

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე  
PROCEEDINGS OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИИ

**ქიმიის სერია**

**CHEMICAL SERIES**

**СЕРИЯ ХИМИЧЕСКАЯ**

**ISSN – 0132 – 6074**

**2017 № 3 - 4**

**ტომი**

**Volume 43**

**Том**

**თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ**

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე  
PROCEEDINGS OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИИ

**ქიმიის სერია**

**CHEMICAL SERIES**

**СЕРИЯ ХИМИЧЕСКАЯ**

**ISSN – 0132 – 6074**

**2017 № 3 - 4**

**ტომი  
Volume 43**

**Том**

**თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ**

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე  
PROCEEDINGS OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИИ

ქიმიის სერია  
**CHEMICAL SERIES**  
**СЕРИЯ ХИМИЧЕСКАЯ**

---

ISSN – 0132 – 6074

ტომი

Volume 43 № 3 - 4

Том

ჟურნალი დაარსდა 1975 წელს  
The Journal is founded in 1975  
Журнал основан в 1975 году

წელიწადში 4 ნომერი  
4 numbers annually  
4 номера в год

თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2017

## სარედაქციო კოლეგია

გ.თავაძე, ი.ჟორდანია, შ.სამსონია, ე.ქემერტელიძე, გ.ცინცაძე, ვ.ციციშვილი (რედაქტორი),  
თ.აგლაძე, ა.ბაკურიძე, ზ.ფაჩულია

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიების განყოფილება  
თბილისი, რუსთაველის გამზირი 52  
პასუხისმგებელი მდივანი რ.ცისკარიშვილი, მდივანი ქ.ებრალიძე  
პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი  
0186 თბილისი, პოლიტკოვსკაიას ქ. № 5; ტელ. 254-15-62; ელ.ფოსტა: chematsne@posta.ge  
ჟურნალის ელექტრონული ვერსია (ტომი 33, № 1-დან) იხილეთ ვებ-გვერდზე: www.ipoc.org.ge  
სტატიების რეზიუმეებს აქვეყნებს Chemical Abstracts\* და საქართველოს რეფერატიული ჟურნალი\*\*

## EDITORIAL BOARD

E.Kemertelidze, I.Jordania, Sh.Samsoniya, G.Tavadze, G.Tsintsadze, V.Tsitsishvili (Editor),  
T.Agladze, A.Bakuridze, Z.Pachulia

Georgian National Academy of Sciences, Department of Chemistry and Chemical Technologies  
52 Rustaveli av., Tbilisi  
Executive Secretary R.Tsiskarishvili, K.Ebralidze  
Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry  
5 Politkovskaia str., Tbilisi 0186; tel.: 254-15-62; e-mail: chematsne@posta.ge  
Digital version of Proceedings (from volume 33, No 1) see at web-site www.ipoc.org.ge  
Abstracts of articles are published in Chemical Abstracts\* and Georgian Abstracts Journal\*\*.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И.С.Жордания, Э.П.Кемертелидзе, Ш.А.Самсония, Г.Ф.Тавадзе, Г.В.Цинцадзе,  
В.Г.Цицишвили (редактор), Т.Р.Агладзе, А.Дж.Бакуридзе, З.В.Пачулия

Национальная Академия наук Грузии, Отделение химии и химических технологий  
Тбилиси, проспект Руставели 52  
Ответственный секретарь Р.П.Цискаришвили, секретарь К.Г.Эбралидзе  
Институт физической и органической химии им. П.Г.Меликишвили  
0186 Тбилиси, ул. А.Политковской 5; тел. 254-15-62; эл.почта: chematsne@posta.ge  
Электронную версию журнала (начиная с тома 33, № 1) смотрите на веб-сайте www.ipoc.org.ge  
Резюме статей публикуются в Chemical Abstracts\* и Грузинском реферативном журнале \*\*

\* 2540 Olentangy River Road, P.O. Box 3012, Columbus, OH 43210-0012, USA, American Chemical Society  
\*\* LERL TECHINFORMI, <http://www.tech.org.ge>; [www.tech.caucasus.net](http://www.tech.caucasus.net)

**შინაარსი**

**ანალიზური ქიმია**

*ნ.ამაშუკელი, მ.მახვილაძე.* ქემომეტრიკა წამლების სტანდარტიზაციაში\* 304

*ნ.მგალობლიშვილი, ნ.თელია, შ.ჯაფარიძე.* კობალტის განსაზღვრის ფოტომეტრული მეთოდი როდანიის ნაწარმების გამოყენებით\* 307

**არაორგანული ქიმია**

*ი.დიდბარიძე, ბ.გოგიჩაიშვილი, მ.რუსია, ნ.ბრეგაძე, ლ.ხვიჩია, ე.ვაშაყმაძე.* d-მეტალთა ტეტრათიორსენატების თერმული დაშლა გახურებისას 308

*ვ.რუხაძე, ი.ქაბუშაძე, მკუხალაშვილი.* თუთიის სულფიდის სინთეზის სარეაქციო არის pH-ის გავლენა მის პიგმენტურ თვისებებზე 314

**ელექტროქიმია**

*ი.ა.გურგენიძე, თ.რ.ჭელიძე, შ.ს.ჯაფარიძე, დ.ჯ.თედიაშვილი, ს.თ.შიგარდელაშვილი.* გამხსნელის ბუნების გავლენა მელიტის მჟავას ელექტროქიმიურ ქცევაზე\* 320

**ფიზიკური ქიმია**

*ვ.ციციშვილი, ნ.დოლაბერიძე, მ.ნიჟარაძე, ნ.მირძველი.* FER ტიპის ცეოლითის სინთეზი\* 325

*მ.წეროძე, ზ.ავალიშვილი, თ.ფხალაძე, ს.ზასლავსკი, ნ.ლოლაძე.* მურის სტრუქტურის ცვლილების კინეტიკის კვლევა მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში ალმასწარმოქმნის შესაძლებლობის თვალსაზრისით\* 328

*ც.ბასილაძე, გ.შანიძე, მ.მამარდაშვილი, ნ.ვეირკველია, ს.ტაბატაძე.* ახალი, ეკონომიური და სწრაფი მეთოდის დამუშავება ოზონის კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის 329

**მათემატიკური ქიმია**

*ნ.მეგრელიშვილი, მ.გვერდწითელი, შ.სამსონია, ი.ჩიკვაძე.* 5(პ-ნიტროფენილთიო)-ინდოლ-2-კარბონმჟავას ზოგიერთი ნაწარმის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა ქვაზი-ანზ-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში 332

*ი.ჩიკვაძე, შ.სამსონია, ნ.ჩიკვაძე, ზ.ფაჩულია, მ.გვერდწითელი.* პ-ნიტროაცეტოფენონის ზოგიერთი არილჰიდრაზონის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა 335

**მაღალმოლეკულური ნაერთები**

*მ.ქარჩხაძე, ა.მსხილაძე.* იმპლანტანტების გამოყენება გულ-სისხლძარღვთა სისტემაში 337

**ბიოლოგიურად აქტიური და ბუნებრივი ნაერთები**

*ნ.კუტალაძე, ა.ცინცილაძე.* სოიოს მარცვლისაგან მიღებული ცილოვანი პროდუქციის გამოყენების მნიშვნელობა ბავშვთა კვების პროდუქტთა ბიოლოგიური ღირებულების ამაღლებისათვის 341

*ლ.კინწურაშვილი.* ლაპაკანიტინის რაოდენობრივი ანალიზის ქრომატოსპექტროფოტომეტრული მეთოდიკა საქართველოში გავრცელებული Aconitum nasutum Fisch. ex Reichenb.- ეშმაკის ქოშის მიწისქვეშა ორგანოებში\* 345

*ქ.შალაშვილი, მ.ალანია, მ.სუთიაშვილი, ნ.ქავთარაძე, ჯ.ანელი.* საქართველოში მოზარდი ზოგიერთი მცენარის წინასწარი გამოკვლევა ფლავონოიდებისა და ტრიტერპენების შემცველობაზე\* 353

\* რეზიუმე

|  |     |
|--|-----|
| <i>პ.იავიჩი, მ.კახეთელიძე, ლ.ჭურაძე, მ.გაბელაია, ნ.გორგასლიძე.</i> კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის დაავადებების სამკურნალო პოტენციური საშუალებებიდან მცენარეული წარმოშობის ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ჯამის გამონთავისუფლების კვლევისთვის*   | 357 |
| <i>თ.კვარაცხელია, ლ.წიკლაური, ე.ქემერტელიძე.</i> ნეფროპროტექტორული ბიოფლავონოიდის ტექნოლოგიური თვისებების შესწავლა*  | 362 |
| <b>გარემოს ქიმია</b>   |     |
| <i>ნ.კუჭავა.</i> ლურჯ - მწვანე წყალმცენარის <i>Spirulina platensis</i> ბიომასის ცვლილებაზე მკვებავ გარემოში ერთდროულად ჩატვირთული Cr (III) და Se (IV) ზეგავლენის შესახებ   | 363 |
| <i>ნ.ასათიანი, თ.ქართველიშვილი, მ.აბულაძე, ლ.ასანიშვილი, მ.ოსეფასვილი, ნ.საპოჟნიკოვა.</i> მანგანუმისა და ქრომის მცირე დოზების ერთდროული მოქმედების ტოქსიკური ეფექტის შეფასება ბაქტერიალურ კულტურებზე   | 367 |
| <b>ქიმიური ეკოლოგია</b>  |     |
| <i>ე.კირკესალი, თ.ყალაბეგიშვილი, ლ.ტულუში, ე.გინტური, ა.რჩეულიშვილი, ნ.კუჭავა, ე.ელალუტაშვილი, ნ.ბაღდავაძე, ო.რჩეულიშვილი.</i> საქართველოს ატმოსფერულ ნალექებში ზოგიერთი ქიმიური ელემენტის აკუმულაციის შესწავლა ხავსების ბიომონიტორინგისა და ატომური აბსორბციული სპექტრომეტრიის გამოყენებით        | 373 |
| <b>ქიმიური ტექნოლოგია</b>  |     |
| <i>თ.რუხაძე, ლ.ოსაძე.</i> კირის რძის ხარისხის გავლენა შაქრის ტექნოლოგიაზე  | 383 |
| <i>ლ.ახვლედიანი, მ.მიქაბერიძე, დ.რამაზაშვილი.</i> საკონსტრუქციო ფოლადების ანოდური დაცვა გოგირდმჟავას შემცველ ტექნოლოგიურ ხსნარებში   | 389 |
| <i>გ.კანდელაკი, მ.ზუზარიაშვილი, მ.ხაჩიძე.</i> ულტრაბგერითი და ელექტროლიზური ექსტრაქციის მეთოდით სტევიას მშრალი ექსტრაქტის მიღება   | 393 |
| <i>ხ.ნოზაძე, დ.ჯინჭარაძე, ლ.ებანოიძე, ნ.ბოკუჩავა.</i> სახის კანის გამწმენდი კოსმეტიკური რძე  | 397 |
| <i>ლ. ჭურაძე, პ.იავიჩი, მ.კახეთელიძე, მ. გაბელაია.</i> მცენარეული ნედლეულის ნატივური ფორმის შემცველი, სამკურნალო- პროფილაქტიკური კბილის ფხვნილის რეცეპტურის და ტექნოლოგიის შემუშავება  | 400 |
| <i>ვ.ციციშვილი, ნ.დოლაბერიძე, მ.ნიჟარაძე, ნ.მირძველი, ჰ.ალემ-მარშანი.</i> LTA ტიპის ცეოლითის ერთსტადიანი სინთეზი*  | 407 |
| <i>ნ.ბიბილური, დ.ერისთავი, ა.გოგიშვილი, შ.ანდლულაძე, ნ.კუციავა, მ.ქავთარაძე, მ.გუგეშიძე, ჯ.ქერქაძე, ე.მაცაბერიძე, ნ.რაჭველიშვილი.</i> მადნეულის პოლიმეტალური საბადოს კარიერული გრუნტული წყლების მძიმე მეტალების სულფატებისაგან გაწმენდის მეთოდი, მეტალთა სუფთა სახით შემდგომი სელექტიური ამოღებით* | 412 |
| <i>კ.ხაჩატურიანი, ნ.გეგია, გ.ენუქიძე, თ.გურული.</i> ასპინძის პერლიტის ტექნოლოგიური შესწავლა*   | 417 |
| <i>ა.ფაშაევი, ო.დავარაშვილი, მ.ენუქაშვილი, ზ.ახვლედიანი, ლ.ბიჩკოვა, მ.მაგანია, ვ. ზლომანოვი.</i> A <sup>IV</sup> B <sup>VI</sup> ნახევარგამტარების დამაბული ნანოფენების ოპტიკური პარამეტრების ახალი ანალიზი*   | 426 |
| <b>ინფორმაცია ავტორებისათვის</b>   | 427 |

## CONTENTS

|   |     |
|---|-----|
| <b><u>ANALITICAL CHEMISTRY</u></b>  |     |
| <i>N.Amashukeli, M.Makhviladze.</i> Chemometrics in Drug Standardization  | 301 |
| <i>N.Mgaloblishvili, N.Telia, Sh.Japaridze.</i> Photometric Method to Determine Cobalt by Using Rhodanine Products*   | 307 |
| <b><u>INORGANIC CHEMISTRY</u></b>   |     |
| <i>I.Didbaridze, B.Gogichaishvili, M.Rusia, N.Bregadze, L.Khvichia, E.Vashakmadze.</i> Thermic Destruction of d-Metal Tetrathioarsenates(V) Under Heating*  | 313 |
| <i>V.Rukhadze, I.Kamushadze, M.Kukhalashvili.</i> Influence of pH on Synthesis of Sulfide of Zinc and on Its Pigmentary Properties*   | 317 |
| <b><u>ELECTROCHEMISTRY</u></b>  |     |
| <i>I.A.Gurgenidze, T.R.Chelidze, Sh.S.Japharidze, D.J.Tediashvili, S.T.Shigardelashvili.</i> The Influence of Nature of the Solvent on Electrochemical Behavior of Mellitic Acid  | 318 |
| <b><u>PHYSICAL CHEMISTRY</u></b>  |     |
| <i>V.Tsitsishvili, N.Dolaberidze, M.Nijaradze, N.Mirdzveli.</i> Synthesis of FER Type Zeolite   | 321 |
| <i>M.P.Tserodze, Z.A.Avalishvili, T.B.Phaladze, S.I.Zaslavsky, N.T.Loladze.</i> Investigation the Kinetics of the Structural Formation of Carbon-Black Under High Pressure and Temperatures Conditions from the View of Diamond Crystallization*                    | 328 |
| <i>Ts.Basiladze, G.Shanidze, M.Mamardashvili, N.Kvirkvelia, S.Tabatadze.</i> Elaboration of New, Economic and Rapid Method for Determination of Ozone Concentration*  | 331 |
| <b><u>MATHEMATICAL CHEMISTRY</u></b>  |     |
| <i>N.Megrelishvili, M.Gverdtsiteli, Sh.Samsonia, I.Chikvaidze.</i> Mathematical-Chemical Investigation of 5(p-Nitrophenylthio)-indole-2-carboxylic Acid Within the Stope of Quasi-ANB-Matrices Method*  | 334 |
| <i>I.Chikvaidze, Sh.Samsonia, N.Chikvaidze, Z.Pachulia, M.Gverdtsiteli.</i> Mathematical-Chemical Investigation of Some Aryhydrazones of p-Nitroacetophenone*   | 336 |
| <b><u>MACROMOLECULAR COMPOUNDS</u></b>  |     |
| <i>M.Karchkhadze, A.Mskhiladze.</i> Application of Implants in the Cardiovascular System*   | 340 |
| <b><u>NATURAL &amp; BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS</u></b>   |     |
| <i>N.Kutaladze, A.Tzintskiladze.</i> Soya Utilization to Increase Value of Childrens Food Ration*   | 342 |
| <i>L.Kintsurashvili.</i> Chromatospectrophotometrical Method of Quantitative Analysis of Lapaconitinum in Underground Parts of <i>Aconitum nasutum Fisch. ex Reichenb.</i> , Growing in Georgia*  | 345 |
| <i>K.Shalashvili, M.Alania, M.Sutiashvili, N.Kavtaradze, J.Aneli.</i> Preliminary Research of Some Plants Growing in Georgia on the Content of Flavonoids and Triterpenoids*  | 353 |
| <i>P.A.Yavich, M.B.Kakhetlidze, L.I.Churadze, M.A.Gabelaia, N.S.Gorgaslidze.</i> For the Study Regarding Release of the Sums of Biologically Active Substances of Vegetable Origin out of Potential Agents for Treatment of Diseases of the Gastrointestinal Tract* | 357 |
| <i>T. Kvaratskhelia, L.Tsiklauri, E.Kemertlidze.</i> Investigation of Technological Properties of Nephroprotective Bioflavonoid   | 358 |

\* Summary



**ENVIRONMENTAL CHEMISTRY**

*N.Kuchava.* On Interaction of Simultaneously Loaded Cr(III) and Se(IV) in Nutrient Medium on the Change of Blue-Green Algae *Spirulina platensis*\* 366

*N.Asatiani, T.Kartvelishvili, M.Abuladze, L.Asanishvili, M.Osepashvili, N.Sapojnikova.* Estimation of Toxic Effects of Low Doses Manganese and Chromium Dual-Action on Bacterial Cultures\* 372

**CHEMICAL ECOLOGY**

*E.Kirkesali, T.Kalabegishvili, L.Tugushi, E.Ginturi, A.Rcheulishvili, N.Kuchava, E.Gelagutashvili, N.Bagdavazde, O.Rcheulishvili.* Study of Accumulation of Some Chemical Elements in the Atmospheric Sediments of Georgia by the Method of Mosses Biomonitoring Using Atomic Absorption Spectrometry\* 382

**CHEMICAL TECHNOLOGY**

*T.Rukhadze, L.Osadze.* How the Quality of Lime Milk Effects the Sugar Technology\* 388

*L.Akhvlediani, M.Mikaberidze, D.Ramazashvili.* Anodic Protection of Constructional Steels in Sulfuric Acid Technology Solutions\* 392

*G.Kandelaki, M.Buzariashvili, M.Khachidze.* Receiving of Dry Extracts of Stevia by Using Ultrasonic and Electrolisis Extraction Methods\* 396

*Kh.Nozaдзе, D.Jincharadze, I.Ebanoidze, N.Bokuchava.* Face Cleansing Cosmetic Milk\* 399

*L.Churadze, P.Iavich, M.Kakhetelidze, M.Gabelaia.* Development of the Recipe and Technology of Therapeutic Prophylactic Tooth Powder Containing Vegetable Material\* 404

*V.Tsitsishvili, N.Dolaberidze, M.Nijaradze, N.Mirdzveli, H.Alem-Marchand.* One-Step Synthesis of LTA Type Zeolite 405

*N.Bibiluri, D.Eristavi, A.Gogishvili, Sh.Andguladze, N.Kutsiava, M.Kavtaradze, M.Gugeshidze, J.Qerkadze, E.Matsaberidze, N.Rachvelishvili.* Method of Purifying Open Pit Ground Water of Madneuli Polymetallic Deposit From Sulphates of Heavy Metals with the Following Selective Extraction of Pure Metals\* 412

*K.Khachaturian, N.Gegia, G.Enukhidze, T.Guruli.* Technological Study of Aspindza Perlite\* 417

*A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, L.P.Bychkova, M.A.Dzagania, V.P.Zlomanov.* New Analysis of Optical Parameters of the Strained Nanolayers of IV-VI Semiconductors\* 426

**INFORMATION for AUTHORS** 427

---

\* Summary



## СОДЕРЖАНИЕ

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*Н.Амашукели, М.Махвиладзе.* Хемометрия в стандартизации лекарств\* 304

*Н.О.Мгалоблишвили, Н.М.Телия, Ш.С.Джапаридзе.* Фотометрическое определение кобальта с использованием производных роданина 305

**НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*И.С.Дидбаридзе, Б.А.Гогичаишвили, М.Ш.Русия, Н.Л.Брегадзе, Л.А.Хвичия, Э.Г.Ваашакмадзе.* Термическое разложение тетраортоарсенатов(V) d-металлов при нагневании\* 313

*В.Рухадзе, И.Камушадзе, М.Кухалашвили.* Влияние рН на синтез сульфида цинка и его пигментные свойства\* 317

**ЭЛЕКТРОХИМИЯ**

*И.А.Гургенидзе, Т.Р.Челидзе, Ш.С.Джапаридзе, Д.Дж.Тедиашвили, С.Т.Шигарделашвили.* Влияние природы растворителя на электрохимическое поведение мелитовой кислоты\* 320

**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*В.Г.Цицишвили, Н.М.Долаберидзе, М.О.Нижарадзе, Н.А.Мирдзвели.* Синтез цеолита типа FER\* 325

*М.П.Церодзе, З.А.Авалишвили, Т.Б.Пхаладзе, С.И.Заславский, Н.Т.Лоладзе.* Исследование кинетики структурообразования сажи в условиях высоких давлений и температур в свете возможности алмазообразования 326

*Ц.М.Басиладзе, Г.В.Шанидзе, М.И.Мамардашвили, Н.М.Квирквелия, С.В.Табатадзе.* Разработка нового, сравнительно экономичного метода определения концентрации озона\* 331

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*Н.Мегрелишвили, М.Гвердцители, Ш.Самсония, И.Чикваидзе.* Математико-химическое исследование некоторых производных 5(п-нитрофенилтио)индол-2-карбоновой кислоты в рамках метода квази-АНС-матриц\* 334

*И.Чикваидзе, Ш.Самсония, Н.Чикваидзе, З.Пачулия, М.Гвердцители.* Математико-химическое исследование некоторых арилгидразонов п-нитроацетофенона\* 336

**ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

*М.Г.Карчхадзе, А.А.Мсхиладзе.* Применение имплантантов в сердечно-сосудистой системе\* 340

**ПРИРОДНЫЕ и БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

*Н.Куталадзе, А.Цинскиладзе.* Значение применения белковой продукции, полученной от зерна сои, для повышения биологической ценности продуктов детского питания\* 342

*Л.Г.Кинцурашвили.* Хромато-спектрофотометрический метод количественного анализа лаппаконитина в подземных органах *Aconitum nasutum* Fisch. ex Reichenb., произрастающего в Грузии 343

*К.Шалашвили, М.Алания, М.Сутиашвили, Н.Кавтарадзе, Дж.Анели.* Предварительное исследование на содержание флавоноидов и тритерпеноидов некоторых растений, произрастающих в Грузии 346

---

\* Резюме

*П.А.Явич, М.Б.Кахетелидзе, Л.И.Чурадзе, М.А.Габелая, Н.С.Горгаслидзе.* К исследованию высвобождения суммы биологически активных веществ растительного происхождения из потенциальных средств для лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта 354

#### **ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Н.Кучава.* О взаимодействии одновременно загруженных в питательной среде Cr(III) и Se(IV) на изменение биомассы сине-зеленой водоросли *Spirulina platensis*\* 366

*Н.Асатиани, Т.Картвелишвили, М.Абуладзе, Л.Асанишвили, М.Осепашвили, Н.Сапоженикова.* Оценка токсического эффекта низких концентрации марганца и хрома при одновременном действии на бактериальные культуры\* 372

#### **ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ**

*Е.И.Киркесали, Т.Л.Калабегишвили, Л.С.Тугуши, Э.Н.Гинтури, А.Н.Рчеулишвили, Н.Е.Кучава, Е.С.Гелагуташивили, Н.В.Багдавадзе, О.А.Рчеулишвили.* Исследование аккумуляции некоторых химических элементов в атмосферных осадках на территории Грузии с использованием биомониторинга мхов и метода атомно-абсорбционной спектрометрии\* 382

#### **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

*Т.Рухадзе, Л.Осадзе.* Влияние качества известкового молока на технологию сахара\* 388

*Л.Ахвледiani, М.Микаберидзе, Д.Рамазашивили.* Анодная защита конструкционных сталей в сернокислых технологических растворах\* 392

*Г.Канделаки, М.Бузаришвили, М.Хачидзе.* Способ получения сухого экстракта стевии ультразвуковой и электролизной экстракцией\* 396

*Х.Г.Нозадзе, Д.Г.Джинчарадзе, Л.О.Эбаноидзе, Н.В.Бокучава.* Косметическое молоко для очистки кожи\* 399

*Л.И.Чурадзе, П.А.Явич, М.Б.Кахетелидзе, М.А.Габелая.* Разработка рецептуры и технологии лечебно-профилактических зубных порошков содержащих лекарственные растения в нативной форме\* 404

*В.Г.Цицишвили, Н.М.Долаберидзе, М.О.Нижарадзе, Н.А.Мирдзвели, Х.Алем-Маршан.* Одностадийный синтез цеолита типа LTA\* 407

*Н.Ш.Бибилури, Д.В.Эристава, А.Р.Гогвишвили, Ш.Н.Андгуладзе, Н.А.Куцава, М.Л.Кавтарадзе, М.К.Гугешидзе, Д.В.Керкадзе, Е.Л.Мацаберидзе, Н.Д.Рачвелишвили.* Метод очистки грунтовых карьерных вод Маднеульского полиметаллического месторождения от сульфатов тяжелых металлов с последующим селективным извлечением металлов в чистом виде 408

*К.К.Хачатурян, Н.А.Гегия, Г.Ш.Энукидзе, Т.С.Гурули.* Технологическое изучение Аспиндзского перлита 413

*А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледiani, Л.П.Бычкова, М.А.Дзгания, В.П.Зломанов.* Новый анализ оптических параметров напряженных нанослоев полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  418

## ANALYTICAL CHEMISTRY

## CHEMOMETRICS IN DRUG STANDARDIZATION

Natia Amashukeli, Maia Makhviladze  
*Georgian Technical University*

Chemometric techniques provide a good opportunity for mining more useful chemical information from the original data. Comprehensive methods and hyphenated techniques associated with chemometrics used for extracting useful information and supplying various methods of data processing are now more and more widely used in medicinal plants, among which chemometrics resolution methods and principal component analysis (PCA) are most commonly used techniques. This review focuses on the recent various important analytical techniques, important chemometrics tools and interpretation of results by PCA, and applications of chemometrics in quality evaluation of medicinal plants in the authenticity, efficacy and consistency

World Health Organization (WHO) [2] provides guidelines for the assessment of the quality of Herbal medicines (HMs). Now, one or two markers or pharmacologically active components in herbs or herbal mixtures are currently employed for evaluating the quality and authenticity of herbal medicines. However, this kind of determination does not give a complete overview of an herbal product [1], because multiple constituents are usually accountable for its therapeutic actions and effectiveness. These multiple constituents may work 'synergistically' and could hardly be separated into active parts [2]. There are various techniques that are used for this sort of determination like high-performance liquid chromatography (HPLC), gas chromatography (GC), ultra-high performance liquid chromatography (UHPLC) and thin layer chromatography (TLC). Moreover, the recent approaches including hyphenated chromatography and spectroscopy like high-performance liquid chromatography-diode array detection (HPLC-DAD), gas chromatography-mass spectrum analysis (GC-MS), capillary electrophoresis-diode array detection (CE-DAD), HPLC-MS and HPLC-nuclear magnetic resonance (NMR) might give the additional spectral information which may be helpful for the qualitative and quantitative analysis and even for the structural elucidation. With spectral information, the hyphenated instruments show greatly improved performances in terms of the elimination of the instrumental interferences, retention time shift correction, selectivity, chromatographic separation abilities, measurement and precision. Since complicated data from these techniques cannot be evaluated easily, we need data processing techniques for this purpose. These techniques provide a good opportunity for mining more useful chemical information from original information-rich data. Chemometrics is the application of mathematical and statistical techniques to retrieve more information from the chromatographic data [4-6]. The International Chemometrics Society (ICS) defines chemometrics as the science of relating measurements made on a chemical system or process to the state of the system via application of mathematical or statistical methods [7]. It promotes equipment intellectualization and offers new ideas and methods for the construction of new and high-dimensional and hyphenated equipments. Furthermore, with the rapid development of the microcomputer and retrieval of the analysis of high dimensional data, artificial neural networks, research of artificial intelligence of chemistry and expert systems have made great progress. With the development of analytical chemistry, chemometrics is also being developed vigorously [8,9]. With the advance of computer technology, chemometrics methods have become a leading tool among the scientific communities towards faster analysis results and shorter product development time. Among others, an unsupervised pattern recognition technique such as principal component analysis (PCA) is the most often used method for handling multivariate data without prior knowledge about the studied samples. While the supervised classification procedure using soft independent modeling of class analogy (SIMCA) based on making a PCA model to assign unknown samples into the predefine class model has also been applied to the analysis. Thus, the application of chemometrics techniques will greatly improve the quality of the fingerprint obtained [4,9,10].

Furthermore, multivariate methods that are used to extract the information from the chromatographic data like pretreatment of chromatogram, multivariate resolution methods and various classification and discrimination methods applied in the chemical analysis of herbal drugs have been discussed. In the final part is discussed its application in herbal drug standardization with respect to authenticity and

determination of chemical components by analytical techniques, especially on the use of chemometrics in combination with chromatographic fingerprint for quality evaluation based on active ingredients.

Herbal drugs may contain a large number of compounds even though many of them are present in low concentrations but they may be important in terms of quality, safety and efficacy of the herbal medicines because they show synergistic effects and their therapeutic actions are based on interaction between numerous constituents. In order to evaluate the complete pattern of herbal medicine, chromatography offers a powerful tool for separating the individual components and developing a characteristic profile of the sample, called a fingerprint. This section basically deals with different chromatographic techniques used for herbal fingerprinting and their advantages and disadvantages. Thin layer chromatography is a technique used for fast screening of samples to identify herbal products and to differentiate between herbal species [13–16]. One of the major advantages of TLC is its tractability to optimize operational parameters, such as the sample application, plate collects information from the eluting compounds while a fingerprint is recorded. In 2D chromatography, fractions eluting from a first chromatographic system are chromatographed on a second system having different separation properties resulting in increased the peak capacity of entire separation. To reveal all characteristics of complex HDs, 2D chromatography was proposed. With the development of 2D chromatographic systems, a new era in herbal fingerprinting has been clicked. The main advantage of 2D chromatography over conventional one dimensional chromatography is to obtain high peak capacity which theoretically equals to the product of the peak capacities of two individual dimensions. However, a major limitation is very long time span needed to reach this maximum capacity [9]. Literature review reveals that 2D chromatography has been used with different techniques such as 2D TLC [10], 2D HPLC [11], 2D GC and 2D chromatography combining size-exclusion and RPLC [11].

Common chemometric tools used in chemical analysis of herbal drugs As is known, HPLC is extensively applied for quality control of herbal drugs due to its sensitivity, superior precision, high resolution and extensive applicability. LC–MS, GC–MS, and LC– NMR have been increasingly used in complex chemical identification of HDs [12]. This advancement in instrumentation is able to generate enormous amounts of data which record small differences between samples and this enables us to provide large implications for the discrimination of herbal plants. Before analyzing data, pretreatment of data is essential because unknown components or unclear interferences cause overlapped peaks and shifted baseline. Thus, here various commonly used chemometric techniques in herbal drug standardization (HDS) such as PCA, linear discriminate analysis (LDA), spectral correlative chromatography (SCC), information theory (IT), local least square (LLS), heuristic evolving latent projections (HELP) and orthogonal projection analysis (OPA) were discussed. To eliminate or reduce unwanted sources of variations due to instrumental responses from hyphenated techniques and to obtain more efficient results, data preprocessing techniques are applied. Commonly applied preprocessing techniques include LLS and normalization. To obtain accurate quantitative results from the fingerprint, pretreatment of chromatographic data is necessary. encompass the mixture spectra. OPA compares each spectrum with one or more than one reference spectra and searches for the least correlated spectrum. Tools for displaying data are useful to resolve net analytical signal by discovering the dominant factors while excluding the relevant interference, thus giving a more accurate estimate. These include various methods such as LDA, hierarchical clustering analysis (HCA), SIMCA and PCA, but among these PCA and LDA are found to be most commonly used. The central idea of PCA is to reduce the dimensionality of a data set consisting of a large number of interrelated variables, while keeping maximum variation in the data set. This is accomplished by transforming to latent variables, the principal components (PCs) that are uncorrelated and ordered so that the first few PCs retain most of the variation in all of the original variables [16]. PCA, a multivariate tool, is used to find out the main source of variability present in the data sets. It is used to detect cluster formatting and to establish relationship between object and variable.

