01@gmail.com

ბუნებრივი სამკურნალო რესურსები გამოიყენება სამედიცინო პრაქტიკაში, როგორც უსაფრთხო, არაპრეპარატული თერაპია ამბულატორიული, სპა და კურორტული მკურნალობის ეტაპებზე. მათი ხანგრძლივი სამკურნალო პოტენციური განპირობებულია უნიკალური ქიმიური შემადგენლობით. სამკურნალო მინერალური წყლები იყოფიან ერთ-ერთი პირველი „ფარმაკოლოგიური საშუალება“, რომელსაც ადამიანი იყენებდა. მათი დადებითი ფარმაკოლოგიური ეფექტები (ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით) დეტალურად არის აღწერილი, რის შედეგადაც სამედიცინო პრაქტიკაში მინერალური წყლების ეფექტიანობა კლინიკურად დადასტურდა.

მათი უსაფრთხოების, ღირებულებისა და ეფექტიანობის დასადასტურებლად, ასევე, სამედიცინო (ბალნეოლოგიური) დასკვნის მისაღებად, აუცილებელია მტკიცებულებებზე დაფუძნებული სრული კვლევითი ციკლის განხორციელება, მათ შორის:

1. პროგნოსტიკური შეფასება: ჰიდროგეოლოგიური, ფიზიკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევები;
2. პრეკლინიკური (ექსპერიმენტული) კვლევები ლაბორატორიულ ცხოველებზე – უსაფრთხოების და პათოლოგიის მოდელებში კორექციული მოქმედების შესაფასებლად;
3. კლინიკური გასინჯვები – სხვადასხვა დაავადების მკურნალობის ეფექტიანობის დასადგენად, მტკიცებულებაზე დაფუძნებული მედიცინის პრინციპების გათვალისწინებით.

აღნიშნული კვლევების კომპლექსური ჩატარება განსაზღვრულია 2003 წლის 2 ივნისის ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროს №243 ბრძანებით დამტკიცებული ბუნებრივი სამკურნალო რესურსების სამედიცინო-ბიოლოგიური შეფასებისა და მათი

გამოყენების მეთოდების დადგენის პროცედურით.

სამედიცინო-ბიოლოგიური შეფასების შედეგების საფუძველზე ბუნებრივი სამკურნალო რესურსების მონაცემები აისახება და რეგისტრირდება ბუნებრივი სამკურნალო რესურსების სახელმწიფო კადასტრში. კადასტრი წარმოადგენს საინფორმაციო რესურსს ბუნებრივი სამკურნალო რესურსების მართვის, აღრიცხვის, რაციონალური გამოყენებისა და დაცვისათვის.

01.01.2025 მდგომარეობით, PCR სამეცნიერო კვლევების საფუძველზე, ბუნებრივი სამკურნალო რესურსების სახელმწიფო კადასტრში შეტანილია ინფორმაცია: 563 – მინერალური და თერმული წყლის წერტილზე, 4 – ბრაინის წერტილზე, 19 – პელოიდურ ობიექტზე, 5 – ბიშოფიტის წერტილზე, 2 – ოზოკერიტის ობიექტზე და 2 – თიხის საბადოზე.

ბუნებრივი სამკურნალო რესურსების სამედიცინო-ბიოლოგიური შეფასებისათვის საჭირო სრული კვლევების ჩატარება (ჰიდროგეოლოგიური, ფიზიკოქიმიური, მიკრობიოლოგიური, ექსპერიმენტული და კლინიკური კვლევები) შეესაბამება ევროპულ სტანდარტებს (მათ შორის, ევროპული სპა ასოციაციის კრედოსა და ხარისხის კრიტერიუმებს) და მათ პრინციპებს.

საკვანძო სიტყვები: ბუნებრივი სამკურნალო რესურსები, სამედიცინო-ბიოლოგიური შეფასება, მტკიცებულებაზე დაფუძნებული მედიცინა, სპა თერაპია

Natural healing resources of Ukraine: evidence-based medicine at a resort

KOSTYANTYN BABOV

MD-PhD, Prof

OKSANA TSURKAN

PhD

ALEXANDER PLAKIDA

MD-PhD, Prof

*State Non-profit Enterprise "Ukrainian Research Institute of Rehabilitation and
Resort Therapy of the Ministry of Health of Ukraine"*

aplakida01@gmail.com

Natural healing resources are used in medical practice as safe, non-drug therapy at the stages of outpatient, spa, and resort treatment. Their long-term therapeutic potential is

due to their unique chemical composition. Medicinal mineral waters were among the first medicines used by humans. Their positive pharmacological effects (due to their chemical composition) have been described in detail, leading to definitive clinical confirmation of the effectiveness of mineral waters in medical practice. To confirm their safety, value, and effectiveness, as well as to obtain a medical (balneological) conclusion, a full range of evidence-based studies is required, including:

1. Predictive assessment: hydrogeological, physicochemical, and microbiological;
2. Preclinical (experimental) studies on laboratory animals to assess safety and the corrective effect in pathology models;
3. Clinical trials to confirm the effectiveness of treatment for various diseases based on the principles of evidence-based medicine.

The implementation of this set of studies is established within the procedure for the medical and biological assessment of the quality and value of natural medicinal resources and the determination of methods for their use, approved by Order No. 243 of the Ministry of Health dated June 2, 2003.

Based on the results of the medical and biological assessment, data on the natural medicinal resources are entered and recorded in the State Cadastre of Natural Medicinal Resources. The Cadastre serves as an information resource for the management, accounting, rational use, and protection of natural medicinal resources. As of 01.01.2025, based on the results of PCR scientific research, information on 563 mineral and thermal water points, four brine points, 19 peloid points, five bischofite points, two ozokerite points, and two clay points was entered into the State Cadastre of Natural Healing Resources of Ukraine.

Conducting a full range of studies (hydrogeological, physicochemical, microbiological, experimental, and clinical trials) necessary for the medical and biological assessment of natural healing resources complies with European standards (in particular, the Credo of the European Spas Association and the Quality Criteria of the European Spas Association) and principles.

KEYWORDS: natural healing resources, medical and biological assessment, evidence-based medicine, spa therapy

კლიმატური ფაქტორების ზემოქმედების პირობებში „ღურჯი ჯანმრთელობა“: თაღასოთერაპიული რესურსების მდგრადობა შავი ზღვის რეგიონში

**გიორგი ნაჭროშვილი¹, მარინე შავდაყაძე², აღეჟსანდერ კდაკიდა³,
ირფან უისადი⁴, ნაგაშა ვაიდიანუ⁵, სვეტლანა სოლოდიანკინა⁶,
კრასნიმირა სღავოვა⁶, კრესღავ კევე⁶,
ღიღია პანაიოგოვა-ოზჩაროვა⁷**

¹ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

² საქართველოს უნივერსიტეტი

³ უკრაინის ჯანდაცვის სამინისტროს „ხეაბიღიგაციისა და კურორტთერაპიის
სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი“

⁴ ბიომხავადფეხოვნებისა და კლიმატის ცვლილების დამოუკიდებელი
ექსპეჩტ-კონსულტანტი

⁵ კონსტანტის ოვიდიუსის უნივერსიტეტი

⁶ ბუღღაჩეთის მეცნიეჩებათა აკადემიის ოკეანოლოგიის ინსტიტუტი

⁷ ვაჩნის სამედიცინო უნივერსიტეტი

natroshviligiorgi35@yahoo.com

თაღასოთერაპია – ზღვის წყლების, ზღვის აეროზოლების, საზღვაო კლიმატის და ზღვის წარმომავლობის ბუნებრივი მასალების (მაგალითად, პელოიდების) სამკურნალო მიზნით კონტროლირებული გამოყენება – არსებითად არის დამოკიდებული სანაპირო ეკოსისტემების მდგომარეობაზე. ბოლო ათწლეულებში შავი ზღვა ინტენსიურად თბება და თანხვედრითად აჩვენებს მარილიანობის ცვლადობას, რაც განპირობებულია მდინარეთა ჩამონადენის შემცირებითა და ატმოსფერო-ოკეანის დინამიკის ცვლილებებით. აღნიშნული პროცესები შეიძლება ცვლიდეს თაღასოთერაპიული რესურსების ფიზიკურ-ქიმიურ ბაზისს.

თანამედროვე ოკეანოგრაფიულ ლიტერატურაზე და რეგიონულ შემთხვევებზე დაყრდნობით – საქართველო (ურეკი, ქობულეთი), ბულგარეთი (პომორიე, ბალჩიკ თუზლა), რუმინეთი (ტეჩირგიოლ-კონსტანცა), თურქეთი და უკრაინა (კულალნიკ-ოდესა) – წარმოდგენილია კლიმატზე მგრძნობიარე მექანიზმების სინთეზი, რომლებიც გავლენას ახდენს თერაპიული ეფექტიანობისა და უსაფრთხოების პარამეტრებზე.

კვლევა ეფუძნება მდგრადობის შეფასების ჩარჩოს, რომელიც მოიცავს სამ კომპონენტს: ზემოქმედება, მგრძნობიარობა და ადაპტაციის უნარი. აღნიშნული ჩა-

რჩო ინტეგრირებულია პრაქტიკული მონიტორინგისა და მმართველობის მოდელ-
თან, რომელიც მოიცავს სენსიტიური გარემონდიკატორების დაკვირვებას, GIS-ზე
დაფუძნებულ რისკების რუკირებას და კლინიკურ-ეკოლოგიური მონაცემების დაკა-
ვშირებას.

კლიმატური ადაპტაცია რეალისტურია იმ შემთხვევაში, თუ კურორტები დანერგა-
ვენ ჰარმონიზებულ მონიტორინგს (CMEMS/INSPIRE), განსაზღვრავენ პელოიდებისა
და მინერალური ბრაინების ხარისხის სტანდარტებს და შექმნიან მტკიცებულება-
ზე დაფუძნებულ კლინიკურ პროტოკოლებს, რომლებიც საზოგადოებრივი ჯანმრთე-
ლობის უწყებებთან თანამშრომლობით შემუშავდება.

საკვანძო სიტყვები: თალასოთერაპია, შავი ზღვა, კლიმატის
ცვლილება, ზღვის თბური ტალღები, მარილიანობა, პელოიდები,
ტექნიკური, პომორიე, ბალჩიკ თუზლა, ურეკი, კულაღნიკი,
BlueHealth, ადაპტაცია

Blue-Health under Climate Pressure: Resilience of Thalassotherapy Resources in the Black Sea Region

GIORGI NATROSHVILI¹, MARINE SHAVLAKADZE², ALEXANDER PLAKIDA³,
IRFAN UYSAL⁴, NATASA VAIDIANU⁵, SVETLANA SOLODYANKINA⁶,
KRASIMIRA SLAVOVA⁶, PRES LAV PEEV⁶, LILIYA PANAYOTOVA-OVCHAROVA⁷

¹Georgian Technical University

²The University of Georgia

³State Non-profit Enterprise "Ukrainian Research Institute of Rehabilitation and
Resort Therapy of the Ministry of Health of Ukraine"

⁴Freelance Consultant on Biodiversity and Climate Change

⁵Ovidius University of Constanta

⁶Institute of Oceanology – BAS

⁷Medical University of Varna

natroshviligiorgi35@yahoo.com

Thalassotherapy – structured therapeutic exposure to marine waters, aerosols, climate,
and marine-derived materials (e.g., peloids) – is tightly coupled to the state of coastal eco-
systems. The Black Sea has warmed rapidly over recent decades while experiencing salinity
fluctuations driven by reduced river inputs and atmosphere-ocean variability, trends that
could alter the physicochemical baseline of thalassotherapy resources.

Using recent oceanographic literature and case evidence from Georgia (Ureki, Kobule-

ti), Bulgaria (Pomorie, Balchik Tuzla), Romania (Techirghiol–Constanța), Türkiye and Ukraine (Kuyalnyk–Odesa), this study synthesizes climate-sensitive pathways that may affect therapeutic efficacy and safety.

A resilience framework – exposure, sensitivity, adaptive capacity – is integrated with a practical monitoring and governance agenda (sentinel indicators, GIS risk mapping, clinical-ecological data linkage).

Climate adaptation is feasible if resorts adopt harmonized monitoring (CMEMS/INSPIRE), quality standards for peloids and brines, and evidence-based clinical protocols co-designed with public health agencies.

KEYWORDS: Thalassotherapy, Black Sea, Climate change, Marine heatwaves, Salinity, Peloids, Techirghiol, Pomorie, Balchik Tuzla, Ureki, Kuyalnyk, BlueHealth, Adaptation

პელოიდების ბიოქიმია და ადამიანის ჯანმრთელობა: მოლეკულური მექანიზმებიდან თერაპიულ პრაქტიკამდე

მარინე შავდაყაძე

საქართველოს უნივერსიტეტი

პელოიდები წარმოადგენს ბუნებრივ პოლიკომპონენტურ სისტემებს, რომლებიც წარმოიქმნება მინერალური წყლების, თიხოვანი მინერალების, ორგანული ნივთიერებებისა და ადგილობრივი მიკრობული ეკოსისტემების ხანგრძლივი გეოქიმიური და ბიოგეოქიმიური პროცესების შედეგად. მათი თერაპიული ეფექტიანობა განპირობებულია არა მხოლოდ ფიზიკური და თერმოდინამიკური თვისებებით, არამედ კომპლექსური ბიოქიმიური და მოლეკულური ურთიერთქმედებებით ადამიანის ქსოვილებთან.

მოლეკულურ დონეზე პელოიდური თერაპია მოქმედებს რამდენიმე კოორდინირებული მექანიზმით:

- 1. ტრანსდერმული ბიოშელწვევადობა:** მინერალური იონები (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Zn^{2+}), ჰუმინისა და ფულვინის მჟავები, ფენოლური ნაერთები და ამინომჟავები აღწევენ ეპიდერმისის შრეს, მონაწილეობენ იონურ ცვლაში, pH-ის რეგულაციაში და ჟანგვა-აღდგენითი ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში.
- 2. ანტიოქსიდანტური სისტემის მოდულაცია:** ჰუმინის ნაერთები და მიკრობული მეტაბოლიტები აძლიერებენ ენდოგენური ანტიოქსიდანტური ფერმენტების – სუპეროქსიდდისმუტაზის (SOD), კატალაზის (CAT) და გლუტათიონპეროქსიდაზის (GPx) – აქტივობას, რაც ამცირებს რეაქტიული ჟანგბადის სახეობებით (ROS) რეკომბინირებულ ლიპიდურ, ცილოვან და გენეტიკურ დაზიანებას.
- 3. ციტოკინური და იმუნური რეგულაცია:** ფენოლური ფრაქციები თრგუნავენ NF- κ B-ს აქტივაციას, რაც ამცირებს პროთერაპიულ ციტოკინებს (IL-1 β , IL-6, TNF- α) და ზრდის ანტინთებით IL-10-ისა და TGF- β -ის დონეს, შედეგად აღდგება იმუნური ჰომეოსტაზი დაზიანებულ ქსოვილებში.
- 4. ქსოვილთა რეგენერაცია:** ფიბრობლასტების პროლიფერაციისა და კოლაგენის ბიოსინთეზის სტიმულირება აძლიერებს კანისა და შემაერთებელი ქსოვილის აღდგენას, ხელს უწყობს ხრტილის დაცვას და ექსტრაცელულარული მატრიქსის სტრუქტურული მთლიანობის გაუმჯობესებას.