The importance of chemometrics in the field of HDS needs no more description. Chemometrics is used in optimizing experimental procedures, extracting useful information from the chromatographic data and resolution of the mixture into linear components. Chemometrics is found to be a useful tool in estimating the quality of HDs but we should also remember that standardization of HDs chromatographic fingerprint is not always a perfect way to present all compounds, even though there are a number of monographs on quality evaluation of plants in some countries, but still we lack an effective standard to make scientific quality estimation [18]. To assess the quality of medicinal plants, new ways are regularly being explored such as combination chemical fingerprint with biological methods, bio-fingerprint and metabolic

fingerprint [17]. Quality metrology, pharmacodynamics and export system of medicinal plants have been researched in some groups [19] but we still require a significant amount of work to achieve a perfect system for quality evaluation of herbal drugs.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. F. David, D. Gere, F. Scanlan, et al., Instrumentation and applications of fast high-resolution capillary gas chromatography, *J. Chromatogr. A* 842 (1999) 309–319
2. A. De Juan, R. Tauler, Chemometrics applied to unravel multicomponent processes and mixtures: revisiting latest trends in multivariate resolution, *Anal. Chim. Acta* 500 (2003) 195–210.
3. I.A. Sutherland, D. Fisher, Role of counter-current chromatography in the modernisation of Chinese herbal medicines, *J. Chromatogr. A* 1216 (2009) 740–75
4. K. Wiberg. *Multivariate Spectroscopic Methods for the Analysis of Solutions*, Akademitryck AB, Edsbruk, Stockholm, 2004.
5. B. Lavine, J. Workman, Chemometrics, *Anal. Chem.* 82 (2010) 4699–4711.
6. L.S. Ramos, K.R. Beebe, W.P. Carey, et al., Chemometrics, *Anal. Chem.* 58 (1986) 294–315.
7. P. Gemperline, *Practical Guide to Chemometrics*, CRC, Boca Raton, Florida, 2006.
8. G.M. Escandar, P.C. Damiani, H.C. Goicoechea, et al., A review of multivariate calibration methods applied to biomedical analysis, *Microchem. J.* 82 (2006) 29–42.
9. D. Jing, H. Linfang, Application of chemometrics in quality evaluation of medicinal plants, *J. Med. Plants Res.* 5 (2006) 4001–4008.
10. M. Ortiz, L. Sarabia, Quantitative determination in chromatographic analysis based on n-way calibration strategies, *J. Chromatogr. A* 1158 (2007) 94–110.
11. R. Kiralj, M. Ferreira, The past, present, and future of chemometrics worldwide: some etymological, linguistic, and bibliometric investigations, *J. Chemometr.* 20 (2006) 247–272.
12. W.J. Kong, Y.L. Zhao, X.H. Xiao, et al., Quantitative and chemical fingerprint analysis for quality control of *Rhizoma Coptidis chinensis* based on UPLC-PAD combined with chemometrics methods, *Phytomedicine* 16 (2009) 950–959.
13. A.D. Kaur, V. Ravichandran, P.K. Jain, et al., High-performance thin layer chromatography method for estimation of conessine in herbal extract and pharmaceutical dosage formulations, *J. Pharm. Biomed. Anal.* 46 (2008) 391–394.
14. S. Apers, T. Naessens, L. Pieters, et al., Densitometric thin-layer chromatographic determination of aescin in a herbal medicinal product containing *Aesculus* and *Vitis* dry extracts, *J. Chromatogr. A* 1112 (2006) 165–170.
15. E. Marchand, M.A. Atemnkeng, S. Vanermen, et al., Development and validation of a simple thin layer chromatographic method for the analysis of artemisinin in *Artemisia annua* L. plant extracts, *Biomed. Chromatogr.* 22 (2007) 454–459.
16. S. Cui, B. Fu, F.S.C. Lee, et al., Application of microemulsion thin layer chromatography for the fingerprinting of licorice (*Glycyrrhiza* spp.), *J. Chromatogr. A* 828 (2005) 33–40.
17. G. Biringanine, M.T. Chiarelli, M. Faes, et al., A validation protocol for the HPTLC standardization of herbal products: application to the determination of acteoside in leaves of *Plantago palmata* Hook. f.s, *Talanta* 69 (2006) 418–424.
18. R.J. Vanhaelen-Fastre, M.L. Faes, M.H. Vanhaelen, High-performance thin-layer chromatographic determination of six major ginsenosides in *Panax ginseng*, *J. Chromatogr. A* 868 (2000) 269–276.
19. E. Blanco, M.C. Casais, M.C. Mejuto, et al., Combination of offline solid-phase extraction and on-column sample stacking for sensitive determination of parabens and p-hydroxybenzoic acid in waters by non-aqueous capillary electrophoresis, *Anal. Chim. Acta* 647 (2009) 104–111.

**ქემომეტრიკა წამლების სტანდარტიზაციაში**

ნათია ამაშუკელი, მაია მახვილადze  
*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

**რეზიუმე**

ქემომეტრიკის გამოყენება ანალიზურ ქიმიამი საუკეთესო შესაძლებლობას იძლევა კვლევის შედეგად მიღებული საწყისი მონაცემებიდან, ქიმიური თვალსაზრისით სასარგებლო ინფორმაციის მოსაპოვებლად. მონაცემთა დამუშავების ქემომეტრიკული მეთოდები სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება სამკურნალო მცენარეების კვლევაში. განსაკუთრებით დიდი ადგილი უჭირავს უმთავრეს კომპონენტთა ანალიზის მეთოდს. ამ სტატიაში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა კვლევის უახლეს მეთოდებს, მნიშვნელოვან ქემომეტრიკულ ხერხებს და შედეგების ინტერპრეტირებას, აგრეთვე განხილულია ქემომეტრიკის გამოყენება სამკურნალო მცენარეების ხარისხის შეფასებისთვის, მათი ავთენტურობის და ეფექტურობის დასადგენად.

**ХЕМОМЕТРИЯ В СТАНДАРТИЗАЦИИ ЛЕКАРСТВ**

Натиа Амашукели, Маиа Махвиладзе  
*Грузинский технический университет*

**РЕЗЮМЕ**

Хеометрические методы обеспечивают хорошую возможность добычи более полезной химической информации из исходных данных. Комплексные методы и методы переносов, связанные с хеометрикой, используемые для извлечения полезной информации и предоставления различных методов обработки данных, в настоящее время все более широко используются в лекарственных растениях, среди которых наиболее часто применяемые методы определения хеометрических параметров и анализ основных компонентов (ПСА). В этом обзоре основное внимание уделяется новейшим различным важным аналитическим методам, важным инструментам хеометрики и интерпретации результатов СПС, а также применению хеометрики в оценке качества лекарственных растений в аутентичности, эффективности и последовательности.

## АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОБАЛЬТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОИЗВОДНЫХ РОДАНИНА

Н.О.Мгалоблишвили, Н.М.Телия, Ш.С.Джапариде\*

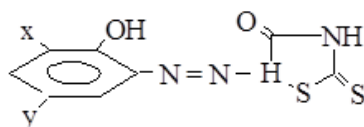
Тбилисский государственный университет им. Ив.Джавахишвили

\*Институт неорганической химии и электрохимии им. Р.И.Агладзе Тбилисского государственного университета им. Ив.Джавахишвили

Кобальт относится к числу тех микроэлементов, которые необходимы для живых организмов. Он входит в состав витамина В<sub>12</sub> (кобаламин), участвует в процессе образования крови, в функционировании нервной системы. Ежедневное потребление кобальта человеком составляет 0,007 – 0,015 мг. В организме человека содержится 0,2 мг кобальта на каждый килограмм массы. Предельно допустимая концентрация (пдк) кобальта в воздухе равна 0,5 мг/м<sup>3</sup>, а в питьевой воде – 0,01 мг/л [1,2].

Так как кобальт относится к числу нормированных элементов, разработка аналитического метода его определения является актуальной.

В течение ряда лет на кафедре аналитической химии ТГУ проводились исследования по разработке нового чувствительного метода по определению тяжелых и цветных металлов [3,4], для чего фотометрическим реагентом использовались производные роданина [5] с общей формулой



где x и y - разные функциональные группы (см. таблицу).

| №    | Графическая формула | Название                                |
|------|---------------------|---|
| I    |                     | 4-сульфобензолазороданин                |
| II   |                     | 4-метилбензолазороданин                 |
| III  |                     | 2-окси,5-хлорбензолазороданин           |
| IV   |                     | 2-окси,5-сульфобензолазороданин         |
| V    |                     | 2-окси,3,5-дисульфобензолазороданин     |
| VI   |                     | 2-окси,3-сульфо,5-нитробензолазороданин |
| VII  |                     | 2-окси,5-нитробензолазороданин          |
| VIII |                     | 2-окси,3,5-динитробензолазороданин      |



Данная работа, в какой-то мере, является продолжением прежних работ, в частности, в представленной работе были изучены реакции комплексообразования кобальта с восьмью производными роданина, установлены оптимальные условия протекания этих реакций, рассчитаны спектрофотометрические характеристики и на основании их сравнения выбраны самые чувствительные реагенты - нитро- и динитро роданины.

Производные роданина, в зависимости от природы заместителя бензола, могут быть порошками желтого, фиолетового или красного цвета. Реагенты хорошо растворяются в этаноле, ацетоне, диметилформамиде. Для установления оптимальных условий реакций комплексообразования кобальта с производными роданина было изучено влияние различных факторов на комплексообразование.

Исследование показало, что из приведенных в таблице роданинов, первые два вообще не взаимодействуют с ионами кобальта. Третий, четвертый, пятый и шестой реагенты с кобальтом взаимодействуют медленно и при этом необходимо реакционную смесь нагреть ~ до 40°C, что значительно увеличивает скорость реакции, а седьмой и восьмой реагенты ( 2-окси-5-нитробензолроданин и 2-окси-3,5-динитробензолроданин) при комнатной температуре образуют комплексные соединения красновато-оранжевого цвета.

Изучением влияния ионов водорода на комплексообразование доказано, что окрашенные продукты образуются в нейтральной и слабощелочной средах ( рис.1). Максимальные значения спектров поглощения окрашенных растворов комплексосоединений расположены в области длины волн 490 – 540 нм, а в случае реагентов - в области 400 – 410 нм.

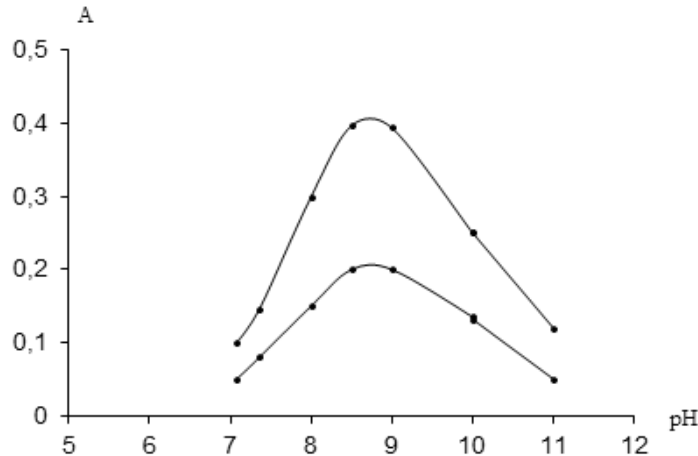


Рис. 1. Зависимость оптической плотности от pH раствора

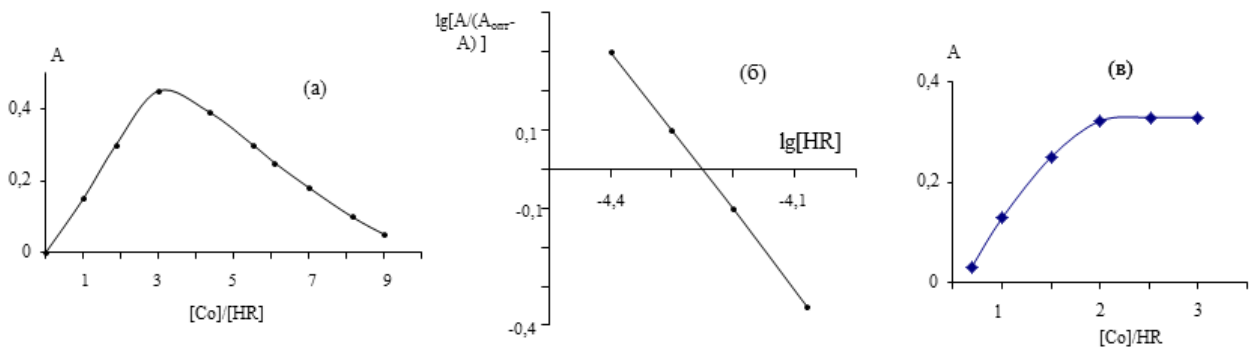


Рис. 2. Кривые, соответствующие составу комплексов, полученные методами: а) изомольных серий, б) сдвигом равновесия, в) мольных соотношений

На рис.1 представлено влияние концентрации ионов водорода на комплексообразование. До значений pH равной 7, комплексообразования не происходит. Максимальная оптическая плотность наблюдается в пределах pH = 7–9, поэтому исследования проводились при pH = 8.

Закон Ламберта-Бера применим в пределах следующих концентраций кобальта : для 2-окси-5-нитробензолроданина - 0,4 – 4,0 мкг/мл, а для 2-окси-3,5-динитробензолроданина - 0,5 - 2,5 мкг/мл, молярный коэффициент поглощения порядка  $10^3$ . После расчета спектрофотометрических

характеристик комплексных соединений, в образовавшихся веществах было установлено соотношение реагирующих компонентов с помощью методов изомольных серий, мольных соотношений и смещения равновесия. Полученные данные однозначно указывают на то, что во всех случаях в комплексных соединениях соотношение реагирующих компонентов  $Co : HR = 1 : 2$  (рис.2). На абсциссе рис.2а отложены величины, соответствующие равным суммарным объемам смеси растворов  $10^{-3}M CoSO_4$  и  $10^{-3} M$  реагента (динитророданина) в следующих объемных соотношениях в мл: 1 - 1 : 9; 3 - 3 : 7; 5 - 5 : 5; 7 - 7 : 3; 9 - 9 : 1. На рис.2б дана логарифмическая зависимость оптической плотности от концентрации реагента. На рис.2в дана зависимость оптической плотности от концентрации реагента. В этом случае объем  $10^{-3}M CoSO_4$  раствора в смеси постоянен и равен 1 мл, меняется объем раствора реагента. Объемное соотношение в смеси  $10^{-3}M CoSO_4$  раствора и  $10^{-3} M$  реагента: 1 - 1 : 2; 2 - 1 : 3; 3 - 1 : 4.

В случае нитро- и сульфонитророданинов были рассчитаны также постоянные неустойчивости комплексных соединений. С использованием методов Астаховой и Ямпольского [6] для реагента динитророданина экспериментально установлено количество вытесненных протонов. На основании полученных данных установлено, что при комплексообразовании из молекулы реагента вытесняются два протона. Подтверждение полученных данных возможно на основании изучения спектров инфракрасного поглощения и квантово-химических расчетов, что и является целью наших дальнейших исследований.

На основании полученных данных сделано заключение о том, что производные роданина – нитро- и динитророданины - можно использовать для определения кобальта в природных соединениях.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Грузинский национальный стандарт. Национальное агентство стандартов, технических регламентов и метрологии (на груз. яз.), Тбилиси, 2007.
2. Г.Д.Супаташвили. Гидрохимия Грузии, Изд. Тбилисского Госю Университета, Тбилиси, 2003, с.331.
3. Н.О.Мгалоблишвили, Н.М.Телия. Экстракционно-фотометрическое определение никеля с помощью сульфонитрородазола. Georgian Engineering News, 2003, №1, pp.132 – 133.
4. Н.Мгалоблишвили, Н.Телия. Никель в некоторых продуктах сельского хозяйства», Труды международной научно-технической конференции «Иновационные технологии и современные материалы» (на груз. яз.), Кутаиси, 2013, с. 47.
5. В.М.Иванов. Гетероциклические азотсодержащие азосоединения. М.: Наука, 1982.
6. А.Т. Пилипенко. И. В.Пятницкий. Аналитическая химия. М., «Химия», с.481.

#### PHOTOMETRIC METHOD TO DETERMINE COBALT BY USING RHODANINE PRODUCTS

Nana Mgaloblishvili, Neli Telia, Sh.Japaridze\*

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

\*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University R.Agladze Institut of Inorganic Chemistry and Electrochemistry

#### SUMMARY

A photometric method to determine cobalt by using rhodanine products (2-hydroxy, nitrobenzene-azo-rhodanine and 2-hydroxy, 3-dinitrobenzene-azo-rhodanine) is studied. It is established that the colored products are formed in neutral and alkaline areas. The ratio of the reacting components in complex compounds is identified and the values of constant of instability of complex compounds are calculated.

#### კობალტის განსაზღვრის ფოტომეტრული მეთოდი როდანიის ნაწარმების გამოყენებით

ნანა მგალობლიშვილი, ნელი თელია, შუქრი ჯაფარიძე\*

ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

\*ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რ.აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი

#### რეზიუმე

შესწავლილია კობალტის განსაზღვრის ფოტომეტრული მეთოდი როდანიის ნაწარმების (2-ოქსი, ნიტრობენზოლაზოროდანიინი და 2-ოქსი, 3 დინიტრობენზოლაზოროდანიინი) გამოყენებით. დადგენილია, რომ შეფერილი პროდუქტები წარმოიქმნება ნეიტრალურ და სუსტ ტუტე არეში. დადგენილია კომპლექსნაერთებში მორეაგირე კომპონენტების თანაფარდობა და გათვლილია კომპლექსნერთთა უმდგრადობის მუდმივას მნიშვნელობები.

**d-მეტალთა ტეტრათიოარსენატების თერმული დაშლა გახურებისას**

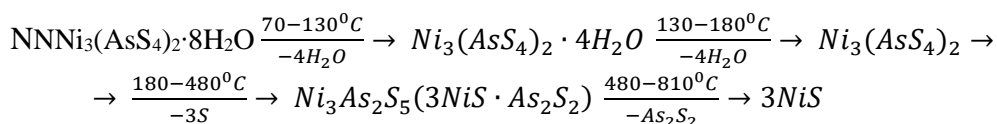
იზოლდა დიდბარიძე, ბელა გოგიჩაიშვილი, მაია რუსია\*,  
ნესტან ბრეგაძე, ლაშა ხვიჩია, ეკატერინე ვაშაყმაძე  
ქუთაისის აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
\*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში შესწავლილია ჩვენს მიერ სინთეზირებულ d-მეტალთა ტეტრათიოარსენატების(V) თერმული ქცევა გახურებისას, სადაც d-მეტალებია: თუთია, კადმიუმი, ვერცხლისწყალი(II), ვერცხლი(I), სპილენძი(II), მანგანუმი(II), რკინა(II), კობალტი(II) და ნიკელი(II). ნიმუშების გახურება ხდებოდა ტემპერატურულ ინტერვალში 20-1000°C. ნაჩვენებია სინთეზირებულ ნაერთთა თერმოლიზის პროცესის შესაძლო სქემები.

დარიშხანი ტიპიური ქალკოფილური ელემენტია, ამიტომ გვხვდება ოქსო- და, უმეტეს წილად, თიონაერთების სახით. დარიშხანშემცველ არაორგანულ ნაერთთაგან ყველაზე სრულყოფილად დარიშხან-მჟავას ნაწარმებია შესწავლილი [1-6]. რაც შეეხება ტეტრათიოარსენატებს, გარდა ტუტემეტალთა შესაბამისი ნაერთებისა, ჩვენი კვლევის დაწყებამდე თითქმის მთლიანად შეუსწავლელი იყო. ვაგრძელებთ რა კვლევას d-მეტალთა ტეტრათიოარსენატების(V) სინთეზისა და მათი ქიმიური ქცევის შესწავლის სფეროში [7-9], წინამდებარე შრომის მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა სინთეზირებულ ნაერთთა ქიმიური ქცევა გახურებისას.

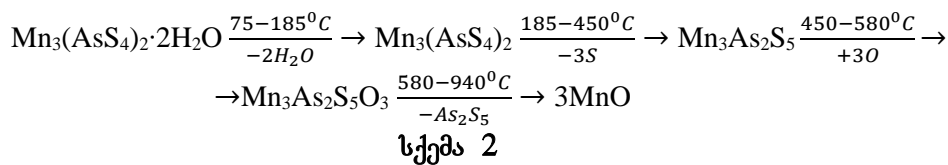
თერმოგრაფიული კვლევა ჩავატარეთ F. Paulic, G. Paulic, L. Erdy სისტემის Q-1500D ტიპის დერივატოგრაფზე ჰაერის ატმოსფეროში, რამაც საშუალება მოგვცა ერთდროულად მიგველო 4 თერმული მრუდი, რომლებიც აღწერენ საკვლევი ნიმუშების გაცხელების თანმხლებ პროცესებს. დერივატოგრაფების ჩაწერა ტარდებოდა 2 სთ-ის განმავლობაში ჩვეულებრივი ატმოსფერული წნევისა და სინესტის პირობებში. 0,1 გრამ ნიმუშს ვათავსებდით პლატინის ტიგელში, ეტალონად გამოვიყენეთ განახურები  $As_2O_3$ . DTA-ს მგრძობიარობა შეადგენდა 250, ხოლო DTG-ს 500 მკვ, ტემპერატურის გაზომვის სიზუსტე იყო  $\pm 5^{\circ}K$ , გაცხელების სიჩქარე – 10 გრად/წთ.

სინთეზირებულ ნაერთთა თერმოლიზის პროცესის ამსახველი თერმოგრამები მოცემულია სურათი 1-ზე. შეიძლება საზგასმით აღინიშნოს, რომ მათი თერმული დაშლის პროცესები არსებითათად იდენტურია. ნიმუშად განვიხილოთ ნიკელი(II)-ის ტეტრათიოარსენატის(V) თერმოლიზი (სურ 1.ა). თერმული დაშლა იწყება კრისტალიზაციური წყლის მოცილებით, რაც DTA მრუდზე აისახება ძლიერი ენდოთერმული ეფექტით (გაორმაგებული პიკით) 70-180°C -ის ინტერვალში, მინიმუმებით 90 და 140°C -ზე. როგორც ირკვევა, კრისტალიზაციური წყლის მოცილება მიმდინარეობს ორ სტადიად: პირველზე 70-130°C -ის ინტერვალში, ნიმუში კარგავს თავისი მასის 10,2%-ს, რაც შეესაბამება 4 მოლეკულა წყლის მოწყვეტას (თეორიული 9,9%), მეორე სტადიაზე, 130-180°C -ის ინტერვალში, ნიმუშის მასა იკლებს 9,7%-ით, რაც დანარჩენი 4 მოლეკულა წყლის მოწყვეტითაა განპირობებული (თეორიული 9,9%). 180-480°C -ის ინტერვალში კი ნიმუში კარგავს თავისი მასის 12,8%-ს. ეს ფაქტი, გამოწვეულია 3 მთლი გოგირდის მოცილებით (თეორიული – 13,2%). მასის შემდგომი კლება, 30,10%, ხდება 480-810°C -ის ინტერვალში, რაც განპირობებულია დარიშხანის სულფიდური ფორმის  $As_2S_2$  -ის მოწყვეტით (თეორიული – 29,44%), (სქემა1):

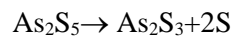
**სქემა1**

ასეთივე კანონზომიერება შეინიშნება რკინა(II), კობალტი(II), სპილენძი(II), კადმიუმისა და თუთიის, ასევე ვერცხლი(I)-ის ტეტრათიოარსენატების დაშლის დროსაც, რაც გამოიხატება ნიმუშების დეჰიდრატაციასა და დეთიონირებაში, ხოლო შემდგომ დარიშხანის მოცილებაში სულფიდური ფორმის სახით. ამ კანონზომიერებიდან მნიშვნელოვანი განსხვავება შეინიშნება მანგანუმი(II)-ის ტეტრათიოარსენატის თერმულ ქცევაში 400°C -ზე ზევით გაცხელებისას.

მანგანუმი(II)-ის ტეტრათიოარსენატის(V) წონაკის თერმული დაშლა იწყება კრისტალიზაციური წყლის მოცილებით (სურ 1.ბ). ეს პროცესი DTA მრუდზე აისახება ერთი ენდოფექტით 75-185°C-ის ინტერვალში, მინიმუმით 154°C –ზე. მასის კლება შეადგენს 5,56%-ს, რაც შეესაბამება ორი მოლეკულა წყლის მოცილებას (თეორიული – 5,27%). 185-450°C ტემპერატურულ ინტერვალში შეინიშნება ერთი ეგზოფექტი, მაქსიმუმით 240°C და ერთი ენდოფექტი, მინიმუმით 300°C –ზე. წონაკის მასის კლება ამ დროს შეადგენს 16,24%-ს, რაც აისხნება 3 მოლი გოგირდის მოწყვეტით (თეორიული-15,82%). ქიმიურ გარდაქმნათა თვალსაზრისით, გაცილებით რთული პროცესი მიმდინარეობს 450°C–ზე ზევით გაცხელებისას. 450-580°C-ის ტემპერატურულ ინტერვალში შეინიშნება ერთი დიდი ეგზოფექტი გაორმაგებული პიკებით 490-570°C –ზე. ამ ინტერვალში ადგილი აქვს მასის მატებას, რაც ჰაერის ჟანგბადით დაჟანგვის შედეგია. მასის მატება ამ დროს შეადგენს 7,5%-ს, რაც შეესაბამება 3 მოლი ატომი ჟანგბადის მიერთებას (თეორიული – 7,9%). 580-940°C-ის ინტერვალში კი შეინიშნება ერთი ენდოფექტი, მინიმუმით 710°C – ზე, მასის კლება შეადგენს 58,4%, რაც გამოწვეულია დარიშხანის სულფიდური ფორმის მთლიანი მოცილებით (თეორიული -59,27%), (სქემა 2):



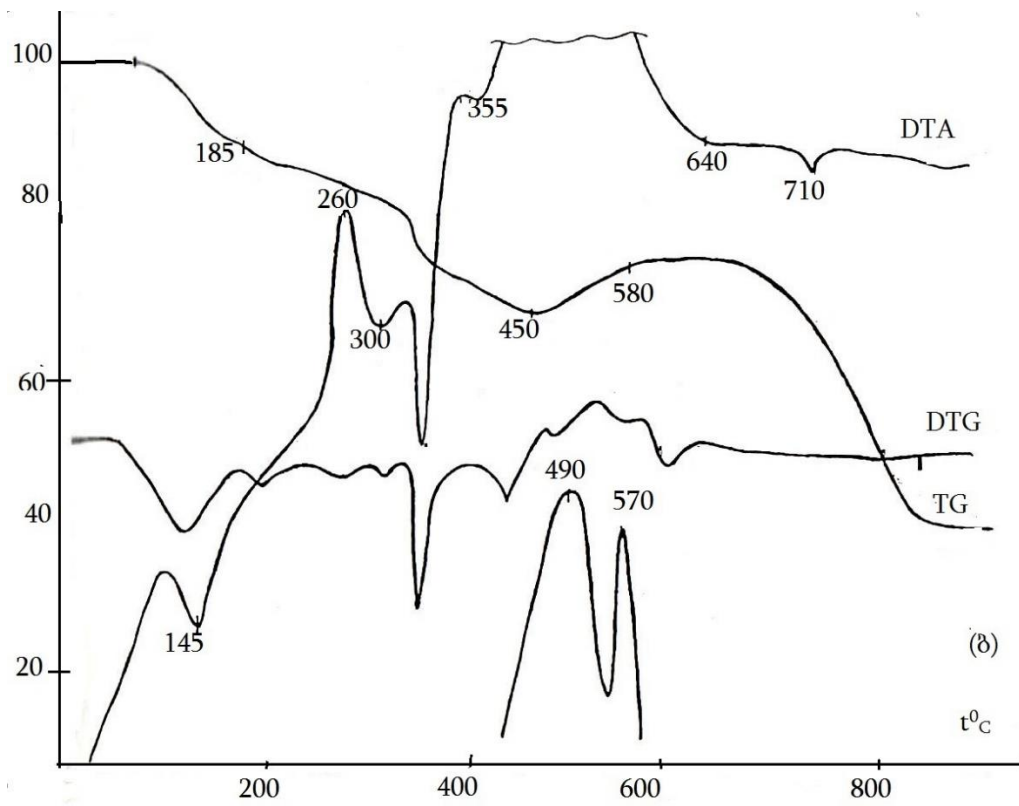
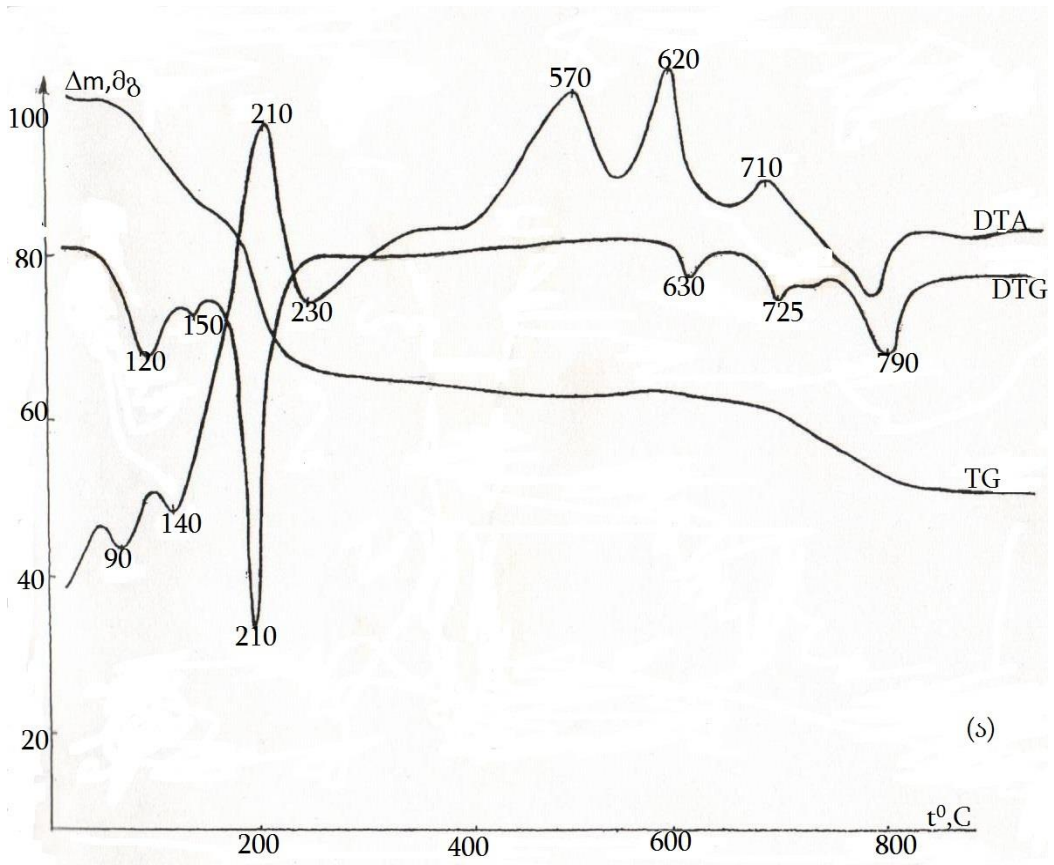
აქვე უნდა დავძინოთ, რომ  $\text{As}_2\text{S}_5$  500°C-ზე გაცხელებისას არამდგრადია და განიცდის დაშლას [10-11]:

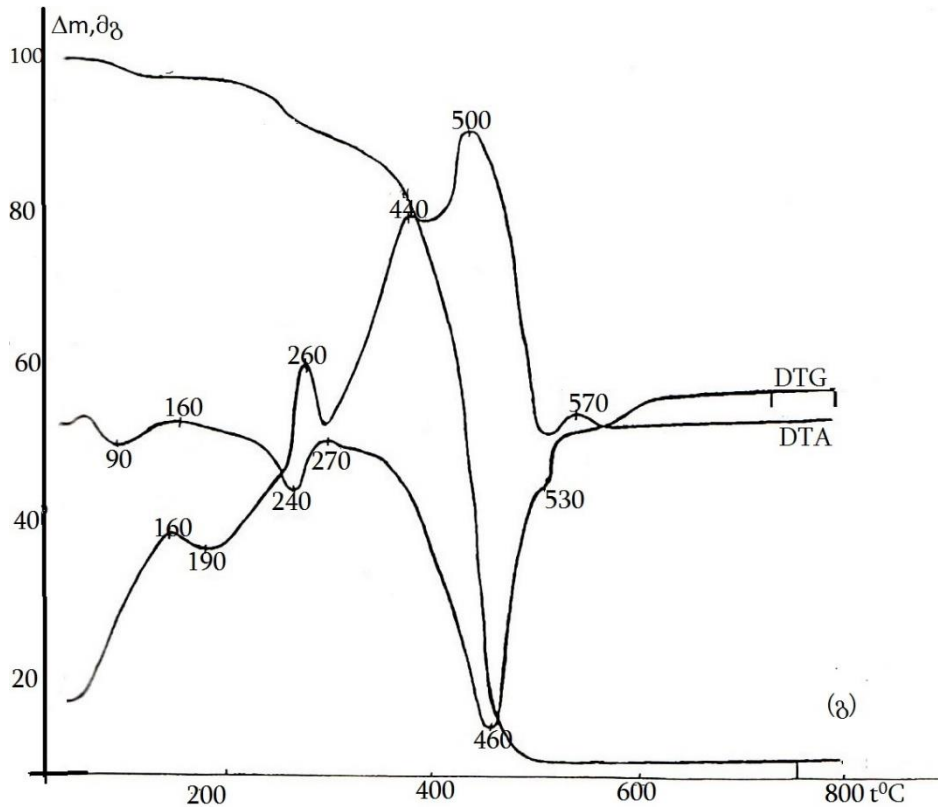


სწორედ ამიტომ უნდა ვივარაუდოთ, რომ მანგანუმი(II)-ის ტეტრათიოარსენატის(V) თერმოლიზის საბოლოო ეტაპზე ხდება არა დარიშხანი(V)-ის სულფიდის მოცილება, არამედ დაშლის პროდუქტების – აურიბიგმენტისა და გოგირდის, ამასვე მიანიშნებს შედარებით დიდი ენდოფექტი ~ 700 °C –ზე. ის ფაქტი, რომ მანგანუმი(II)-ის ტეტრათიოარსენატის თერმოლიზის საბოლოო პროდუქტს მანგანუმი(II)-ის ოქსიდი წარმოადგენს, ხოლო ჩვენს მიერ გარდამავალ მეტალთა ტეტრათიოარსენატებისათვის შესაბამისი სულფიდები, გარდა ვერცხლისწყალი(II)-ის ტეტრათიოარსენატისა, ადვილად მტკიცდება ნაშთის ქიმიური ანალიზის შედეგებით:

| ნაპოვნია, % | ნაშთი             | გამოთვლილია % |
|-------------|-------------------|---------------|
| Mn 77,03    | MnO               | Mn77,46       |
| Fe 63,18    | FeS               | Fe 63         |
| Ni 64,32    | NiS               | Ni64,72       |
| Co 64,32    | CoS               | Co 64,79      |
| Cd 77,40    | CdS               | Cd 77,84      |
| Zn 66,82    | ZnS               | Zn67,01       |
| Cu 66,17    | CuS               | Cu 66,49      |
| Ag 86,76    | Ag <sub>2</sub> S | Ag87,10       |

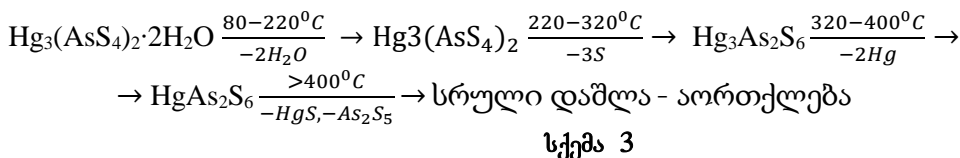
ნიშუში ნ შეიცავს 0,57% გოგირდს, რაც ჩვენი აზრით, განპირობებულია დაშლის დროს მანგანუმი(II)-ის სულფიდის ნაწილობრივი წარმოქმნით. რაც შეეხება დანარჩენ გარდამავალ მეტალთა ტეტრათიოარსენატების(V) დაშლის საბოლოო პროდუქტების ქიმიური ანალიზის შედეგებს, უნდა აღინიშნოს, რომ ისინი მკვეთრად გამოხატული ინდივიდუალური შედგენილობის სულფიდებია და არ შეიცავენ დარიშხანს მინარევის სახითაც კი.