აღნიშნული მოლეკულური მექანიზმები სრულ თანხვედრაშია კლინიკურ დაკვირვებასთან. კონტროლირებადი კვლევები აჩვენებს ტკივილის, შეშუპების, კუნთოვანი სპაზმისა და ანთებითი მარკერების შემცირებას, მიკროცირკულაციის გაუმჯობესებას, სახსრების მოძრაობის აღდგენას და კანის ბარიერული ფუნქციის გაძლიერებას.

ბას. პელოიდები ეფექტიანად გამოიყენება რევმატოლოგიაში, დერმატოლოგიაში, ნევროლოგიაში, სტრესთან ასოცირებულ მდგომარეობებსა და გინეკოლოგიურ პრაქტიკაში. მათი ინტეგრაცია თანამედროვე კოსმეცევტიკაში ეფუძნება ბუნებრივ ანტიოქსიდანტურ, ანტიანთებით და დეტოქსიკაციურ თვისებებს.

სტანდარტიზაციის თანამედროვე ჩარჩოები, მათ შორის, ISO 21128:2022 „ბუნებრივი სპა და პელოიდური პროდუქტები“, განსაზღვრავს ქიმიური სისუფთავის, მიკრობიოლოგიური უსაფრთხოების და თერაპიული ხარისხის მოთხოვნებს. ბალნეოლოგიური რესურსებით მდიდარი ქვეყნებისათვის, მათ შორის საქართველოსათვის, ბიოქიმიური ანალიზის, კლინიკური მტკიცებულებებისა და ინდუსტრიული გამოყენების ინტეგრაცია ქმნის მნიშვნელოვან სამეცნიერო, სამედიცინო და ეკონომიკურ პოტენციალს.

ამგვარად, პელოიდები უნდა ჩაითვალოს არა ვიწრო გაგებით „სამკურნალო ტალახად“, არამედ ბიოლოგიურად აქტიურ გეოქიმიურ სისტემებად, რომლებიც ახდენენ მოლეკულური გზების მოდულაციას და უზრუნველყოფენ კლინიკურად გაბოძად ჯანმრთელობის შედეგებს.

საკვანძო სიტყვები: პელოიდური თერაპია, ჰუმინის და ფულვინის მჟავები, ტრანსდერმული შეწოვა, ციტოკინების მოდულაცია, ანტიოქსიდანტური მექანიზმები, ბალნეოლოგია და კოსმეცევტიკა

Biochemistry of Peloids and Human Health: From Molecular Mechanisms to Therapeutic Practice

MARINE SHAVLAKADZE
University of Georgia

Peloids are natural polycomponent systems resulting from prolonged geochemical and biogeochemical processes involving mineral waters, clay minerals, organic matter, and indigenous microbiota. Their therapeutic efficacy arises not merely from physical and thermodynamic properties, but from an intricate network of biochemical and molecular interactions with human tissues.

At the molecular level, peloid therapy activates several coordinated pathways:

- 1. Transdermal bioavailability:** Mineral ions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Zn^{2+}) and low-molecular-weight organic compounds (humic and fulvic acids, phenolics, amino acids) penetrate the epidermal barrier and participate in ion-exchange reactions, pH regulation, and redox homeostasis.
- 2. Antioxidant defense modulation:** Humic substances and microbial metabolites enhance endogenous antioxidant systems, upregulating superoxide dismutase (SOD),

catalase (CAT), and glutathione peroxidase (GPx), thereby attenuating ROS-mediated lipid, protein, and DNA oxidation.

- 3. Cytokine and immune regulation:** Phenolic fractions suppress NF-κB signaling, resulting in downregulation of pro-inflammatory mediators (IL-1β, IL-6, TNF-α) and up-regulation of anti-inflammatory cytokines (IL-10, TGF-β), ultimately restoring immunological balance in affected tissues.
- 4. Tissue regeneration:** Stimulation of fibroblast proliferation and collagen biosynthesis promotes dermal repair, chondroprotective effects, and improved extracellular matrix integrity.

These molecular mechanisms correspond with clinical observations. Controlled studies report decreased pain, edema, and muscle tension, reduced inflammatory biomarkers, enhanced microcirculation, improved joint mobility, and restoration of skin barrier function. Peloids demonstrate efficacy in rheumatology, dermatology, neurology, stress-associated disorders, and gynecology. Their incorporation into modern cosmeceutics is driven by natural antioxidant, anti-inflammatory, and detoxification capacities.

Standardization frameworks, including ISO 21128:2022 for natural spa and peloid products, define chemical purity, microbiological safety, and therapeutic quality criteria. For countries with rich balneological resources, such as Georgia, integration of biochemical analytics, clinical validation, and industrial application offers substantial scientific, medical, and economic potential.

Consequently, peloids should be regarded not as traditional “healing mud,” but as biologically active geochemical systems capable of modulating molecular pathways and contributing to clinically measurable health outcomes.

KEYWORDS: Peloid therapy, Humic and fulvic substances, Transdermal absorption, Cytokine modulation, Antioxidant defense mechanisms, Balneology and cosmeceutics

Tert-Bu – ჩანაცვლებული ფტალოციანინები და მათი მეტადის კომპლექსები კიბოს ფოტოდინამიკური თერაპიისთვის

დიდი არაბული¹, მევდუდე ჯანდიჯა²

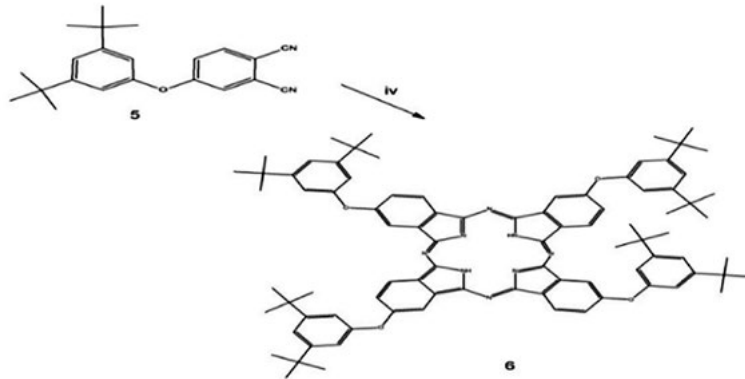
¹ქიმიის დეპარტამენტი, მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების სკოლა,
საქართველოს უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

²ქიმიის დეპარტამენტი, ხელოვნებისა და მეცნიერების ფაკულტეტი, ილიძის
ტექნიკური უნივერსიტეტი, სტამბოლი, თურქეთი

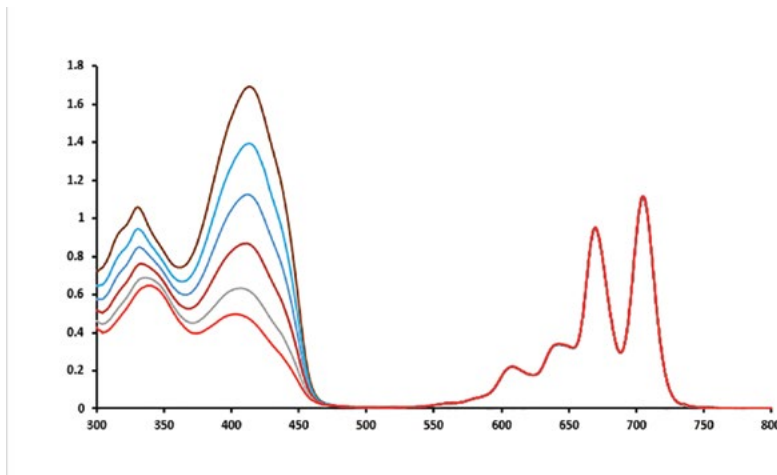
L.arabuli@ug.edu.ge

ფოტოდინამიკური თერაპია (PDT), როგორც ტრადიციული ქიმიოთერაპიისა და სხივური თერაპიის ალტერნატივა, სულ უფრო პერსპექტიული ხდება კიბოს მკურნალობაში, რამდენადაც შესაძლებელია მისი განმეორებითი გამოყენება, ტოქსიკური გვერდითი მოვლენების და ჯანმრთელი ქსოვილებისა და უჯრედების დაზიანების თავიდან აცილება. PDT-ის შემადგენელი ნაწილებია ფოტოაქტიური (ფოტომგრძობიარე) წამლის მოლეკულა, სინათლის შთანთქმა განსაზღვრულ ტალღის სიგრძეზე (წითელ რეგიონში) და მოლეკულური ჟანგბადი. ამ მკურნალობის მექანიზმი ეფუძნება ფოტომგრძობიარე მოლეკულის სინათლით აგზნებას მისი ძირითადი მდგომარეობიდან ტრიპლეტურ მდგომარეობაში (სინგლეტის აღგზნებული მდგომარეობის გავლით), რასაც მოჰყვება ქსოვილებში არსებულ მოლეკულურ ჟანგბადთან ურთიერთქმედება და ბოლოს, სინგლეტის ჟანგბადის (1O_2) წარმოქმნა, რეაქტივისუნარიანი სახეობა, რომელიც იწვევს კიბოს უჯრედების განადგურებას. ფტალოციანინების ფუნქციონალიზაცია სხვადასხვა ჩამნაცვლებლებით კვლევის ერთ-ერთ პრიორიტეტად რჩება, რადგან ის გავლენას ახდენს ნაერთების (ფოტო) ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებზე. ელექტრონების დონორი tert-ბუტილის ჯგუფებით აღჭურვილმა ფტალოციანინებმა დიდი ინტერესი გამოიწვია, რადგან მათ გამოყენება ჰპოვეს ფოტოდინამიკურ თერაპიასა და მრავალ სხვა სფეროში. tert-Bu ჯგუფების მიმაგრებით მნიშვნელოვნად იზრდება ფტალოციანინების ან მეტალო-ფტალოციანინების ხსნადობა და სტაბილურობა სხვადასხვა გამხსნელში და შეინიშნება მინიმალური აგრეგაცია, რაც თავისთავად აფართოებს მათი გამოყენების არეალს. თვისებები და აქტივობები განსხვავდება ჩამნაცვლებელი ჯგუფების და ტიპების (პერიფერიული, არაპერიფერიული, სიმეტრიული, ასიმეტრიული და ა.შ.) ლოკალიზაციის, ცენტრალური ლითონების და/ან ორივეს კომბინაციის, ასევე დამხმარე მასალებით ფუნქციონალიზაციის მიხედვით. ერთი და იგივე ჩამნაცვლებელი ჯგუფის/ჯგუფების პოზიციის ცვლილებაც კი განსხვავებულ სურათს ასახავს. ადრე იყო აღწერი-

ლი ტეტრაჩანაცვლებული 3,5-დი-ტერტ-ბუტილფენოქსი შემცველი ფტალოციანი-
ნების ფოტოფიზიკური და ფოტოქიმიური თვისებები და სამიზნე წინამორბედი იყო
3-(3,5-დი-ტერტ-ბუტილფენოქსი) ფტალოციანი (ჩანაცვლება არაპერიფერიულ პო-
ზიციაში). აქ წარმოდგენილია მეტალისგან თავისუფალი და მეტალის შემცველი (Mg
და Zn) ფტალოციანინები (სქემა 1) იგივე ჩამნაცვლებლებით პერიფერიულ პოზიცია-
ში და ნაჩვენებია, თუ როგორ აისახება ეს ფოტოფიზიო-ქიმიურ თვისებებზე (სქემა 2)
წინა ნაშრომებთან შედარებით. ამრიგად, 4-(3,5-დი-ტერტ-ბუტილფენოქსი) ფტალო-
ციანინი გამოყენებულია სინთეზური მეთოდით, როგორც საწყისი მასალა.



სქემა 1. პერიფერიულად ჩანაცვლებული ფტალოციანინების სინთეზი



სქემა 2. ნაერთების მიერ სინგლეთ ჟანგბადის წარმოქმნა

საკვანძო სიტყვები: ფტალოციანინები, სინგლეთური ჟანგბადი, ფოტოდეგრადაცია, ფოტოდინამიკური თერაპია

Tert-Bu – Substituted Phthalocyanines and Their Metal Complexes for Photodynamic Therapy of Cancer

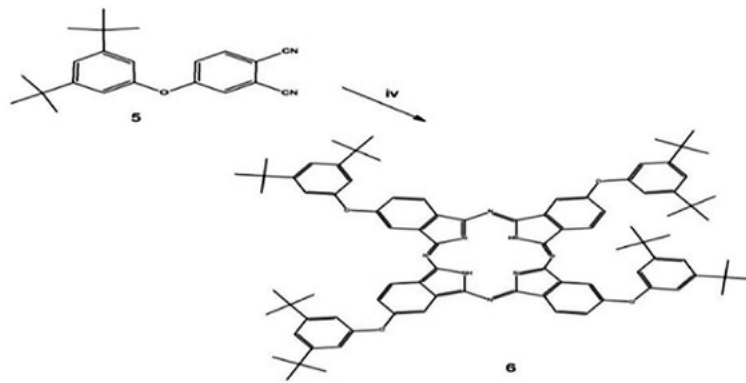
LILI ARABULI¹, MEVLUDE CANLICA²

¹Department of chemistry, School of Science&Thechnology,
The University of Georgia, Tbilisi, Georgia

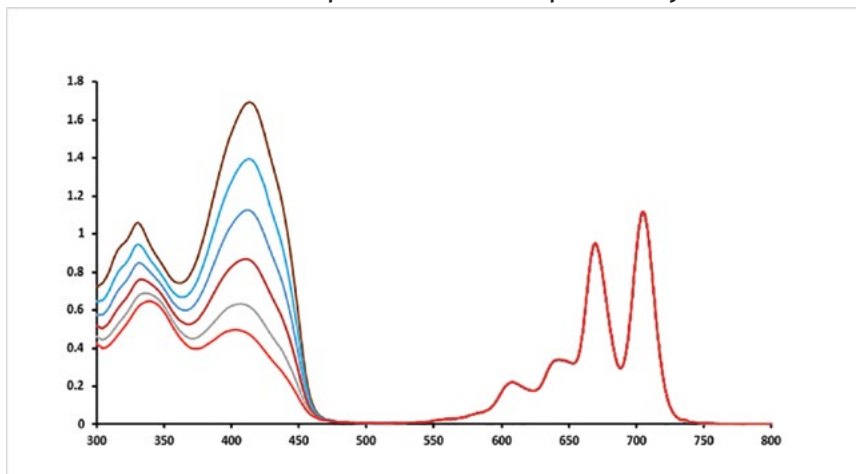
²Department of chemistry, Faculty of Art&Science, Yildiz Technical University,
Istanbul, Turkey

L.arabuli@ug.edu.ge

Photodynamic Therapy (PDT), as an alternative of traditional chemo and radiotherapy is becoming a more prospective cancer treatment method with repeated usage avoiding toxic side effects and damaging health tissues and cells. The constituent parts of the PDT are photoactive (photosensitive) drug molecule, light absorbance at a definite wavelength (in red region) and molecular oxygen. The mechanism of this treatment is based on the light excitation of the photosensitive molecule from its ground state to triplet state (via singlet excited state), followed by interaction with the molecular oxygen present in the tissues and finally, production of singlet oxygen (1O_2), a reactive specie cause cancer cell killing. Functionalization of phthalocyanines by various substituents remains one of the priorities in research, as it affects (photo) physical and chemical properties of the compounds. Phthalocyanines armed with electron-donating tert-butyl groups have attracted high interest as they found applications in photodynamic therapy and many other fields. By attaching tert-Bu groups significantly increases solubility and stability of phthalocyanines or metallo-phthalocyanines in various solvents and minimal aggregation is observed, which itself widens their application area. The properties and activities vary in localization of substituent groups and types (peripheral, non-peripheral, symmetric, asymmetric, etc), central metals and/or in combination both of them, as well as functionalized by supporting materials. Even the change of position of the same substituent group/s reflects a different picture. Early it was reported on the photophysical and photochemical properties of tetrasubstituted 3,5-di-tert-butylphenoxy containing phthalocyanines and the target precursor was 3-(3,5-di-tert-butylphenoxy) phthalonitrile (substitution in non-peripheral position). Here we present metal free and metal containing (Mg and Zn) phthalocyanines (Scheme 1) with the same substituents at peripheral location and show how it reflects in photophysio-chemical properties (scheme 2) in comparison of previous ones. Thus, 4-(3,5-di-tert-butylphenoxy) phthalonitrile has been as a starting material in the synthetic route.