**სურათი 1.** სინთეზირებულ ნაერთთა თერმოგრაფიკები  
 a)  $\text{Ni}_3(\text{AsS}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ; b)  $\text{Mn}_3(\text{As}_4\text{S})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; გ)  $\text{Hg}_3(\text{AsS}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

როგორც აღინიშნა, სრულად განსხვავებული სქემით მიმდინარეობს ვერცხლისწყლის(II) ტეტრათიოარსენატის თერმული დაშლა (სურ.1.გ). ნიმუშის დეჰიდრატაცია იწყება  $80^\circ\text{C}$  –ზე, რაც DTA მრუდზე აისახება ენდოთერმული ეფექტით  $80\text{-}220^\circ\text{C}$ –ის ინტერვალში, მაქსიმუმით  $170^\circ\text{C}$ –ზე. ამ ინტერვალში წონაკის მასა მცირდება  $4,0\%$ -ით, რაც შეესაბამება 2 მოლი წყლის მოცილებას (თეორიული –  $3,4\%$ ). მასის შემდგომი კლება ხდება  $220\text{-}320^\circ\text{C}$  –ის ინტერვალში. ამ შემთხვევაში მასა მცირდება  $6,0\%$  -ით, რაც შეესაბამება 2 მოლი გოგირდის მოწყვეტას (თეორიული –  $6,3\%$ ).  $320\text{-}400^\circ\text{C}$ –ის ინტერვალში მასა კლებულობს  $38,0\%$ -ით, ეს კი გამოწვეულია 2 მოლი ვერცხლისწყლის მოცილებით (თეორიული –  $38,4\%$ ).  $400^\circ\text{C}$ –ზე ზევით კი მიმდინარეობს ნიმუშის სრული დაშლა ყოველგვარი ნაშთის გარეშე (სქემა 3):



ამრიგად, ჩვენს კვლევებსა და ლიტერატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით [12-16] ხაზგასმით შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ d-მეტალთა ტეტრათიოარსენატების(V) თერმული დაშლის სურათები არსებითად იდენტურია. პროცესი იწყება საკრისტალიზაციო წყლის მოწყვეტით, მასის შემდგომი კლება აიხსნება გოგირდის ატომების მოცილებით-დეთიონირებით, ხოლო თერმოლიზის შემდეგ სტადიაზე ხდება დარიშხანის სულფიდური ფორმის ( $\text{As}_2\text{S}_2$ ) მთლიანი მოწყვეტა. თერმული დაშლის საბოლოო პროდუქტია შესაბამისი d-მეტალის სულფიდი. ამ კანონზომიერებიდან მნიშვნელოვანი განსხვავება შეინიშნება მანგანუმი(II)-ის ტეტრათიოარსენა-

ტის(V) თერმულ ქცევაში  $450^{\circ}\text{C}$ -ზე ზევით გაცხელებისას. აქ ადგილი აქვს მასის მატებას, რაც ჰაერის ჟანგბადით დაჟანგვის შედეგად არის გამოწვეული, თერმოლიზის საბოლოო პროდუქტი მანგანუმი(II)-ის ოქსიდია. რაც შეეხება ვერცხლისწყლი(II)-ის ტეტრათიოარსენატის(V) თერმული დაშლის პროცესს, ის სრულიად განსხვავებულად მიმდინარეობს. კერძოდ, დეჰიდრატაციის, დეთიონირებისა და დარიშხანის სულფიდური ფორმის მოცილების შემდეგ ადგილი აქვს ნიბუმის სრულ დაშლა-აორთქლებას ყოველგვარი ნაშთის გარეშე.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Masson J. Sur Les arseniates de stroncium. Compt.rend. 1977. v.c. 285, №12 –p.389-391.
2. Бейлина А.З., Жуманова К.М., Мулдахметов З.М., Халитова Р.С. О физико-химических свойствах основных арсенатов меди. Журн. Физ.хим. 1977.т.51,вып. 2.с. 480-482.
3. Жуманова К.М., Бейлина А.З., Мулдахметов З.М. Исследование арсенатных соединений никеля методами ИК-спектроскопии, термографии и рентгенофазового анализа. Караганда, 1977. 12с.ил.Деп.в ВИНТИ20.09.77, №3713.
4. Escobar M.E., Baran E. G. uber die Fallung von arsenaten der Seltenen Erden aus wabrigen Losungen. Z. Chem. 1978.v.18.№11. p.418-419.
5. Нанобашвили Е.М., Деметрашвили Ц.Г., Габисония Ц.Д. и др. Тио-и оксосоединения переходных металлов на основе индия и мышьяка. Тбилиси. Месниереба, 1984.ч. 1.119с.
6. Palazzi M.Sur lesthioarsenates et thiophosphates de sodium. IX. Preparation, deshydratation et etude radiocristallographique de  $\text{Na}_3\text{AsO}_3\cdot 11\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{Na}_3\text{PO}_3\cdot 11\text{H}_2\text{O}$ . Bull. Soc. Chim. France. 1973.v.3.part. 1. 845-850.
7. Didbaridze I., Khelashvili G., Chubinidze A., Gigauri R. Synthesis and Study of Tetrathioarsenates of  $d^{10}$ - Metals. Bulletin of the Georgian academy of sciences. 1998, 157 (1),256-259.
8. ი.დიდბარიძე, მ.რუსია, მ.მუსხრელიძე, ა.ხიდაშელი, რ.გიგაური, ლ.კუცია. 3დ-მეტალთა ტეტრათიოარსენატების(V) სინთეზი და გამოკვლევა, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაცნე. 2000წ. ტ.26, №1-2, გვ.59-64.
9. იზოლდა ი.დიდბარიძე, ნოდარი ლეკიშვილი, მაია რუსია, ხათუნა ბარბაქაძე, ზურაბ ფაჩულია, დარიშხანშემცველი წარმოების ნარჩენები, როგორც მატერიალური რესურსი ახალი ნაერთების მისაღებად. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე. ქიმიის სერია. ტ.39 №3-4, 2013, გვ.143-149.
10. Справочник по неорганической химии. Под ред. Лидина Р. А. М.: Химия, 1987,с.12.
11. Thilo E., Hertzog K., Winkler A. //Z. Anorg. Allgem. Chem.-1970. В. 373-9.111.
12. Исабаев С. М., Полукаров А. Н., Зиканова Т. А. Термическая устойчивость арсенатов меди и взаимодействие окиси меди с пиаиокосью мышьяка. Караганда, 1980. 13с.: ил. Деп.в ВИНТИ 2.12.80, №5117.
13. Махметов М. Ж., Горохова Л. Г. Термографическое исследование взаимодействия мышьякового ангидрида с окислами кобальта(II) и марганца(II), термическая устойчивость их арсенатов. Химия и технология соединений мышьяка и сурьмы. Альма-Ата: Наука, 1980. С.52-62.
14. Махметов М. Ж., Горохова Л. Г., Емелина А. В. Термическая устойчивость арсенатов меди и взаимодействие оксида меди(II) с пентаоксидом мышьяка. Изв. Вузов. Химияхим. Технол. 1981.т.24.вып 2.с. 151-153.
15. Palazzi M. Sur les Thioarsenites de sodium. Stabilitethermigue de  $\text{NaAsS}_2$  et  $\text{Na}_3\text{AsS}_3$  dansdifferentesatmospheres.Bull. Soc. Chim. France. 1972. P. 528-531.
16. Palazzi M., Guerin H. Sur de nouveaux arseniates de nickel et de cobalt. Bull. Soc. Chim. France. 1978. Part. 1. №3-4p. 119-120.



**THERMIC DESTRUCTION OF d-METAL TETRATHIOARSENATES(V) UNDER HEATING**

Izolda Didbaridze, Bela Gogichaishvili, Maia Rusia\*, Nestan Bregadze, Lasha Khvichia, Ekaterine Vashakmadze

*Kutaisi A. Tsereteli State University*

*\*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University*

**SUMMARY**

Chemical behavior of synthesized d-metals (that's  $M=Fe(II), Co(II), Ni(II), Mn(II), Cu(II), Hg(II), Zn, Cd$ ) tetrathioarsenates(V) were studied in the heating process. Picture of their thermic destruction is essentially identical. First of all flows dehydration (there is two stages) then dethionation. At the end of the reaction Arsenicum moves off, formed sulphide. Ultimate product of thermolysis is corresponding sulphide of metal. It is established, that from given scheme of thermolysis process of thermic destruction of  $Mn(II)$  and  $Hg(II)$  tetrathioarsenates is considerably different. In particular, ultimate product of  $Mn(II)$  tetrathioarsenate is oxide of  $MnO$ , whereas thermolysis of tetrathioarsenates of  $Hg(II)$  ends by full destruction – evaporation of model.

**ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ТЕТРАТИОАРСЕНАТОВ(V) d-МЕТАЛЛОВ ПРИ НАГНЕВАНИИ**

И.С.Дидбаридзе, Б.А.Гогичаишвили, М.Ш.Русия\*, Н.Л.Брегадзе, Л.А.Хвичия, Э.Г.Вашакмадзе

*Кутаисский Государственный университет им. А. Церетели*

*\*Тбилисский Государственный Университет им. Ив. Джавахишвили*

**РЕЗЮМЕ**

Термографическим исследованием установлено, что большинство синтезированных тетратиоарсенатов(V) d-металлов по формуле  $M_3(AsS_4)_2 \cdot nH_2O$ , где  $M=Fe(II), Co(II), Ni(II), Mn(II), Cu(II), Hg(II), Zn$  и  $Cd$  ведут себя однотипно при нагревании. В первую очередь протекает дегидратация, причем не одновременно, а по стадиям, затем идёт детионирование, а в конце – удаление мышьяка в виде сульфидной формы. В результате остается соответствующие сульфиды. От этой схемы разложения заметно отличаются термолизы тетратиоарсенатов(V) марганца(II) и ртути(II). После полной дегидратации и детионирования тетратиоарсенатов(V) марганца(II), протекает частичное окисление промежуточного продукта кислородом воздуха, в результате чего ожидаемого сульфида, остается оксид марганца(II). Что касается тетратиоарсенатов(V) ртути(II), то его термолиз отличается от других синтезированных соединений тем, что разложение протекает без остатка, полное разложение - сублимация.

## თუთიის სულფიდის სინთეზის სარეაქციო არის pH-ის გავლენა მის პიგმენტურ თვისებებზე

ვ.რუხაძე, ი.ქამუშაძე, მ.კუხალაშვილი  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

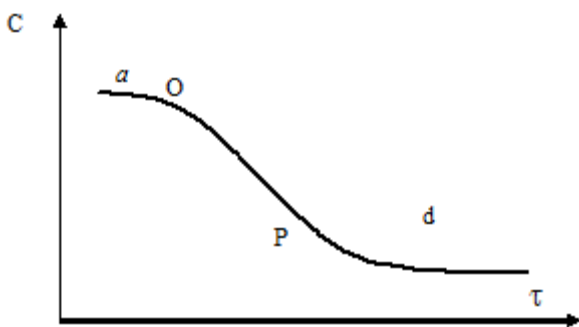
შესწავლილია  $m\text{ZnSO}_4 - n(\text{NH}_4)_2\text{S} - d\text{H}_2\text{SO}_4 - p\text{H}_2\text{O}$  სისტემიდან თუთიის სულფიდის სინთეზის სარეაქციო არის pH-ის გავლენა თუთიის სულფიდის მიკრონაწილაკების ზომაზე და პიგმენტურ თვისებებზე. დადგენილია, რომ თუთიის სულფიდის ნაწილაკების წარმოქმნის პროცესი მოიცავს: ინდუქციურს, ჩანასახების წარმოქმნის და ფორმირების პერიოდებს. ინდუქციური პერიოდის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია სინთეზის pH-ზე. მჟავიანობის გაზრდით ინდუქციური პერიოდი იზრდება და რაც დიდხანს გრძელდება ეს პროცესი, მით მეტია თუთიის სულფიდის ნაწილაკების ზომები. ტუტე არეში მიღებული ნაწილაკების ზომები 2 – 3 – ჯერ უფრო ნაკლები რიგისაა, ვიდრე მჟავე არეში. თუთიის სულფიდის პიგმენტური თვისებები ფუნქციონალურ დამოკიდებულებაშია ნაწილაკების ზომასთან. თუთიის სულფიდის ნაწილაკების ზომები თერმული დამუშავების შედეგად 1,5 – 2 – ჯერ იზრდება, ასევე იზრდება გარდატეხის მაჩვენებელი, რაც შეიძლება აიხსნას კრისტალური მესერის დეფექტების შემცირებით, რასაც ადასტურებს რენტგენოფაზური ანალიზი.

თუთიის სულფიდი ძირითადად გამოიყენება როგორც თეთრი პიგმენტი და ლუმინოფორებში. გამოყენების სფეროს მიხედვით მიკრონაწილაკების ზომები უნდა იყოს სხვადასხვა და მონოდისპერსულთან ახლოს, რომელიც უზრუნველყოფს მის მაღალ ოპტიკურ თვისებებს. დღესდღეობით შემუშავებული თუთიის სულფიდის სინთეზის ქიმიურ-ტექნოლოგიური პროცესებით მიიღება პოლიდისპერსული ნაწილაკები.

ლიტერატურული მასალებიდან ცნობილია, რომ თუთიის სულფიდის სინთეზის პირობები განსაზღვრავს მის ფიზიკო-ქიმიურ თვისებებს [1]. შესწავლილი ფაქტორებიდან მნიშვნელოვანია სარეაქციო არის pH-ი რაზეც მიუთითებს ავტორთა [2] შრომები, რომლებიც სწავლობდნენ  $\text{ZnSO}_4 - \text{H}_2\text{S}$  – სისტემას.

სამუშაოს მიზანია შევისწავლოთ  $m\text{ZnSO}_4 - n(\text{NH}_4)_2\text{S} - d\text{H}_2\text{SO}_4 - p\text{H}_2\text{O}$  სისტემაში სარეაქციო არის pH-ის გავლენა თუთიის სულფიდის მიკრონაწილაკების ზომაზე და პიგმენტურ თვისებებზე. სინთეზირებული თუთიის სულფიდის ნიმუშები თერმული დამუშავებას განიცდიდა ინერტულ არეში 650-700°C ტემპერატურის ინტერვალში 45 წუთის განმავლობაში.

თუთიის სულფიდის ნაწილაკების წარმოქმნის პროცესში შეიძლება გამოვყოთ სამი პერიოდი, როდესაც თუთიისა და გოგირდის იონების კონცენტრაციების ნამრავლი არ აღემატება მათი ხსნადობის ნამრავლს და ხსნარის შემადგენლობა არ იცვლება, მას შეიძლება ვუწოდოთ ინდუქციური პერიოდი  $\alpha - 0$  (ნახ.1).



ნახ. 1. თუთიის სულფიდის კრისტალიზაციის კინეტიკური მრუდი

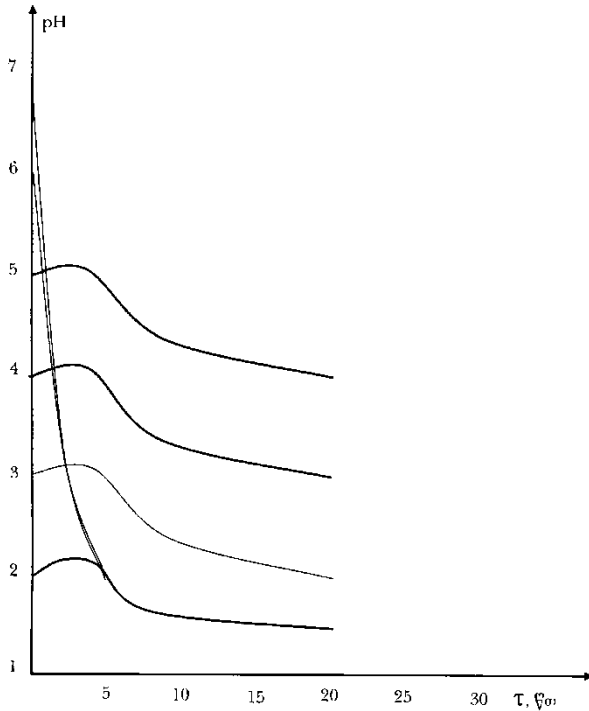
შემდგომი პერიოდია როდესაც მცირდება საწყისი კომპონენტების კონცენტრაცია ხსნარში, ჩნდება პირველადი ჩანასახები, მიმდინარეობს ჩანასახების ინტენსიური წარმოქმნა,

მიკრობლოკების და აგრეგატების ფორმირება, რომელსაც შეესაბამება O – P მონაკვეთი. ბოლოს მესამე P – d მონაკვეთი, რომელიც ხასიათდება ჩანასახების ნელი წარმოშობით და აგრეგატების ინტენსიური ფორმირებით. ჩანასახების წარმოქმნის სიჩქარე მაქსიმუმს აღწევს ინდუქციური პერიოდის ბოლოს, ინდუქციური პერიოდის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია სინთეზის pH-ზე (ნახ.2). სინთეზის მჟავიანობის გაზრდით ინდუქციური პერიოდი იზრდება და რაც დიდხანს გრძელდება ეს პროცესი, მით მეტია თუთიის სულფიდის ნაწილაკების ზომა. პირველადი

ჩანასახების წარმოქმნის პერიოდი pH- თან დამოკიდებულებაში არის სწორხაზოვანი და მათემატიკურად შეიძლება გამოისახოს დამოკიდებულებით

$$pH = a\tau + b$$

სადაც a და b არის კოეფიციენტები, რომლებიც დამოკიდებულია თუთიის სულფატის pH, კონცენტრაციაზე და ამონიუმის სულფიდის კონცენტრაციაზე, რაც მეტია თუთიის სულფატის კონცენტრაცია და pH, მით მეტია a – ს მნიშვნელობა, ხოლო ამონიუმის სულფატის კონცენტრაციის გაზრდით მცირდება b – ს მნიშვნელობა და სწრაფად მიმდინარეობს თუთიის სულფიდის დალექვის პროცესი.



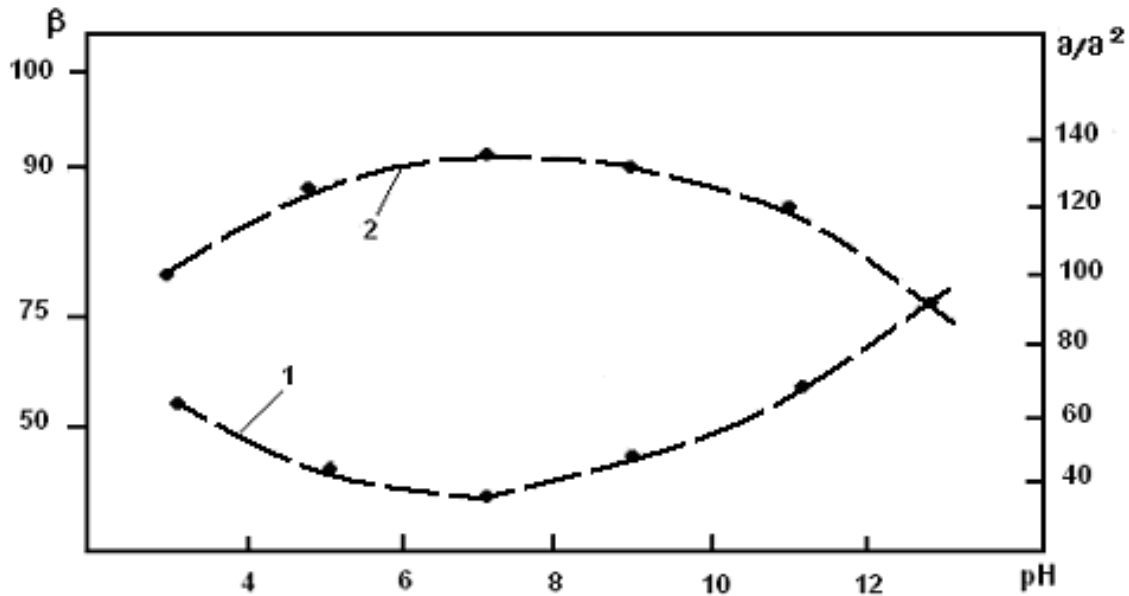
**ნახ. 2.** თუთიის სულფიდის დალექვისას სარეაქციო არეში pH ცვლილებების გავლენა ინდუქციურ პერიოდზე.

ცხრილის მონაცემებიდან გამომდინარეობს რომ თუთიის სულფიდის ნაწილაკების ზომები სხვადასხვა pH – ზე იცვლება 0,06 – 0, 18 მკმ ფარგლებში და შესაბამისად იცვლება პიგმენტური თვისებები. ტუტე არეში მიღებული ნაწილაკების ზომები 2-3-ჯერ უფრო ნაკლები რიგისაა ვიდრე მჟავე არეში, მიღებული თუთიის სულფიდის პიგმენტური თვისებები ფუნქციონალურ დამოკიდებულებაშია ნაწილაკების ზომასთან. მისანიშნებელია, რომ თერმული დამუშავების შედეგად თუთიის სულფიდის ნაწილაკების ზომა 1,5 – 2 – ჯერ იზრდება. ასევე აღსანიშნავია, რომ თერმული დამუშავების შემდეგ მნიშვნელოვნად იზრდება თუთიის სულფიდის გარდატეხის და პიგმენტური მაჩვენებლები.

**თუთიის სულფიდის ზოგიერთი ფიზიკური მაჩვენებლების დამოკიდებულება სინთეზის pH- ზე**

| ფიზიკური მაჩვენებლები                          | pH                     |              |             |              |              |
|--|------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
|  | 11 – 12                | 9 – 10       | 6,5 – 7     | 4,2 – 4,5    | 3,2 – 3,6    |
|  | თერმულად დაუმუშავებელი |              |             |              |              |
|  | თერმულად დამუშავებული  |              |             |              |              |
| ნაწილაკის საშუალო დიამეტრი, მკმ                | 0.06<br>0.13           | 0.09<br>0.18 | 0.12<br>0.2 | 0.17<br>0.38 | 0.18<br>0.45 |
| გარდატეხის მაჩვენებელი                         | 1.55<br>1.7            | 1.53<br>1.8  | 1.9<br>2.1  | 1.6<br>1.8   | 1.65<br>1.75 |
| კოჰერენტული გაბნევის უბანი OKP, A <sup>0</sup> | 80<br>700              | 90<br>800    | 120<br>850  | 100<br>550   | 60<br>300    |
| დაფარვის უნარი, გ/მ <sup>2</sup>               | 74<br>43               | 75<br>39     | 55<br>31    | 64<br>38     | 70<br>42     |
| ზეთშემცველობა, გ/100გ                          | 33<br>19               | 30<br>17.5   | 26<br>15    | 27<br>18     | 29<br>19.5   |
| სითეთრე, პირობითი ერთეული                      | 91.3                   | 92.5         | 95.6        | 93           | 91.5         |

თუთიის სულფატის გარდატეხის მაჩვენებლის გაზრდა თერმული დამუშავებით შეიძლება აიხსნას კრისტალური მესერის დეფექტების შემცირებით. უკანასკნელი რეალიზდება საწყისი რეაგენტების არა სტექქომეტრული ურთიერთქმედების პირობებში, რაც გარკვეულად დასტურდება თუთიის სულფიდის რენტგენოგრაფიული და რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით. (ცხრ.1) ცხრილიდან ჩანს, რომ კრისტალის ზომები იცვლება 550- დან 850 A<sup>0</sup>.



სურ. 3. თერმულად დამუშავებული თუთიის სულფიდის დაფარვის უნარის (1) და არეკვლის ინტეგრალური კოეფიციენტის (2) დამოკიდებულება დალექვის pH სიდიდესთან.

სხვადასხვა pH-ზე სინთეზირებული თუთიის სულფიდის (ნახ.3) არეკვლის ინტეგრალურ კოეფიციენტსა და დაფარვის უნარს შორის კავშირმა აჩვენა, რომ სინთეზის pH-ის ცვლილებასთან ერთად იცვლება არეკვლის ინტეგრალური კოეფიციენტი და შესაბამისად მისი დაფარვის უნარი. შედარებით უკეთესი დაფარვის უნარი აქვთ იმ ნიმუშებს, როდესაც სინთეზის pH- არის 6,5 – 7.

არეკვლის სპექტრის ანალიზით (ცხრ. 1) ჩანს, რომ თუთიის სულფიდის მაღალი სითეთრის ხარისხი მიიღწევა, როცა pH- არის ნეიტრალურთან ახლოს. ნაწილაკების ზომის გადიდების შედეგად გაზრდის კოეფიციენტი მცირდება და შესაბამისად მცირდება სითეთრე.

ამრიგად თუთიის სულფიდის სინთეზის pH- ის ცვლილებით შესაძლებელია ვცვალოთ მიკრო ნაწილაკების ზომები და შესაბამისად მისი ოპტიკური თვისებები. რომ მივაღწიოთ თუთიის სულფიდის ნაწილაკების ერთგვაროვნებას აუცილებელია თუთიის სულფიდის სინთეზის პროცესი იყოს უწყვეტი.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ვ. რუხაძე, ც. სულაკაძე, მ. გუმბერიძე, ა. კახიანი. საწყისი რეაგენტების თანაფარდობის გავლენა თუთიის სულფიდის პიგმენტურ თვისებებზე. საქ. მეცნიერებათა აკადემიის ქუთაისის სამეცნიერო ცენტრის შრომები. ტ. VIII, 2003წ. გვ. 71 – 78.
2. ვ. რუხაძე, ვ. გაფრინდაშვილი, ი. ფულარიანი, მ. გეგეშიძე, ე. ხანანაშვილი. თუთიის სულფატის ხსნარის გოგირდწყალბადთან ურთიერთქმედების პროცესის კინეტიკის გამოკვლევა. საქ. მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 145, N2, 1992, გვ. 361 – 365.

**INFLUENCE OF pH ON SYNTHESIS OF SULFIDE OF ZINC AND ON ITS PIGMENTARY PROPERTIES**

V.Rukhadze, I.Kamushadze, M. Kukhalashvili  
*Akaki Tsereteli State University*

**SUMMARY**

Influence of pH of the reactionary environment on synthesis of sulfide of zinc from system  $m\text{ZnSO}_4 - n(\text{NH}_4)_2\text{S} - d\text{H}_2\text{SO}_4 - p\text{H}_2\text{O}$  is investigated for the size of microparticles of sulfide of zinc and its pigmentary properties. It is established, that process of formation of particles of sulfide of zinc contains induction, a germ forming and forming - the periods. Duration of the induction period depends from pH synthesis of sulfide of zinc. With increase in acidity the induction period increases and the longer this process lasts, the it is more size of particles of sulfide of zinc. In the alkaline environment the size of the received particles 2 - 3 times are less than in the sour environment. Pigmentary properties of sulfide of zinc in functional dependence with the sizes of particles. The size of particles of sulfide of zinc after thermal processing 1,5 - 2 times increases, the parameter of refraction that it is possible to explain reduction of defect of a crystal lattice that proves to be true rontgenphase the analysis also increases.

**ВЛИЯНИЕ pH НА СИНТЕЗ СУЛЬФИДА ЦИНКА И ЕГО ПИГМЕНТНЫЕ СВОЙСТВА**

В.Рухадзе, И.Камушадзе, М.Кухалашвили  
*Государственный университет им. Акакия Церетели*

**РЕЗЮМЕ**

Изучено влияние pH реакционной среды синтеза сульфида цинка из системы  $m\text{ZnSO}_4 - n(\text{NH}_4)_2\text{S} - d\text{H}_2\text{SO}_4 - p\text{H}_2\text{O}$  на размер микрочастиц сульфида цинка и его пигментные свойства. Установлено, что процесс образования частиц сульфида цинка содержит индукционный, зародышеобразующий и формирующий периоды. Продолжительность индукционного периода зависит от pH синтеза сульфида цинка. С увеличением кислотности увеличивается индукционный период и чем дольше длится этот процесс, тем больше размер частиц сульфида цинка. В щелочной среде размер полученных частиц в 2 – 3 раза меньше, чем в кислой среде. Пигментные свойства сульфида цинка находятся в функциональной зависимости от размера частиц. Размер частиц сульфида цинка после термической обработки увеличивается в 1,5 – 2 раза, также увеличивается показатель преломления, что можно объяснить уменьшением дефектов кристаллической решетки, что подтверждается рентгенофазовым анализом.

## ELECTROCHEMISTRY

## THE INFLUENCE OF NATURE OF THE SOLVENT ON ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF MELLITIC ACID

I.A.Gurgenidze, T.R.Chelidze, Sh.S.Japharidze, D.J.Tediashvili, S.T.Shigardelashvili

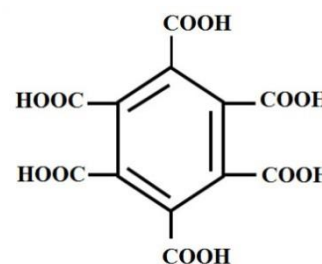
R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

E-mail: [tamchelidze@yahoo.com](mailto:tamchelidze@yahoo.com)

The purpose of our research is the study of the electrochemical behavior of benzene mellitic acid in solutions which have different physical properties in water and in ethylene glycol. Investigations were carried out by recording of voltammetric curves. It was established that mellitic acid shows electrochemical activity in the both solvents and the height of diffusion wave is directly proportional to its concentration. It is shown, that the value of the half-wave discharge potential of mellitic acid in ethylene glycol is much more negative than in water. By our opinion, that is the result of the high viscosity of ethylene glycol

It is well known, that different structure benzocarboxil acids widely use in medicine and pharmacochemistry, in particular, these acids are a necessary part of orthopedic and stomatologic materials. They also have anti-tumoralability[1]. The purpose of our research is the study of the electrochemical behavior of mellitic acid, which is benzocarboxyl acids with six carboxyl group( 1,2,3,4,5,6-hexabenzocarboxyl acid). Its chemical structure is shown on the fig.1.

Fig. 1. Structural form of mellitic acid



Investigations were carried out by recording of voltammetric curves which is characterized by high sensitivity, accuracy, receiving information and the availability of the method for introducing into practice. For the study of the electrochemical behavior of mellitic acid was chosen solutions, which has different physical properties – water and ethylene glycol. The diatomic alcohol – ethylene glycol is about 20 times more viscous liquid than water.

The investigations will be performed through voltammetric methods with a dropping mercury electrode ( $t=0.755$  drop/Sec,  $m=2.6$  mg/Sec) by a three-electrode cell. The voltammetric curves are recorded during potential range from 0 to  $-2.2$  V. The value of potential was taken respect to the saturated calomel electrode potential and as an anode was platinum wire. The process was performed in the thermostatic cell ( $t=20^{\circ}\text{C}$ ). During the experiment, twice-diluted solvents were used. For the determination of a degree of reproducibility, the experiment was repeated several times under the same conditions. The deviation made up  $\pm 1.5\%$ . It was established that mellitic acid shows electrochemical activity in the both solvents and the value of the half-wave potential discharge of mellitic acid in water is  $E = -1.62$  V and in ethylene glycol  $E = -1.9$  V (fig. 2 and 3) respectively.

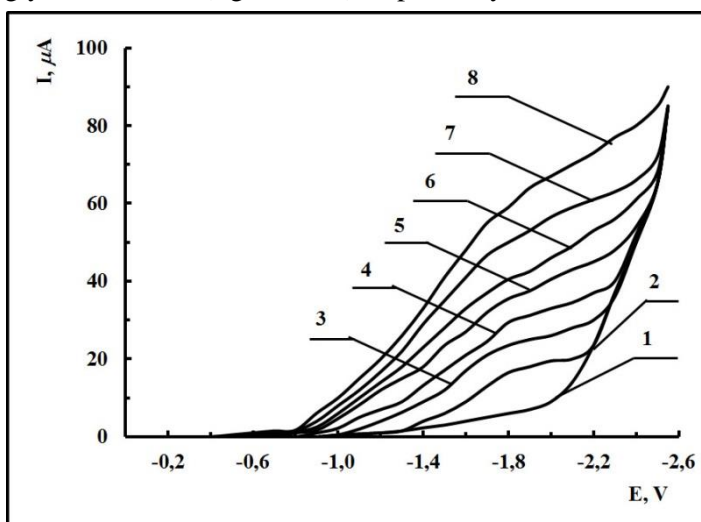
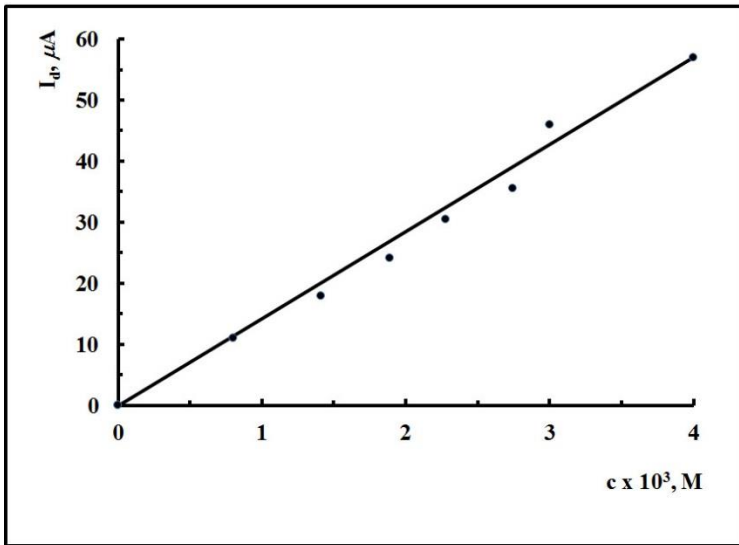


Fig. 2. Concentration dependence of polarography reduction of mellitic acid in base of the  $0.5$  M  $\text{NaClO}_4$  in the aqua solution:

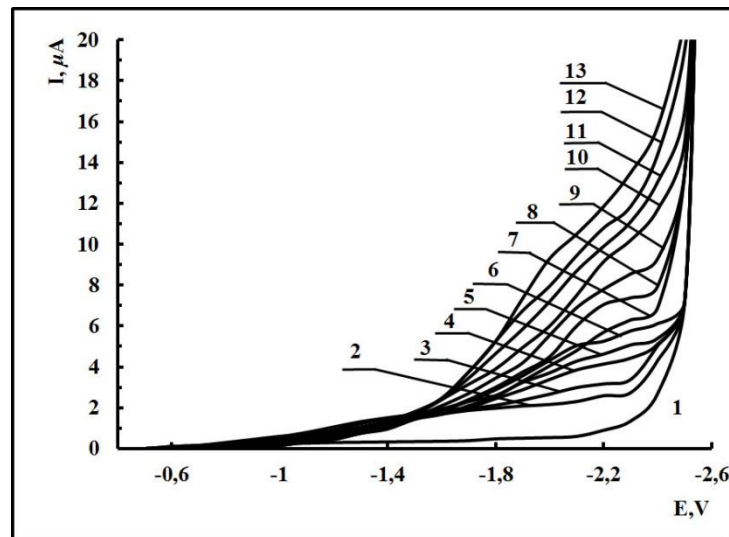
1 – 0; 2 –  $8 \cdot 10^{-4}$ ; 3 –  $1.41 \cdot 10^{-3}$ ;  
4 –  $1.89 \cdot 10^{-3}$ ; 5 –  $2.28 \cdot 10^{-3}$ ; 6 –  $2.75 \cdot 10^{-3}$ ;  
7 –  $3 \cdot 10^{-3}$ ; 8 –  $4 \cdot 10^{-3}$  M



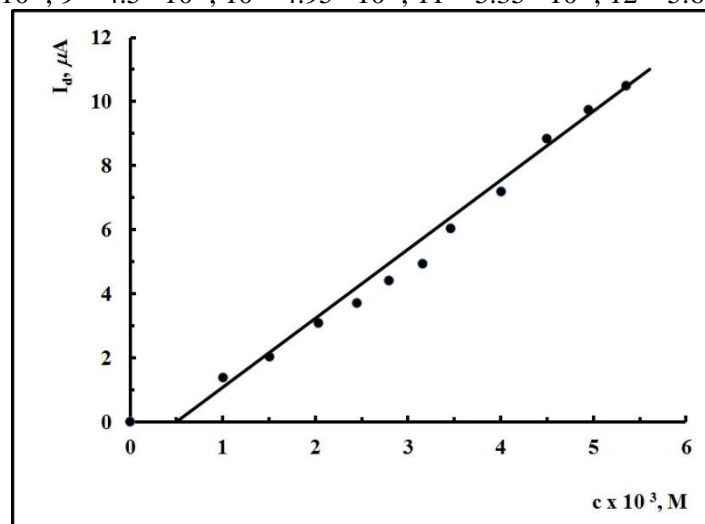
**Fig. 3.** Calibration curve of the quantitative analysis of mellitic acid in the aqua solutions

As can be seen from the figures, the height of the diffusion waves is directly proportional to its concentration in both solutions. On the basis of this dependence the calibration curve is constructed, which makes it possible to determine exact concentration of mellitic acid in range  $c=8 \cdot 10^{-4} \div 4 \cdot 10^{-3}$  M,  $c=1 \cdot 10^{-3} \div 5.6 \cdot 10^{-3}$  respectively (fig. 5 and fig.6). The value of half-wave potential in ethylene glycol

is much more negative than in water, which is probably due to the fact that large molecules of ethylene glycol discourage diffusion of mellitic acid molecules to the surface of the electrode.



**Fig. 4.** Concentration dependence of polarography reduction of mellitic acid in base of the 0,5 M NaClO<sub>4</sub> in the ethylene glycol solution: 1 - 0; 2 -  $1.5 \cdot 10^{-3}$ ; 3 -  $2.03 \cdot 10^{-3}$ ; 4 -  $2.45 \cdot 10^{-3}$ ; 5 -  $2.79 \cdot 10^{-3}$ ; 6 -  $3.16 \cdot 10^{-3}$ ; 7 -  $3.46 \cdot 10^{-3}$ ; 8 -  $4 \cdot 10^{-3}$ ; 9 -  $4.5 \cdot 10^{-3}$ ; 10 -  $4.95 \cdot 10^{-3}$ ; 11 -  $5.35 \cdot 10^{-3}$ ; 12 -  $5.61 \cdot 10^{-3}$ ; 13 -  $6 \cdot 10^{-3}$  M



**Fig. 5.** Calibration curve of the quantitative analysis of mellitic acid in the ethylene glycol solutions



**გამხსნელის ზუნების გავლენა მელიტის მჟავას ელექტროქიმიურ ქცევაზე**

ი.ა.გურგენიძე, თ.რ.ჭელიძე, შ.ს.ჯაფარიძე, დ.ჯ.თედიაშვილი, ს.თ.შიგარდელაშვილი  
*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი რაფიელ აგლაძის  
არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი*

**რეზიუმე**

ნაშრომში ნაჩვენებია მელიტის მჟავას ელექტროქიმიური ქცევა განსხვავებული ფიზიკური თვისებების მქონე ორ გამხსნელში – წყალსა და ორატომიან სპირტში ეთილენგლიკოლში. კვლევებს ვაწარმოებდით ვოლტ-ამპერული მრუდების გადაღების მეთოდით. დადგენილია, რომ აღნიშნული მჟავა ორივე გამხსნელში ელექტროქიმიურად აქტიურია და დიფუზური ტალღის სიმაღლე პირდაპირპროპორციულია მისი კონცენტრაციის. ნაჩვენებია, რომ მელიტის მჟავას განმუხტვის ნახევარტალღის პოტენციალი ეთილენგლიკოლის ხსნარებში უფრო ელექტროუარყოფითია, ვიდრე წყალხსნარებში, რაც ჩვენი აზრით, განპირობებული უნდა იყოს ეთილენგლიკოლის მაღალი სიბლანტით.

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ МЕЛИТОВОЙ КИСЛОТЫ**

И.А.Гургенидзе, Т.Р.Челидзе, Ш.С.Джапаридзе, Д.Дж.Тедиашвили, С.Т.Шигарделашвили  
*Институт неорганической химии и электрохимии им. Р.Агладзе, Тбилисский Государственный  
университет им. Ив. Джавахишвили*

**РЕЗЮМЕ**

В работе показано электрохимическое поведение мелитовой кислоты в двух растворителях, отличающихся физическими свойствами – в воде и двухатомном спирте этиленгликоле. Исследования проводили методом снятия вольтамперометрических кривых. Установлено, что указанная кислота в обоих растворителях проявляет электрохимическую активность и высота диффузионной волны прямопропорциональна её концентрации. Показано, что значение потенциала разряда полуволны мелитовой кислоты в этиленгликоле гораздо отрицательнее, чем в воде. что по нашему мнению вызвано высоким значением вязкости этиленгликоля.

## PHYSICAL CHEMISTRY

## SYNTHESIS OF FER TYPE ZEOLITE

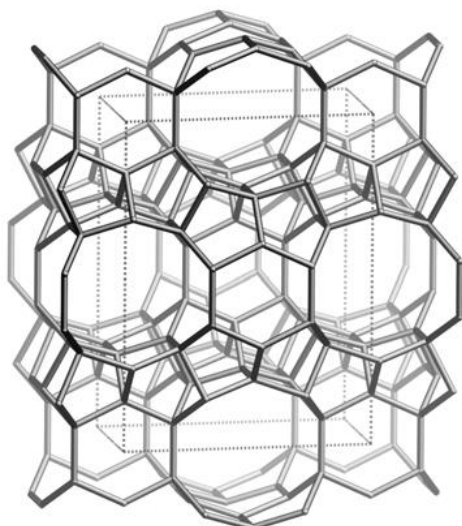
V.Tsitsishvili, N.Dolaberidze, M.Nijaradze, N.Mirdzveli

*Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry  
of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, 0186, 31 Politkovskaia str., Tbilisi, Georgia*

The synthesis of **FER** type zeolite materials by hydrothermal transformation of natural Georgian volcanic glass perlite treated by HCl water solution and suspended in presence of the Li ions was investigated. Products are characterized by chemical composition, XRD, FTIR, SEM-EDS and thermal analyses, as well as water and n-hexane sorption at static conditions. Possibility to prepare the nearly pure Li-form of the ferrierite by autoclave synthesis at 160°C during 140 hours is shown.

**Introduction**

A silica-rich zeolite ferrierite first discovered in 1918 and described by P.A.Vaughan in 1966 (UPAC crystal chemical formula  $[\text{Mg}_2\text{Na}_2(\text{H}_2\text{O})_{18}][\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]$ -**FER**) [1], is listed among common zeolites in spite of it is rare in nature. More than 20 only the US patents according to the synthesis of ferrierite and its applications have been published in 1976-2015. Such attention is caused by its structural properties: FER has two-dimensional channel system with the 10- and 8-rings (Figure 1), it can include a spherical molecule with maximum diameter of 6.31Å, and a molecule with diameter of 4.69Å can diffuse along the c axis.



**Fig. 1.** FER framework viewed along [001] [1]

Hydrothermal synthesis of ferrierite without organic templates is based on results of investigation of strontium-containing gels published by R.M.Barrer and D.J.Marshall in 1964, and the synthesis in the presence of potassium ions was examined by Toyo Soda [2] and scaled up for commercial production [3]. According to the US Patent 4,650,654, products are characterized by chemical composition  $n_1\text{Na} \cdot n_2\text{K} \cdot \text{Al} \cdot x\text{Si}$ ,

where  $n_1$  varies from 0.193 to 0.824,  $n_2$  from 0.366 to 0.905, and  $x$  from 6 to 11.75; the **FER** structure is testified by X-ray diffraction patterns.

Ferrierite can be crystallized from an aqueous gel of composition  $n_1\text{Na}_2\text{O} \cdot n_2\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O} \cdot z_1\text{CO}_2 \cdot z_2(\text{HCO}_2)_2$ , where  $n_1 \approx (1 - 10)n_2$ ,  $n_1 + n_2 \approx 3.0$ ,  $x$  varies from 6 to 15,  $y > 120$ ,  $z_1 < 1$ ,  $z_2 > 2$ , at 250°C in reaction periods ranging from 40 to 95 hours, the crystallization time can be reduced with seeding [4]. The hydrothermal transformation is rather careful procedure – in such system the ferrierite is a metastable phase and it is transformed into tridymite, high sanidine and orthoclase at longer reaction periods. At 200°C, chabazite was crystallized from the same batch composition at a very slow rate. At temperatures higher than 250 °C and in the absence of carbonates and bicarbonates in the batch mixture, tridymite, high sanidine and orthoclase crystallized directly without the formation of ferrierite [4].

Simple synthesis of the **FER** type zeolites with varying Si to Al ratios is possible in the presence of a catalytic amount of pyrrolidine or ethylenediamine [5]. Application of surfactant moieties (sodium bis(2-ethylhexyl) sulfosuccinate) that direct pyrrolidine molecules in a particular fashion, results in a sixfold decrease in the required amount of template as compared to conventional procedure, for FER crystallization [6]. Recently ferrierite zeolite nanoneedles [7] and hierarchical ferrierite with high catalytic stability and product selectivity in the 1-butene skeletal isomerization [8] have been prepared.

Organotemplate-free synthesis of high-silica ferrierite is still popular [9], so as to develop a simple and relatively cheap means of obtaining the **FER** type zeolites remains valid today.

The aim of our work was to study the synthesis of ferrierite in the presence of lithium ions and without application of organic templates.

### Experimental

Preparation of synthetic zeolite material was carried out using Georgian natural perlite from the Paravani Lake (Southern Georgia) deposit having chemical composition  $(3.58\text{K}_2\text{O} \cdot 1.1\text{Na}_2\text{O} \cdot 1.4\text{CaO} \cdot 1.45\text{MgO}) \cdot (12.88\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 73.68\text{SiO}_2) \cdot 6.72\text{H}_2\text{O}$ .

Processing of raw in target material includes following steps:

**Preparation & acid treatment of raw material** – perlite powder was treated at room temperature by the HCl water solutions under stirring, washed by water before the complete disappearance of  $\text{Cl}^-$  ions, and dried in oven at  $100\text{-}105^\circ\text{C}$ ; from the results of the X-ray powder diffractometry, it was confirmed that obtained homogeneous compound was amorphous; changes of chemical composition (the Si/Al ratio and relative content of positively charged metal ions  $\text{Me}^+$ ) at different acid concentration [HCl] are given in Figure 2.

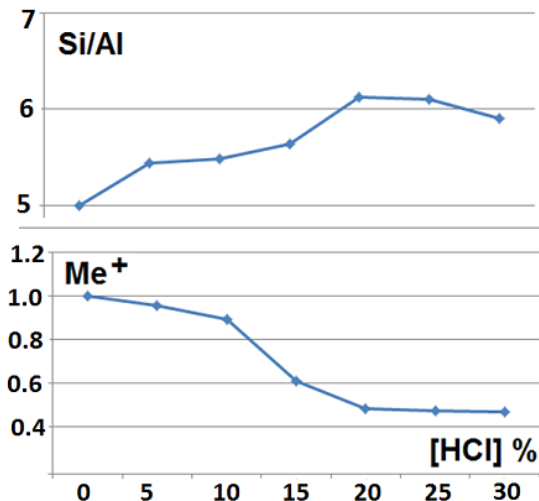


Fig. 2. The Si/Al ratio and metal content in acid treated perlite

It is shown, that highest Si/Al ratio is achieved after treatment in 20% HCl water solution, the metal content in such conditions is decreased twice.

**Preparation of suspension & base treatment** – water suspension of the acid treated amorphous material was prepared with the solid to liquid ratio of 1 : 3; prepared suspension was treated at room temperature by 1% LiOH water solution, solid to liquid ratio of 1 : 6, gel homogenization takes from 30 minutes to 1 hour; water content generally is rather high to ensure viscosity suitable for crystallization process, but water molecules are compulsory units to built zeolite structure and play a significant role.

**Crystallization** – crystallization is effected by charging a starting gel (slurry) in an autoclave and heating the slurry at a temperature of  $160^\circ\text{C}$ , duration of the process – up to 140 hours; as in [4], in order to uniformize the temperature in the autoclave during the crystallization, it is preferred that the crystallization be carried out with stirring.

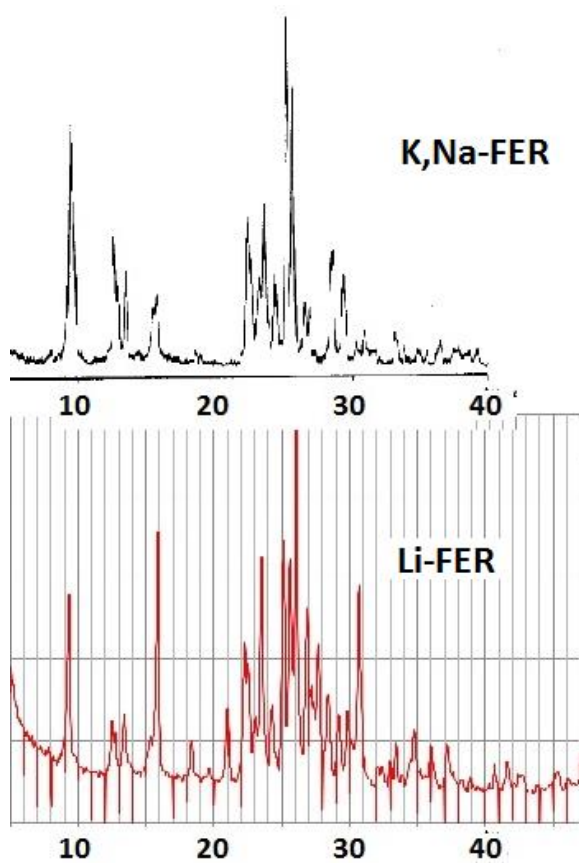
**Separation and cleaning** – after completing the crystallization, separation of produced crystalline material from the mother liquor was carried out by filtration, solid material was cleaned by water until pH 8.0-8.5, and dried at  $90\text{-}100^\circ\text{C}$ .

Chemical composition of prepared samples was determined by elemental analyses carried out using a Spectromom 381L plasma spectrometer and a Perkin-Elmer 300 atomic absorption spectrometer, as well as by energy dispersive X-ray (EDS) analysis. X-ray powder diffraction patterns were obtained from a DRON-4 diffractometer, employing the  $\text{Cu-K}_\alpha$  line and scanning at  $1^\circ$  per minute, FTIR spectra in the wavenumber range  $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$  were recorded on the Perkin-Elmer FTIR spectrometer (version 10.4.2) using the KBr pellet technique for sample preparation, SEM images were obtained by using Jeol JSM6510LV scanning electron microscope equipped with Oxford Instruments X-Max 20 analyzer for EDS. Sorption capacities are measured at room temperature under static conditions – water at  $p/p_s=0.40$  and  $p/p_s=1.0$ , n-hexane at  $p/p_s=1.0$ .

### Results & discussion

**Chemical composition** of prepared material,  $(\text{Li}_{4.2}\text{Me}_{0.2})(\text{Al}_{4.4}\text{Si}_{31.65}\text{O}_{72}) \cdot 11.8\text{H}_2\text{O}$ , is in a good accordance with the UPAC formula with the exception of small “lack” of the Al atoms and significant decrease of water molecules in the frame. Commercial samples of ferrierite used in many applications and studies generally are characterized by higher Si/Al ratio than the UPAC formula predicts, prepared sample (Si/Al=7.2) can be compared with ferrierite characterized by empirical formula  $\text{K}_{0.722}\text{Na}_{0.238}\text{AlSi}_{17.9}$  (example 2 of the US Patent 4,650,654) and prepared in autoclave at  $170^\circ\text{C}$  during 72 hours from slurry, containing metals in wt% ratio of NaOH:KOH = 0.50:2.21.

Prepared material is nearly pure (95.5%) Li-form, EDS spectra show irregular distribution of Na, K, Mg, and Ca.



**X-Ray powder diffraction patterns** of obtained samples have been compared with experimental patterns from the US Patent 4,650,654 [3] (see Figure 3) and with calculated ones taken from the IZA database of zeolite structures [10]. Experimental patterns of Li- and K,Na-forms are in a good accordance with the exception of difference in intensity for peaks in a range of  $12^\circ < 2\theta < 15^\circ$ . Pattern calculated for siliceous ( $\text{Si/Al} \rightarrow \infty$ ) **FER** structure gives possibility to assign comparatively high intensity peaks at following  $2\theta$  angles:  $9.44^\circ$  ( $hkl = 002$ ,  $d = 9.36\text{\AA}$ ),  $12.7^\circ$  ( $hkl = 200$  and  $011$ ,  $d = 7.04\text{\AA}$  and  $6.9\text{\AA}$ ),  $13.5^\circ$  ( $hkl = 110$ ,  $d = 6.56\text{\AA}$ ),  $22.5^\circ$  ( $hkl = 213$ ,  $d = 3.95\text{\AA}$ ), and  $25.6^\circ$  ( $hkl = 400$  and  $022$ ,  $d = 3.5$  and  $3.4\text{\AA}$ ). The (110) reflection is generally of much less intensity than expected from pattern simulation, as was mentioned and discussed in [11].

**Fig. 3.** Comparison of XRD patterns for obtained Li-FER and reference K,Na-FER [3] samples in a range of  $5^\circ < 2\theta < 40^\circ$

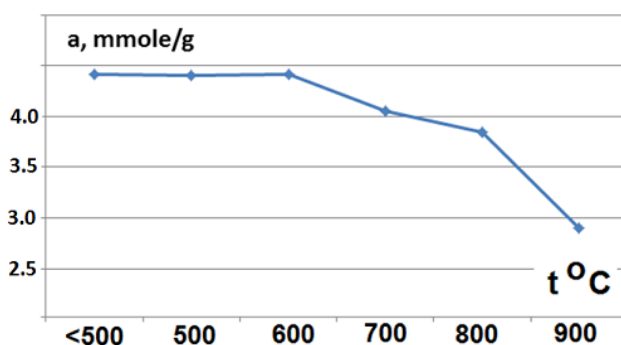
**Fourier transform infrared spectra** of obtained Li-FER show following bands in mid infrared: broad band at  $3400\text{ cm}^{-1}$  of asymmetric stretching of OH groups; peaks and shoulders in a range of  $1510 - 1260\text{ cm}^{-1}$  due to bending vibrations of bridging  $-\text{OH}-\text{O}-$  groups; broad peak at  $1000\text{ cm}^{-1}$  and a shoulder at  $750$

$\text{cm}^{-1}$  of asymmetrical and symmetrical external stretch vibrations of the  $\text{TO}_4$  tetrahedra; peak at  $660\text{ cm}^{-1}$  and shoulders at  $1190$  and  $700\text{ cm}^{-1}$  of internal stretch vibrations; peak at  $550\text{ cm}^{-1}$  of double ring vibration, and peak at  $460\text{ cm}^{-1}$  of T-O bend vibration.

Both XRD and FTIR data show developed zeolitic crystal microporous structure in synthesized samples, and it has been confirmed also by comparatively high averaged value ( $4.42\text{ mmole/g}$ , see Table 1) of water adsorption capacity under static conditions at the “plateau” pressure. The synthetic ferrierite behaves as a medium pore molecular sieve and sorbs nonpolar organic molecules (benzene, toluene and cyclohexane [4]), but the sorption capacity of n-hexane is comparatively low.

**Table 1.** Comparison of water and n-hexane sorption by Li-FER and reference K-FER, natural ferrierite from Santa Monika mountains, California, USA [12]

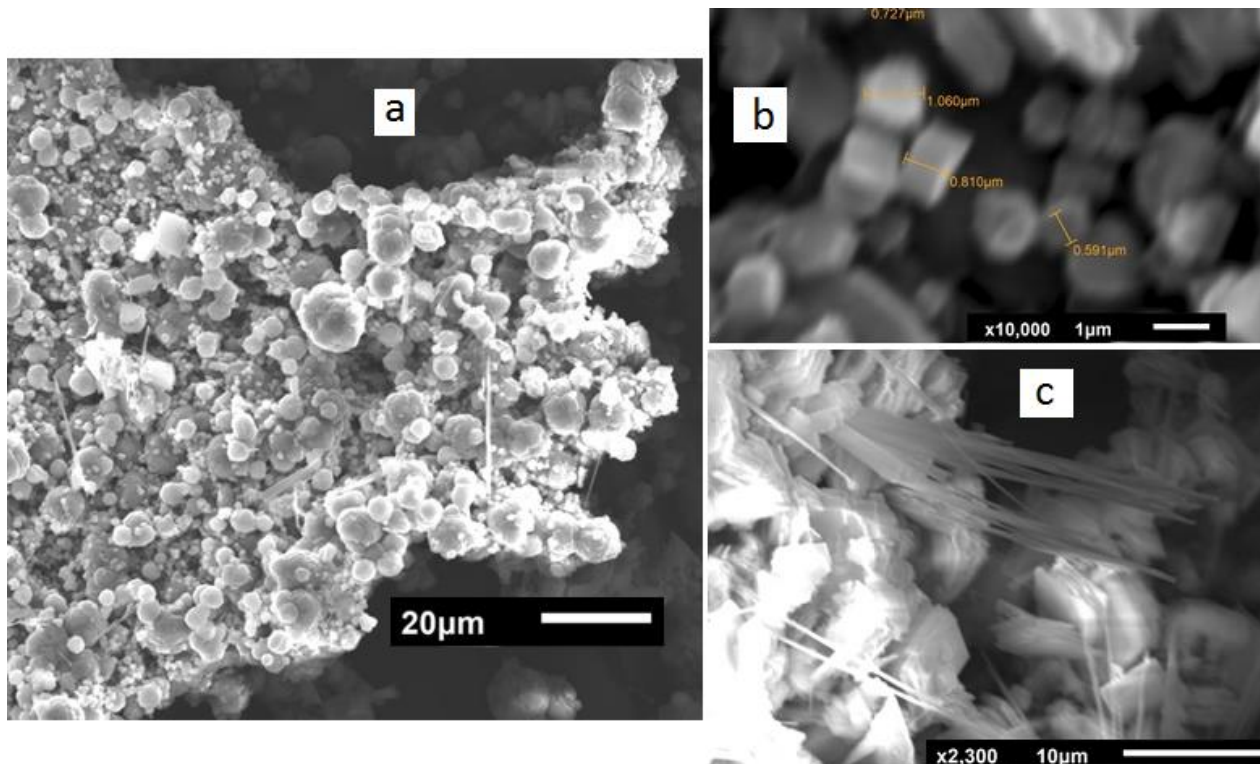
| Zeolite                     | Sorption                  | $\text{H}_2\text{O}$ |             | $\text{n-C}_6\text{H}_{14}$ |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------|-------------|-----------------------------|
|                             |                           | $p/p_s=0.4$          | $p/p_s=1.0$ | $p/p_s=1.0$                 |
| Li-FER                      | mmole/g                   | 4.42                 | 5.0         | 0.136                       |
|                             | $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ | 0.164                | 1.917       | 0.289                       |
| Natural ferrierite from USA | mmole/g                   | 3.63                 | 3.95        | 0.102                       |
|                             | $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ | 0.138                | 1.151       | 0.217                       |



According to [5,11] and other studies of ferrierite structure, thermally it is rather stable zeolite, the DTA curve show the endo-peak ( $120^\circ\text{C}$ ) of dehydration, a dehydroxylation and a sintering of the zeolite convert the ferrierite at approx.  $900^\circ\text{C}$  into a glass-like species, unsuitable for adsorption (see Figure 4).