SCHEME 1. Preparation of new phthalocyanines



SCHEME 2. Singlet oxygen production of compounds

KEYWORDS: phthalocyanines, singlet oxygen, photodegradation, photodynamic therapy



სტატიები

Articles

The Practice of studying the Biochemical Mechanisms of Balneotherapy (sulfuric waters) Effectiveness in the World and Georgia as a Basis for the Development of Evidence-based Rehabilitation Medicine

EKATERINE SANIKIDZE

*Medical Director at The Tbilisi Balneological Resort, Acad. Doctor of Medicine,
 Associate Professor of TSMU*

Relevance of the issue – In conditions of growing technological and pharmacological progress in modern medicine, the expansion of evidence-based knowledge and the introduction of standardized approaches, conventional medicine has increasingly taken its place and narrowed the role of complementary medicine. Accordingly, the role of physical medicine, physio-, balneo-, aqua-, peloidotherapies, which were quite popular in the last century, has declined by the beginning of the 21st century and, to some extent, has even become the subject of denigration by scientists. Their use became increasingly associated with the spa-wellness direction and gradually lost its medicinal value and acquired an aesthetic and health-improving role. The reason for this phenomenon was the paucity of evidence. However, neither earlier nor later studies denied the healing effect of complementary medicine, especially balneotherapy, they simply did not confirm their superior results. Why learning of therapeutic efficiency of apart physical and traditional medicine methods are chosen to analyze the comparative effects of classical treatment methods is a separate question. However, studies that confirm that complementary medicine methods, along with classical ones, achieve much faster and better results than when treating with classical methods alone, are really scarce, and funding is also less!

Our goal was to substantiate the role of balneotherapy, namely, the study of the main mechanisms of the impact of sulfur mineral waters on health, in order to increase healing capabilities

Objectives: 1. Attitude to the role of balneotherapy in rehabilitation treatment in the modern world and in Georgia 2. Search for materials studying the chemical mechanisms of the healing effect of sulfur waters; 3. Sorting and processing the found materials according to the degree of reliability 4. Drawing conclusions and developing recommendations for more effective use of this natural remedy for therapeutic and rehabilitation purposes in various diseases and planning new studies.

Materials and methods – Analysis of the current situation by the method of analogy; Meta-analysis of local and international articles using Meta-essentials.

KEYWORDS: Balneotherapy, Evidence-based medicine, Chemical mechanisms of sulfur healing waters

Discussion

1. At this stage, the study of current practice in the world showed a rather variegated and different picture depending on the level of development of countries and medicine. The use of balneotherapy and, in general, traditional medicine is more typical for traditional countries (India, China, Arabia, Iran, Tibet, South American and African countries) and, accordingly, is either not regulated by the state, or their legislation is adapted to this reality and, representatives of certain knowledge, experience, reputation, school officially have permission to treat people with folk remedies. In certain cases, there is no regulation and does not prohibit self-treatment by the population with traditional medicine methods or treatment with a public healer. In developed countries, due to the intensification of migration processes in recent years, the sharp increase in the cost of modern medical technological methods, low funding and a decrease in trust (and therefore the flow of patients), integrative medicine centers are increasingly appearing. The interests of the pharmaceutical business and a certain hidden struggle with physical and traditional medicine, including balneotherapy, are understandable, however, human rights in healthcare and the obligation to ensure financial, territorial and informational access to medical services force us to think about offering those services that patients want and have the opportunity to do. Also, in the event of ineffectiveness or intolerability of using classical methods, we should be able to offer an alternative and not leave them without treatment due to exhaustion of resources. Taking into account these factors, in recent years, the appointment of complementary medicine methods has again become popular in leading countries of the world, not only integrative medicine centers have been created, but also separate offices and clinics of physical, electro-medicine, balneotherapy, naturotherapy, as well as departments with neurosurgical, neurological, traumatological, rheumatological, cardio-pulmonological centers and clinics. The increasingly widespread use of complementary medicine in parallel with classical treatment or in the period after active treatment has been associated with the development of rehabilitation medicine, the assessment of health as a person not only in terms of physical, mental and social well-being, but also in terms of functional capabilities! This has been accompanied by research to study the biochemical and biophysical mechanisms of the healing effect of various methods of physical and traditional medicine, including balneotherapy and mineral waters, which has been especially intensively carried out over the last 10-15 years.

The importance of rehabilitation treatment in our country has been recognized again since 2017, when, within the framework of the European Association commitment, the government and the Ministry of Health were tasked with working on a state strategy for rehabilitation treatment. As a result, at this stage, Georgia has a state program that defines and finances standards for outpatient rehabilitation after stroke and head and spinal cord

injuries. However, precisely because of the lack of evidence, our protocols recognize the effectiveness of only physical therapy and neurostimulation, while therapeutic massage, physiotherapy, and balneotherapy procedures are neither included nor financed. 2. Based on the given reality and the natural capabilities of the Tbilisi balneological resort (sulfur mineral thermal water), we searched for materials studying the chemical mechanisms of the healing effect of sulfur waters (Georgian sources – 1955-1995, foreign articles – 1995-2025). A total of 78 works were found, of which 46 were Georgian, 32 were foreign. 3. Taking into account modern requirements for the validity of research, 1 Georgian and 19 foreign works were considered valid, where the chemical reactions that develop when a sulfur molecule enters the body in various ways, its interaction with other chemical elements/compounds, and the impact of this interaction on health were studied and substantiated. 4. Analysis of the materials showed that the use of sulfur thermal waters for treatment all over the world, including in Georgia, dates back centuries. However, the study of the physicochemical mechanisms of its impact on various organs and systems did not occur until the second half of the last century, and even then, the issue was mainly limited to establishing a correlation between the use of sulfur waters and the dynamics of certain symptoms – that is, in fact, to the Clinical Scoring System (CSS). Georgian studies of the Soviet period are mainly based on the use of this method, however, the antioxidant and microcirculation-improving properties of hydrogen sulfide when it penetrates the skin are also emphasized in an attempt to explain the mechanisms. That is, studies conducted here and abroad in the second half of the last century confirmed that the main pathogenic mechanism of the healing effect is the improvement of microcirculation, although the separation of physical and chemical effects and the precise description of the chemical reactions that occur in the body under the influence of the main active molecule of sulfuric waters – hydrogen sulfide (H₂S) – have only begun to be actively pursued in recent years.

For example, Jose Manuel Carbajo 1, Francisco Maraver in the work "Sulphurous Mineral Waters: New Applications for Health" reviewed the chemistry and actions of hydrogen sulphide in sulphurous mineral waters and its natural role in body physiology. This is followed by an update of available data on the impacts of exogenous hydrogen sulphide on the skin and internal cells and organs including new therapeutic possibilities of sulphurous mineral waters and their peloids. In this paper, they revisit the chemical properties of H₂S in sulphurous mineral waters and describe how environmental factors such as pH, temperature, and the presence of oxygen can affect its concentrations and thus the final activity of the waters or their products. "Finally, we review the impacts of H₂S on mammalian cells and organs, with special attention paid to the new therapeutic possibilities of sulphurous mineral waters and their peloids." – write the authors and indeed, the detailed chemistry of sulphur under different conditions, where ultimately H₂S exhibits a therapeutic effect, is discussed. For example, the authors note that "the main functions of H₂S are vasodilation and promoting new vessel growth. The proangiogenic effects of hydrogen sulphide have been associated with increased vascular endothelial growth factor (VEGF) expression and activation of its receptor. Hydrogen sulphide-based therapies have therapeutic potential in diseases such as renal ischemia-reperfusion disorders, hypertension, and hypertensive-associated heart disease." Interestingly, the effects of sulfur baths and sulfur-containing mud are transmitted through

the skin. Here too, there are new findings that explain what chemical changes occur when the skin is penetrated – "within the epidermis, H₂S is transformed into sulphur, which may also interact with oxygen radicals in the deeper layers of the epidermis. Here, sulphur may be converted into pentathionic acid (H₂S₅O₆), which could explain the antibacterial and antifungal properties of sulphurous mineral waters" – the article notes. Based on the works of other authors, the article also explains the physiological changes caused by the effect of sulphur mineral water on the skin: "Sulphurous mineral water may be absorbed through the skin causing vasodilation, analgesia, immune response inhibition, and keratolytic effects that reduce skin desquamation. The therapeutic action of sulphurous mineral waters is related mainly to sulphur's keratolytic, or peeling, effect. Sulphurous mineral water exerts beneficial anti-inflammatory, keratoplastic, and antipruritic effects Its bactericidal and antifungal properties have determined its use for the treatment of infected leg ulcers, tinea versicolor, tinea corporis, and tinea capitis It is also known that the topical application of H₂S will also have an effect on the internal organs".

Sara Cacciapuoti, Maria A. Luciano and All in the article "The Role of Thermal Water in Chronic Skin Diseases Management: A review of the Literature" note that "Mineral waters (in particular salty and sulfur waters) are considered particularly useful for therapeutical applications in dermatology due to their keratolytic, regenerative, and antioxidant effects", although they also substantiate the chemical basis of the immunomodulatory and anti-inflammatory properties both by creating an unfavorable microenvironment for microbes and by inhibiting the proliferation of T-cells. "Among the minerals, sulfur can dose-dependently inhibit T-cell proliferation and cytokine production such as interleukin (IL)-2, IL-8, IL-23, IL-17, and interferon (IFN)- γ . It also impairs keratinocyte cell growth and adhesion inhibiting mitogen-activated protein kinase signaling" – the authors note based on their analysis of the literature they have found and then discuss in detail the biochemical basis of the healing properties of sulfur thermal water in the treatment of chronic skin diseases.

In the article "Effect of Sulfur Baths on Antioxidative Defense Systems, Peroxide Concentrations and Lipid Levels in Patients with Degenerative Osteoarthritis", the authors Cem Ekmekcioglu, Wolfgang Marktl and others went further and used the measurement of indicators such as antioxidative defense systems, peroxide concentrations, and lipid levels in patients with degenerative osteoarthritis to study the mechanisms of the healing effect of sulfur thermal water. "After randomization one group of patients (n = 19) received sulfur baths during their stay at a health resort (sulfur group), whereas the other age-matched patient group served as controls (n = 19, control group), only receiving spa therapy. Total cholesterol levels, HDL, LDL, triglycerides and the antioxidative status, glutathione peroxidase, and superoxide dismutase (SOD) activities, and peroxide concentration, as an oxidative stress parameter, were evaluated at the beginning and end of therapy. A 17.2% decline in peroxide concentrations (p = 0.10, n.s.) and significant lower SOD activities (p < 0.001) were detected in the sulfur group at the end of the therapy. 40.45 mg/dl) and in the control group (from 197.63 +/- 34.66 mg/dl to 207.95 +/- 33.02 mg/dl). A similar significant group difference was found for LDL (p = 0.017), with a 5.9% reduction in the sulfur group and a 6.1% increase in the control group. Triglyceride concentrations were nonsignificantly reduced in both groups after 3 weeks at the health resort (sulfur group 11.2%, control group 20.2%). HDL values only

minimally changed in both groups. The results presented here suggest that a sulfur bath therapy could cause a reduction in oxidative stress, alterations of SOD activities, and a tendency towards improvement of lipid levels" – we read in their abstract.

It is interesting that the mechanisms of the therapeutic effect of sulfur water have been studied not only in skin and bone-joint diseases, but also in internal diseases. For example, the article "Thermal Water Applications in the Treatment of Upper Respiratory Tract Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis" by Sarah Keller, Volker König, Ralph Mösges is interesting, where the authors conclude that "Thermal water applications with radon or sulphur can be recommended as additional nonpharmacological treatment in upper airway diseases. Also in comparison to isotonic saline solution it shows significant improvements and should be investigated further", because by analyzing the data of 840 patients, they found significant improvement in Mucociliary clearance time, Nasal resistance and Nasal flow. "For the IgE parameter only sulphurous thermal water ($P < 0.01$) and ISCS ($P > 0.01$) were analyzable. Adverse events of minor character were only reported for sulphurous treatment (19/370)".

In the same and other works, new ideas were also expressed that H₂S plays the role of a signaling molecule and protein sulfhydration in various cytoprotective biochemical reactions of our body, contributing not only to the improvement of existing capillary blood circulation, but also to the formation of new microcirculation networks thanks to various complex mechanisms. We have seen that there are a number of studies that describe in detail all the chemical reactions, compounds, conditions, influencing factors that are associated with the anti-inflammatory, immunomodulatory, proliferative and other activities of the sulfur molecule and are included in the literature reviews that we have already familiarized ourselves with as ready-made conclusions.

Conclusion

1. Meta-analysis of studies shows that the chemical mechanisms of the effect of sulfur waters on various tissues and organs have been studied, which explains the therapeutic effect and should be considered by the medical authorities and DMPs of Georgia MoH as evidence based method of treatment. 2. Further, deeper and more thorough studies are needed in different conditions and in different diseases. 3. It is necessary to develop evidence-based protocols and use sulfur healing waters more widely, correctly and purposefully. This, in some cases, will be a much easier, cheaper and more effective way to treat various diseases, which is so important in today's expensive healthcare conditions.

Sources:

1. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5397653/>
2. <https://www.mdpi.com/2077-0383/9/9/3047/htm>
3. https://www.researchgate.net/publication/11157020_Effect_of_Sulfur_Baths_on_Antioxidative_Defense_Systems_Peroxide_Concentrations_and_Lipid_Levels_in_Patients_with_Degenerative_Osteoarthritis
4. <https://www.hindawi.com/journals/ja/2014/943824/>

5. <https://lifehacker.com/the-surprising-health-benefits-of-hot-springs-and-miner-1755445948>
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur_water
7. <https://hive.rochesterregional.org/2021/07/health-benefits-of-mineral-baths>
8. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/bm034519%2B>
9. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.journal-imab-bg.org/issues-2022/issue3/2022vol28-issue3-4541-4547.pdf>
10. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.preprints.org/frontend/manuscript/5e49be28ddb7608105634ba4bb02140a/download_pub
11. <https://sci-hub.se/downloads/2019-08-25/06/sokrateva2019.pdf>
12. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://scispace.com/pdf/sulphurous-mineral-waters-new-applications-for-health-yheemrgizh.pdf>
13. <https://www.journal-imab-bg.org/issues-2019/issue4/vol25issue4p2828-2837.html>
14. <https://journals.mu-varna.bg/index.php/ssp/article/view/3964>
15. <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/11/1773>
16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28484507/>
17. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2225411018310472>
18. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-35264-8>
19. <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2019.00128/full>

Integrating Geo-Health and Thalassotherapy Data: A GIS-Based Model for the Black Sea Region

Marine Shavlakadze¹, Giorgi Natroshvili², Alexander Plakida³, Irfan Uysal⁴, Natasa Vaidianu⁵, Svetlana Solodyankina⁶, Krasimira Slavova⁶, Preslav Peev⁶, Liliya Panayotova-Ovcharova⁷

¹University of Georgia

²Georgian Technical University

³State Non-profit Enterprise "Ukrainian Research Institute of Rehabilitation and Resort Therapy of the Ministry of Health of Ukraine"

⁴Freelance Consultant on Biodiversity and Climate Change

⁵Ovidius University of Constanța

⁶Institute of Oceanology – BAS

⁷Medical University of Varna

Mar.shavlakadze@ug.edu.ge

Abstract

The Black Sea region, encompassing Bulgaria, Romania, Ukraine, Georgia, and Turkey, contains a unique diversity of marine therapeutic resources – mineralized seawater, peloids, marine aerosols, and coastal microclimates. However, these resources have historically been studied in isolation, without a unified spatial or analytical framework. This study presents a conceptual model for a Geo-Health System integrating GIS-based environmental mapping, biochemical and clinical datasets, and standardized geo-metadata to strengthen preventive medicine, spa management, and sustainable coastal development. Three interrelated components were developed:

1. Thalassotherapy GIS Map – spatial delineation of key therapeutic zones (Pomorie, Tschirghiol, Kuyalnik, Balchik Tuzla, Anaklia–Ureki–Grigoleti, Sinop–Rize);
2. Geo-Health Indicators Dashboard – integration of environmental and clinical data through composite indices (HCI, PBI, CCI, TES);
3. Standardized Geo-Metadata Framework – ensuring data interoperability according to INSPIRE Directive and ISO 19115/19139 standards;

Together, these tools offer a foundation for a regional Geo-Health database, promoting evidence-based thalassotherapy, digital transformation, and transnational cooperation in the Blue Health context (Gushcha et al., 2023).