**Fig. 4.** Water sorption on Li-FER after calcination at different temperatures

**SEM images** generally show micrometric crystallites (Figure 5a), a smaller part of which (up to 15 wt%) are comparatively large (diameter from 3 to 12  $\mu\text{m}$ ), and a large part has sizes from 0.5 to 1.2  $\mu\text{m}$  (Figure 5b), creation of fibrous aggregates (Figure 5c) with average diameter of 0.06  $\mu\text{m}$  takes place locally, and preparation of “hierarchical ferrierite”, as well as study of Li-**FER** ion exchange properties, is the aim of our following work.



**Fig. 5.** SEM images of Li-**FER**

### Conclusion

The proposed method of Li-**FER** preparation is based on the use of natural silica-alumina raw material and inexpensive reagents (HCl, LiOH), and gives possibility to obtain monocationic ready-to-exchange Li-ferrierite without application of organic templates.

### Acknowledgment

Authors thank professor of Applied Mineralogy Diego Gatta from the Milan University, Italy, and professor of Department of Geological Sciences of the Indiana University, USA, David Bish for useful discussions and the interest in our work.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Ch.Baerlocher, L.B.McCucker, D.H.Olson. Atlas of Zeolite Framework Types. Sixth revised Edition, 2007, p. 142-143.
2. W.Inaoka, S.Kasahara, T.Fukushima, K.Igawa. Synthesis and Characterization of Zeolites. Stud. Surf. Sci. Catal., 1990, v. 60, p. 37-42.
3. T.Junji Arika, S.Hiroshi Miyazaki, S.Kuzushige Igawa, S.Keiji Itabashi. Process for Preparation of Ferrierite Type Zeolites. US Patent 4650654 (March 17, 1987), Toyo Soda Manufacturing.
4. A.Çulfaz, A.K.Yilmaz. (1985), Synthesis and Characterization of Ferrierite. Cryst. Res. Technol., 1985, v. 20, p. 11–19. doi:10.1002/crat.2170200103.



5. Z.Göğebakan, H.Yücel, A.Çulfaz. Crystallization Field and Rate Study for the Synthesis of Ferrierite. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2007, v. 46, is. 7, p. 2006–2012, doi: 10.1021/ie061013+
6. R.K.Ahedi, A.N.Kotasthane, B.S.Rao, A.Manna, B.D.Kulkarni. Synthesis of Ferrierite-Type Zeolite in the Presence of a Catalytic Amount of Pyrrolidine and Sodium Bis(2-ethylhexyl) Sulfosuccinate. *J. Colloid Interface Sci.*, 2001, v. 236, p. 47-51.
7. Yoorim Lee, Min Bum Park, Pyung Soon Kim, Aurélie Vicente, Christian Fernandez, In-Sik Nam, Suk Bong Hong. Synthesis and Catalytic Behavior of Ferrierite Zeolite Nanoneedles. *ACS Catal.*, 2013, v. 3 (4), p. 617–621.
8. Weifeng Chu, Xiujie Li, Xiangxue Zhu, Sujuan Xie, Ce Guo, Shenglin Liu, Fucun Chen, Longya Xu. Size-Controlled Synthesis of Hierarchical Ferrierite Zeolite and Its Catalytic Application in 1-Butene Skeletal Isomerization. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2017, v. 240, p. 189-196.
9. Haiyan Zhang, Qiang Guo, Limin Ren, Chengguang Yang, Longfeng Zhu, Xiangju Meng, Can Li, Feng-Shou Xiao. Organotemplate-Free Synthesis of High-Silica Ferrierite Zeolite Induced by CDO-Structure Zeolite Building Units. *J. Mater. Chem.*, 2011, v. 21, p. 9494-9497. doi: 10.1039/C1JM11786F.
10. Database of Zeolite Structures of the International Zeolite Association (<http://www.iza-structure.org/>)
11. H.Fjellvåg, K.P.Lillerud, P.Norby, K.Sørby. Structural Properties of Some Ferrierite-Type Zeolites. *Zeolites*, 1989, v. 9, is. 2, p. 152-158.
12. Ferrierite-K (<https://www.mindat.org/min-6930.html>)

### FER ტიპის ცეოლითის სინთეზი

ვლადიმერ ციციშვილი, ნანული დოლაბერიძე, მანანა ნიჟარაძე, ნატო მირძველი  
*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი  
საქართველო, თბილისი 0186, ა.პოლიტკოვსკაიას ქ. 31*

### რეზიუმე

შესწავლილია FER ტიპის ცეოლითის სინთეზის პროცესები საქართველოს ბუნებრივი პერლიტის მაღალტემპერატურული ჰიდროთერმული გარდაქმნის გზით, მისი წინასწარი მჟავური დამუშავებისა და ლითიუმის იონები შემცველი ტუტე ხსნარში სუსპენდირების შემდეგ. დადგენილია მიღებული პროდუქტის ქიმიური შედგენილობა, განხორციელებულია მისი დახასიათება რენტგენული დიფრაქტომეტრის, ფურიე-ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის, თერმოგრაფიის, ადსორბციისა (წყალი და ნ-ჰექსანი) და მასკანირებელი ელექტრონილი მიკროსკოპიის მეთოდით. ნაჩვენებია მონოკატიონური Li-ფორმის ფერიერიტის მიღების შესაძლებლობა ავტოკლავური სინთეზის გზით 160°C ტემპეტატურაზე 140 საათის განმავლობაში.

### СИНТЕЗ ЦЕОЛИТА ТИПА FER

В.Г.Цицишвили, Н.М.Долаберидзе, М.О.Нижарадзе, Н.А.Мирдзвели  
*Институт физической и органической химии им. П.Г.Меликишвили Тбилисского государственного университета им. И.Джавахишвили, 0186, ул. А.Политковской 31, Тбилиси, Грузия*

### РЕЗЮМЕ

Исследован синтез цеолита типа FER путем гидротермального высокотемпературного превращения грузинского природного перлита, обработанного соляной кислотой и суспендированного в щелочном растворе в присутствии ионов лития. Установлен химический состав полученного продукта, он охарактеризован данными методов рентгеновской диффрактометрии, Фурье-ИК-спектрального анализа, адсорбции воды и н-гексана в статических условиях, термографии и сканирующей электронной микроскопии. Показана возможность получения монокатионной Li-формы ферьерита путём автоклавного синтеза при температуре 160°C за 140 часов.

## ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ САЖИ В УСЛОВИЯХ  
ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУР В СВЕТЕ ВОЗМОЖНОСТИ  
АЛМАЗООБРАЗОВАНИЯ

М.П.Церодзе, З.А.Авалишвили, Т.Б.Пхаладзе, С.И.Заславский, Н.Т.Лоладзе  
*Грузинский технический университет*

Проведены исследования по изучению кинетики фазовых и структурных изменений в саже (углерод пиролиза метана -УПМ) при различных термодинамических параметрах ( $P=2,5-5,0$  ГПа;  $T=1270-1670$  К;  $\tau=5-60$  с). Установлен факт гетерогенной графитации ( $\gamma$ ) неалмазного углерода УПМ с образованием двухфазного материала. Полученные углеродные материалы в условиях каталитического синтеза не переходят в алмаз.

О влиянии структуры исходного углеродного сырья на процесс синтеза алмазов, известно, что способность углеродного материала к алмазообразованию определяется склонностью углерода гомогенной графитации. Выход алмазов из углерода с высоким показателем графитации ( $\gamma$ ) значительно превышает выход алмаза из углерода с низким значением  $\gamma$  [1,2,3].

С другой стороны, экспериментально установлено, что при высоких давлениях и температурах в области стабильности алмаза, происходит графитация углеродных материалов неупорядоченных форм и они приобретают более совершенную кристаллическую структуру [4,5,6]. В случае присутствия жидкой металлической фазы графитация углеродных материалов протекает более полно и с большими скоростями. Тем не менее необходимо отметить, что, учитывая особенности технического процесса, каталитического синтеза алмазов, до достижения в камерах высокого давления температур выше плавления ( $\geq 1500$  К) металлов-катализаторов и начало процесса кристаллизации алмазной фазы из растворов углерода расплавов металлов, исходный углеродный материал в течении определенного промежутка времени (5-30 сек.) подвергается воздействию высоких давлений ( $P$ ) и температур ( $T$ ). Исходя из этого, с расплавами металлов-катализаторов уже будут взаимодействовать углеродные материалы претерпевшие определенные структурные изменения. Следовательно, изучение влияния термобарической обработки на структуру углеродных материалов представляет несомненный интерес при исследовании механизма превращения углеродных материалов в алмаз.

С целью получения дополнительных сведений, необходимых для понимания механизма алмазообразования, были проведены исследования, направленные на изучение влияния предварительной термической и термобарической обработки (как в присутствии металлов, так и без них) углеродного материала (УПМ) на процесс получения алмазов из него. В качестве исследуемого вещества был выбран углеродный материал, являющийся продуктом отхода процесса окислительного пиролиза метана. УПМ относится к классу саж и представляет собой высокодисперсное кристаллографический (рентгена) аморфное вещество с турбостратной структурой.

Изучили влияние термобарической обработки на кинетику структурных изменений в саже УПМ в диапазоне давлений 2,5-5,0 ГПа, температурах 1270-1670 К и времени выдержки от 5 до 120 сек.

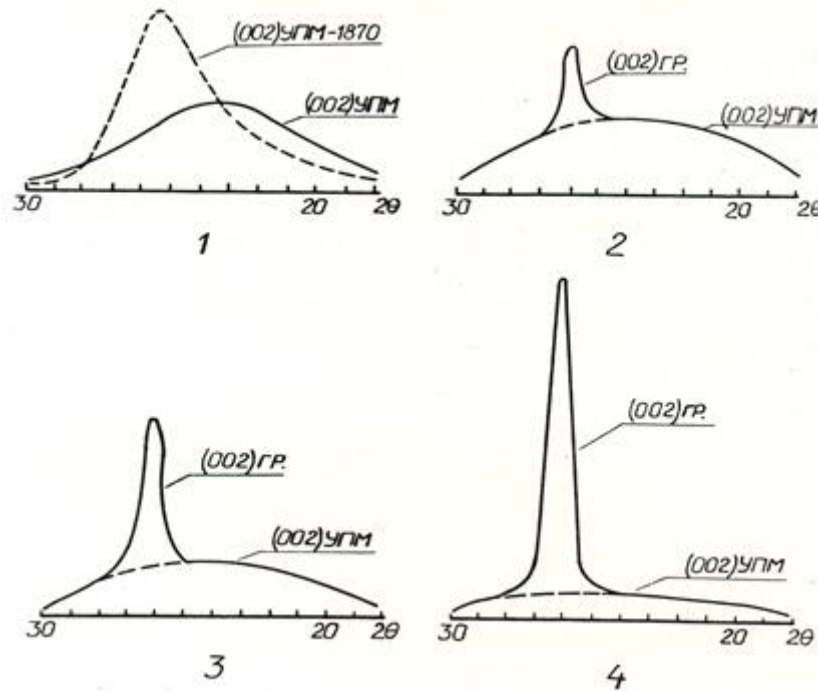
С помощью рентгеноструктурного анализа было установлено, что структура УПМ претерпевает существенное изменение уже при давлении 2,5 ГПа и температуре 1270 К за время 5 сек. После термобарической обработки УПМ при указанных параметрах отражение линии (002) на рентгенограмме приобретает сложный профиль и представляет собой наложенное отражение двух фаз - графитной с  $d_{002}=3,361$  и сдвинутой в сторону больших углов - аморфной.

При этом структура неупорядоченной фазы остается практически неизменной - турбостратной с межплоскостным расстоянием  $d_{002}=3,68$ . По мере увеличения параметров термобарической обработки углерода УПМ увеличивается и содержание графитной составляющей (увеличение интенсивности линии 002), но структура обеих фаз при этом практически не меняется.

Как указывалось выше, для количественной оценки графитной фазы, появляющейся в процессе термобарической обработки УПМ, был построен калибровочный график в координатах - количество в %-ах образованного графита и  $I_{002}$  графита /  $I_{002}$  аморф. на модельных смесях графит +

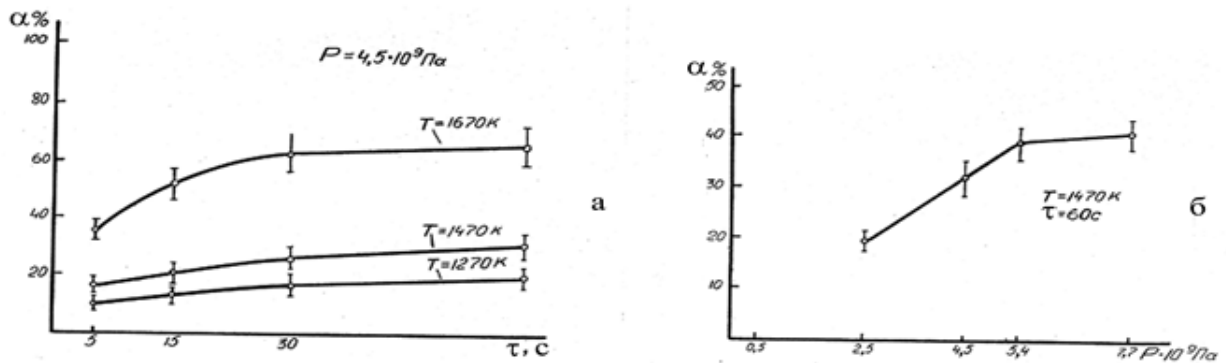
ამორფный углерод (УПМ). Было выявлено, что нижний предел концентрации по графиту, который фиксируется на рентгенограмме появлением графитной линии (002), составляет 2-3 %масс. Появление отражения (002) в виде галло от аморфного углерода – УПМ фиксируется только в случае его содержания в смеси более 7-8 %масс.

На рис.1 представлены характерные профили линий (002) УПМ до и после термобарической обработки. Следует отметить, что появление сложных профилей линии (002) (наличие двух фаз) при термобарической обработке углеродных материалов отмечается рядом исследователей [3,4].



**Рис. 1.** Характерные профили линии (002) углеродного материала УПМ до термобарической обработки 1 и после термобарической обработки при: 2 –  $P = 4,5 \cdot 10^9$  Па,  $T = 1270$  К,  $\tau = 5$  с; 3 –  $P = 7,7 \cdot 10^9$  Па,  $T = 1470$  К,  $\tau = 60$  с; 4 –  $P = 4,5 \cdot 10^9$  Па,  $T = 1670$  К,  $\tau = 120$  с.

На основании проведенных рентгенографических исследований были получены зависимости влияния  $P - T - \tau$  условий на процесс графитации УПМ (рис. 2). Анализ представленных зависимостей показывает, что при постоянном давлении температура оказывает наиболее существенное влияние на процесс протекания графитации. Так, увеличение температуры опыта с 1270 до 1670 К при одинаковом промежутке времени процесса приводит к увеличению содержания графитной фазы в 6 - 7 раз. Это, вероятно, связано с ускорением процессов диффузии, которые ответственны за протекание твердофазной графитации углеродных материалов.



**Рис. 2.** Зависимость содержания образовавшейся графитной фазы в углеродном материале УПМ от температуры, давления и времени выдержки



Аналогичное воздействие оказывает и длительность процесса, однако при времени выдержки более 30 сек наблюдается некоторое снижение скорости графитации (рис. 2а). Наиболее существенно влияние давления на процесс графитации УПМ в диапазоне  $2,5 \cdot 10^9$  -  $5,4 \cdot 10^9$  Па. Так, возрастание давления  $2,5 \cdot 10^9$  Па до  $5,4 \cdot 10^9$  Па приводит при одинаковой температуре и времени выдержки к увеличению содержания графитной фазы с 18% до 34%. Дальнейшее увеличение давления не оказывает существенного влияния на протекание процесса графитации УПМ. Это, очевидно, связано с тем, что система попадает в область, где графит метастабилен (область стабильности алмаза), но в силу кинетических особенностей процесс графитации продолжает протекать с меньшей скоростью (рис. 2б).

Путем термобарической обработки, углеродного материала УПМ в камере высокого давления был получен целый ряд материалов с различной структурой. Основной особенностью указанных углеродных материалов являлось присутствие фазы графита с высокой степенью графитации. Количество графитной фазы зависит от условия обработки ( $P - T - \tau$ ) углеродного материала УПМ.

Указанные материалы были подвергнуты воздействию высоких давлений и температур ( $P=5,0 \cdot 10^9$  Па,  $T=1470$  К и  $\tau=150$  сек.) в присутствии металлов-катализаторов (Ni - Mn) с целью получения алмазов. Несмотря на присутствие указанных материалов, графитной фазы (в некоторых образцах до 85%), алмазы не были получены. По-видимому, заторможенность процесса алмазообразования связано с наличием в указанных углеродных материалах заметного количества аморфной составляющей, что существенно меняет кинетику процесса зародышеобразования алмаза [3].

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

7. V.I. Kasatochkin, L.E. Shterenberg, V.N. Slevarev et al. Dependence of diamond synthesis on the nature of the starting carbon. DAN SSSR, v. 149, no. 4, 801-804, 1978.
8. Ana Lucia D. Skury, Guerold S. Bobrovitchii, Sergio N. Monteiro. Effect of the graphite perfection on the HP-HT diamond synthesis in a Ni-Mn-C system. Diamond and Related Materials, 13, 1725-1730, 2004.
9. Н.Т.Лолაძე. Алмазы и другие углеродные материалы. монография, "Технический Университет", Тбилиси, 330 стр. 2009.
10. Л.Е Штеренберг., С.В Богданова., В.И Слесарев. Влияние высокого давления на структуру некоторых углеродных материалов., Изв.АН СССР, серия Неорганические материалы, т.13, №8, 1977, 1424-1428.
11. Н.Т.Лолაძე, М.П.Церодзе, С.И.Заславский. Роль исходной структуры углерода в процессе синтеза алмаза. Известия НАН Грузии, серия Химическая, т.33, #3, стр.284-291, 2007.
12. ნ.ლოლაძე, მ.წეროდე. „ალმასის სინთეზის ფიზიკურ-ქიმიური ასპექტები Me-C სისტემაში“. მონოგრაფია, "ტექნიკური უნივერსიტეტი", თბილისი, 2017, 218 გვ.

#### INVESTIGATION THE KINETICS OF THE STRUCTURAL FORMATION OF CARBON-BLACK UNDER HIGH PRESSURE AND TEMPERATURES CONDITIONS FROM THE VIEW OF DIAMOND CRYSTALLIZATION

M.P.Tserodze, Z.A.Avalishvili, T.B.Phaladze, S.I.Zaslavsky, N.T.Loladze  
Georgian Technical University

#### SUMMARY

Experimental works have been carried out to study the kinetics of phase and structural changes in carbon-black (carbon of pyrolysis of methane-CPM) at various thermodynamic parameters ( $P = 2,5-5,0$  gPa,  $T = 1270-1670$  K,  $\tau = 5-60$  sec.). The fact of heterogeneous graphitization of non-diamond carbon of CPM with formation of a two-phase material is established. The received carbon materials during catalytic synthesis do not convert to diamond.

მურის სტრუქტურის ცვლილების კინეტიკის კვლევა მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში ალმასწარმოქმნის შესაძლებლობის თვალსაზრისით

მ.წეროდე, ზ.ავალიშვილი, თ.ფხალაძე, ს.ზასლავსკი, ნ.ლოლაძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

#### რეზიუმე

ჩატარებულია კვლევები მურის (მპნ-მეთანის პიროლიზის ნახშირბადი) ფაზური და სტრუქტურული ცვლილებების კინეტიკის შესასწავლად სხვადასხვა თერმოდინამიკური პარამეტრების პირობებში ( $P=2.5-5.0$  გპა;  $T=1270-1670$  K;  $\tau=5-60$  წმ.). დადგენილია, ნახშირბადოვანი მასალის მპნ-ის ჰეტეროგენული გრაფიტაციის ფაქტი ორსაფეხურიანი მასალის ფორმირებით. მიღებული ნახშირბადოვანი მასალები კატალიტიკური სინთეზის პირობებში არ გადადიან ალმასში.

## ახალი, ეკონომიური და სწრაფი მეთოდის დამუშავება ოზონის კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის

ციური ბასილაძე, გენრიეტა შანიძე, მანანა მამარდაშვილი, ნინო კვიციანი, სულხან ტაბატაძე.

*ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, რაფიელ აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი.*

შემოთავაზებულია ოზონის კონცენტრაციის განსაზღვრის ახალი, ეკონომიური მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია I<sub>2</sub>-ს კონცენტრაციის და შესაბამისი ოპტიკური სიმკვრივის წრფივ დამოკიდებულებაზე ( $\lambda=360\text{ნმ}$ ) ოზონის კონცენტრაციაზე შემდგომი გადათვლით. ანალოგიური შედეგები მიღებულია იოდის ხსნარებზე სახამებლის დამატებისას ( $\lambda=600\text{ნმ}$ ).

უკანასკნელ წლებში ოზონი თავისი მაღალი ჟანგვითი თვისებების გამო სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგში, მათ შორის სოფლის მეურნეობაში, მედიცინაში, კვების მრეწველობაში და ა.შ.

ოზონის გამოყენება უზრუნველყოფს ეკოლოგიურად სუფთა გარემოს შენარჩუნებას. პროცესებში მონაწილეობის დროს ჰაერში ნახევარი საათის, ხოლო წყალში ორი საათის შემდეგ ოზონი იშლება მოლეკულურ და ატომურ ჟანგბადად, რომლებიც არ აბინძურებენ გარემოს და არ წარმოქმნიან კანცეროგენულ ნივთიერებებს, რასაც რიგ შემთხვევებში ადგილი აქვს ქლორის ან ფტორის გამოყენებისას.

განსაკუთრებით დიდი როლი ენიჭება ოზონს კვების მრეწველობაში. ის წარმოადგენს ძლიერ მადეზინფიცირებელ და ქიმიურად უსაფრთხო საშუალებას. ოზონის გამოყენებით ხანგრძლივი დროით ინახება ხორცი, თევზი, კვერცხი, ყველი და სხვ. შედარებით უფრო მაღალ ტემპერატურაზე, ვიდრე სამაცივრო დანადგარებში. ოზონირების დროს ისპობა მიკრობები, ბაქტერიები, მავნე ქიმიური ნივთიერებები, ვირუსი, ობი და ასევე მცირდება ნიტრატების შემცველობა ხილსა და ბოსტნეულში.

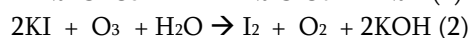
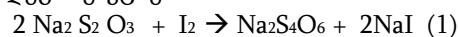
განსაკუთრებულ როლს ოზონი ასრულებს მედიცინაში. მისი ძლიერი დამჟანგველი უნარის გამო ის გამოიყენება სამედიცინო დანიშნულების ნაკეთობების სტერილიზაცი-ისათვის, ისევე როგორც მრავალი დაავადების თერაპიაში.

სოფლის მეურნეობაში ოზონი გამოიყენება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გაღვივებადმოცნების და ზრდის ინტენსიფიცირებისათვის მოსავლიანობის გაზრდის მიზნით, ასევე პროდუქციის ცალკეული სახეობების შენახვის ვადის გასაზანგრძლივებლად, საცავების დეზინფექციისათვის და ა.შ.[1].

წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანია ახალი გამარტივებული მეთოდის შემუშავება ოზონის კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის.

დღეისათვის ცნობილია ოზონის კონცენტრაციის დადგენის სხვადასხვა მეთოდი, რომლებიც ხასიათდება გარკვეული სირთულეებით. ერთ-ერთ ასეთ მეთოდს წარმოადგენს იოდომეტრია, რომელიც ითვალისწინებს დამატებითი რეაქტივების გამოყენებას (KI, ბუფერული ხსნარი, ნატრიუმის თიოსულფატი, I<sub>2</sub>), ამასთანავე აუცილებელია დატიტრის პროცესის ჩატარება [2].

პროცესი მოიცავს შემდეგ რეაქციებს :

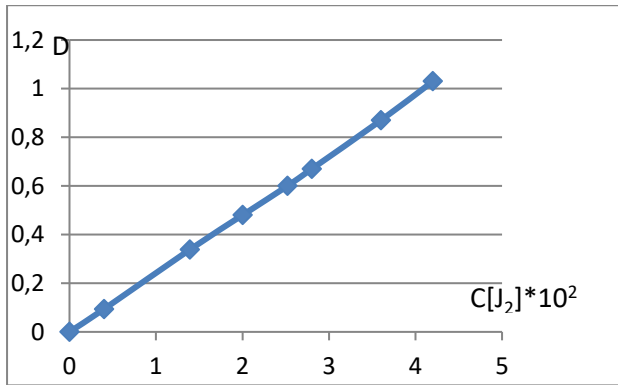


ოზონის კონცენტრაცია ისაზღვრება რეაქციით (2). აღნიშნული მეთოდის ნაკლად შეიძლება ჩაითვალოს დამატებითი რეაქტივების გამოყენების აუცილებლობა და იოდის რაოდენობის განსაზღვრისას სუბიექტური ფაქტორის გათვალისწინება.

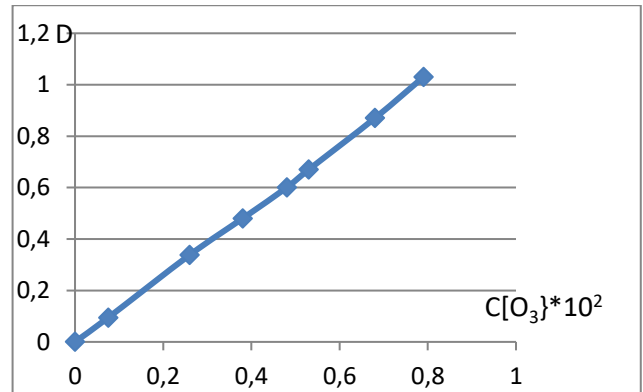
წარმოდგენილ ნაშრომში ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ოზონის კონცენტრაციის განსაზღვრის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდი, რომელიც გამოირჩევა პროცესის სიმარტივით.

მეთოდის პირველი ეტაპია კალიბრაციული მრუდის აგება I<sub>2</sub>-ის სხადასხვა კონცენტრაციის ხსნარებსა და მათი შესაბამისი ოპტიკურ სიმკვრივეებს შორის, ფოტოელექტროკოლორიმეტრ (KFK-3)-ის გამოყენებით ( $\lambda = 360$  ნმ).

ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ მიღებული დამოკიდებულება წრფივი ხასიათისაა და გადის კოორდინატთა სათავეში (ნახ.1), რაც მისი გამოყენების საშუალებას იძლევა I<sub>2</sub>-ის კონცენტრაციის და, შესაბამისად, ოზონის კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის (ნახ.2).

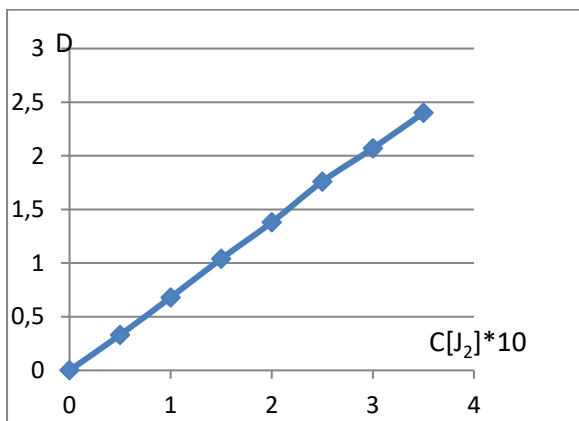


**ნახ. 1** I<sub>2</sub>-ის კონცენტრაციის - C დამოკიდებულება ოპტიკურ სიმკვრივეზე - D ( $\lambda = 360$  ნმ.)

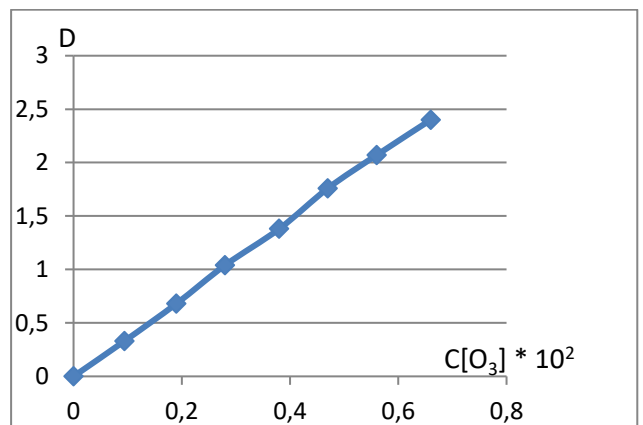


**ნახ. 2** O<sub>3</sub>-ის კონცენტრაციის - C (გადათვლილი I<sub>2</sub>-ის კონცენტრაციიდან) დამოკიდებულება ოპტიკურ სიმკვრივეზე - D ( $\lambda = 360$  ნმ.)

ანალოგიური შედეგებია მიღებული I<sub>2</sub>-ის ხსნარებზე სახამებლის დამატებით,  $\lambda = 600$  ნმ - ზე (ნახ.3), რომელიც იოდთან წარმოქმნის სტაბილურ კომპლექსს, რაც გამოირიცხავს იოდის აქროლადობით გამოწვეულ ცდომილებას და, შესაბამისად, ოზონის კონცენტრაციის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა (ნახ.4).



**ნახ. 3** I<sub>2</sub>-ის (სახამებლის თანაობისას) კონცენტრაციის - C დამოკიდებულება ოპტიკურ სიმკვრივეზე - D ( $\lambda = 600$  ნმ.)



**ნახ. 4** O<sub>3</sub>-ის კონცენტრაციის - C (გადათვლილი I<sub>2</sub>-ის სახამებლიანი ხსნარის კონცენტრაციიდან) დამოკიდებულება ოპტიკურ სიმკვრივეზე - D ( $\lambda = 600$  ნმ.)

ლიტერატურაში ცნობილი მეთოდით [2] და ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდით განსაზღვრული ოზონის კონცენტრაცია პრაქტიკულად ერთნაირია და შეადგენს  $0,34 \cdot 10^{-2}$  გ/ლ -  $0,31 \cdot 10^{-2}$  გ/ლ, შესაბამისად.

სახამებლის თანაობისას ჩატარებული ცდებით განსაზღვრული ოზონის კონცენტრაცია ( $\lambda = 600$  ნმ)  $0,3 \cdot 10^{-2}$  გ/ლ ემთხვევა ცნობილი მეთოდით [2] დადგენილ ოზონის კონცენტრაციას.

ამრიგად, შემოთავაზებული მეთოდი შედარებით ეკონომიურია და ოზონის სწრაფი, შედარებით მარტივი განსაზღვრის საშუალებას იძლევა.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Применение озона в сельском хозяйстве. Препринт Украинской Ассоциации озонотерапевтов и производителей медоборудования. Харьков, 2016, с.7.
2. Шарло Г. Методы аналитической химии. Москва, «Химия», 1969, с.1204.

**РАЗРАБОТКА НОВОГО, СРАВНИТЕЛЬНО ЭКОНОМИЧНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОЗОНА**

Ц.М.Басиладзе, Г.В.Шанидзе, М.И.Мамардашвили, Н.М.Квирквелия, С.В.Табатадзе  
*Тбилисский Государственный Университет им.Ив. Джавахишвили  
Институт неорганической химии и электрохимии им. Р.И.Агладзе*

**РЕЗЮМЕ**

Предложен новый, сравнительно экономичный метод определения концентрации озона, основанный на линейной зависимости концентрации иода и соответствующей оптической плотности ( $\lambda=360\text{nm}$ ) с последующим пересчетом на концентрацию озона. Аналогичные результаты получены при добавлении крахмала к растворам иода ( $\lambda=600\text{nm}$ ).

**ELABORATION OF NEW, ECONOMIC AND RAPID METHOD FOR DETERMINATION OF OZONE CONCENTRATION**

Tsiuri Basiladze, Genrieta Shanidze, Manana Mamardashvili, Nino kvirkvelia, Sulkhan Tabatadze.  
*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University  
Rafael Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Elektrochemistry*

**SUMMARY**

New, economic and rapid method for determination of ozone concentration has been proposed, based on linear dependence of iodine concentration on corresponding optical density ( $\lambda=360\text{nm}$ ) by further recalculation on ozone concentration. Similar results were obtained at the addition of the starch to iodine solutions ( $\lambda=600\text{nm}$ ).

## მათემატიკური ქიმია

## 5(3-ნიტროფენილთიო)-ინდოლ-2-კარბონმჟავას ზოგიერთი ნაწარმის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა ქვაზი-ანზ-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში

\*ნანა მეგრელიშვილი, მიხეილ გვერდწითელი, შოთა სამსონია, იოსებ ჩიკვაძე

\*აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ჩატარებულია 5(3-ნიტროფენილთიო)-ინდოლ-2-კარბონმჟავას სამი ნაწარმის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა ქვაზი-ანზ-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში, აგებულია და შესწავლილია ორი კორელაციური განტოლება. კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

მოლეკულათა აღნაგობასა და მათ თვისებებს შორის კავშირის გამოვლენა ქიმიის ძირმველი და ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა. ტოპოლოგიური ინდექსების (მოლეკულური დისკრიპტორების) მეთოდი წარმოადგენს მათემატიკური ქიმიის ქმედით მეთოდს, რომლის საშუალებითაც დგინდება კავშირი მოლეკულის სტრუქტურასა და მის ფიზიკო-ქიმიურ პარამეტრებს შორის -ხდება „სტრუქტურა-თვისებები“ ტიპის კორელაციური განტოლების აგება[1-3].

ერთ-ერთ ეფექტურ ტოპოლოგიურ ინდექსს წარმოადგენს  $lg(\Delta_{ანზ})$  - ანზ მატრიცის დეტერმინანტის ათობითი ლოგარითმი [4,5]. ანზ - მატრიცა მოლეკულური გრაფის თანაზიარობის მატრიცის მოდიფიცირებული სახესხვაობაა. მისი დიაგონალური ელემენტებია მოლეკულაში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრები, არადიაგონალური ელემენტებია ქიმიური ბმების ჯერადობა. ნებისმიერი ღია ჯაჭვიანი თუ ციკლური XYV მოლეკულის შესაბამისი ანზ -მატრიცა:

$$\begin{vmatrix} Z_X & \Delta_{XY} & \Delta_{XV} \\ \Delta_{XY} & Z_Y & \Delta_{YV} \\ \Delta_{XV} & \Delta_{YV} & Z_V \end{vmatrix} \quad (1)$$

სადაც:  $Z_X, Z_Y, Z_V$  - X,Y,V ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრებია,  $\Delta_{xy}, \Delta_{xv}, \Delta_{yv}, x \sim y, x \sim v, y \sim v,$  - ქიმიური ბმების ჯერადობები.

რთული სტრუქტურის მოლეკულებისათვის გამოთვლები ანზ-მატრიცის მეთოდით ძალზე შრომატევადია, ამიტომ მოხდა მისი გამარტივება და შეიქმნა ქვაზი-ანზ-მატრიცების ანზ მეთოდი.

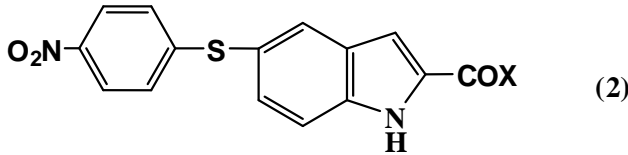
ანზ-მატრიცის დიაგონალური ელემენტებია მოლეკულის ცალკეულ სტრუქტურულ ფრაგმენტებში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრების ჯამი, არადიაგონალური ელემენტთა ბმების ჯერადობები ამ სტრუქტურულ ფრაგმენტებს შორის.

ანალოგიის გამოყენებით შეიძლება ითქვას, რომ ანზ- და ანზ მატრიცების მეთოდები ისეთ კავშირშია ერთმანეთთან, როგორც გამოთვლების ქვანტურ-მექანიკური ზუსტი და ემპირიული

მეთოდები. მაგრამ, არსებობს ერთი პრინციპული სხვაობაც -ანზ და ანზ - მატრიცების მეთოდებით მიღებული შედეგების სიზუსტე, ხშირ შემთხვევაში უმნიშვნელოდ განსხვავდება ერთმანეთისაგან.

ჩატარებულია ჩვენს მიერ სინთეზირებული 5(პ-ნიტროფენილთიო)-ინდოლ-2-ილ-კარბონმჟავას

სამი ნაწარმის (2) მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა ანბ - მატრიცების მეთოდის ფარგლებში.  
ამ ნაერთების ზოგადი ფორმულაა



სადაც X= -Cl; -NH-NH<sub>2</sub>; -NH-C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>

შემუშავებული უმარტივესი მოდელი: Y-X, სადაც Y (2) მოლეკულის (X-ის გარეშე) ძირითადი

სტრუქტურული ფრაგმენტია. შესაბამისი ანბ - მატრიცაა:

$$\begin{vmatrix} Z_y & 1 \\ 1 & Z_x \end{vmatrix}$$

ცხრილში მოყვანილია  $\lg(\Delta \text{ანბ})$ , T<sub>ლ</sub> და R<sub>f</sub> (2) ნაერთებისთვის [6].

$\lg(\Delta \text{ანბ})$ , T<sub>ლ</sub> და R<sub>f</sub> (2) ნაერთებისთვის

| X                                | $\lg(\Delta \text{ანბ})$ | T <sub>ლ</sub> , °C | R <sub>f</sub> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------|----------------|
| Cl                               | 2,42                     | 157                 | 0,61           |
| NH - NH <sub>2</sub>             | 2,46                     | 234                 | 0,51           |
| NH-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> | 2,88                     | 265                 | 0,4            |

უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენებით კომპიუტერზე აგებულია ორი კორელაციური განტოლება:

$$T_{\text{ლ}} = 235 \lg(\Delta \text{ანბ}) - 415 \quad (4)$$

$$R_f = -0,45 \lg(\Delta \text{ანბ}) + 1,75 \quad (5)$$

აღმოჩნდა, რომ კორელაციის r კოეფიციენტი შესაბამისად ტოლია: 0,981 და 0,980. ამგვარად, ჯაფეს კრიტერიუმით [7], კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. I.Gashtaiar, T.Emdel. Chemoinformatios. London, Willey-Vch, 2003.
2. გ.გამზიანი, ნ.კობახიძე, მ.გვერდწითელი. ზოგი რამ ტოპოლოგიური ინდექსების შესახებ. თბილისი, თსუ გამომც., 1995.

3. Н.Н.Сидамоеидзе, К.Т.Купатадзе, М.И.Гвердцители. Теоретические исследование корреляции „структура-свойства“ в рамках метода ПНС-, квази-ПНС и ЭП-матриц. Прикладная физика., 2003, № 6. с. 36-39.
4. M.Gverdtsiteli, G.Gamziani, I.Gverdtsiteli. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modifications. Tbilisi, TU-press, 1996.
5. მ.გვერდწითელი. რნმ-, ფსევდო-რნმ და ქვაზი-რნმ მატრიცების მეთოდის გამოყენება ალგებრულ ქიმიში. საქ. მეცნ. ეროვნ. აკად. მაცნე, ქიმიის სერია., 2009, 32(3), გვ. 348.
6. I.Sh. Chikvaidze, N.Sh. Megrelishvili, Sh. A. Samsoniya, N.N. Suvorov. Synthesis of some derivatives of 5(p-nitrophenylthio)indole-2-carboxylic acid. Bull. of the Academy of Sciences of the Georgian SSR., v.141, №3, 1991, p. 545-548.
7. მ. გვერდწითელი. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. თბილისი, თსუ გამომც., 1982, გვ.19

**MATHEMATICAL-CHEMICAL INVESTIGATION OF SOME DERIVATIVES  
OF 5(p-NITROPHENYLTHIO)-INDOLE-2-CARBOXYLIC ACID  
WITHIN THE SCOPE OF QUASI-ANB-MATRICES METHOD**

Nana Megrelishvili\*, Mikheil Gverdtsiteli, Shota Samsonya, Iosib Chikvaidze

*\*Akaki Tsereteli State University  
Ivane Javakishvili Tbilisi State University*

**SUMMARY**

Mathematical-chemical investigation of three derivatives of 5-(p-nitrophenylthio)indole-2 carboxylic acid was carried out within the scope of quasi ANB-matrices method. Two correlation equations were constructed and studied. Correlations are satisfactory.

**МАТЕМАТИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ  
5(п-НИТРОФЕНИЛТИО)ИНДОЛ-2-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ  
В РАМКАХ МЕТОДА КВАЗИ-АНС-МАТРИЦ**

\*Нана Мегрелишвили, Михаил Гвердцители, Шота Самсония, Иосиф Чикваидзе

*Тбилисский Государственный Университет им. И.Джавахишвили,  
\*Государственный Университет им. А.Церетели*

**РЕЗЮМЕ**

В рамках метода квази-АНС матриц проведено математико-химическое исследование трех производных 5-(п-нитрофенилтио)индол-2-карбонической кислоты. Построены и изучены два корреляционных уравнения. Корреляции удовлетворительны.

**პ-ნიტროაცეტოფენონის ზოგიერთი არილჰიდრაზონის  
მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა**

იოსებ ჩიკვაიძე, შოთა სამსონია, ნინო ჩიკვაიძე\*, ზურაბ ფაჩულია\*, მიხეილ გვერდწითელი  
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
\*სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ჩატარებულია პ-ნიტროაცეტოფენონის სამი არილჰიდრაზონის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა ქვაზი-ანზ-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში, აგებულია და შესწავლილია ორი კორელაციური განტოლება. კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

მათემატიკური ქიმია თანამედროვე თეორიული ქიმიის ერთ-ერთი უახლესი დარგია, რომელიც უმაღლესი მათემატიკის კატეგორების დახმარებით შეისწავლის სტრუქტურული ქიმიის პრობლემებს [1]. ტოპოლოგიური ინდექსების (მოლეკულური დისკრიპტორების) მეთოდი წარმატებით გამოიყენება მათემატიკურ ქიმიაში და წარმოადგენს ამ უკანასკნელის ერთ-ერთ მაგისტრალურ მიმართულებას[2,3].

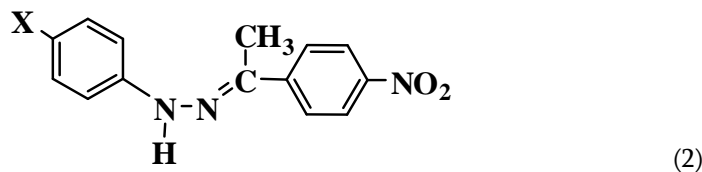
ანზ-მატრიცა (აბრევიატურა – ატომური ნომერი~ზმა) მიეკუთვნება მოლეკულური გრაფის თანაზიარობის მოდერნიზებული მატრიცების სიმრავლეს. მისი დიაგონალური ელემენტებია მოლეკულაში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრები, არადიაგონალური ელემენტები – ქიმიური ბმების ჯერადობები. ნებისმიერი ABC სამატომიანი მოლეკულის შესატყვისი ანზ-მატრიცაა:

$$\begin{vmatrix} Z_A & \Delta_{AB} & \Delta_{AC} \\ \Delta_{AB} & Z_B & \Delta_{BC} \\ \Delta_{AC} & \Delta_{BC} & Z_C \end{vmatrix} \quad (1)$$

სადაც:  $Z_A, Z_B, Z_C$  – A,B,C ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრებია,  $\Delta_{AB}, \Delta_{AC}, \Delta_{BC}$  –  $A \sim B, A \sim C,$  და  $B \sim C$  – ქიმიური ბმების ჯერადობები.

რთული აღნაგობის მოლეკულებისათვის, გამოთვლების გამარტივების მიზნით, ჩატარდა ABC ანზ-მატრიცის მოდერნიზება. ქვაზი-ანზ-მატრიცის დიაგონალური ელემენტებია მოლეკულის ცალკეული სტრუქტურულ ფრაგმენტებში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრების ჯამი, არადიაგონალური – ქიმიური ბმების ჯერადობები ამ ფრაგმენტებს შორის. ამგვარად, ქვაზი-ანზ-მატრიცა იგება მოლეკულის გარკვეული მოდელის საფუძველზე, ხოლო კონკრეტული მოდელის ოპტიმალური შერჩევა ხდება ქიმიური პოზიციიდან.

ქვაზი-ანზ-მატრიცის მეთოდის ფარგლებში შესწავლილია პ-ნიტროაცეტოფენონის სამი არილჰიდრაზონი. ამ მოლეკულების საერთო ფორმულაა:



სადაც:  $X=H, Br, NO_2$ .

განხილულია უმარტივესი სტრუქტურული მოდელი:

$$Y-X \quad (3)$$

სადაც Y მოლეკულის ძირითადი სტრუქტურული ფრაგმენტია (მთელი მოლეკულა ცვლადი X

ფრაგმენტის გარეშე). შესაბამისი ანზ - მატრიცაა:



$$\begin{vmatrix} Z_x & 1 \\ 1 & Z_y \end{vmatrix} \quad (4)$$

ცხრილში მოტანილია  $\lg(\Delta \tilde{\nu})$ ,  $T_{\text{ლ.}}$  და  $R_f$  შესწავლილი სამი მოლეკულისათვის.

ცხრილი.  $\lg(\Delta \tilde{\nu})$ ,  $T_{\text{ლ.}}$  და  $R_f$  (2) მოლეკულისათვის

| X               | $\lg(\Delta \tilde{\nu})$ | $T_{\text{ლ.}}, ^\circ\text{C}$ | $R_f$ |
|-----------------|---------------------------|---------------------------------|-------|
| H               | 2,12                      | 129                             | 0,6   |
| Br              | 3,67                      | 180                             | 0,54  |
| NO <sub>2</sub> | 3,79                      | 253                             | 0,51  |

უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენებით კომპიუტერზე აგებულია ორი კორელაციური განტოლება:

$$T_{\text{ლ.}} = 74 \lg(\Delta \tilde{\nu}) - 28 \quad (5)$$

$$R_f = -0,03 \lg(\Delta \tilde{\nu}) + 0,62 \quad (6)$$

კორელაციის  $r$  კოეფიციენტი შესაბამისად ტოლია: 0,980 და 0,982. ამგვარად, ჯაფეს კრიტერიუმით [4], კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. I.Gashtaier, T.Emdel. Chemoinformatios. London, Willey-Vch, 2003.
2. M.Gverdtsiteli, G.Gamziani, I.Gverdtsiteli. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modifications. Tbilisi, TU-press, 1996.
3. Н.Н.Сидамоицдзе, К.Т.Купатадзе, М.И.Гвердцители. Теоретические исследование корреляции „структура-свойства“ в рамках метода ПНС-, квази-ПНС и ЭП-матриц. Прикладная физика., 2003, № 6. с. 36-39.
4. მ. გვერდციელი. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. თბილისი, თსუ გამომც., 1982, გვ.19.

#### MATHEMATICAL-CHEMICAL INVESTIGATION OF SOME ARYHYDRAZONES OF p-NITROACETOPHENONE

Ioseb Chikvaidze, Shota Samsonya, Nino Chikvaidze\*, Zurab Pachulia\*, Mikheil Gverdtsiteli

*Ivane Javakishvili Tbilisi State University*

*\*Sokhumi State University*

#### SUMMARY

Tree aryhydrazones p-nitroacetophenone were studied withim the stope of quasi-ANB-matrices Method. Two correlation equations were constructed and investigated. Correlations are satsipactory.

#### МАТЕМАТИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ АРИЛГИДРАЗОНОВ p-НИТРОАЦЕТОФЕНОНА

Иосиф Чикваидзе, Шота Самсония, Нино Чикваидзе\*, Зураб Пачулия\*, Михаил Гвердцители

*Тбилисский Государственный Университет им. И.Джавахишвили,*

*\*Сухумский Государственный Университет*

#### РЕЗЮМЕ

Проведено математико-химическое исследование трех арилгидразонов p-нитроацетофенона в рамках метода квази-АНС матриц. Построены и изучены два корреляционных уравнения. Корреляции удовлетворительны.

## მაღალმოლეკულური ნაერთები

## იმპლანტანტების გამოყენება გულ-სისხლძარღვთა სისტემაში

მარინა ქარჩხაძე, ანტონინა მსხილაძე\*

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

\*სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

პოლიმერები სულ უფრო მზარდ გამოყენებას პოულობს მედიცინის სხვადასხვა სფეროში. სამედიცინო დანიშნულების პოლიმერები (ბუნებრივი, ხელოვნური და სინთეზური) და მასალები მათ საფუძველზე ფართოდ გამოიყენება რეკონსტრუქციულ-აღდგენით ქირურგიაში, სტომატოლოგიაში, ორთოპედიაში, ტრამატოლოგიაში, ოფთალმოლოგიაში, უროლოგიაში და ა.შ. ამ მიმართულებით განსაკუთრებით საინტერესოა სხვადასხვა შედგენილობისა და სტრუქტურის სინთეზური პოლიმერები.

ენდოპროთეზირების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მიმართულებაა კორექტირება გულ-სისხლძარღვთა სისტემაში. ტრავმები ან დაავადებით გამოწვეული დაზიანება მოითხოვს სისხლძარღვების, გულის, გულის სარქველის და ა.შ. შეცვლას. ძირითადად, ამ პრობლემის გადაწყვეტა ხდება ტრანსპლანტაციის საშუალებით, მაგრამ უმრავლეს შემთხვევაში დონორების რაოდენობა არასაკმარისია.

1990 წლის მონაცემებით, აშშ-ში, ყოველწლიურად გულის ტრანსპლანტაციის დაახლოებით 2000 ოპერაცია ტარდება, მაშინ, როცა ანალოგიურ ოპერაციას 10 000 პაციენტი საჭიროებს. აუცილებელი ხდება იმპლანტანტების გამოყენება.

პოლიმერული იმპლანტანტების გამოყენება ხდება შემდეგი მიმართულებებით:

- 1) სისხლძარღვების იმპლანტანტები;
- 2) გულის სარქველის ენდოპროთეზები;
- 3) იმპლანტანტები, რომლებიც შედის სისხლის მიმოქცევის დამხმარე სისტემაში;
- 4) იმპლანტანტები კარდიოსტიმულატორების სისტემისათვის და ა.შ.

ყველა ჩამოთვლილი იმპლანტანტისათვის საერთოა სისხლთან კონტაქტი, ამიტომ მასალა, რომლის-განაც მზადდება იმპლანტანტი, უნდა ხასიათდებოდეს მაღალი ჰემოთავსებადობით.

სისხლძარღვები წარმოადგენს სხვადასხვა დიამეტრის მქონე ელასტიურ მილებს, რომლებიც ქმნის ჩაკეტილ სისტემას, რომლის საშუალებითაც ხორციელდება სისხლის ტრანსპორტირება გულიდან ყველა ორგანოსა და ქსოვილებამდე და პირიქით – გულისაკენ. სისხლის მოძრაობის მიმართულების შესაბამისად, სისხლძარღვები იყოფა არტერიებად და ვენებად. არტერიებით სისხლი მოძრაობს გულიდან ქსოვილებისაკენ, ხდება არტერიების ხის-მაგ-ვარი განტოტვა წვრილ სისხლძარღვებად და კაპილარებად, რითაც სისხლი აღწევს ყველა ქსოვილსა და ორგანომდე. კაპილარებიდან სისხლი ხვდება წვრილ, შემდეგ კი მსხვილ ვენებში და ბრუნდება გულში. სისხლძარღვები გულთან ერთად ქმნის გულ-სისხლძარღვთა სისტემას.

სისხლძარღვების შეცვლა ენდოპროთეზებით ხდება ათეროსკლეროზის დროს (არტერიების დაავადება), ანთების, ან სხვა დაზიანების დროს, რომლებიც იწვევს თრომბოზს.

სისხლძარღვების ენდოპროთეზების შექმნა ამერიკაში დაიწყო 1957 წლიდან. განსაკუთრებით კარგი შედეგები იქნა მიღებული მსხვილი არტერიების ცალკეული უბნების ენდოპროთეზირებაში. გარკვეული სირთულე შეინიშნებოდა მხოლოდ ვენების იმ უბნებში, სადაც სისხლის მოძრაობა არტერიებთან შედარებით იყო მდორე, განსაკუთრებით წვრილ სისხლძარღვებში, რაც ზრდიდა თრომბის წარმოქმნის ალბათობას.

**მოთხოვნები, რომლებიც წაყენება სისხლძარღვების ენდოპროთეზებს:**

1. სისხლძარღვის ენდოპროთეზი უნდა ინარჩუნებდეს ფუნქციონირების შესაძლებლობას ხანგრძლივად – სასურველია სიცოცხლის ბოლომდე, მასალის ბიოდეგრადაციის უნარისაგან დამოუკიდებლად;

2. სისხლძარღვის მასალამ და კონსტრუქციამ არ უნდა გამოიწვიოს თრომბის წარმოქმნის ინიცირება და არ უნდა დაზიანოს სისხლის კომპონენტები;

3. ენდოპროთეზის მასალა უნდა უზრუნველყოფდეს ნაკეთობის სიმტკიცეს, პასუხობდეს ფუნქციონირების პირობებს და შეინარჩუნოს სიმტკიცე ავადმყოფის მოძრაობის პირობებში;

4. სისხლძარღვის კონსტრუქცია უნდა აკმაყოფილებდეს პირობებს:

ა) ენდოპროთეზი უნდა იყოს უნაკერო, რადგანაც ნაკერმა შეიძლება გამოიწვიოს თრომბის წარმოქმნა;

ბ) ენდოპროთეზს უნდა ჰქონდეს ფაქიზი კედელი და არ დაზიანდეს ნემსით გახვრეტისას შეკერვის დროს;

გ) არ გატყდეს გადაჭრისას;

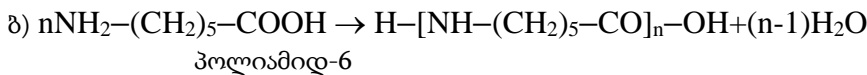
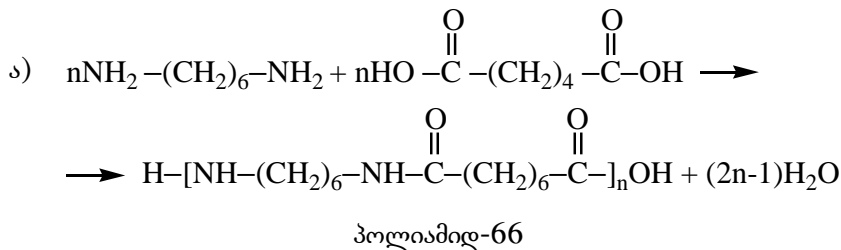
დ) ენდოპროთეზში შერწყმული უნდა იყოს განსაზღვრული სიხისტე გაჭიმვის უნართან.

ყველაზე ხშირად გამოიყენება ნაქსოვი კონსტრუქციები. ნაქსოვი სისხლმარღვებისათვის დამახასიათებელია მაღალი ელასტიურობა და მოქნილობა. ტრიკოტაჟული ქსოვა ნებისმიერი მიმართულებით მათი გადაჭრის საშუალებას იძლევა, იკერება კარგად. ნაქსოვი სისხლმარღვების უარყოფითი მხარეა სისხლის დიდი შეღწევადობა, რაც სისხლმარღვების შესისხლხორცების პირველ სტადიაზე შეიძლება კომპენსირდეს სისხლის გადასხმით. იშვიათად გამოიყენება ქსოვილური და მოწნული ენდოპროთეზები. კვარცი თვისებებით ხასიათდება გოფირებული ენდოპროთეზები.

ხელოვნური მასალით (მეტალი) სისხლმარღვების პროთეზირების პირველი ცდები თარიღდება მე-19 საუკუნის ბოლოს. შემდგომში მასალად გამოყენებული იქნა პარაფინით დაფარული მინა, პოლიმეთილმეტაკრილატი, ალუმინი, ვერცხლი, სპილოს ძვალი. ქიმიის, კერძოდ მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ტექნოლოგიის განვითარებასთან ერთად სულ უფრო ინტენსიური გახდა კვლევები ენდოპროთეზირებისათვის სხვადასხვა პოლიმერების გამოსაყენებლად.

ენდოპროთეზების დასამზადებლად თავის დროზე მექანიკურად იყო გამოყენებული პოლიეთილენი, კოლაგენი, პოლიამიდები, პოლივინილის სპირტი (ბოჭკო „ივალონ“-ი), პოლიაკრილონიტრილი („ორლონი“), ტეფლონი.

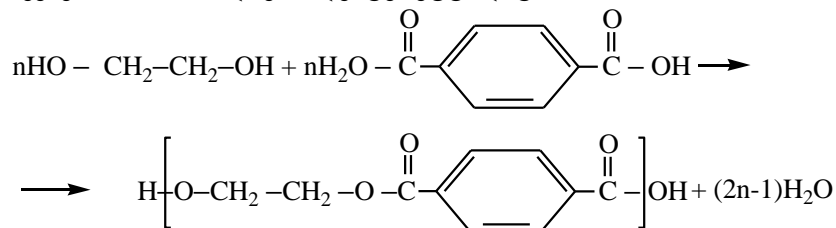
უმრავლეს შემთხვევაში მასალის ასეთმა შემთხვევითმა შერჩევამ არ მოიტანა დადებითი შედეგი. ენდოპროთეზები პოლიამიდების (66 და 6)



საფუძველზე ორგანიზმში განიცდიდა დეგრადაციას და კარგავდა სიმტკიცეს 80%-მდე, იწვევდა მთელ რიგ გართულებებს, თრომბოზს.

პოლივინილის სპირტის ბოჭკოს საფუძველზე დამზადებული ენდოპროთეზები ხასიათდებოდა დაბალი სიმტკიცით და მაღალი არტერიული წნევის პირობებში იშლებოდა. თრომბოზს იწვევდა აგრეთვე პოლიაკრილონიტრილისაგან დამზადებული სისხლმარღვებიც.

სერიოზულ ყურადღებას იქცევს ფტორშემცველი პოლიმერი - პოლიტეტრაფტორეთილენი („Goretex“),  $n\text{CF}_2 = \text{CF}_2 \rightarrow (-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$ , რომელიც ხასიათდება მაღალი ბიოლოგიური ინერტულობით და ცილების ადგეზიის დაბალი უნარით. გამოიყენება ერთიანი ფოროვანი კედლების მქონე სისხლმარღვების ენდოპროთეზების შესაქმნელად. სისხლმარღვების ენდოპროთეზების შესაქმნელად გამოიყენება ნართი პოლიეთილენტერეფტალატისა



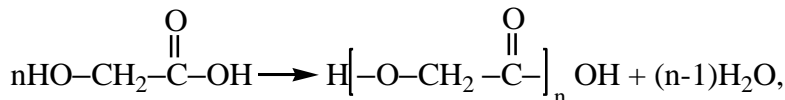
და ფტორშემცველი პოლიმერის 'ფტორლონის' (ტეტრაფტორეთილენისა და ვინილიდენფტორიდის თანაპოლიმერი) საფუძველზე.

სისხლძარღვების ენდოპროთეზების შესაქმნელად გამოიყენება ბიოდეგრადირებადი პოლიმერები და პოლიმერები მაღალი ჰემოთავსებადობით.

ბიოდეგრადირებადი პოლიმერებისაგან დამზადებული ენდოპროთეზების გამოყენებისას ხდება ენდოპროთეზის მასალის თანდათანობითი, ან ნაწილობრივი ჩანაცვლება ცოცხალი ქსოვილით.

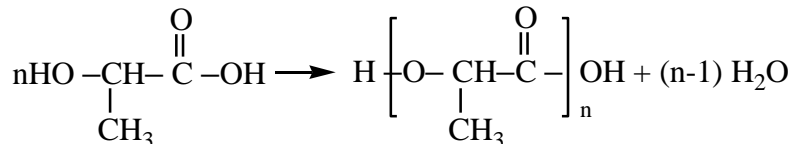
სისხლძარღვის მასალის ბიოდეგრადაციის სიჩქარე უნდა შეესაბამებოდეს მისი ცოცხალი ქსოვილით ჩანაცვლების სიჩქარეს, წინააღმდეგ შემთხვევაში მოხდება ენდოპროთეზის დაშლა.

გამოყენებული იქნა ბოჰკოვანი მასალისაგან დამზადებული კონსტრუქციები, რომლებიც პოლიეთილენტერეფტალატთან ერთად შეიცავდა ბიოდეგრადირებად პოლიმერს - პოლიგლიკოლისმჟავას



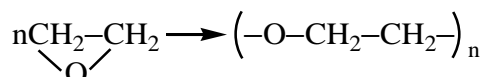
კოლაგენს, ფიბრინს, მარტივი და რთული პოლიეთერების შემცველ ბლოკ-თანაპოლიმერებს.

მოდელურ სისტემაში, რომელიც დამზადებული იყო პოლიურეთანის ბაზაზე (-NH-CO-O-ურეთანული დაჯგუფება) 5% პოლი-L-ლაქტიდის (პოლირმემჟავა) შემცველობით:



იმპლანტის ქცევა დამოკიდებული იყო პოლი-L-ლაქტიდის მოლეკულურ მასაზე (ცდები ჩატარებული იქნა ვირთხებზე). ენდოპროთეზის შემადგენლობაში პოლი-L-ლაქტიდის გამოყენებისას (M=150000), პოლიმერი ხასიათდებოდა ბიოდესტრუქციის დიდი სიჩქარით, ენდოპროთეზი იშლებოდა სწრაფად და მასში წარმოიქმნებოდა ანევრიზმები. Dდიდი მოლეკულური მასის პოლი-L-ლაქტიდის გამოყენებისას (M=550000), ენდოპრო-თეზის მასალა იშლება დაბალი სიჩქარით და თანდათანობით ჩაი-ნაცვლება ცოცხალი ქსოვილით. ამ დროს ენდოპროთეზის შიგა ზედაპირზე შეიმჩნევა ახალი ეპითელიარული უჯრედების წარმოქმნა, რომლებიც ორიენტირებულნი არის სისხლის მოძრაობის მიმართულებით.

სისხლძარღვების მილები მაღალი ბიოინერტულობით და დიდი შეღწევადობით მიღებულია პოლიეთილენოქსიდის



საფუძველზე M=2000000 :- 5000000. ასეთი ნაკეთობის არსებითი უარყოფითი მხარე არის დაბალი სიმტკიცე და უმდგრადობა მტვრის მიმართ.

ფოროვნობა აუცილებელია ენდოპროთეზის ფუნქციონირებისათვის, მაგრამ აუცილებელი ხდება სისხლის გადასხმა, რაც ართულებს ოპერაციას. ამ ნაკლის თავიდან ასაცილებლად ფოროვან ენდოპროთეზებს ამუშავებენ შეკერილი ჰიდროგელებით, რომლებიც მიღებულია კოლაგენის, ალბუმინის და ჟელატინის საფუძველზე, რითაც იზრდება ჰემოთავსებადობა.

ენდოპროთეზების დასამზადებლად, რომლებიც გამოიყენება კორონარული შუნტირებისათვის პერს-პექტიულ მასალას წარმოადგენს Mმიკროფოროვანი სეგმენტირებული პოლიურეთანები. ასეთი მასალა მზადდება სხვადასხვა მარკით.

**მასალა გულის სარქველის ენდოპროთეზებისათვის.** დაზიანებული გულის სარქველის ჩანაცვლება ხდება ბიოპროთეზებით (ადამიანის, ან ცხოველის სარქველის გამოყენებით), ან არაბიო-ლო-გიური მასალით. ცხოველური გულის სარქველის გამოყენების შემთხვევაში მათ სპეციალურად ამუშავებენ გლუტარის ალდეჰიდით.

გულის სარქველის სიმტკიცეს განაპირობებს კარკასი, რომელიც მზადდება მეტალისაგან. ამ მიზნით გამოიყენება ტიტანი, ან მისი შენადნობები. მექანიკური სარქველების დანარჩენ კომპონენტებად ფართოდ გამოიყენება პოლიმერები. ორგანიზმის ქსოვილთან სარქველის ენდოპროთეზის მისაკერებლად ყველაზე ხშირად გამოიყენება პოლიეთილენტერეფტალატი ("Dacron", "Лавсан"), პოლიტეტრაფტორეთილენი ("Teflon"), ხშირად კომპოზიციაში პოლიპროპილენტან. სხვა მასალები - პოლიამიდები, ბამბეული ქსოვილები - იშვიათად.