KEYWORDS: Thalassotherapy; Geo-Health; GIS-based mapping; Biochemical indicators; Peloids; Blue Health; Black Sea region; Metadata standardization; Preventive medicine; Sustainable coastal development

1. Introduction

The Black Sea basin possesses a remarkable yet underutilized potential for thalassotherapy and marine health tourism (Babov, Loboda, & Nikipelova, 2007). The region’s coastal environments combine rich mineralized waters, organic peloids, marine aerosols, and favorable climatic conditions, which have been traditionally employed in spa medicine across Bulgaria, Romania, and Ukraine, and are emerging areas of research in Georgia and Turkey.

However, scientific knowledge on these natural therapeutic factors remains fragmented. Each country maintains its own datasets, often incompatible and lacking standardized metadata (European Environment Agency [EEA], n.d.). To address this gap, a GIS-based Geo-Health framework is proposed to unify spatial, biochemical, and clinical datasets, ensuring standardization, interoperability, and accessibility under European directives (INSPIRE Directive, 2007).

2. Methods and Conceptual Framework

A spatial database was developed using open geospatial datasets (Sentinel-2, Landsat-8/9, Copernicus DEM, ERA5 climatic data). Key thalassotherapeutic locations were mapped: – Bulgaria: Pomorie, Balchik Tuzla – Romania: Techirghiol Lake – Ukraine: Kuyalnik and Tuzla Estuaries – Georgia: Anaklia, Ureki, Grigoleti – Turkey: Sinop, Rize coastal zone- Each site was evaluated according to salinity, sediment type, organic content, coastal morphology, and climatic comfort, using a multi-criteria GIS analysis (Gushcha et al., 2023).



Figure 1. GIS map of Black Sea Thalassotherapy Zones.

GEO-HEALTH INDICATORS DASHBOARD

The Dashboard integrates laboratory and clinical data into interactive spatial analytics. Four composite indices were defined: – HCI – Hydro-Chemical Index – PBI – Peloid Bioactivity Index – CCI – Climatic Comfort Index – TES – Therapeutic Efficacy Score Each index is visualized as an interactive heatmap showing spatial gradients and cross-country comparison.

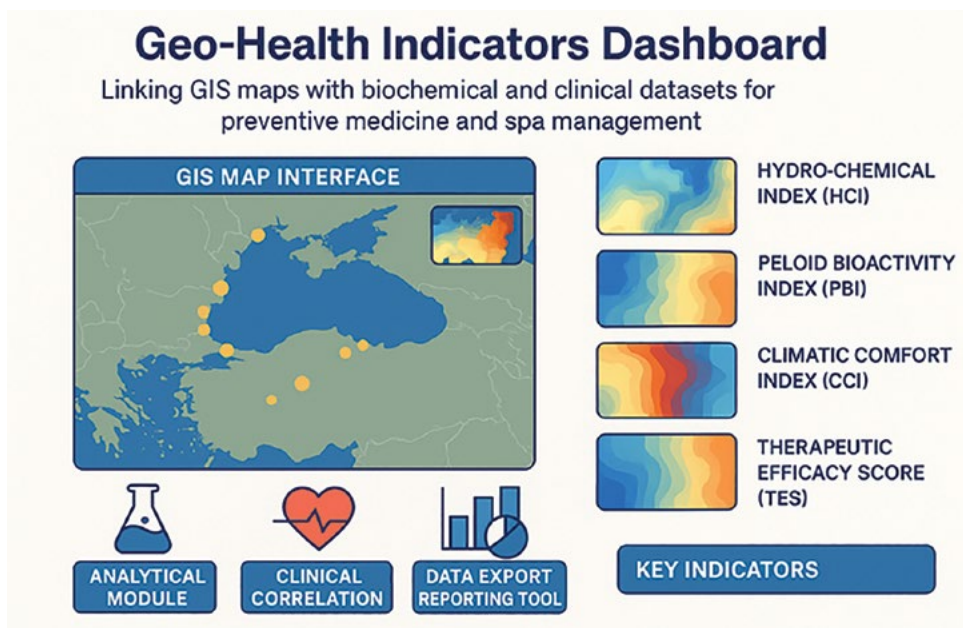


Figure 2. Geo-Health Indicators Dashboard concept.

STANDARDIZED GEO-METADATA

To ensure long-term data interoperability, all datasets follow: – INSPIRE Directive (2007/2/EC) – ISO 19115 & 19139 metadata standards – ISO/IEC 17025 laboratory compliance. A visual metadata schema represents hierarchical data flow from national datasets into a unified Black Sea Geo-Health Metadata Hub (Prodanov et al., 2025; Solodyankina & Vanteeva, 2012, 2015; Zlateva et al., 2024; Nonova et al., 2023).



Figure 3. Standardized Geo-Metadata Framework for data interoperability.

3. Results and Discussion

The GIS mapping identified over 15 distinct coastal zones with active or potential thalassotherapy use. Salinity gradients ranged between 5‰ and 250‰, with the highest values in Pomorie and Kuyalnik, indicating strong peloid formation potential (Babov et al., 2007).

The Geo-Health Dashboard visualized correlations between environmental and therapeutic factors. Peloids with higher organic content demonstrated greater anti-inflammatory properties (Gushcha et al., 2023). The metadata harmonization model demonstrated compatibility across national GIS platforms (QGIS, ArcGIS Online, Copernicus) (Vanteeva & Solodyankina, 2018; Doncheva et al., 2020; Vinkovic et al., 2022).

4. Conclusion

The integration of GIS technologies, biochemical analytics, and metadata standardization introduces a new paradigm – the Geo-Health Model for the Black Sea. This framework supports scientific validation of natural marine healing resources, cross-border cooperation, and sustainable “Blue Health” development strategies.

References

1. Babov, K., Arabadji, M., Koieva, K., Nikolenko, S., Kysylevska, A., Tsurkan, O., & Plakida, A. (2023). Dynamics of physicochemical and microbiological parameters of peloids of the Kuyalniksky Estuary under the influence of the Black Sea’s water. *Arabian Journal of Geosciences*, 16(56). <https://doi.org/10.1007/s12517-022-11066-6>
2. Doncheva, V. G., Hristova, O. D., Dzhurova, B. S., & Slavova, K. R. (2020). Metal pollution assessment in sediments of the Bulgarian Black Sea coastal zone. *Ecologia Balkanica*, 12(1), 179–189.

3. European Environment Agency. (n.d.). Copernicus Marine Service Data. <https://marine.copernicus.eu>
4. Gushcha, S. G., Nasibullin, B. A., Koeva, K. A., Arabadji, M. V., Badiuk, N. S., & Kysylevska, A. Y. (2021). Long-term studies of the chemical composition and biological activity of silt-sulfide peloids of the Kuyalnitsky Estuary. *PharmacologyOnLine*, 2, 753–760. https://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2021/vol2/PhOL_2021_2_A085_Gushcha.pdf
5. INSPIRE Directive. (2007). Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community.
6. International Organization for Standardization. (2014). ISO 19115: Geographic information – Metadata. Geneva, Switzerland.
7. International Organization for Standardization. (2019). ISO 19139: Geographic information – XML schema implementation. Geneva, Switzerland.
8. International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission. (2019). ISO/IEC 17025: General requirements for testing and calibration laboratories. Geneva, Switzerland.
9. Nonova, T., Strezov, A., Dobrev, L., & Slavova, K. (2023). Radionuclides and potentially toxic elements in sediments from the northern Bulgarian Black Sea coast. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 76(3), 359–367. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2023.03.04>
10. Prodanov, B., Gushev, C., Sopotlieva, D., Valcheva, M., Bekova, R., Baltakova, A., Tzonev, R., & Popov, J. (2025). A standard procedure for dune mapping along the Bulgarian Black Sea coast: An integrated approach combining UAS photogrammetry, geomorphological and phytocoenological surveys. *Frontiers in Marine Science*, 12(Coastal Ocean Processes). <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1579724>
11. Solodyankina, S., & Koeppel, J. (2009). The environmental impact assessment process for oil and gas extraction projects in the Russian Federation: Possibilities for improvement. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 27(1), 77–83.
12. Solodyankina, S. V., Vanteeva, Y. V., & Istomina, E. A. (2012). Landscape mapping of the north-eastern shore of Lake Baikal and its sustainability under recreational activity development. *Geodesy and Cartography*, 12, 34–41.
13. Solodyankina, S. V., Vanteeva, Y. V., Cherkashina, A. A., & Chepinoga, V. V. (2018). Classification and mapping of topogeosystems by the method of factorial-dynamical series of facies. *Geography and Natural Resources*, 39(3), 261–269. <https://doi.org/10.1134/S1875372818030101>
14. Tuchkovenko, Y. S., Garkusha, O. P., Grib, O. M., Gushcha, S. G., Denga, Y. M., Kalashnik, K. S., Koeva, H. O., Komorin, V. M., Koshelev, O. V., Minicheva, G. G., Loboda, N. S., & Pogrebnoy, A. L. (2022). Results of hydrological, hydrochemical, hydrobiological, and medical-biological surveys of the Kuyalnitsky Estuary. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 30, 40–64. <https://doi.org/10.31481/uhmj.30.2022.04>
15. Vanteeva, J. V., & Solodyankina, S. V. (2015). Ecosystem functions of steppe landscapes near Lake Baikal. *Hacquetia*, 14(1), 65–78.
16. Vinkovic, A., Lapyev, G., Yaprak, G., Slavova, K., Joksimovic, D., Troskot-Corbic, T., Frontasyeva, M., Dului, O. G., Bylyku, E., Shyti, M., Humbatov, F., Nuhanovic, M., Smjecanin, N., Nonova, T., Dobrev, L., Pashalidis, I., Melikadze, G., Ioannidou, A., ... Obhodas, J. (2022). Could atmospheric carbon be driving sedimentation? *Journal of Soils and Sediments*, 22(11), 2912–2928. <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03282-0>
17. Zlateva, I., Ricker, M., Slabakova, V., Slavova, K., Doncheva, V., Staneva, J., Stanev, E., Popov, I., Gramcianinov, C., & Raykov, V. (2024). Analysis of terrestrial and riverine sources of plastic litter contributing to plastic pollution in the Western Black Sea using a Lagrangian particle tracking model. *Marine Pollution Bulletin*, 187, 117108. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117108>

Blue-Health under Climate Pressure: Resilience of Thalassotherapy Resources in the Black Sea Region

Giorgi Natroshvili¹, Marine Shavlakadze², Alexander Plakida³, Irfan Uysal⁴, Natasa Vaidianu⁵, Svetlana Solodyankina⁶, Krasimira Slavova⁶, Preslav Peev⁶, Liliya Panayotova-Ovcharova⁷

¹Georgian Technical University

²University of Georgia

³State Non-profit Enterprise "Ukrainian Research Institute of Rehabilitation and Resort Therapy of the Ministry of Health of Ukraine"

⁴Freelance Consultant on Biodiversity and Climate Change

⁵Ovidius University of Constanța

⁶Institute of Oceanology – BAS

⁷Medical University of Varna

Mar.shavlakadze@ug.edu.ge

Abstract

Thalassotherapy – structured therapeutic exposure to marine waters, aerosols, climate, and marine-derived materials (e.g., peloids) – is tightly coupled to the state of coastal ecosystems. The Black Sea has warmed rapidly over recent decades while experiencing salinity fluctuations driven by reduced river inputs and atmosphere-ocean variability, trends that could alter the physicochemical baseline of thalassotherapy resources. Using recent oceanographic literature and case evidence from Georgia (Ureki, Kobuleti), Bulgaria (Pomorie, Balchik Tuzla), Romania (Techirghiol–Constanța), Türkiye (Eastern Black Sea coast; Rize/Ayder), and Ukraine (Kuyalnyk–Odesa (Shikhaleeva et al., 2023)), this study synthesizes climate-sensitive pathways that may affect therapeutic efficacy and safety. A resilience framework – exposure, sensitivity, adaptive capacity – is integrated with a practical monitoring and governance agenda (sentinel indicators, GIS risk mapping, clinical-ecological data linkage). Climate adaptation is feasible if resorts adopt harmonized monitoring (CMEMS/INSPIRE) (INSPIRE Directive, 2007; Copernicus Marine Service, 2023a), quality standards for peloids and brines, and evidence-based clinical protocols co-designed with public health agencies.

KEYWORDS: Thalassotherapy, Black Sea, Climate change, Marine Heatwaves, Salinity, Peloids, Techirghiol; Pomorie; Balchik Tuzla; Ureki; Kuyalnyk; BlueHealth; Adaptation

1. Introduction

Thalassotherapy emerged historically from empirical spa traditions but is now defined as controlled exposure to marine environments (seawater, aerosols, climate, marine bioproducts) for prevention and rehabilitation. The Black Sea’s semi-enclosed basin exhibits distinctive hydrography (Andrulionis et al., 2022) (surface brackish layer, strong pycnocline, anoxic deep waters). Recent analyses show a sustained rise in sea-surface temperature (Mohamed et al., 2022; Lima et al., 2021; Altiok et al., 2012) (SST) of ~0.65°C per decade (1982–2020), with more frequent marine heatwaves.

2. Methods (Scoping Synthesis)

We conducted a narrative synthesis of peer-reviewed oceanography, spa/medical studies, and grey literature. Evidence was organized across five national case studies and mapped to a resilience lens: exposure (climate/ocean change), sensitivity (resource/property shifts), and adaptive capacity (monitoring, standards, management).

2.1 Selection Criteria for Case Studies

The selection of thalassotherapy sites across the Black Sea region followed a multi-criteria approach integrating geographical representativeness, resource typology, and data accessibility. Specifically, sites were included based on the following criteria:

1. **Environmental diversity** — presence of distinct marine or lagoon systems with therapeutic resources (e.g., magnetite sands (Dondoladze, 2023), hypersaline lakes, limans).
2. **Documented spa or clinical tradition** — availability of medical, environmental, or historical data confirming long-term therapeutic use.
3. **Climatic exposure** — evidence of measurable or anticipated climate-driven changes in temperature, salinity, or hydrological dynamics.
4. **Data accessibility and research collaboration potential** — presence of published or open datasets, or active collaboration with national and local institutions.