ძველ მოდელებში სარქველის ნაწილი მზადდებოდა ხისტი სილოქსანური რეზინისაგან, რომელიც შეიცავდა 2% BaSO<sub>4</sub>-ს, როგორც რენტგენოკონტრასტულ დანამატს.

მოგვიანებით, კონსტრუქციაში გამოიყენებოდა სილოქსანური კაუჩუკი ტიტანის რგოლით. ასევე - პოლიფორმალდეჰიდი და ზემალაღი მოლეკულური მასის პოლიეთილენი.

უკანასკნელ მოდელებში გამოიყენება პოლიტეტრაფთორეთილენი და პიროლიზური გრაფიტი.

**გულის ენდოპროთეზები.** გულის ენდოპროთეზები უფრო იშვიათად გამოიყენება, ვიდრე სისხლძარღვების იმპლანტანტები და გულის სარქველის ენდოპროთეზები. აღსანიშნავია, რომ ხშირად გამოქვეყნებულ ინფორმაციას აქვს სარეკლამო ხასიათი.

გულის ენდოპროთეზის პირველი მოდელი შეიქმნა 1970-იან წლებში. მმასალად გამოყენებული იქნა სეგმენტირებული პოლიურეთანები. ენდოპროთეზების ყველაზე დიდი რაოდენობა შეიქმნა აშშ-ში გეასული საუკუნის 90-იან წლებში.

საწყის ეტაპზე ხელოვნური გულის შესაქმნელად გამოყენებული იქნა სამრეწველო პოლიმერები - ნატურალური კაუჩუკი, ტეფლონი, პოლივინილქლორიდი, პოლიმეთილმეტაკრილატი, ასევე პოლისილოქსანები, თუმცა ისინი არ აკმაყოფილებდნენ მათზე წაყენებულ მოთხოვნებს. დღეისათვის ენდოპროთეზების დეტალების დასამზადებლად გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის სეგმენტირებული პოლიურეთანები, სილოქსანური რეზინები, პოლიეთილენტერეფტალატი, აგრეთვე კარბონატურეთანული ბლოკთანაპოლიმერები.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. М. И. Штильман. Полимеры медико-биологического назначения. Москва, 2006, 363 с.
2. Н.А. Плате, Л.И.Валуев. Полимеры в контакте с живым организмов. Москва, 1987, 254 с.
3. С.Н. Манабу. Полимеры медицинского назначения. 1981. 248 с.
4. М. И. Штильман. Технология полимеров медико-биологического назначения. Москва, Бином, лаборатория знаний, 2015, 328 с.

### APPLICATION OF IMPLANTS IN THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

M.Karchkhadze, A.Mskhiladze\*

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

\*Sukhumi State University

### SUMMARY

High-molecular compounds are widely used in different spheres of medicine. Polymers that are in contact with biological organisms belong to polymers for biomedical applications. In modern medicine, such polymers have wide application in reconstructive surgery, traumatology, urology, ophthalmology, dentistry, orthopedics, etc. For this purpose, synthetic polymers of various composition and structure are especially successfully used.

### ПРИМЕНЕНИЕ ИМПЛАНТАНТОВ В СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЕ

М.Г.Карчхадзе, А.А.Мсхиладзе\*

Тбилисский государственный университет им Ив Джавахишвили

\*Сухумский государственный университет

### РЕЗЮМЕ

Высокомолекулярные соединения находят широчайшее применение в различных сферах медицины. К полимерам медико-биологического назначения относят полимеры, которые находятся в контакте с биологическими средами организмов. В современной медицине такие полимеры нашли широкое применение в реконструктивно-восстановительной хирургии, травматологии, урологии, офтальмологии, стоматологии, ортопедии и т. д. С этой целью особенно успешно применяется синтетические полимеры различного состава и строения.

## ბუნებრივი ნაერთები

## სოიოს მარცვლისაგან მიღებული ცილოვანი პროდუქციის გამოყენების მნიშვნელობა ზავშვთა კვების პროდუქტთა ბიოლოგიური ღირებულების ამაღლებისათვის

ნ.კუტალაძე, ა.ცინცილაძე

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრარული და მემზრანული ტექნოლოგიების სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი

ავტორთა მიერ ექსპერიმენტალურ სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოების ჩატარების შედეგად გამოვლინდა, რომ საუკეთესო თვისებებით ხასიათდება სოია(ბათუმური I) და მისგან მიღებული ცილოვანი ექსტრაქტი კონცენტრატი, იზოლატი საუკეთესო დანამატი კვების მრეწველობის სხვადასხვა დარგში : ზავშვთა კვების პროდუქტების, ასევე საკონდიტრო წარმოებაში ცილოვანი კომპონენტებით გამდიდრებისათვის.

მეცნიერთა ყურადღების ცენტრშია კვების პროდუქტთა ბიოლოგიური ღირებულების გაზრდის გზების გამონახვა, პრობლემა ძირითადად ეხება ცილების დეფიციტს. ცილებზე ორგანიზმის დღიური მოთხოვნილება შეადგენს 80-100გ. დეფიციტი არსებული მონაცემებით 40-45%-ის ფარგლებშია (1).

ცილოვანი უკმარისობის პრობლემა ჩვენი ქვეყნის მოსახლეობასაც ეხება, ამიტომ საჭიროა გამოინახოს ცილების დეფიციტის შევსების გზები, ამ მიზნით შეიძლება ჩვენში ფართოდ გავრცელებული ცხიმ-ზეთოვანი მცენარეების (თხილის, კაკლის, მზესუმზირას და სხვათა გამოყენება) (2).

## ცხრილი 1. ცხიმ-ზეთოვანი ნაერთების ქიმიური შემადგენლობა

| კულტურა          | პროტეინი, % | ლიპიდები, % | უჯრედისი, % | ნაცრიანობა, % |
|------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| მზესუმზირას გული | 16-19       | 64-65       | 1,7-2,1     | 3-3,2         |
| სოია             | 36-44       | 19-21       | 4,3-5,3     | 2,8-5,6       |
| ლობიო            | 20-24       | 2,2-2,4     | 3,5,-3,9    | 3,2-3,6       |
| თხილი            | 16-17       | 62-63       | 1,6-1,8     | 2,2-2,4       |

ცხრილში მოტანილი ყველა სახის მარცვალი შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს ცილოვანი პროდუქციის (ექსტრაქტის, კონცენტრატის, იზოლატის) მისაღებად, რომლებიც შემდგომ გამოიყენება სხვადასხვა სახის ზავშვთა კვების პროდუქტების ცილებით გამდიდრებისათვის(3). მაგრამ, როგორც ტექნოლოგიური, ასევე ეკონომიკური თვალსაზრისით უმჯობესია სოიას მარცვლის გამოყენება, სოია საინტერესო კულტურაა როგორც აგრონომიული ისე ტექნოლოგიური თვალსაზრისით. იგი მიეკუთვნება პარკოსან მცენარეთა ჯგუფს, პარკოსან მცენარეთა სასიკეთო გავლენა ნიადაგის ნაყოფიერებაზე დიდი ხანია ცნობილია. სოიას მაღალი ბიოლოგიური და კვებითი ღირებულებები ცნობილია უხსოვარი დროიდან, მაგრამ მისი ფართო მასშტაბით გამოყენება გვიან დაიწყო, დღეისათვის კი იგი ფართო სამრეწველო გადამამუშავების ლიდერია სხვა პარკოსან კულტურათა შორის, რადგან სხვებთან შედარებით ის შეიცავს ყველაზე დიდი რაოდენობით ცილებს, ისეთი ამინომჟავათა შემადგენლობით, რომელიც უახლოვდება ცხოველური წარმოშობის ცილას (4).

აღნიშნულიდან გამომდინარე ჩვენ კვლევის ობიექტად ავიღეთ სოიას კულტურა. ჩვენს მიერ შესწავლილი იქნა მოსახლეობის მიერ გამოყენებული სოიას რამოდენიმე ფორმა, ანალიზები ჩატარდა ცილების, ცხიმების, უჯრედისის, ნაცრის რაოდენობრივ შემცველობაზე. შესწავლილ ჯიშებს პირობითად დაერქვათ სახელები, მათი შემადგენლობა მოცემულია ცხრილში 2.

## ცხრილი 2. აჭარის რეგიონში გავრცელებული სოიას ზოგიერთი ჯიშის ქიმიური მაჩვენებლები

| სოიას ჯიშების პირობითი დასახელება | ცილა, % | ცხიმი, % | ნაცრიანობა, % |
|-----------------------------------|---------|----------|---------------|
| ბათუმური I                        | 45,0    | 18,3     | 3,3           |
| ბათუმური II                       | 38,4    | 17,0     | 3,0           |
| გურული                            | 29,0    | 18,0     | 2,8           |
| იმერული                           | 27,5    | 22,0     | 2,7           |

როგორც ცხრილიდან ჩანს ყველა სახეობის მარცვალი გამოირჩევა ცხიმების დაახლოებით ერთნაირი შემცველობით, ხოლო რაც შეეხება ცილებს, ყველაზე გამორჩეულია ბათუმური I-45,15%, აღნიშნული ჯიში ამავე დროს გამოირჩევა ადრე მწიფობით და მაღალი მოსავლიანობით. სოიას

მარცვლის საფუძველზე ძირითადად იწარმოება ოთხი სახის ნახევარფაბრიკატი, ნატურალური, რომლებიც ახლოსაა სოიოს მარცვალთან მაგრამ გაცილილი აქვთ გარსი. ფქვილი- მას იღებენ ფიფქებიდან ცხიმის გაცილით, თერმული დამუშავებით და დაფქვით. კონცენტრატი-იღებენ ფქვილიდან არა ცილოვანი ელემენტების მოცილებით. იზოლატი- წარმოადგენს არა ცილოვანი კომპონენტებისაგან მაქსიმალურად გასუფთავებულ პროდუქტს 90% ცილის შემცველობით.

ცხრილი 3. სოიას ფქვილის ბიოქიმია

| დასახელება        | ბიოქიმიური მაჩვენებლები, % |
|-------------------|----------------------------|
| მშრალი ნივთიერება | 91,0                       |
| ცილები            | 34,5                       |
| ცხიმები           | 12,7                       |
| ნაცარი            | 5,5                        |
| უჯრედანა          | 4,3                        |
| საერთოა შაქრები   | 5,8                        |

სოიას მარცვლების გამოყენებით დამზადებული იქნა: ცილოვანი ექსტრაქტები, იზოლატები, კონცენტრატები, რომელთა მახასიათებლები მოცემულია ცხრილი 4-ში.

ცხრილი 4. სოიას ცილოვანი ექსტრაქტების, კონცენტრატების იზოლატების ქიმიური მაჩვენებლები

| პროდუქტის დასახელება | სინესტე, % | ცილა, % | ცხიმი, % | უჯრედისი, % | ნაცარი, % |
|----------------------|------------|---------|----------|-------------|-----------|
| ცილოვანი ექსტრაქტი   | 88,0       | 30,0    | 1,2      | -           | 0,6       |
| ცილოვანი კონცენტრატი | 50         | 62,0    | 1,3      | 2,6         | 4,7       |
| ცილოვანი იზოლატი     | 49         | 88,0    | 0,5      | 0,3         | 3,6       |

წარმოდგენილი ცილოვანი პროდუქტი გამოიყენება კვების მრეწველობის სხვადასხვა დარგში: თხევადი პიურეს მაგვარი და ფხვიერი- ბავშვთა კვების პროდუქტების გამდიდრებისათვის ცილოვანი კომპონენტებით, ზრდის ბიოლოგიურ ღირებულებას, ამით გარკვეულად წყდება ცილოვანი დეფიციტის პრობლემა. საკონდიტრო ნაწარმში სოიოს საკვები ცილის 6-7% შეყვანა იძლევა საშუალებას შემცირდეს შაქრის ხარჯი 5-7%-ით მოქმედ რეცეპტურასთან შედარებით.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г Щербаков, С. Б. Ивановский, Производства бельковых продуктов из масличных семян. М. Агропромииздат 1987г.
2. И. М. Скурихина и другие-Химически состав пищевых продуктов. М. Агропромииздат 1987г.
3. З К. С. Ладодо, В .Д. Отт , Е .М. Фатеева- Основы рационального питания детей. Киев, “Здоровья” 1987г
4. 4.ა. ცინცილაძე, სოიას აგროტექნიკური მნიშვნელობა გაზ. აჭარა 1977წ. N42

### SOYA UTILIZATION TO INCREASE VALUE OF CHILDRENS FOOD RATION

N.Kutaladze, A.Tzintskiladze  
Batumi State University

#### SUMMARY

The article deals on the problem of albumen deficiency in children's food ration and the ways to solve the problem. The authors suggest producing albumen food additives from soybeans as technological and economic option. Soya varieties which can be used for processing have been studied and selected.

### ЗНАЧЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЛКОВОЙ ПРОДУКЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ ОТ ЗЕРНА СОИ, ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

Н.Куталадзе, А.Цинциладзе  
Батумский государственный университет

#### РЕЗЮМЕ

Рассмотрена проблема белкового дефицита в детском контингенте и пути её решения, одним из которых, как технологической, так и с экономической точки зрения, предлагается получение белковых добавок с использованием зерна сои. Изучены и выбраны сорта сои, которые можно использовать для технологической переработки.

## ПРИРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

## ХРОМАТО- СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ЛАППАКОНИТИНА В ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНАХ ACONITUM NASUTUM FISCH. EX REICHENB., ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В ГРУЗИИ

Л.Г.Кинцурашвили

*Институт фармакохимии им. И.Г. Кутателадзе Тбилисского государственного медицинского университета, Тбилиси, 0159, Грузия, Ул. П. Сараджиишвили 36*

Разработана хромато-спектрофотометрическая методика количественного определения фармакологически активного алкалоида лаппаконитина в подземных органах *Aconitum nasutum* Fisch. ex Reichenb. (сем. Helleboraceae), произрастающего в Грузии. Содержание лаппаконитина в сырье находится в пределах 0,082-0,083%. Методика позволяет проводить количественный анализ лаппаконитина в присутствии сопутствующих дитерпеновых алкалоидов. Данные метрологической характеристики показали, что описанная методика вполне воспроизводима, относительная ошибка находится в допустимых пределах (3,1 %)

**Ключевые слова:** алкалоиды, аконит носатый, лаппаконитин, *Aconitum*, Helleboraceae, хромато-спектрофотометрия

*Aconitum nasutum* Fisch. ex Reichenb. -Аконит носатый (сем. Helleboraceae) многолетнее травянистое растение, произрастает на субальпийских лугах и в средне-высокогорных поясах [1,2]. Растение содержит фармакологически активный алкалоид лаппаконитин, на основе которого создан антиаритмический препарат Аллапинина [3,4, 5].

Цель исследования – разработка способа количественного анализа фармакологически активного алкалоида лаппаконитина с целью стандартизации растительного сырья. В основе разработанной методики лежит спектрофотометрия в сочетании с тонкослойным хроматографированием.

**Материалы и методы исследования.** Лаппаконитину в сырье сопутствуют алкалоиды:

караколин, аконитин, каммаконин, аконосин [6,7,8], поэтому при разработке методики количественного анализа необходима провести следующие исследования:

1. Разработать оптимальную методику получения фракции лаппаконитина.
2. Определить максимальную длину волны в УФ-спектре.
3. Определить зависимость оптической плотности лаппаконитина от концентрации в анализируемом растворе.
4. Определить оптимальные условия элюации лаппаконитина с сорбента.

Объектами исследования были подземные органы *Aconitum nasutum* Fisch. ex Reichenb., собранные в Цихиджвари в фазе плодоношения в 2015 г.

Извлечение суммы алкалоидов из сырья проводили хлороформной экстракцией при предварительном подщелачивании сырья 5% раствором карбонатом натрия [7,]. Пределы рабочих концентраций установили на результатах анализа свидетеля хроматографически чистого лаппаконитина. Установили: в УФ-спектре алкалоида, снятого на спектрофотометре СФ-26 в этаноле, максимальный пик поглощения проявляется при длине волны  $\lambda_{\max}$  308 нм. Хроматографирование проводили на сорбенте силикагеля LS 5/40 $\mu$  в системе растворителей: хлороформ-метанол (4:1) [6,8]. Зону сорбента, содержащего лаппаконитин, определили сравнением УФ-спектров спиртовых элюатов анализируемого алкалоида и свидетеля- достоверного образца лаппаконитина. В качестве детектора использовали реактив Драгендорфа. В ультрафиолетовом свете при  $\lambda_{\max}$  284нм для алкалоида характерно фиолетовое свечение [9, 10, ].

**Результаты и их обсуждения.** В результате проведенных исследований установили, что оптимальное разделение фракции лаппаконитина при хроматографировании в тонком слое достигается в системе растворителей: хлороформ-метанол (4:1), и десорбции алкалоида 96° этиловым спиртом [9]. Рабочая концентрация находится в пределах 0,00015-0,00055г/100 мл.

**Описание методики количественного определения алкалоида лаппаконитина в подземных органах *Aconitum nasutum* Fisch. ex Reichenb.**

Воздушно-сухие измельченные подземные части растения (20,0 г) подщелачивали 5% раствором карбоната натрия, перемешивали, оставляли на 2 часа, по истечении указанного времени



сырье экстрагировали хлороформом в аппарате Сокслета. Хлороформные извлечения сгущали до 20-25 мл и алкалоиды извлекали 5% водным раствором серной кислоты. Объединенные кислые извлечения при охлаждении подщелачивали карбонатом натрия до pH 8 и алкалоиды экстрагировали хлороформом. После обезвоживания хлороформный экстракт фильтровали через бумажный фильтр, который трехкратно промывали хлороформом в количестве (3x3 мл). Промывной хлороформ присоединяли к основному экстракту и упаривали досуха, остаток подсушивали до постоянного веса при 70° в сушильном шкафу, растворяли в 20 мл 96° этилового спирта. На пластинку размером 18x24 см с закрепленным слоем силикагеля LS 5/40μ, разделенной на три равные части, наносили: на первую полосу 0,2 мл 0,1 %-ного спиртового раствора образца сравнения лаптаконитина; на вторую-0,25 мл спиртового раствора суммы алкалоидов; третью полосу оставляли в качестве контрольной. Хроматографировали восходящим методом в системе хлороформ-метанол (4:1), После достижения фронтом 10 см пластинку подсушивали на воздухе до удаления запаха растворителя и в ультрафиолетовом свете при λ<sub>max</sub> 284 нм отмечали участок свечения алкалоида, который переносили в колбу, объемом 50 мл, заливали 10 мл 96° этилового спирта и экстрагировали при помешивании на магнитной мешалке в течении 10-15мин, оставляли на 18 часов, фильтровали через воронку шота (№4), измеряли оптическую плотность на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 308 нм, раствором сравнения использовали 96° этиловый спирт.

Содержание лаптаконитина в сырье рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{K \cdot D_x \cdot C_{ст} \cdot V_1 \cdot V_3 \cdot 100}{D_{ст} \cdot V_2 \cdot a(100-w)}$$

где К-коэффициент пересчета, К=0,89.

а-навеска сырья, в пересчете на абсолютно сухую массу, г

V<sub>1</sub> – объем спиртового экстракта, мл.

V<sub>2</sub> — объем этанольного раствора, нанесенного на пластинку, мл.

V<sub>3</sub>—объем этанольного элюата с сорбента, мл.

C<sub>ст</sub>-содержание лаптаконитина в стандартном образце, %.

D<sub>ст</sub>—оптическая плотность стандартного раствора лаптаконитина.

D<sub>x</sub>-оптическая плотность исследуемого раствора.

w-потеря в массе, при высушивании%

Содержание лаптаконитина в сырье находится в пределах 0,082- 0,083%.

Воспроизводимость и точность методики анализа уточнялась метрологической обработкой результатов измерений и методом добавок (табл.1,2).

**Таблица 1.** Метрологическая характеристика количественного анализа лаптаконитина в подземных органах *Aconitum orientale* Mill, произрастающего в Грузии

| N  | F | $\bar{x}$ | S <sup>2</sup> | S     | p % | t (p,f) | Δx    | E %  | E% <sub>m=10</sub> |
|----|---|-----------|----------------|-------|-----|---------|-------|------|--------------------|
| 10 | 9 | 16,54     | 0,0005         | 0,707 | 95  | 2,26    | 1,598 | 3,05 | 1,75               |

**Таблица 2.** Результаты опытов с добавлением лаптаконитина

| № | Содержание лаптаконитина в 20г растений(мг) | Добавлено лаптаконитин(мг) | Содержание лаптаконитина |             | $\bar{X}$ | Относительная ошибка(E%) |
|---|---|----------------------------|--------------------------|-------------|-----------|--------------------------|
|   |   |                            | вычислено(мг)            | найдено(мг) |           |                          |
| 1 | 16,60                                       | 1,40                       | 18,0                     | 17,6        | 17,73     | +2,54                    |
|   |   |                            |                          | 17,9        |           |                          |
|   |   |                            |                          | 17,7        |           |                          |
| 2 | 16,60                                       | 2,4                        | 19,0                     | 18,8        | 18,83     | +1,46                    |
|   |   |                            |                          | 19,0        |           |                          |
|   |   |                            |                          | 18,7        |           |                          |
| 3 | 16,60                                       | 4,4                        | 21,0                     | 20,6        | 20,9      | +2,64                    |
|   |   |                            |                          | 21,0        |           |                          |
|   |   |                            |                          | 21,2        |           |                          |

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что разработанная нами методика количественного определения фармакологически активного алкалоида лапаконитина вполне воспроизводима и позволяет проводить количественное определение с достаточной точностью в присутствии сопутствующих дитерпеновых алкалоидов в подземных *Aconitum nasutum* Fisch. ex Reichenb.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Ботанико-фармакогностический словарь. Москва.: “Высшая школа”; 1990 ; 26
2. Vascular plants of Georgia a nomenclatural checklist/ Gagnidze, R.-Tbilisi.: “Universa” , 2005; 33-39.
3. 3. Махкамова А. У., Сафонова Э. В., Садыков А. З. и др. Метод количественного определения Аллапинина в *Aconitum leucostomum*. *Химия природных соединений*, 1989; 3: 436-437.
4. Sun J., Peng Y., Wu H., Zhang X., Zhang Y., Xiao Y. Ganfu base, an antiarrhythmic alkaloid of *Aconitum coreanum*, is a cyp 2D6 inhibitor of human, monkey, and dog isoforms. *Drug Metab. Dispos.* 2015; 43; 5: 713-724
5. Bryzgalov O., Romanov A. E., Tolstikova T. G., Shullts E. Lappaconitine: Influence of Halogen Substituent on the antiarrhythmic activity. *Cardiovascular & Hematological Agents in Medical chemistry.* 2013; 11: 211-217.
6. Шаршунова М., Шварц В., Михалец Ч. Тонкослоинная хроматография в Фармации и клинической биохимии. Москва.: “Высшая школа”; 1980; II: .585.
7. Kintsurashvili L. Alkaloids of some plants of families Helleboraceae and Ranunculaceae growing in Georgia. 3<sup>rd</sup> International conference on pharmaceutical Sciences, abstract book. I cps –2015. Publish. House. Tbilisi.: “Universa”l; May 29-31. 2015; 116.
8. Усманова С. К., Chen Li, Aisa H. A., Шакиров Р. Алкалоиды двух видов растений рода *Aconitum*. *Химия природных соединений*. 2011; 1: .135-136.
9. Силбверстейн Р. Басслер Г. спектрометрическая идентификация органических соединений. М.: “Высшая школа”; 1977; 225.
10. Государственная фармакопея СССР Москва. “Медицина”; XI изд-во, Т. I. 1987. 1078с.

### CHROMATOSPECTROPHOTOMETRICAL METHOD OF QUANTITATIVE ANALYSIS OF LAPACONITINUM IN UNDERGROUND PARTS OF ACONITUM NASUTUM FISCH EX REICHENB., GROWING IN GEORGIA

Lali Kintsurashvili

Tbilisi State Medical University, I. Kutateladze Institute of Pharmacochimistry

Tbilisi, 0159, 36, P. Sarajishvili st.

#### SUMMARY

The chromatophotometrical method of quantitative analysis of lapaconitinum is elaborated for the detection of productivity of the underground parts of *Aconitum nasutum* Fisch. ex Reichenb., family Helleboraceae. We determined that the content of lapaconitinum in the underground parts of *Aconitum nasutum* Fisch. ex Reichenb. is 0,082-0,083 % in the phase of fruiting. The elaborated method is reproducible, in consequence of experimental data. It is established that relative error is norm (3,1 %) from statistical processing of quantitative analysis results.

### ლაპაკონიტინის რაოდენობრივი ანალიზის ქრომატო-სპექტროფოტომეტრული მეთოდიკა საქართველოში გავრცელებული *Aconitum nasutum* Fisch. ex Reichenb.- ეშმაკის ქოშის მიწისქვეშა ორგანოებში

ლალი კინსურაშვილი

თსუ ი. ქუთათელაძის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტი

თბილისი, 0159, პ. სარაჯიშვილის ქ. 36,

#### რეზიუმე

შემუშავებულია ალკალოიდ ლაპაკონიტინის რაოდენობითი ანალიზის ქრომატო-სპექტროფოტომეტრული მეთოდიკა საქართველოში გავრცელებულ *Aconitum nasutum* Fisch. ex Reichenb. - ეშმაკის ქოშის (ოჯ. Helleboraceae - ხარისძირასებრნი) მიწისქვეშა ორგანოებში. ნედლეულში ლაპაკონიტინის შემცველობა ნაყოფიანობის ფაზაში მერყეობს 0,082-0,083%-ფარგლებში. მეტროლოგიური მახსიათებლების მონაცემებმა გვიჩვენა, რომ შემუშავებული მეთოდიკა სრულიად აღწარმოებადია, ფარდობითი ცდომილება ნორმის ფარგლებშია (3,1%).

## ПРИРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НА СОДЕРЖАНИЕ ФЛАВОНОИДОВ И ТРИТЕРПЕНОИДОВ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ГРУЗИИ

К.Шалашвили, М.Алания, М.Сутиашвили, Н.Кавтарадзе, Дж.Анели

Институт фармакохимии им. И.Г. Кутателадзе Тбилисского государственного медицинского университета  
Тбилиси, 0159, Грузия, Ул. П. Сараджишвили 36  
E-mail: merialania@yahoo.com

Продолжая изучение растений флоры Грузии на содержание биологически активных соединений, нами было проанализировано растительный материал, собранный в 2014-2015 гг целевыми фармакоботаническими экспедициями сотрудников института фармакохимии. Систематизация собранных видов было проведено в отделе фармакоботаники института фармакохимии. Из воздушно сухих растительных объектов готовили водно-спиртовые экстракты, которых исследовали на содержание флавоноидов и тритерпеноидов [1]. Для предварительного анализа флавоноидов использовали цианидиновую реакцию. Интенсивность реакции на флавоноиды и тритерпеноиды выражали знаком «+» по пятибальной системе. Для определения качественного состава флавоноидов в исследуемых образцах применяли Б/Х анализ в системе н-бутанол - уксусная кислота - вода (4:1:2) [2, 3]. Тритерпеновые соединения обнаруживали с помощью ТСХ в системе хлороформ-метанол (10:1). Хроматограммы проявляли 25 % -ым метанольным раствором фосфорновольфрамовой кислоты [4].

Всего было проанализировано 174 образцов 63 вида относящиеся к 48 родам и 22 семействам.

Результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты предварительного анализа некоторых растений флоры Грузии на содержание флавоноидов и тритерпеноидов

| N | Семейство, род, вид                                 | Место и время сбора           | Исследованная часть | Тритер-Пеноиды  | Флавоноиды                     |                  |   |
|---|---|-------------------------------|---------------------|---|--------------------------------|------------------|---|
|   |   |                               |                     | Реакция с 25% метанольным раствором фосфорновольфрамовой кислотой | Цианидиновая реакция по Вруант | Количество пятен | Значения R <sub>f</sub> интенсивных пятен |
| 1 | 2   | 3                             | 4                   | 5   | 6                              | 7                | 8   |
| 1 | <i>Asteraceae</i><br><i>Artemisia absinthium</i> L. | Окр. г. Гори, с. Свенети      | Листья              | + ?   | ++                             | 7                | 0.41; 0.79                                |
|   |   |                               | Стебли              | + ?   | +                              | 6                | 0.54; 0.89                                |
| 2 | <i>Bidens cernua</i> L.                             | Кобулет, территория Магнетита | Листья              | -   | ++++                           | 11               | 0.45; 0.58; 0.69; 0.81                    |
|   |   |                               | Цветки              | ++  | +++                            | 9                | 0.43; 0.56; 0.65; 0.81                    |
|   |   |                               | Стебли<br>Корни     | +<br>+  | +?<br>+?                       | 5<br>2           | 0.45; 0.61; 0.81<br>-                     |
| 3 | <i>Cichorium intybus</i> L.                         | Окр. г. Гори, с. Хидистави    | Стебли              | ++  | +++                            | 5                | 0.32; 0.64; 0.86                          |
| 4 | <i>Cirsium obvallatum</i> (M.B.)                    | Борджомский р-н, с. Бакуриани | Листья              | ++  | +++++                          | 9                | 0.36; 0.46; 0.54; 0.67; 0.85              |
|   |   |                               | Цветки              | +   | +++++                          | 7                | 0.30; 0.40; 0.66; 0.85; 0.90              |
|   |   |                               | Стебли              | +   | +                              | 4                | 0.19; 0.28; 0.33                          |

|    |   |                                      |                                     |                     |                       |                  |   |
|----|---|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------|---|
| 5  | <i>Grossheimia macrocephala</i> (Muss-Puschk) Sosn. et Takht.                                     | რ-ნ<br>ტეტრიცკარო,<br>ოკრ. ს. მოხისი | Листья<br>Цветки<br>Стебли<br>Корни | ++<br>+<br>++<br>-  | ++<br>+<br>++<br>-    | 3<br>8<br>4<br>- | 0.08<br>0.11; 0.16<br>0.80<br>-   |
| 6  | <i>Pyrola media</i> Swartz.   | ოკრ. ს.<br>კოდჯორი                   | Листья<br>Стебли                    | +<br>++             | +++<br>++             | 9<br>5           | 0.20; 0.31; 0.53;<br>0.86<br>0.19; 0.26;  |
| 7  | <i>Senetio othonnae</i> M.B.  | ბორჯომის რ-ნ,<br>ს. ბაკურიანი        | Листья<br>Цветки<br>Стебли          | +<br>+++<br>+++     | +++++<br>++++<br>+++  | 6<br>5<br>4      | 0.20; 0.36; 0.69;<br>0.77<br>0.39; 0.47; 0.57;<br>0.74<br>0.36; 0.77                                  |
| 8  | <i>Tanacetum vulgare</i> L.   | ოკრ. ოზ.<br>პარავანი                 | Листья<br>Цветки<br>Стебли          | -<br>+++<br>+       | +++<br>+++++<br>+++   | 8<br>8<br>8      | 0.23; 0.31; 0.35;<br>0.43; 0.65; 0.79<br>0.22; 0.30; 0.35;<br>0.40; 0.48<br>0.27; 0.32; 0.49;<br>0.60 |
| 9  | <i>Tussilago farfara</i> L.   | უშ. ატენი                            | Листья                              | ++                  | +++                   | 9                | 0.36; 0.46; 0.60<br>0.73; 0.81  |
| 10 | <b><i>Cariophyllaceae</i></b><br><i>Melandrium boissieriana</i> Schischk.                         | თბილისი,<br>ვაშლიძვარი               | Листья<br>Цветки<br>Стебли<br>Корни | +<br>+?<br>+++<br>+ | ++<br>+++<br>+++<br>- | 4<br>4<br>4<br>2 | 0.21; 0.29; 0.36;<br>0.45<br>0.27; 0.43; 0.49;<br>0.59<br>0.25; 0.42; 0.48<br>-                       |
| 11 | <b><i>Cruciferae</i></b><br><i>Lepidium latifolium</i> L.   | ოკრ. გ.<br>თბილისი, ს.<br>დიგომი     | Листья<br>Цветки<br>Стебли          | ++<br>++<br>++      | +++++<br>+++++<br>+++ | 4<br>2<br>5      | 0.39; 0.56; 0.66;<br>0.76<br>0.56; 0.76<br>-  |
| 12 | <b><i>Dipsacaceae</i></b><br><i>Dipsacus laciniatus</i> L.  | ჩიატურის რ-<br>ნ, ს. საკურცე         | Соцветие<br>Стебли                  | -<br>-              | -<br>-                | 2<br>-           | -<br>-  |
| 13 | <b><i>Ericaceae</i></b><br><i>Rhododendron caucasicum</i> Pall.                                   | ხევსურეთი,<br>ოკრ. ს. როშკა          | Листья<br>Бутоны<br>Стебли          | +++<br>+++<br>+++   | +++++<br>+++++<br>+++ | 6<br>5<br>4      | 0.43; 0.64; 0.75;<br>0.84<br>0.43; 0.64; 0.75;<br>0.84<br>0.45; 0.55; 0.73                            |
| 14 | <i>Rh. luteum</i> Sweet.  | ხევსურეთი,<br>ოკრ. ს. როშკა          | Листья<br>Цветки<br>Стебли          | ++<br>++<br>+++     | ++<br>+++<br>++       | 5<br>5<br>6      | 0.67; 0.75; 0.85<br>0.66; 0.71; 0.78<br>0.65; 0.72; 0.78  |
| 15 | <i>Rh. ponticum</i> Pall.   | ხევსურეთი,<br>ოკრ. ს. როშკა          | Листья<br>Цветки                    | ++<br>++            | +++++<br>+++++        | 7<br>5           | 0.41; 0.65; 0.77;<br>0.82<br>0.40; 0.65; 0.78;<br>0.83  |
| 16 | <b><i>Fabaceae</i></b><br><b><i>(Legumino-sae)</i></b><br><i>Alhagi pseudoalhagi</i> (M.B.) Desf. | გარდაბანის რ-ნ,<br>ოკრ. გაციანი      | Стебли<br>Корни                     | -<br>-              | +++<br>+++            | 3<br>-           | 0.57<br>-   |
| 17 | <i>Amorpha fruticosa</i> L.   | ოკრ.<br>თბილისის<br>მარია            | Листья<br>Плоды<br>Стебли           | +<br>+<br>++        | +++++<br>+++++<br>++  | 9<br>7<br>8      | 0.47; 0.65; 0.75<br>0.24; 0.42; 0.53;<br>0.75<br>0.45; 0.59; 0.71                                     |