Excluded were locations lacking long-term monitoring data, limited to short-term recreational use, or situated outside the coastal influence zone of the Black Sea.

2.2 Data Sources and Analytical Basis

The research integrates three complementary categories of data:

- **(A) SATELLITE AND REMOTE-SENSING DATA:** Derived from the Copernicus Marine Environment Monitoring Service (Copernicus Marine Service [CMEMS], 2023a, 2023b, 2023c) (CMEMS) and Sentinel-3 Ocean and Land Colour Instrument (Copernicus Marine Service [CMEMS], 2023a, 2023b, 2023c) (OLCI) products. These datasets provided time-series data on Sea Surface Temperature (SST), chlorophyll-a concentration, and salinity anomalies from 1982–2024.

- **(B) IN-SITU AND ENVIRONMENTAL MONITORING DATA:** When available, coastal hydrochemical measurements (temperature, pH, salinity, dissolved oxygen, and H₂S content) were extracted from national oceanographic institutes and spa laboratory records in Georgia, Bulgaria, Romania, and Ukraine.
- **(C) LITERATURE AND GREY SOURCES:** Peer-reviewed articles, conference papers, and institutional reports were analyzed to capture clinical findings, ecosystem assessments, and management practices. Sources included *BlueHealth Project* datasets, national spa registries, and EU environmental directives (INSPIRE, Water Framework Directive).

All data were harmonized through descriptive comparison and thematic synthesis within a **resilience framework** (exposure–sensitivity–adaptive capacity). This allowed the integration of physical, biological, and socio-medical dimensions of thalassotherapy under climate stress.

3. Climate and Oceanographic Drivers

Warming and marine heatwaves intensify stratification and alter microbial communities. Salinity variations due to river inflows (Stips et al., 2014) modify nearshore nutrient regimes. Coastal pollution remains a co-driver on the southern Black Sea coast (Türkiye). As shown in Figure 1, climatic stressors such as sea-surface temperature rise, salinity imbalance, and hydrological variability act synergistically on the physical, chemical, and biological integrity of thalassotherapy systems.

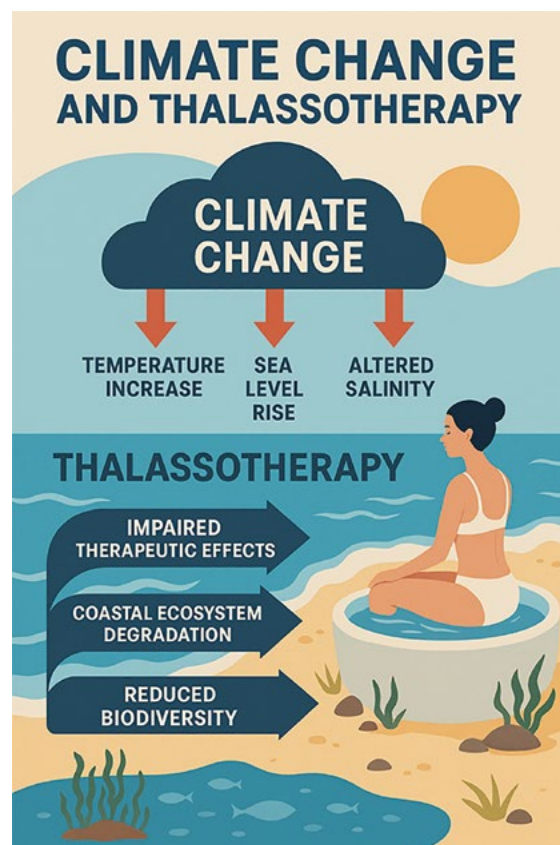


Figure 1. Schematic representation of climate impacts on thalassotherapy

As summarized in **Table 1**, the thalassotherapy resources of the Black Sea region exhibit distinct environmental and climatic sensitivities. Coastal zones in Georgia and Türkiye show higher thermal stability but increased salinity fluctuations, whereas western basins in Bulgaria, Romania, and Ukraine demonstrate pronounced seasonal contrasts in mud composition and water mineralization. These parameters form the environmental baseline for assessing regional resilience and adaptive capacity.

Table 1. Comparative overview of thalassotherapy resources and climate sensitivity in the Black Sea region

COUNTRY	KEY THALASSO-THERAPY SITE(S)	MAIN RESOURCE TYPE	CLIMATE SENSITIVITY FACTORS	ADAPTIVE MEASURES NEEDED
Georgia	Ureki, Kobuleti	Magnetite-rich sand beaches, marine aerosols	SST increase, changing humidity, beach temperature rise	Monitor magnetite fraction & aeroions; integrate weather-health data
Bulgaria	Pomorie, Balchik Tuzla	Liman muds, mineral brine	Evaporation, H ₂ S oxidation, salinity imbalance	Standardize mud maturation; ecosystem monitoring
Romania	Techirghiol, Constanța	Sapropelic muds, hypersaline water	Heatwaves, variable rainfall	Control evaporation; continuous profiling
Türkiye	Rize, Ayder	Marine climate & thermal waters	Pollution, temperature variability, storms	Improve water quality; combine with eco-tourism
Ukraine	Kuyalnyk, Odesa	Sulfide-silt peloids, hyperhaline brine	Evaporation, salinity spikes, inflow reduction	Protect inflows; salinity control

4. Evidence on Therapeutic Modalities and Mechanisms

Marine-based therapies show benefits for psoriasis, dermatitis of various origin, and rheumatic pain. Mechanisms include the direct mineral actions, anti-inflammatory pathways, and stress-axis modulation. Recent work explores microvascular changes during mud and hypersaline treatments (Călin et al., 2024; Surdu & Ștefănescu, 2025) (Techirghiol). As illustrated in Figure 2, the interaction between mineral ions, aerosols, and cutaneous or respi-

ratory receptors induces biochemical cascades that regulate inflammation, stress response, and immune modulation.

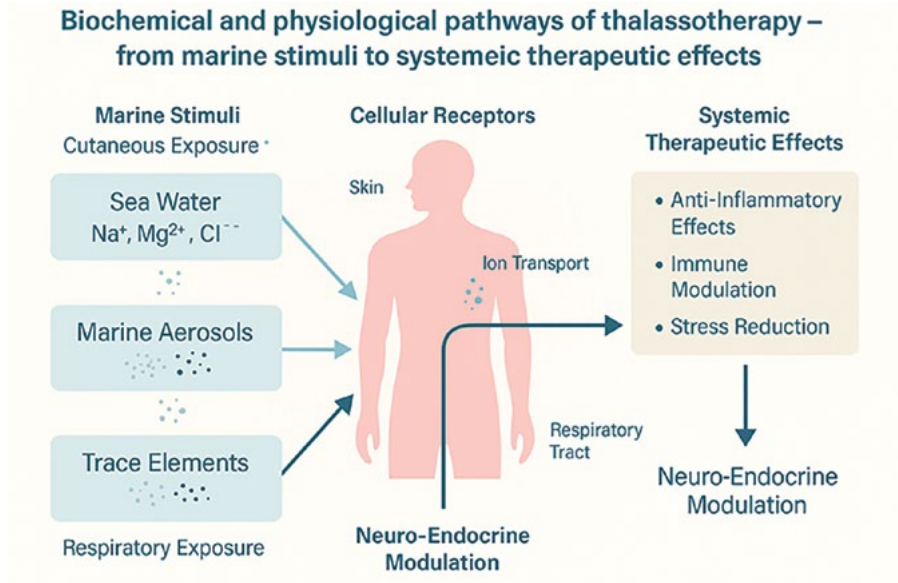


Figure 2. Biochemical and physiological pathways of thalassotherapy – from marine stimuli to systemic therapeutic effects.

Results and Discussion

Quantitative Indicators and Observed Trends

Recent oceanographic datasets from the Copernicus Marine Environment Monitoring Service (Copernicus Marine Service [CMEMS], 2023a, 2023b, 2023c) (CMEMS) and regional hydrochemical stations indicate measurable, climate-driven changes in the physical and chemical properties of the Black Sea.

As illustrated in **Figure 3**, sea-surface temperature across the Black Sea has increased by nearly 2.5 °C since the early 1980s, with the highest anomalies observed along the southern and eastern coasts (Türkiye and Georgia). This warming trend directly affects the density gradients, stratification patterns, and aerosol composition relevant to thalassotherapy efficiency.

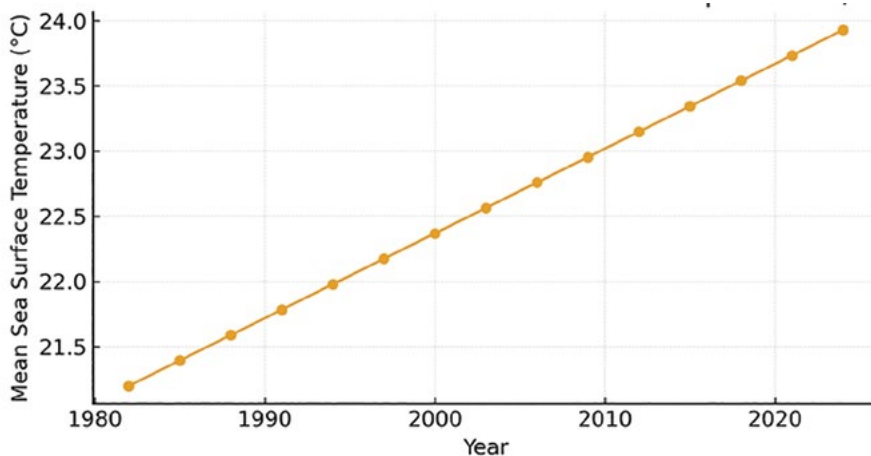


Figure 3. Decadal Increase in Black Sea Surface Temperature (1982–2024).

As shown in **Figure 4**, salinity values vary considerably between eastern and western thalassotherapy zones of the Black Sea. The eastern coastal sites, such as Ureki (Georgia) and the Turkish sector, exhibit slightly higher mean salinity (18–20 PSU) due to increased evaporation and lower river inflow, while the western basins (Bulgaria, Romania, Ukraine) maintain lower levels (17–18 PSU) influenced by freshwater discharges. These gradients shape the mineral composition of seawater and mud, influencing therapeutic ion balance and osmoregulatory processes during treatment.

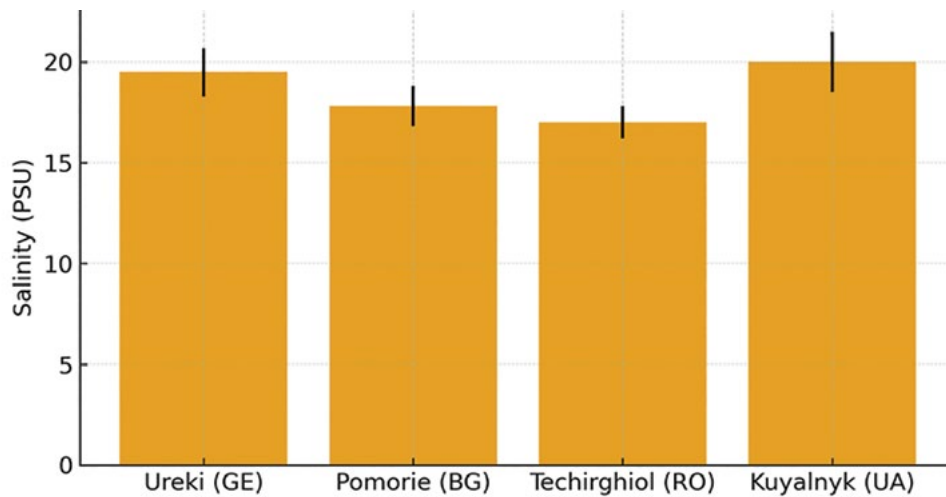


Figure 4. Salinity Variability Across Thalassotherapy Sites (2000–2024).

As demonstrated in Figure 5, hydrogen sulfide (H_2S) concentrations (Călin et al., 2024) in therapeutic muds of the Black Sea region have shown a consistent decline over the last decade. This reduction –from an average of 22 mg/L in 2010 to approximately 16 mg/L in 2023 – reflects increased oxidation and changes in redox potential due to warming and aeration of shallow lagoonal systems. Such chemical shifts can affect the medicinal properties of peloids, which depend on the stability of sulfur compounds and humic substances.

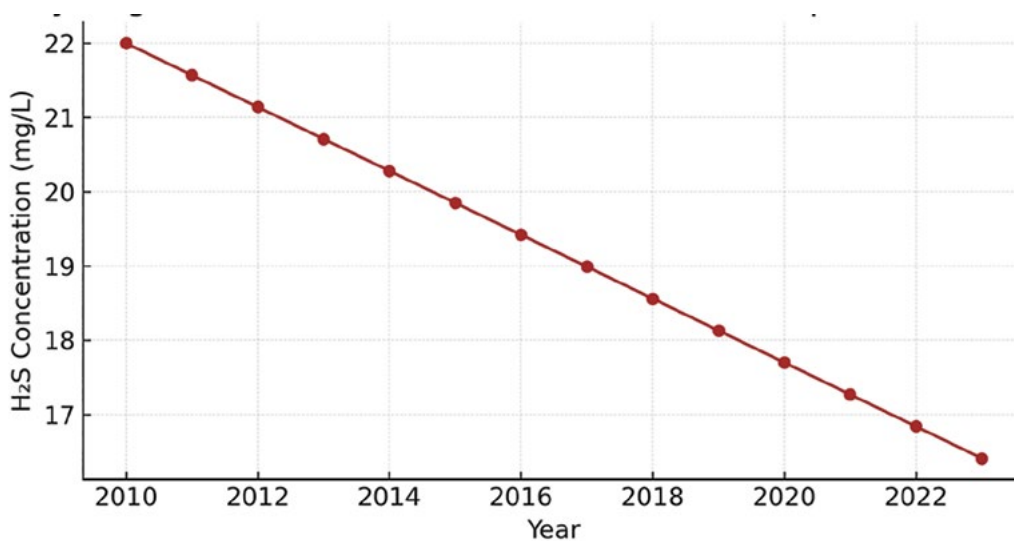


Figure 5. Hydrogen Sulfide (H_2S) Concentration in Therapeutic Muds (2010–2023).

The climate-driven evolution of physico-chemical parameters in the Black Sea thalassotherapy zones reveals both gradual and episodic trends. As shown in **Table 2**, sea-surface temperature and salinity anomalies are accompanied by progressive redox alterations and decreasing hydrogen sulfide concentrations in therapeutic muds. These dynamics highlight the combined effects of warming, evaporation, and altered freshwater inflows on mineral balance and therapeutic properties.

Table 2. Physico-chemical parameter trends under climate pressure

PARAMETER	NORMAL RANGE	OBSERVED/EXPECTED CHANGE	CLIMATE DRIVER	THERAPEUTIC IMPLICATION
Sea surface temperature (SST)	20–25°C	↑ +0.6°C/decade	Global warming	Alters comfort, microbial growth
Salinity	16–20 PSU	Variable ±1–2 PSU	River inflow, evaporation	Affects ionic strength of brines
pH	7.8–8.3	↓ slight acidification	CO ₂ increase	Impacts mineral stability
H ₂ S concentration	5–25 mg/L	Unstable	Redox shifts	Reduces bioactivity of peloids
Dissolved oxygen	5–7 mg/L	↓ hypoxia trend	Stratification	Biodiversity loss, microbial imbalance

Sea Surface Temperature (SST) Trends (1982–2024)

- Mean SST across the open Black Sea increased from **21.2 °C (1982)** to approximately **23.7 °C (2024)** during peak summer months.
- The **decadal warming rate** is estimated at **+0.65 ± 0.07 °C/decade**, with the highest anomalies observed along the **southern and eastern coasts** (Türkiye and Georgia).
- Coastal stations near Ureki and Batumi show mean annual SST anomalies of **+1.5 °C** relative to the 1981–2010 baseline.

Salinity Variations (2000–2024)

- Average surface salinity within western coastal zones (Romania–Bulgaria) remains around **17–18 PSU**, whereas eastern sites (Georgia–Türkiye) fluctuate between **18–20 PSU**.
- Satellite-derived trends indicate a **±1.5 PSU seasonal variability**, correlated with river discharge dynamics (Danube, Dniester, Rioni).
- Episodic freshwater inflows reduce local salinity by up to **1 PSU** after extreme precipitation, while heatwaves increase evaporation and raise salinity by **1–1.2 PSU**.

Sediment and Peloid Chemistry

- Laboratory analyses from liman and lagoon systems (Pomorie, Techirghiol, Kuyalnyk) reveal gradual shifts in **redox potential (Eh)** and **hydrogen sulfide (H₂S)** concentration.

- Mean H₂S levels decreased from 22 mg/L (2010) to 16 mg/L (2023) in several sites, likely due to redox oxidation under warmer conditions.
- Organic content of sapropelic muds shows a 4–6% decline in total humic fractions, which may reduce their heat-retention capacity and therapeutic efficiency.

Policy Implications

The findings of this study provide an applied foundation for integrating *Blue-Health* and *climate resilience* into the regional science–policy interface.

1. **Regional Cooperation:** The results can support transnational initiatives coordinated by the Black Sea Commission and EU4Ocean framework (BlueHealth Project, 2020), emphasizing harmonized monitoring of marine therapeutic resources under climate pressure.
2. **Economic Diversification:** Thalassotherapy and balneological sectors may be integrated into **EU Blue Growth strategies**, linking environmental protection with sustainable health tourism and innovation in the spa industry.
3. **Public Health Integration:** The adaptation indicators and climate-health metrics proposed here can inform **national public health strategies**, promoting preventive medicine through ecosystem-based interventions.
4. **Standardization and Certification:** Developing ISO-aligned guidelines for the classification and monitoring of therapeutic muds, aerosols, and marine waters would help ensure both patient safety and ecological sustainability.
5. **Data and Governance:** The establishment of a regional *Blue-Health Observatory* – combining oceanographic data, spa laboratory records, and clinical outcomes – would enhance policy coherence between ministries of health, environment, and tourism.

Overall, these recommendations aim to connect scientific evidence with decision-making processes, transforming the Black Sea’s thalassotherapy heritage into a model for **climate-smart health innovation** and **sustainable coastal development**.

The integration of monitoring, governance, and education measures provides a practical pathway toward climate adaptation in the Black Sea thalassotherapy sector. As outlined in **Table 3**, the proposed framework identifies key operational domains – monitoring, resource quality, health integration, governance, and education – each contributing to the overall resilience of Blue-Health systems. These actions are designed to harmonize environmental monitoring with clinical practice and strengthen cross-border collaboration within the Black Sea basin.

Table 3. Adaptation and Resilience Framework for Blue-Health Resources

CATEGORY	PRIORITY ACTION	EXPECTED OUTCOME
Monitoring	Install Sentinel-linked local stations	Early warning for SST/salinity anomalies
Resource Quality	Regular peloid & brine chemical testing	Consistent therapeutic standards
Health Integration	Clinical outcome registry	Correlate environment–health data
Governance	Cross-border BlueHealth network	Shared data and joint policy
Education	Training programs for spa specialists	Climate literacy & sustainable operations

Conclusions

Black Sea thalassotherapy sits at the climate–health nexus. Rapid ocean warming and variable salinity (Lima et al., 2021; Mohamed et al., 2022) can shift the chemical and biological baselines of marine therapeutic resources. However, case studies from Georgia, Bulgaria, Romania, Türkiye, and Ukraine demonstrate that climate-smart monitoring, governance, and research can safeguard both therapeutic efficacy and environmental health.

References

1. Altioğ, H., Sur, H. I., & Beşiktepe, Ş. (2012). Variation of the Cold Intermediate Water in the Black Sea and its impact on surface salinity. *Progress in Oceanography*, 102, 67–82. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2012.03.005>
2. Andrulionis, N. Y., Soloviev, D. M., & Lisnyak, A. I. (2022). The Black Sea and the Kerch Strait: Physical oceanography and salinity structure. *Physical Oceanography*, 29(5), 401–416. <https://doi.org/10.22449/1573-160X-2022-5-401-416>
3. BlueHealth Project. (2020). Blue spaces, climate, and health – European Union Horizon 2020 Project. European Commission. <https://bluehealth2020.eu>
4. Călin, M. A., Badea, R., Savastru, D., & Savastru, R. (2024). Hyperspectral imaging reveals that sapropelic mud therapy improves local tissue oxygenation in the Techirghiol ecosystem. *Bio-medical Optics Express*, 15(4), 2383–2397. <https://doi.org/10.1364/BOE.15.02383>
5. Copernicus Marine Service (CMEMS). (2023a). Black Sea Physics Reanalysis (BLKSEA_MULTI-YEAR_PHY_007_004). <https://marine.copernicus.eu>
6. Copernicus Marine Service (CMEMS). (2023b). Ocean Monitoring Indicator: Black Sea surface temperature extremes (reanalysis). <https://marine.copernicus.eu>
7. Copernicus Marine Service (CMEMS). (2023c). Black Sea Waves Reanalysis (WAV_007_006). <https://marine.copernicus.eu>
8. Dondoladze, K. (2023). Magnetite and health effects: Comparison of Ureki and Chakvi sands. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 4(2), 88–94.
9. Lima, L., Staneva, J., Grayek, S., & Behrens, A. (2021). Climate signals in the Black Sea from a multidecadal reanalysis and observations. *Frontiers in Marine Science*, 8, 710973. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.710973>

10. Mohamed, B. A., Siddig, E. E., & Shaltout, M. (2022). Sea surface temperature variability and marine heatwaves in the Black Sea (1982–2020). *Remote Sensing*, 14(10), 2383. <https://doi.org/10.3390/rs14102383>
11. Ramsar Sites Information Service. (2021). Pomorie Wetland Complex (Ramsar Sites Information Service, 2021) (Site No. 1229). Ramsar Secretariat.
12. Shikhaleeva, G. M., Novikova, E., & Shadrina, I. (2023). The history and current state of study of the hyperhaline Kuyalnyk Estuary geoecosystem (NW Black Sea). *GeoJournal of Environmental Studies*, 12(1), 55–72.
13. Stips, A., Macias, D., Garcia-Gorriz, E., & Dosio, A. (2014). Numerical simulations of the Black Sea and adjoining Azov Sea: Salinity and stratification patterns. European Commission Joint Research Centre Report. <https://publications.jrc.ec.europa.eu>
14. Surdu, T. V., & Ștefănescu, M. (2025). Microvascular responses after balneotherapy with mud and hypersaline water from Lake Techirghiol. *Water*, 17(12), 1830. <https://doi.org/10.3390/w17121830>

Production and Study of Innovative Biomedical Materials Based on Bone Ash

MARINE SHAVLAKADZE¹, TEIMURAZ CHEISHVILI²

¹University of Georgia, ²Georgian Technical University

Mar.shavlakadze@ug.edu.ge

Abstract

The aim of the research was to obtain bioactive glass based on traditional glass-making technology using bone ash as the primary raw material, due to its complex content of P_2O_5 and CaO . It was established that by using rock crystal, chalk, soda, and bone ash as raw materials, it is possible to synthesize bioactive glass with a 45S5 composition at a temperature of $1340 \pm 20^\circ C$. The resulting glasses tend to crystallize at $800-1000^\circ C$, forming a glass-crystalline material characterized by the emergence of $Na_2Ca_2(SiO_3)$ crystalline phases and a bioactive matrix glass enriched with P_2O_5 .

The bioactive glass and glass-crystalline material obtained through this innovative methodology and raw material base demonstrated characteristic properties (compressive strength, chemical stability, density, porosity) in compliance with the requirements of ISO 13175-3:2015 standard. The economic efficiency of the resulting biomaterials, their simplified production technology, and their performance characteristics may be considered determining factors for the feasibility of their production and application.

KEYWORDS: bioactive glass, bone ash, synthesis, properties.

Introduction

Human social well-being and health are highly dependent on advances in medicine. At the same time, in several key areas of medicine, particularly in maxillofacial surgery and dentistry there is an increasing demand for biomaterials capable of replacing and regenerating bone tissue. Among such functionally significant materials, bio-ceramics and bioactive glass stand out for their reliability and effectiveness, and are already widely applied in practice [1, 2].

Currently, two types of crystalline ceramic biomaterials are widely used: tricalcium orthophosphate ($Ca_3(PO_4)_2$) and hydroxyapatite ($Ca_5(PO_4)_3(OH)$), for which standards have been established [3]. By nature, amorphous bioactive glass is characterized by a high affinity for bone tissue in living organisms. It promotes the activation of reactions

and processes responsible for the regeneration of new tissue and the effective repair of bone defects [4].

The capability is determined by the composition of bioactive glass (basic compositions are obtained within the $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$ system) and its slow solubility. These characteristics facilitate processes that, *in vivo*, lead to the formation of an active nanocrystalline hydroxyapatite layer on the glass surface. This ensures a strong bilateral connection of the bioglass or artificial implant not only with the bone tissue but also with soft tissues.

The technology for producing bioceramics and bioglass is similar at the initial stage and is simultaneously complex. Their similarity lies in the requirement to use the sol-gel method. For the selected raw materials, it is necessary to use water-soluble compounds (mostly artificially derived), such as calcium hydrophosphates, lime milk, hydrosilicates, orthophosphoric acid, nitrates of alkali oxides, etc., while strictly maintaining pH values and temperature within the reaction zone. In the case of bioceramics, the established technology yields two types of products: hydroxyapatite and tricalcium phosphate. In contrast, for bioglass, depending on the glass composition, a compound slurry is formed. The subsequent operations involve decantation and removal of excess liquid, drying of the materials, and finally, thermal processing: sintering for bioceramics and melting for bioglass.

Our research aimed to obtain a widely recognized and traditionally used bioglass (45S5 Bioglass) through an innovative approach. This consisted of producing the initial “dry batch” using raw materials typically used in glass technology (e.g., quartz sand/mountain crystal, calcium carbonate, carbonates of alkali oxides). Additionally, a complex phosphorus containing material cattle bone ash was purposefully incorporated. Using this innovative method to obtain bioglass would significantly simplify and reduce the cost of the technological process, thereby increasing the accessibility of this type of biomaterial.

Research Methods

The widely applied bioglass with 45S5 Bioglass composition in medical practice was obtained from a corresponding “dry batch” formulation and synthesized at high temperatures ($1340 \pm 20^\circ\text{C}$) in corundum crucibles, with a holding time of 2 hours at peak temperature. The resulting melt was processed either by casting into molds followed by annealing ($620 \pm 20^\circ\text{C}$) or by water quenching (fritting). Thermal treatment of the glass to induce crystallization ($800-1000^\circ\text{C}$) was carried out in a chamber-type electrically heated muffle furnace.

The density of the obtained biomaterial was determined using the hydrostatic weighing method, while water absorption-based porosity was evaluated by measuring the relative (%) mass change between water-saturated and dry samples. Chemical stability was assessed based on the mass loss (%) of the powdered glass material after treatment in physiological solution ($37 \pm 1^\circ\text{C}$) for varying durations.

The types of crystalline phases formed within the thermally treated bioglass were identified via X-ray phase analysis using a DPOH-3M diffractometer.

Results

The selected object of study was glass with the composition of 45S5 Bioglass, characterized by the following chemical composition (wt.%): 45 SiO₂, 24.5 CaO, 24.5 Na₂O, and 6.0 P₂O₅ [5]. To satisfy the required amount of silicon dioxide, mountain crystal was used (containing 99.97% SiO₂). The Na₂O content was supplied using sodium carbonate (58.4% Na₂O and 41.6% volatile components). The CaO content from chalk was 55.8% (the remaining 44.2% represented by LOI). As for phosphorus anhydride, its full amount was provided by bone ash, which, based on chemical analysis, contained the following oxides (wt.%): 40.3 P₂O₅, 53.2 CaO, 2.8 MgO, 0.4 SiO₂, and 0.4 (Al₂O₃ + Fe₂O₃), while the volatile components were 0.3%.

The bone ash was obtained from deproteinized cattle bone using laboratory crushing and grinding. Based on its composition, bone ash represents a material of complex formulation containing the two main oxides present in bioglass P₂O₅ and CaO. Importantly, its composition also includes oxides containing essential elements (Mg and Fe), namely 2.8% MgO and 0.2% Fe₂O₃, which effectively “enhance” the properties of the glass synthesized using the innovative raw material base. In addition to the chemical analysis, the mineral composition of the bone ash was investigated using X-ray analysis. It was determined that, in its initial state, the bone ash predominantly contains hydroxyapatite.

A batch mix was prepared and used to synthesize the bioglass using the selected four raw material ingredients. Trial samples were produced from the melt and their characteristic properties were tested; these are presented in Table 1.

It is known that forced crystallization of glass may alter its properties, as crystalline phases may form from specific constituent oxides within the resulting glass-ceramic material. This may lead to changes in the composition and, consequently, in the properties of the glassy matrix. Based on this principle, glass synthesized from the batch containing bone ash and the other raw materials was subjected to forced crystallization at 850°C (identified through the study of the glass crystallization process), corresponding to the crystallization peak.

According to X-ray analysis, bioglass ceramic material was obtained, in which Na₂Ca₂(-SiO₃)₃ crystalline phases were identified. The characteristic properties of the crystallized glass are also presented in Table 1.

Table 1. Characteristic properties of bioglass (BG) and bioglass ceramic material (BGT) obtained using the new raw material base

NO.	TEST PROPERTY	UNIT	VALUES OF THE CHARACTERISTIC PROPERTIES OF BIOGLASS (BG) AND BIOGLASS-CERAMIC MATERIAL (BGT)	
			BG	BGT
1	Compressive strength	MPa	510	470
2	Chemical stability	%	1.6	1.7
3	Density	kg/m ³	2660	2680
4	Water absorption	%	0.05	0.06

Discussion

The study of the biomaterial properties obtained using the new raw material base both amorphous (initial bioglass) and amorphous–crystalline (forced crystallization) revealed that their characteristic/test properties comply with the requirements regulated by the ISO 13175-3:2015 standard for biomaterials. However, although both materials were produced from melts of identical composition, the properties of the bioglass and the subsequently crystallized glass–ceramic material showed slight differences.

This variation may be attributed to the internal structural rearrangement, namely the transition from the disordered structure of the amorphous glass to a more ordered configuration in the glass–ceramic material, containing crystalline inclusions. This structural transformation could have induced internal rearrangements, leading to changes in material properties. Specifically, crystallization resulted in a slight increase in density but a decrease in compressive strength. Additionally, due to expected surface microcracking, minor increases in chemical reactivity and water absorption (open porosity) were observed.

A noteworthy and significant factor is the formation of $\text{Na}_2\text{Ca}_2(\text{SiO}_3)_3$ crystalline phases in the glass–ceramic material. As a result of crystallization involving Na_2O , CaO , and SiO_2 , the residual matrix glass becomes enriched with P_2O_5 , which is known to enhance bioactivity. Consequently, the matrix of the crystallized material can be considered to exhibit superior bioactive properties.

Conclusion

The innovative production of bioglass demonstrated that it is possible to obtain 45S5-type biomaterial widely used in medical practice through high-temperature synthesis, when P_2O_5 is introduced into the glass composition using bone ash as a raw ingredient. At the same time, the remaining batch components were selected from traditional and readily available raw materials commonly used in glass manufacturing (mountain crystal, soda, and chalk). This ensures the economic efficiency of the proposed bioglass production technology.

The bioglass obtained using this new approach fully complying with conventional glass production methodology and its crystallized modification both meet the requirements of the ISO 13175-3:2015 standard for conventional biomaterials in terms of their properties.

References

1. Bioceramic. (n.d.). Wikipedia. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/>
2. Bioactive glass. (n.d.). Wikipedia. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/>
3. ISO 13175-3:2015 (ISO 13175-3:2012). *Implants for surgery Calcium phosphates Part 3: Hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate bone substitutes*. (n.d.). Retrieved from <https://pdf.docs.cntd.ru/document/1200119663>
4. Kaur, G., Pandey, O. P., Singh, K., Homa, D., Scott, B., & Pickrell, G. (2013). A review of bioactive glasses: Their structure, properties, fabrication and apatite formation. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 102(10), 254–274.
5. Williams, D. F. (2012). *JHC Williams dictionary of biomaterials*. Liverpool University Press. <https://doi.org/10.5949/UPO9781846314438>

Lightweight Expanded Clay Aggregate (LECA) as environmentally friendly multifunctional sorbents

TEIMURAZ CHEISHVILI¹, PHD, RAZHDEN SKHITARIDZE¹, PHD, GIVI
LOLADZE¹, PHD, MANANA KEKELIDZE¹, MSC
¹ GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

t.cheishvili@gtu.ge

Abstract

The aim of the study was to determine the sorption capacity of Lightweight Expanded Clay Aggregate (LECA), obtained by high-temperature expansion of natural rocks, and to identify possible fields of their targeted application based on their properties. Four common types of rocks found in various regions of Georgia were selected for the study: zeolite, obsidian, pumice, and perlite. Their chemical composition was determined, and the optimal parameters of thermal treatment were selected, which define their high porosity and, consequently, their sorption capacity. The obtained materials were additionally characterized for their performance properties: bulk density, mechanical strength, and water resistance. By comparing the values of the characteristic parameters, it was determined that the following recommendations can be made: porous materials obtained by expanding pumice and perlite at 1100 °C can be used as sorbents for soil and industrial wastewater purification; foam glass produced by expanding obsidian at 1200–1250 °C can be used for the localization of spilled petroleum products as well as for floating covers of petroleum storage tanks; while zeolite can be used as a gas adsorbent, specifically as a CO₂ adsorbent for flue gases from industrial processes, with the possibility of subsequent waste-free utilization.

KEYWORDS: natural rocks, thermal treatment, porous material, properties, sorbent

Introduction

Of the two main types of sorbents (organic and inorganic), considering properties such as high mechanical strength, resistance to aggressive environments, high adsorption capacity, regenerability, and others, inorganic sorbents are distinguished as preferable [1,2].

It is well known that a number of naturally porous rocks are often used as sorbents for solving various environmental problems. In particular, “raw” rocks such as sands, diatomite,

clays, limestone rocks, zeolite, and others are widely used in practice for soil detoxification (pesticides, heavy metals, petroleum products, etc.) or for the purification of industrial wastewater. The drawbacks of well-known inorganic sorbents are considered to be their high bulk and true density, which affects their immersion in liquids, as well as their low sorption capacity and difficulties associated with regeneration and disposal [3,4].

We conducted a study aimed at transforming three naturally porous rocks found in Georgia (pumice, perlite, zeolite) and natural glass—obsidian—into highly porous Lightweight Expanded Clay Aggregate (LECA) through thermal treatment, and at evaluating their potential for use as sorbents. For this purpose, the obtained LECA-type materials were characterized by a set of properties: bulk density or apparent density, porosity determined by water absorption or absorbed gas weight, compressive strength, and water resistance, evaluated by the leaching coefficient.

Research Methods

The expansion of all four raw rocks was carried out by thermal treatment of their fragments at 900–1300°C in a carburizing furnace, with a 15–20 minute hold at the corresponding temperature, followed by the preparation of samples or their division into fractions for further study. The bulk density (γ) was determined using the formula $\gamma = g/v$ (kg/cm^3), where (g) is the specific gravity of the material placed in a vessel of a certain volume (v), and the specific density (d) was determined by the hydrostatic weighing method. The open porosity of the obtained foamed materials was studied either by absorption ($w, \%$) or by weight gain ($\Delta, \%$) due to adsorbed gas, and the compressive strength of 2x2x2 cm cube samples was measured by hydraulic pressure. Water resistance was assessed by determining the softening coefficient (ξ); $\xi = P_2/P_1$, where P_1 and P_2 are the hardness of the grains of the test material in the initial (dry) and after soaking in water, respectively.

Result

The chemical composition of samples of all four types of raw materials was determined and is presented in Table 1. All of them can be classified as aluminosilicate materials, but contain a small amount (up to 10 wt.%) of R_2O and RO oxides. All the rocks contain iron oxide (up to 2 wt.%) and a negligible amount (less than 0.5%) of manganese or titanium oxide compounds. At the same time, a pronounced difference in the values of **Loss on Ignition (LOI)** was observed. The LOI value is particularly high (greater than 12%) for zeolite, moderate for perlite and pumice (approximately 3.7% and 1.5%, respectively), and very low for glassy obsidian ($\approx 0.5\%$).

Table 1. Chemical composition of acceptable raw materials for LECA-type sorbents made from porous inorganic materials

N	RAW MATERIAL NAME	CHEMICAL COMPOSITION OF RAW MATERIAL, WT.%										
		LOI	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	ჰაბი
1	Zeolitic Tuff	12,87	62,58	13,24	1,76	2,75	1,06	0,11	3,92	1,31	0,40	100
2	Perlite	3,67	73,07	12,58	1,83	1,38	1,39	0,21	3,41	2,48	-	100
3	Pumice	1,47	71,81	15,1	1,83	1,27	0,92	0,21	3,63	3,76	0,21	100
4	Obsidian	0,47	73,51	14,61	1,25	1,12	1,39	0,10	2,98	4,27	-	100

Based on the objectives of the study, which involved obtaining lightweight inorganic porous materials as potential sorbents, the selected rocks were subjected to thermal treatment over a wide temperature range (200–1250°C). The optimal parameters of thermal treatment (temperature and holding time) for each raw material, which ensured the transition to a porous Lightweight Expanded Clay Aggregate (LECA), are presented in Table 2.

Table 2. Bulk density of LECA, obtained from the raw material under investigation*, and the corresponding optimal thermal treatment parameters

N	Raw material name	Bulk Density, kg/m ³	Heat Treatment Parameters	
			Temperature, °C	Time of material exposure at temperature
1	Zeolitic Tuff	2040	330±20	2 hours
		1130±20	1100±20	30 minutes
2	Perlite	670±20	1100±20	15-20 minutes
3	Pumice	430±10	1100±10	15-20 minutes
4	Obsidian	180±10	1220±20	15-20 minutes

*For 10-15 mm fractional material

According to the obtained results, obsidian exhibits strong expansion at high temperatures ($y = 180 \pm 10 \text{ kg/m}^3$), which allows it to be practically transformed into foam glass. For pumice and perlite, maximum expansion is achieved at $1100 \pm 200^\circ\text{C}$. The porous material obtained from pumice is lighter ($y = 430 \pm 10 \text{ kg/m}^3$) than that obtained from perlite ($y = 670 \pm 20 \text{ kg/m}^3$). Zeolite, compared to the other studied materials, is the least expandable rock, as evidenced by the high density of the material obtained after thermal treatment at $1100 \pm 20^\circ\text{C}$ ($y = 1130 \pm 20 \text{ kg/m}^3$).

The LECA-type materials obtained from raw materials treated under different temperature regimes were characterized for a range of properties: performance properties – compressive strength and water resistance coefficient (for pumice and perlite), and targeted properties – sorption capacity. The main results obtained from the study are presented in Table 3.

Table 3. Characteristic properties of porous materials artificially obtained by heat treatment

N	CHARACTERISTIC PROPERTIES	UNIT OF MEASUREMENT	NAME OF ORIGINAL RAW MATERIAL			
			Perlite	Pumice	Obsidian	Zeolitic Tuff*
1	Bulk density	Y, kg/m ³	670	430	180-200	1130-2040
2	Compression strength	P, MPa	6,8	6,2	0,12-0,14	-
3	Porosity (open)	%	18,2	18,7	0,5-1,0	-
4	Water resistance coefficient	-	0,76	0,75	-	-
5	CO ₂ adsorption	Weight gain, (%)	-	-	-	3-10

*Zeolite tuff grains processed at 330±20°C: ε = 3-5 mm, adsorption temperature 35-75°C;

For clarification, the sorption capacity of materials artificially obtained by high-temperature treatment of rocks was determined corresponding to the open porosity (for pumice and perlite), while for zeolite treated at 330 ± 20°C, it was determined by CO₂ adsorption (weight gain of the thermally treated material) within a specific temperature range (35–75°C).

Discasion

Thermal treatment of the four targeted natural rocks – pumice, perlite, obsidian, and zeolite (zeolitic tuff) – yields porous materials with different performance and sorption properties (Table 3). The differences observed can be attributed to their more or less distinct chemical compositions, which likely influenced their structural arrangement. Specifically, obsidian is an amorphous volcanic glass; perlite and pumice can be considered semi-amorphous–crystalline; while zeolitic tuff (a raw material containing clinoptilolite and clay minerals) belongs to the crystalline type. Their structural arrangement must have had a significant influence on the expansion process of the studied rocks, which is determined by the temperature at which the material reaches a pyroplastic state and the behavior of the volatile components of the LOI at that moment [5,6]. In this context, amorphous (monolithic) obsidian (LOI ≈ 0.5%) fully retains its expanding components until reaching the pyroplastic state, whereas pumice, perlite, and zeolitic tuff prematurely lose their volatile components. This is evidenced by the increase in bulk density (y) values (obsidian → pumice → perlite → zeolite), as well as by the degree of sorption capacity, which corresponds to their respective potential fields of application.

The recommended application areas for the expanded lightweight porous materials are as follows: perlite and pumice – as sorbents for polluted soils and industrial wastewater; obsidian – for the localization of spilled petroleum products and as a protective floating cover for petroleum storage tanks; zeolitic tuff – for CO₂ capture from industrial/flue gases with subsequent utilization (waste-free technology).

Conclusion

The targeted study conducted on four types of natural rocks (obsidian, pumice, perlite, and zeolitic tuff) confirmed the possibility of producing Lightweight Expanded Clay Aggregate (LECA) from them. Thermal treatment of the studied materials at different temperatures determined the conditions necessary to achieve high porosity. The determination of key performance properties (compressive strength, bulk/apparent density, water resistance) and sorption capacity/porosity allowed the evaluation of their potential as sorbents and the identification of prospective practical application areas.

The research is carried out with the financial support of the Shota Rustaveli National Science Foundation (Grant No. FR-23-15888)

Reference

1. Sorbent. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org>>
2. Sorbent – an overview. <https://www.sciencedirect.com>>
3. Thomas P. Willis (2009). *Sorbents: Properties, Materials and Applications*. Nova Science Publishers ISBN 978-1-60741-851-1
4. Yang, Ralph (2013). *Adsorbents: Fundamentals and Applications*. Hoboken.N.J.Wiley-Interscience ISBN 978-0-471-29741-3
5. Definition of Sorption (2024). Collins English Dictionary. Harper Collins. <https://www.collinsdictionary.com/us/dictionary/english/sorption>
6. Melkonyan R., Suvorova O., Makarov D., Makarova N. (2018). *Vitreous Foamed Materials: Challenges of Production and Solutions*. DOI:10.25702/K SC, 2307-5228-2018-10-1-133-156 (in Russian)

Healthcare digitalization reforms around the world and Georgia's path

KAKHABER JAKELI, TAMAR LOBJANIDZE, MARIAM LOBJANIDZE

University of Georgia

k.jakeli@ug.edu.ge

Abstract

The digitalization of the world economy has created a new opportunity for healthcare. We, all humans, long dreamed about deep personalization in healthcare. Now the time has come. Doctors can treat all humans with their unique differences, special features, and critical approaches. The development of Electro Healthcare, with telemedicine and virtual medicalization, is a way towards the personalization of healthcare. Humanity has long been moving from mass healthcare to personal issues. The conference article is devoted to a very popular topic: the virtual migration of healthcare in Georgia, with its obstacles, long-term reforms, and problems.

KEYWORDS: digitalization, e-healthcare, healthcare reforms.

Introduction

What is the goal? The development of e-health is a path towards personalized healthcare. Humanity has long been moving from mass healthcare to personal issues, and the revolution in information communications in this direction has allowed us to consider a person not as an average statistical social being, but to focus primarily on their personal health, risks, genetic and genealogical diseases, and accordingly on the issues of personalized diagnosis and organized storage and analysis.

Also, the COVID-19 outbreak in the country has confirmed the need for the development of e-healthcare in Georgia. Back in 2020, when the second phase of the coronavirus pandemic began in Georgia, remote primary healthcare teams were created, which were very effective in combating the virus, informing the population, providing consultations, and freeing up secondary healthcare. It must be said that the effective use of primary healthcare around the world has reduced the catastrophic consequences of the coronavirus and confirmed the need for the development of new healthcare information technologies. Accordingly, primary, secondary, and tertiary healthcare in Georgia today needs a well-organized model of e-healthcare that will strengthen its sustainability.

As is known, Georgia has come a long way in healthcare reform. First of all, it is interesting to analyze these reforms and then consider what healthcare will be like in Georgia, taking into account new trends and challenges. When we talk about healthcare reforms, we must take into account the economic and social foundations of these reforms in the country, as well as the country's history, people, culture, business patterns, and many other factors that shape the country's competitiveness. The attitude of the country's population towards solidarity should also be taken into account. The trust that often arises between a person and the government has a great impact on healthcare reform. Therefore, when reforming healthcare, it is necessary to know what trust is between the local population and the government, because without trust nothing will work.

If we recall Georgia's past path of healthcare reform, we will see that when Georgia became independent for the second time in 1991, it embarked on a healthcare reform agenda. If we take into account the fact that the Semashko model of centralized healthcare planning and management, which was dying in 1991, soon collapsed, we will see that the Georgian people and their healthcare leaders, already in 1993, had lost this healthcare model, which was widespread in the Soviet Union. In 1994, Georgia began creating a new healthcare system, which was a major step on the path to building an independent one. In 1994, Georgia created a state healthcare management model that provided for healthcare programs, their standardization, and state-set prices. This model was ineffective because inflation and economic recession destroyed any pricing system and made it ineffective.

Healthcare reforms in Georgia

According to Semashko's model, after the cessation of central funding from Moscow, Georgia lost the ability to provide public health care guaranteed by the Soviet Union. In the 1990s, newly independent countries rejected communism and had to question state health insurance models. As we know, Soviet health care was governed by a plan developed on a territorial basis, which assigned each citizen to a specific health care organization (Robles, 2008).

Healthcare in Georgia was planned by the territorial organizations of the state plan. Semashko's model can be described as a global healthcare model, very similar to the English "Beverage" model. It ensured universal access to healthcare services for Georgians (Collins, 2003).

Was this period good or bad for the health system? Many citizens now recall this period as a good one, as the Semashko model ensured that all citizens were protected in case of illness. There is no doubt that the Georgian health system was efficient before 1990, but it could not have been efficient because the Soviet planned economic system was not efficient (Collins, 2006).

Since then, Georgia, as an independent country, has implemented 3 waves of healthcare reforms: a) in 1994-1997, when the country attempted to create a national health insurance system but failed due to high corruption and economic instability, high inflation, and poverty; b) in 2007-2010, when the country created a liberal economic model and demanded that healthcare be driven more by market forces than by state forces; and c) when the country began to establish a universal healthcare model.

The second and third stages of healthcare reforms in Georgia

In the short period of independence, Georgia has already implemented three different types of healthcare reforms. In 1994-1997, the country's healthcare systems began to be rebuilt based on the Social Health Insurance (SHI) model, but without success. The reformers of 1994-1997 failed to understand Georgia's economic foundations. Against the backdrop of social unrest and high corruption, as well as major fiscal and monetary problems, the country's efforts to create an effective social insurance model proved futile. Since 2004, Georgian healthcare reformers have decided to use the economic theory of the great American economist, Mr. Milton Friedman, whose goal was to increase access to basic healthcare for the vulnerable segment of the population (Friedman, 1982). Healthcare reformers began their innovative implementation in 2007 and soon achieved very clear results. The country's most vulnerable citizens received affordable health care, and they were satisfied. The second health care reform, which focused on people below the poverty line, was only partially effective (Ensor & Rittmann, 1997).

In 2006-2007, a new healthcare reform began in Georgia.

The second healthcare reform had the following goals:

- ▲ Continued privatization of state healthcare ownership
- ▲ Health insurance coverage was limited to poor groups
- ▲ Private insurance companies were considered an effective management model
- ▲ Minimizing state regulation to the necessary minimum
- ▲ Public health remained the responsibility of the government (UNICEF report, 2010).

The goal was to ensure access to and widespread availability of healthcare. Government spending on healthcare (as a percentage of GDP) increased from 0.6% to 1.8% in 2010.

The zero-tolerance policy towards bribery has brought brilliant achievements to Georgia's growing state budget.

In the field of primary healthcare, healthcare facilities have developed outside Tbilisi.

What was achieved? State funding for the population increased. Private insurance companies soon began building health facilities. Some private insurers left because they were unable to manage all their obligations well. When state controllers began to audit health insurance premiums financed from the budget, they discovered evidence of embezzlement. Because the systems were so difficult to manage, health experts began to criticize the reform.

The 3rd wave of healthcare reforms in Georgia began in 2012 - in 2013, Georgia launched a new healthcare reform, created a Universal Health Coverage Program (UHCP) and took steps towards a healthcare program that would cover almost all Georgians and even foreigners. In 2013, the country's budget and financial situation were sufficient for such a big step. Today, the quality of healthcare and its sustainable development remain the main problems of the Georgian healthcare system.

The Universal Health Coverage (UHC) program in Georgia, its economic foundations and success were significant. In 2013, Georgia launched a welfare-oriented healthcare policy. The new ruling coalition, the Georgian Dream, introduced a universal healthcare program in Georgia.

Health system reforms with the Universal Health Coverage (UHC) program were introduced in Germany by Otto von Bismarck and have since been successfully developed in countries such as the United Kingdom, France, Sweden, or Turkey.

More than two million citizens of the country became beneficiaries of this model. By providing financial support to insured Georgian citizens, basic healthcare services became accessible. The universal healthcare program was extended to citizens of the country, as well as to holders of neutral identity cards/neutral travel documents. The state healthcare budget doubled during this period.

This universal healthcare model provided the following healthcare services:

- ▲ Family doctor visits,
- ▲ Emergency medical assistance,
- ▲ Inpatient treatment,
- ▲ Planned surgical operations.

Public spending and health spending increased from 1.6% of gross domestic product (GDP) in 2012 to 3% in 2017. The state health budget increased from 450 million GEL in 2012 to 1092 million GEL in 2017. In 2017, public health spending was 2.9% of GDP. Out-of-pocket payments accounted for 7% of private health spending. The percentage of out-of-pocket payments in total health spending also decreased during this period (WHO, 2020).

But since then, Georgia's healthcare model has been plagued by a number of factors. Poverty and catastrophic healthcare costs are rising in Georgia. Foreign direct investment has declined, including in the healthcare sector. Since trust in primary healthcare is very low, people are turning to secondary or tertiary healthcare providers for healthcare services.

The COVID-19 pandemic has tested the effectiveness of Georgia's healthcare system . In 2021, the number of vaccinated citizens in the country was less than 35%, which is a basis for criticism.

The path to digital healthcare worldwide

Today, the following directions of healthcare digitization are being discussed in the world, as they are important for creating high-quality healthcare services for patients. The goal being discussed is to provide personalized healthcare services to citizens of highly developed countries. Therefore, to create this new healthcare, digitization is taking place in the following directions:

a) Creation of national electronic health records (EHR) and patient portals. In order for clinicians and citizens to share a single longitudinal record, a central EHR + patient portal in countries that have excelled in healthcare digitization (e.g. Estonia) is a classic example of success.

b) Achieving interoperability in the field of health records - interoperability is achieved through digitization. Common data standards are created to ensure secure data exchange between healthcare sectors, companies and professionals - hospitals, primary healthcare, laboratories and pharmacies.

c) Tools for analysis and verification, risk and threat assessment and quantification are being created - tools for implementing digital records and measuring "meaningful use" (training, funding and regulation). The US HITECH program has dramatically accelerated EHR implementation, with funding for meaningful use and privacy rules.

d) A biometric base is being created for the development of remote telemedicine. Tele-

medicine and the creation of remote monitoring tools - it must be said that it has expanded rapidly during COVID and is now integrated into routine care methods.

e) Strengthening data protection systems - establishing frameworks for data governance, confidentiality and security - is essential for public trust and secure sharing (Djakeli , 2013).

f) Creation of patient identification, assignment of a unique code, and management systems for patient diagnosis databases based on the establishment of biometric systems - using national ID cards/authentication to provide patients with secure access and consent tools (Balabanova, et al 2008).

Why is it necessary to create a national electronic health records system?

Countries have launched Nationwide electronic health records (EHR) and patient portals. This is needed to solve a very difficult problem. The problem is that according to common practice, patients often consult several providers in different hospitals, clinics or regions, which leads to fragmented treatment and repeated tests. Consequently, fragmented treatment can harm the patient and endanger his life. To solve this problem - a national electronic health registry (EHR) ensures that all providers have access to the same up-to-date medical information (diagnoses, allergies, medications, laboratory results, imaging, etc.).

EHR reduces duplication in diagnosis and treatment, eliminates medical errors, and eliminates inaccuracies and delays in diagnosis.

If countries create an EHR system, they will improve patient safety and quality. There is also another problem: medical diagnoses and records on paper, including isolated digital systems, can lead to incorrect medication administration, which can be fatal for the patient. Of particular importance is the fact that standardized, digital records with built-in notifications (e.g., drug interactions, allergies) improve safety and evidence-based decision-making in healthcare.

- Cost-effectiveness and cost-savings in healthcare systems are a very important issue. The problem is that improper planning and improper logistics in healthcare, which lead to repeated tests, unnecessary hospitalizations and administrative costs, cost healthcare billions of dollars annually, as well as great moral and physical harm to patients. .

Because electronic health records (EHRs) simplify documentation, billing, and coordination—saving time for care and reducing costs for patients and payers—they are a key enabler of healthcare reform. They are essential for public health and research. The problem is that without integrated data, it is difficult to track disease trends and developments. For example, it is difficult to respond quickly to outbreaks (as was the case with COVID-19).

That's why national electronic health records allow for large-scale, anonymized data to support real-time surveillance, early outbreak detection, and health research.

Today's healthcare systems require well-informed and well-prepared patients. Hence the need for patient empowerment. The challenge is that patients often do not have easy access to their medical information. Therefore, once an electronic health record system is in place, all patients have access to their records. Patient portals allow individuals to view their records, schedule appointments, ask questions , and communicate with providers – all of which promote active participation and health literacy.

One of the main issues is the interoperability and portability of records. The problem is that current electronic health record systems often do not “talk” to each other, even between organizations. Therefore, electronic records provide interoperability, which allows health data to follow the patient - which is critical for emergency situations, displacement and disaster response. Health policy and equity are also important issues. Since unequal access to quality health information exacerbates inequalities, some equity should be achieved through electronic records. Since unified, accessible electronic health records facilitate equitable care across socioeconomic, geographic and institutional boundaries, this ensures equity. Thus, national electronic health records create a connected, efficient, secure and patient-centered health system that supports both individual care and improved public health outcomes.

Georgia's place in today's digital healthcare systems

Georgia already has a national e-Health / HMIS platform with multiple modules (financial/statistical reporting, electronic medical record (EMR) capabilities, citizen/patient modules, pharmaceutical and licensing modules, birth/death registration). The Ministry of Health’s e-Health website and HMIS pages display active modules and ongoing developments (EMR, patient modules, financing/administration).

This means: Georgia has the digital foundations (national platform and modules) – so the task is to scale, improve interaction, privacy, clinician workflows, and citizen-centric services instead of starting from scratch.

What does Georgia's electronic healthcare system need in the future?

The system needs to develop a personalized healthcare model, which requires: analytics, population health, and AI pilots Aggregated, de-identified HMIS data for planning, early warning, and targeted prevention (e.g., diabetes trends). Why: Shift from response to prevention and efficient resource allocation.

Citizen-centric services and digital inclusion – without fragmentation, a joint patient portal, mobile access, multilingual support, and offline access paths for rural/elderly populations should be created.

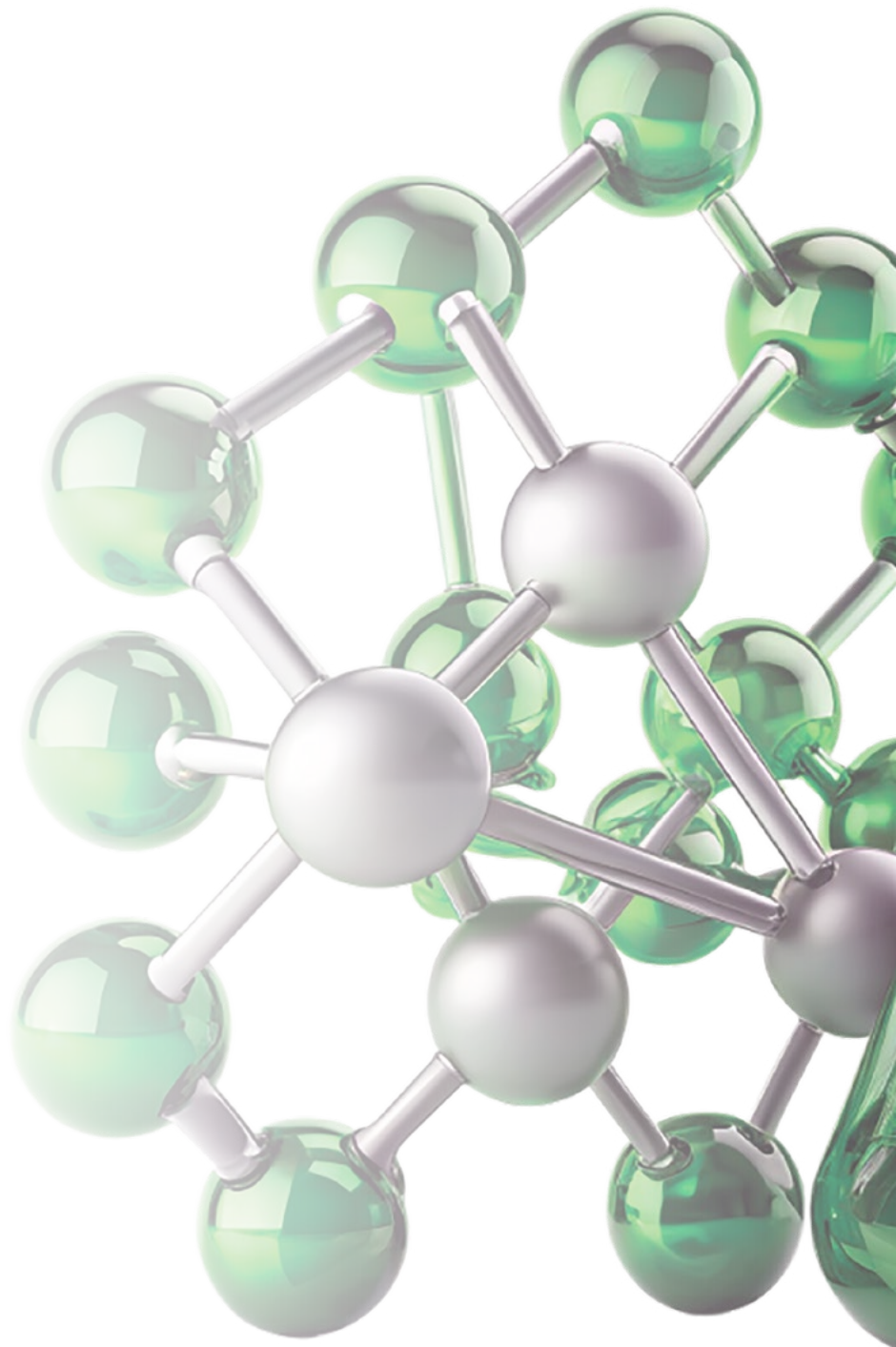
The main challenges for the system are avoiding fragmentation and digital exclusion. The system's opportunities are: user research + gradual application improvement.

Conclusion

Given the history of healthcare in Georgia, the development of electronic healthcare systems is a key task. To rationally establish the system, citizen-oriented services and digital inclusion should be achieved. An important task is to create a joint patient portal, mobile access, multilingual support and offline access for the rural/elderly population without fragmentation. The system should ensure the prevention of fragmentation and digital exclusion. The system’s opportunities are: providing users with the means to study their own healthcare records and verify their diagnoses, by involving all digital communication channels (Abihiro & De Allegri, 2015).

Bibliography

1. Abihiro, GA, De Allegri, M. (2015). *Universal Health Coverage from Multiple Perspectives: A Synthesis of Conceptual Literature and Global Debates*. *BMC International Health and Human Rights*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12914-015-0056-9>.
2. Balabanova, D., McKee, M., Koroleva, N., Chikovani, I., Gogvadze, K., Kobaladze, T., Adeyi, O., & Robles, S. (2008). Navigating the health system: diabetes care in Georgia. *Health Policy and Planning*, 24(1): 46-54. <https://doi.org/10.1093/heapol/czn041>.
3. Collins, T. (2003). The aftermath of health sector reform in the Republic of Georgia: Effects on People's Health. *Journal of Community Health*, 28(2): 99-113. <https://doi.org/10.1023/a:1022643329631>.
4. Collins, T. (2006). The Georgian Healthcare System: Is It Reaching the WHO Health System Goals? *The International Journal of Health Planning and Management*, 21(4): 297-312. <https://doi.org/10.1002/hpm.853>.
5. Djakeli (2013). Analyzing Success and Failure of Two Health Reforms in Independent Georgia. *Journal of Business*, 2 (2): 5-14. <https://jb.ibsu.edu.ge/jms/index.php/jb/article/view/56>
6. Ensor, T., & Rittmann, J. (1997). Reforming health care in the republic of Kazakhstan. *The International Journal of Health Planning and Management*, 12(3): 219-234. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-1751\(199707/09\)12:3<219::aid-hpm482>3.0.co;2-i](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1751(199707/09)12:3<219::aid-hpm482>3.0.co;2-i).
7. Friedman, M. (1982). *Capitalism and Freedom*. London: The University of Chicago Press.



ა(ა)იპ ორგანიზაცია „ქიმია და ადამიანის
ჯანმრთელობა“



(+995) 558108069



chem.hum.health@gmail.com



თბილისი. ვაჟა-ფშაველას მე-3 კვარტალი,
23 კორპუსი