|    |   |                                |                                      |                         |                           |                  |  |
|----|---|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|--|
| 18 | <i>Astragalus brachyceras</i> Ledeb.    | Окр. Тбилисского моря          | Листья<br>Стебли<br>Плоды<br>Корни   | +<br>++<br>++<br>+++    | +++<br>+<br>+<br>+?       | 7<br>5<br>7<br>2 | 0.39; 0.66; 0.78<br>0.78<br>0.43; 0.54; 0.66;<br>0.72<br>0.82              |
| 19 | <i>A. cicer</i> L.                      | Р-н Тетрицкаро, окр. с. Мохиси | Листья<br>Стебли<br>Плоды<br>Корни   | +++<br>+++<br>++<br>+++ | +++<br>++<br>++<br>-      | 9<br>5<br>6<br>- | 0.29; 0.34<br>0.19; 0.30<br>0.31; 0.57; 0.68<br>-                          |
| 20 | <i>A. galegiformis</i> L.               | Окр. с. Коджори, гора Удзо     | Стебли                               | +++                     | +                         | -                | -  |
| 21 | <i>A. galegiformis</i> L.               | Окр. г. Тбилиси, с. Ахалдаба   | Стебли                               | +++                     | +                         | -                | -  |
| 22 | <i>A. maximus</i> Willd.                | Цивгомборский хребет           | Листья<br>Цветки<br>Стебли<br>Усики  | +<br>++<br>+<br>+       | +++++<br>+++<br>++<br>+++ | 6<br>4<br>8<br>4 | 0.35; 0.50; 0.67<br>0.57; 0.70<br>0.22; 0.73; 0.81<br>0.10; 0.21           |
| 23 | <i>A. schischkini</i> Grossh.           | Р-н Тетрицкаро, с. Пантиани    | Листья<br>Стебли<br>Корни            | ++<br>++<br>++          | +<br>+<br>-               | 4<br>2<br>2      | 0.19; 0.25; 0.33;<br>0.37<br>0.37<br>-                                     |
| 24 | <i>Balota nigra</i> L.                  | Тбилиси, окр. Вашлиджвари      | Листья<br>Стебли                     | +<br>+                  | -<br>-                    | -<br>-           | -<br>-   |
| 25 | <i>Doronicum orientale</i> Hoffm.       | Мцхетский р-н, с. Сагурамо     | Листья<br>Цветки<br>Стебли           | -<br>+++<br>+++         | +<br>+++<br>++            | 5<br>10<br>6     | 0.77; 0.87<br>0.54; 0.66; 0.72;<br>0.83<br>0.68; 0.76; 0.87                |
| 26 | <i>Lathyrus roseum</i> Stev.            | Окр. г. Тбилиси, Цхнети        | Листья<br>Плоды<br>Стебли            | -<br>+++<br>+++         | +++<br>+++<br>++          | 5<br>7<br>5      | 0.34; 0.41; 0.52<br>0.36; 0.38; 0.43;<br>0.48<br>0.36; 0.38; 0.43;<br>0.49 |
| 27 | <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall. | Окр. Каспи                     | Листья,<br>Стебли<br>Цветки<br>Корни | ++<br>++<br>+           | +++++<br>+++++<br>-       | 5<br>8<br>-      | 0.53; 0.68; 0.88<br>0.40; 0.51; 0.66<br>-                                  |
| 28 | <i>Pueraria hirsuta</i> Matsum.         | Кобулетский р-н, с. Шрома      | Листья<br>Цветки<br>Стебли           | -<br>+<br>++            | +++<br>+++<br>+           | 4<br>3<br>5      | 0.16; 0.42<br>-<br>0.08; 0.42  |
| 29 | <i>Trifolium alpestre</i> L.            | Борджомский р-н, с. Бакуриани  | Листья,<br>Стебли<br>Цветки<br>Корни | +<br>+<br>+             | +++<br>++++<br>-          | 4<br>6<br>-      | -<br>0.90<br>-   |
| 30 | <i>T. alpestre</i> L.                   | Тбилиси, окр. Цавкиси          | Листья<br>Стебли<br>Цветки           | ++<br>+++<br>+++        | +++++<br>+++<br>+++++     | 5<br>7<br>6      | 0.35; 0.41; 0.66;<br>0.82<br>0.28; 0.62; 0.70<br>0.66; 0.82                |
| 31 | <i>T. canescens</i> Willd.              | с. Бетания                     | Листья<br>Цветки<br>Стебли           | ++<br>+<br>++           | +++<br>+++++<br>+++       | 9<br>6<br>4      | 0.35; 0.42; 0.50;<br>0.65<br>0.36; 0.57<br>0.32; 0.57                      |
| 32 | <i>T. fragiferum</i> L.                 | с. Бетания                     | Листья<br>Цветки                     | +<br>+                  | ++++<br>++++              | 8<br>9           | 0.38; 0.41; 0.56;<br>0.65; 0.80<br>0.28; 0.35; 0.43;<br>0.52; 0.65         |

|    |   |   |                 |     |       |    |  |
|----|---|---|-----------------|-----|-------|----|--|
|    |   |   | Стебли          | ++  | +     | 6  | 0.42; 0.63   |
| 33 | <i>T. pratense</i> L.   | с. Бетания                              | Надземная часть | +   | +++   | 9  | 0.62; 0.68; 0.80   |
| 34 | <b><i>Gentianaceae</i></b><br><i>Gentiana gelida</i> M. B.          | Р-н Тетрицкаро<br>окр. с. Мохиси        | Листья          | -   | +++   | 4  | 0.13; 0.51   |
|    |   |   | Цветки          | +++ | +++++ | 3  | 0.22; 0.45   |
|    |   |   | Стебли          | ++  | ++    | 4  | 0.50   |
|    |   |   | Корни           | -   | +++   | -  | -  |
| 35 | <i>Gentiana schistocalyx</i> K. Koch.                               | Окр. Борджоми                           | Листья          | +   | +++++ | 11 | 0.04; 0.19; 0.23;<br>0.29; 0.34; 0.47;<br>0.55; 0.90; 0.95 |
|    |   |   | Цветки          | +++ | +++++ | 3  | 0.22; 0.48; 0.64   |
|    |   |   | Стебли          | +++ | ++    | 3  | 0.92; 0.50   |
| 36 | <b><i>Lamiaceae</i></b><br><i>Betonica officinalis</i> L.           | Окр. Тетрицкаро                         | Цветки          | ++  | ++++  | 5  | 0.26; 0.30; 0.45;<br>0.63; 0.86                            |
| 37 | <i>Lamium album</i> L.  | Окр. г. Гори, с. Хидистави              | Листья          | -   | ++    | 1  | -  |
|    |   |   | Цветки          | -   | ++    | 2  | -  |
|    |   |   | Стебли          | +   | +     | 2  | -  |
| 38 | <i>Mentha arvensis</i> L.   | Окр. Степанцмин-да (Казбеги)            | Листья          | +++ | +++++ | 7  | 0.20; 0.27; 0.52;<br>0.69; 0.77                            |
|    |   |   | Цветки          | +++ | +++++ | 7  | 0.23; 0.30; 0.52;<br>0.69; 0.77                            |
|    |   |   | Стебли          | +++ | ++    | 5  | 0.20; 0.30; 0.55   |
| 39 | <i>Phlomis pungens</i> Willd.                                       | Окр. Тбилисского моря                   | Листья          | +   | ++++  | 12 | 0.30; 0.44; 0.50;<br>0.58; 0.65                            |
|    |   |   | Цветки          | +   | ++++  | 10 | 0.39; 0.52; 0.68;<br>0.75; 0.85                            |
|    |   |   | Стебли          | +   | ++    | 6  | 0.42; 0.62; 0.75   |
| 40 | <i>Salvia tescuicola</i> Klok. seu <i>S. nemorosa</i>               | Р-н Сагареджо, окр. с. Гиоргицмин-да    | Листья          | +++ | +++++ | 7  | 0.14; 0.29; 0.36;<br>0.44; 0.55                            |
|    |   |   | Цветки          | +++ | +++++ | 6  | 0.22; 0.28; 0.33;<br>0.40; 0.66                            |
|    |   |   | Стебли          | +++ | ++++  | 6  | 0.11; 0.30   |
|    |   |   | Корни           | ++  | -     | 5  | 0.23   |
| 41 | <i>Teucrium multinodum</i> (Bordz.) Juc.                            | Окр. с. Цавкиси                         | Листья          | ++  | +++++ | 4  | 0.39; 0.45; 0.53   |
|    |   |   | Цветки          | ++  | +++++ | 4  | 0.33; 0.38; 0.53   |
|    |   |   | Стебли          | -   | ++++  | 7  | 0.14; 0.30; 0.44   |
| 42 | <i>T. orientale</i> L.  | Окр. с. Манглиси                        | Листья, цветки  | +   | ++++  | 6  | 0.23; 0.28; 0.37;<br>0.76                                  |
|    |   |   | Стебли          | +++ | ++++  | 5  | 0.15; 0.25; 0.38   |
|    |   |   | Корни           | +?  | -     | 3  | -  |
| 43 | <i>Ziziphora serpyllaceae</i> M.B.                                  | Окр. с. Цавкиси                         | Листья          | +++ | +     | 7  | 0.31; 0.37   |
|    |   |   | Цветки          | +++ | +     | 9  | 0.28; 0.37   |
| 44 | <i>Z. serpyllaceae</i> M.B.   | Окр. с. Коджори                         | Надз. часть     | +++ | ++++  | 5  | 0.82   |
|    |   |   | Корни           | +?  | -     | 2  | -  |
| 45 | <b><i>Liliaceae</i></b><br><i>Convallaria transcaucasica</i> Utkin. | Окр. с. Норио                           | Листья          | +   | +++   | 10 | 0.36; 0.43; 0.57;<br>0.64; 0.71                            |
|    |   |   | Стебли          | +   | +     | -  | -  |
| 46 | <b><i>Myrtaceae</i></b><br><i>Vaccinium arctostaphylos</i> L.       | Окр. Степанцминда (Казбеги), с. Гвелети | Листья          | +   | ++++  | 6  | 0.65; 0.78   |
|    |   |   |                 |     |       |    |  |
| 47 | <b><i>Onagraceae</i></b><br><i>Chamaenerium angustifolium</i>       | Окр. оз. Паравани                       | Листья          | +++ | +++++ | 7  | 0.19; 0.46; 0.61;<br>0.77; 0.86; 0.96                      |

|    |  |  |                                      |                        |                         |                   |  |
|----|--|--|--------------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------|--|
|    | (L.) Scop.   |  | Цветки                               | ++                     | +++++                   | 5                 | 0.18; 0.63; 0.82;<br>0.91; 0.98  |
| 48 | <b><i>Polygonaceae</i></b><br><i>Polygonatum glaberrimum</i><br>C. Koch. | Окр. г. Гори                             | Надз.<br>Часть                       | +                      | ++++                    | 10                | 0.40; 0.60; 0.68;<br>0.72  |
| 49 | <b><i>Polypodiaceae</i></b><br><i>Pyllitis scolopendrium</i><br>L. Newn. | Чиатурский р-н, с. Сакурце               | Листья<br>Корни                      | +<br>+                 | +++<br>-                | 2<br>-            | 0.43; 0.72<br>-  |
| 50 | <b><i>Primulaceae</i></b><br><i>Anagalis coerulea</i><br>Schreb.         | Окр. Тбилиси, с. Ахалдаба                | Листья<br>Плоды<br>Стебли<br>Корни   | +<br>+<br>+<br>-       | ++<br>+++<br>+<br>-     | 6<br>3<br>5<br>-  | 0.50; 0.68; 0.73<br>-<br>0.50; 0.68; 0.73<br>-   |
| 51 | <i>Primula macrocalyx</i><br>Bge.  | Окр. Тбилиси, Глдани                     | Листья,<br>стебли<br>Цветки          | +<br>+                 | +++<br>++++             | 10<br>10          | 0.26; 0.29; 0.35;<br>0.41; 0.67<br>0.17; 0.26; 0.32;<br>0.41; 0.49; 0.67   |
| 52 | <i>P. macrocalyx</i><br>Bge.   | Мцхетский р-н, с. Сагурамо, хребет Иално | Листья,<br>стебли<br>Цветки<br>Корни | +<br>+++<br>+          | ++++<br>+++++           | 4<br>7<br>2       | 0.23; 0.29; 0.35<br>0.17; 0.21; 0.26;<br>0.32<br>0.21  |
| 53 | <i>P. woronovii</i><br>A. Los.   | Мцхетский р-н, с. Сагурамо, хребет Иално | Листья,<br>стебли<br>Цветки<br>Корни | +<br>-<br>+?<br>+      | +++<br>+<br>-<br>-      | 5<br>2<br>-<br>-  | 0.24; 0.33; 0.41;<br>0.55; 0.64<br>0.42<br>-   |
| 54 | <b><i>Ranunculaceae</i></b><br><i>Pulsatilla georgica</i><br>Rupr.       | Окр. с. Коджори                          | Листья<br>Цветки<br>Стебли           | +<br>+<br>+++          | +++<br>+++<br>+         | 7<br>5<br>6       | 0.28; 0.30; 0.58<br>0.62; 0.72<br>-  |
| 55 | <i>Pulsatilla georgica</i><br>Rupr.                                      | Окр. Тбилиси, с. Цавкиси                 | Листья<br>Стебли<br>Корни            | -<br>+<br>++           | +<br>+<br>-             | 1<br>4<br>3       | 0.24<br>0.56<br>-  |
| 56 | <b><i>Rosaceae</i></b><br><i>Agrimonia eupatoria</i> L.                  | Окр. Тбилиси, с. Цавкиси                 | Листья<br>Стебли                     | +<br>+?                | +++++<br>++             | 9<br>5            | 0.13; 0.19; 0.28;<br>0.36; 0.44; 0.73;<br>0.92<br>0.13; 0.16; 0.21;<br>0.27; 0.78  |
| 57 | <i>Filipendula hexapetala</i><br>Gilib.                                  | Окр. с. Коджори                          | Листья<br>Цветки<br>Стебли<br>Корни  | ++<br>+++<br>++<br>+++ | +++<br>+++++<br>++<br>- | 7<br>14<br>7<br>3 | 0.14; 0.20; 0.29;<br>0.39; 0.62; 0.84<br>0.10; 0.16; 0.23;<br>0.26; 0.30; 0.39<br>0.46; 0.58; 0.67;<br>0.78; 0.87; 0.91<br>0.14; 0.30; 0.40;<br>0.77<br>0.13; 0.16 |
| 58 | <i>Pyracantha coccinea</i><br>Roem.                                      | Чиатурский р-н, с. Сакурце               | Листья<br>Плоды<br>Стебли            | -<br>-<br>-            | +++<br>++++<br>+++      | 5<br>3<br>3       | 0.26; 0.59; 0.65<br>0.13; 0.28; 0.56<br>0.13; 0.34; 0.62   |
| 59 | <i>Potentilla supina</i> L.  | Окр. Тбилисского моря                    | Корни                                | +++                    | -                       | -                 | -  |

|    |  |  |           |     |       |    |                                    |
|----|--|--|-----------|-----|-------|----|------------------------------------|
| 60 | <b><i>Rubiaceae</i></b><br><i>Galium grusinum</i> Trautv.              | Окр. Тбилисского моря                  | Листья    | +++ | +++++ | 10 | 0.31; 0.34; 0.50; 0.60             |
|    |  |  | Стебли    | +++ | +++   | 10 | 0.42; 0.49; 0.60                   |
| 61 | <i>Rubia iberica</i> (Fisch. ex DC.) C. Koch.                          | Гори, с. Хидистави                     | Корневища | ++  | +?    | 6  | 0.43; 0.93                         |
| 62 | <b><i>Rutaceae</i></b><br><i>Ruta graveolens</i> L.                    | Тбилиси, территория ин-та фармакохимии | Листья    | +++ | +++   | 7  | 0.22; 0.28; 0.56; 0.91             |
|    |  |  | Стебли    | +++ | ++    | 6  | 0.25; 0.32; 0.56; 0.90             |
|    |  |  | Корни     | +++ | -     | -  | -                                  |
| 63 | <b><i>Saxifragaceae</i></b><br><i>Saxifraga cymbalaria</i> L.          | Окр. Тбилиси, Цкнети                   | Листья    | +++ | ++    | 4  | 0.74; 0.83                         |
|    |  |  | Стебли    | +   | -     | 2  | 0.30; 0.38                         |
|    |  |  | Корни     | +++ | +?    | 8  | 0.38                               |
| 64 | <b><i>Scrophulariacae</i></b><br><i>Linarea caucasigena</i> Kem. Nath. | Окр. Тбилиси, с. Цавкиси               | Листья    | +   | ++    | 2  | -                                  |
|    |  |  | Цветки    | +++ | ++    | 6  | 0.02; 0.06; 0.12; 0.17; 0.24; 0.55 |
|    |  |  | Стебли    | +++ | ++    | 1  | 0.25                               |
| 65 | <b><i>Solanaceae</i></b><br><i>Solanum dulcamara</i> L.                | Кобулеты, вдоль Черного моря           | Листья    | +?  | ++++  | 5  | 0.25; 0.30; 0.56                   |
|    |  |  | Плоды     | ++  | -     | 7  | -                                  |
|    |  |  | Стебли    | +   | -     | 3  | -                                  |
| 66 | <b><i>Verbenaceae</i></b><br><i>Vitex rotundifolius</i> Lin.           | Кобулеты, окр. Магнетити               | Листья    | +   | +++   | 4  | 0.48; 0.64; 0.79                   |
|    |  |  | Плоды     | +   | +++   | 7  | 0.55; 0.70; 0.87                   |
|    |  |  | Стебли    | +   | +     | 3  | 0.68; 0.83                         |

Среди исследованных растений виды *Astragalus schischkini*, *Betonica officinalis*, *Bidens cernua*, *Cichorium intybus*, *Doronicum orientale*, *Filipendula hexapetala*, *Grossheimia macrocephala*, *Lathyrus roseus*, *Lepidium latifolium*, *Melandrium boissieriana*, *Mentha arvensis*, *Primula macrocalyx*, *Primula woronovii*, *Pulsatilla georgica*, *Potentilla supina*, *Pyellitis scolopendrium*, *Ruta graveolens*, *Salvia tesuicola*, *Solanum dulcamara*, *Tanacetum vulgare*, *Teucrium multinodum*, *Vitex rotundifolius*, *Ziziphora serpyllaceae* ранее не были подвергнуты фитохимическому анализу (табл. 1).

В результате значительным содержанием флавоноидов отличаются следующие растения: *Betonica officinalis*, *Bidens cernua*, *Lathyrus roseus*, *Lepidium latifolium*, *Primula georgica*, *Primula woronovii*, *Solanum dulcamara*, *Teucrium multinodum*, *Vitex rotundifolius*. По содержанию тритерпеноидов можно выделить *Filipendula hexapetala*, *Melandrium boissieriana*, *Mentha arvensis*, *Primula macrocalyx*, *Pulsatilla georgica*, *Ruta graveolens*, *Salvia tesuicola*, *Ziziphora serpyllaceae* (табл. 1)

Среди исследованных растений значительным содержанием флавоноидов выделяются *Betonica officinalis*, *Centranthus longifolius*, *Lepidium latifolium*, *Sophora japonica*. Кроме того, они известны целебными свойствами. Выявлены интересные биологические эффекты: диуретическая, антиоксидантная, антибактериальная, фунгицидная и др. Употребляются при болезнях кожи, ранах, при болях в суставах, а также при расстройстве нервной и пищеварительной системы. В народной медицине употребляются как гипотензивное, ранозаживляющее, седативное, отхаркивающее, противовоспалительное средства [5-7]. В связи с этим сочли целесообразным изучить доминирующие вещества.

Относительно остальных видов, они по содержанию биологически активных соединений (БАВ) разных классов, могут стать интересными и перспективными объектами для дальнейшего изучения.

Выделение сумм БАВ из в/с цветков *Betonica officinalis* (бетоника лекарственная) и из цветков и листьев *Lepidium latifolium* (клоповник широколистный), а также их разделение на индивидуальные компоненты осуществляли классическими методами [8].

Для идентификации выделенных веществ использовали цветные реакции, физико-химические константы как самих веществ, так и продуктов их кислотного и щелочного гидролиза, данные ИК, УФ,  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектроскопий.

Из суммы биологически активных веществ *Betonica officinalis* выделили вещества 1 и 2, а из *Lepidium latifolium* вещества 3, 4. Выделенные соединения отнесены к флавонам и флавонолам.



Вещество 1 состава  $C_{21}H_{20}O_{11}$  желтые кристаллы, т. пл. 255-257 °С (из метанола),  $[\alpha]_D^{20}$  - 52, 0 °(с 0.52; метанол-пиридин, 3:2); УФ-спектр  $\lambda_{max}$ , метанол, нм: 353, 268; ИК-спектр,  $\nu_{max}$ , КВг,  $cm^{-1}$ : 3460 (-ОН), 1660 (C=O), 1580, 1500, 1480 (C=C). Кислотным гидролизом образует агликон с т. пл. 327-329 °С, который по своим физико-химическим свойствам, продуктам ацетилирования и щелочной деструкции при параллельных опытах достоверными образцами идентичен лютеолину [9].

В углеводной части вещества 1 Б/х анализом было доказано наличие D-глюкозы.

На основании полученных данных вещество 1 идентифицировали как лютелин-7-О-  $\beta$ -D - глюкозид или цинарозид [9, 10].

Вещество 2 – состава  $C_{15}H_{10}O_7$ , желтого цвета кристаллы, т.пл. 312-314°C; УФ спектре  $\lambda_{max}$ , нм, в метаноле 372 и 257; в ИК спектре  $\nu_{max}$  КВг,  $cm^{-1}$ : имеются полосы поглощения при 3385, 3300 (-ОН), 1665(C=O), 1565 и 1516 (C=C). Дает положительную цианидиновую реакцию по *Bryant* [3].

Продукты, полученные путем ацетилирования и щелочным сплавлением оказались идентичными продуктам полученным аналогичными методами из аутентичного кверцетина.

На основании анализа химических и спектральных данных вещество 2 охарактеризовано как 3,5,7,3',4' – пентаокси-флавоон или кверцетин [9].

Вещество 3 - выделенное из *Lepidium latifolium L.* оказался идентичным веществу 2, выделенному из *Betonica officinalis*.

Вещество 4 состава  $C_{21}H_{20}O_{12}$  темно - желтого цвета кристаллы, т.пл. 227 - 229°C,  $[\alpha]_D^{20}$  - 80° (с 0.1; диметилформамид); в УФ спектре  $\lambda_{max}$  нм, в метаноле: 362 и 255; в ИК-спектре  $\nu_{max}$ , КВг,  $cm^{-1}$ : 3400(-ОН), 1670 (C=O), 1600,1580,1520 (C=C).

При кислотном гидролизе образуется агликон желтого цвета в виде игольчатых кристаллов с т. пл. 314-316°C, состава  $C_{15}H_{10}O_7$ . В углеводной части БХ анализом доказано наличие D-глюкозы.

На основании полученных данных вещество 4 охарактеризовано как 5, 7, 3', 4' –тетраокси -3-О- $\beta$ -D - глюкопиранозил-флавоон или изокверцитрин [9].

Вещества 1, 2 из *B.officinalis* и в-ва 3, 4 из *Lepidium latifolium L.* флоры Грузии выделены впервые.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

11. М. Д. Алания, Н. Ш. Кавтарадзе, К. Г. Шалашвили, Т. Г. Сагареишвили, Дж. Н. Анели, М. Г. Сутиашвили, М. Б. Чурадзе. Предварительное исследование некоторых растений, произрастающих в Грузии на содержание биологически активных соединений. Сб. научных трудов института фармакохимии: изучение биологически активных соединений из растительного и минерального сырья Грузии, Тбилиси, «Басиани», 2009, вып. 1 (17), с. 45-57.
12. К. Г. Шалашвили, М. Г. Сутиашвили, Т. Г. Сагареишвили, Н. Ш. Кавтарадзе, Дж. Н. Анели, М. Б. Чурадзе, М. Д. Алания. Предварительное исследование некоторых растений, произрастающих в Грузии на содержание биологически активных соединений. Вестник национальной академии наук Грузии, сер. химическая, 2014, 40, 2-3, с. 202-207.
13. E. F. Bryant. A note on the defferentiation between flavonoid glycosides and their aglycones. Amer. Pharm. Ass. Sci., 1950, 39, 8, p. 480-482.
14. М. Д. Алания. Успехи химии вторичных метаболитов (флавоноидов и циклоартанов) астрагалов флоры Грузии. Тбилиси, «Самшобло», 2016, 394с.
15. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Санкт-Петербург, «Наука», 1991, 197с.
16. E. Navarro, S. Alonso, R. Rodrigues, S. Trujillo, S. Boada. Diuretic action of an aqueous extract of *Lepidium latifolium L.* *Journal of Ethnopharmacology*, 1994, v. 41, 1-2, p. 65-69.
17. Tarandeep Kaur, Khadim Hussain, Sushma Koul, Ram Vishwakarma, Dhiraj Vyas. Evaluation of nutritional and antioxidant status of *Lepidium latifolium Linn.*: f novel phytofood from ladakh. *Plos One Thenth Anniversary*, 2013 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069112>
18. К. Г. Шалашвили, Э. П. Кемертелидзе. Флавоноиды клеверов - *Trifolium L.* флоры Грузии. *Изв. АН ГССР*, 1985, 6, с. 388-392.

19. Э. П. Кемертелидзе, М. Д. Алания, К. Г. Шалашвили, Т. Г. Сагаришвили, Н. Ш. Кавтарадзе. Оригинальные лекарственные препараты флавоноидоносных растений Грузии, Тбилиси, 2016, 119 с.
20. K. Baczek, O. Kosakowska, J. Prybyl, Z. Weglarz. Accumulation of phenolic compounds in the purple Betony herb (*Stachys officinalis* L.) originated from cultivation. *Herba Polonica*, 2016, 62, 2, p. 7-15.

## PRELIMINARY RESEARCH OF SOME PLANTS GROWING IN GEORGIA ON THE CONTENT OF FLAVONOIDS AND TRITERPENOIDS

K. Shalashvili, M. Alania, M. Sutiashvili, N. Kavtaradze, J. Aneli

*Tbilisi State Medical University, I. Kutateladze Institute of Pharmacochimistry  
Tbilisi, 0159, 36, P. Sarajishvili st.  
E-mail: merialania@yahoo.com*

### SUMMARY

One hundred seventy four samples of 63 species related to 48 genera and 22 families were analyzed on the content of flavonoids and triterpenoids. 23 species of Georgian flora were first studied. The promising plants with a significant content of flavonoids and triterpenoids were revealed. Some of them are recommended for in-depth chemical analysis. Two flavonoids were isolated from the flowers of *Betonica officinalis*. They were identified as cynaroside and quercetin. Quercetin and isoquercitrin were isolated and identified from the flowers and leaves of *Lepidium latifolium*. These flavonoid compounds were isolated at first time from abovementioned species of Georgian flora. Structures of isolated compounds were established by using methods of spectral and physical-chemical analysis.

### საქართველოში მოზარდი ზოგიერთი მცენარის წინასწარი გამოკვლევა ფლავონოიდებისა და ტრიტერპენების შემცველობაზე

ქ.შალაშვილი, მ.ალანია, მ.სუთიაშვილი, ნ.კავთარაძე, ჯ.ანელი  
თსსუ ი. კუთათელაძის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტი  
თბილისი, 0159, პ. სარაჯიშვილის ქ. 36,

### რეზიუმე

ჩატარებულია საქართველოს ფლორის 22 ოჯახის 48 გვარის 63 სახეობის 174 ნიმუშის ანალიზი ფლავონოიდებისა და ტრიტერპენების შემცველობაზე. საქართველოს ფლორის 23 სახეობა პირველად არის გამოკვლეული. გამოვლენილია პერსპექტიული მცენარეები, რომლებიც ფლავონოიდებისა და ტრიტერპენების მნიშვნელოვანი შემცველობით ხასიათდებიან. ზოგიერთი მათგანი მოწოდებულია ღრმა ქიმიური კვლევისათვის. *Betonica officinalis*-ის ყვავილებიდან იზოლირებულია 2 ფლავონოიდი, რომლებიც იდენტიფიცირებულნი არიან როგორც ცინაროზიდი და კვერცეტინი. *Lepidium latifolium*-ის ფოთლებიდან და ყვავილებიდან მიღებულია 2 ფლავონოიდი. ისინი დახასიათებულნი არიან როგორც იზოკვერციტრინი და კვერცეტინი. ეს ფლავონოიდები საქართველოს ფლორის ამ სახეობებიდან პირველადაა აღწერილი. გამოყოფილ ნაერთთა სტრუქტურები დადგენილია ანალიზის ფიზიკურ-ქიმიური და სპექტრული მეთოდებით.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### К ИССЛЕДОВАНИЮ ВЫСВОБОЖДЕНИЯ СУММЫ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА

П.А.Явич, М.Б.Кахетелидзе, Л.И.Чурадзе, М.А.Габелая, Н.С.Горгаслидзе

*Институт фармакохимии им. И.Г. Кутателадзе Тбилисского государственного медицинского университета, Тбилиси, 0159, Грузия, Ул. П. Сарадживили 36*

Использование растительного сырья для лечения многих заболеваний, в том числе и для заболеваний желудочно-кишечного тракта, позволяет избежать аллергических и токсических явлений, довольно часто возникающих при применении синтетических лекарственных препаратов, особенно антибиотиков; характеризуется высокой степенью излечимости. В настоящем сообщении приводятся данные по созданию потенциального средства слабительного действия, включающего три различных растительных компонента.

Желудочно-кишечные заболевания являются одними из самых распространенных [1-3]. На сегодняшний день для лечения этого недуга используются в основном многочисленные синтетические лекарственные препараты, в том числе и антибиотики. При этом часто наблюдаются случаи аллергических реакций и привыкания. В течение многих лет для лечения этой группы заболеваний также используются лекарственные растения [4]. Следует отметить, что активность растительных компонентов при лечении различается в связи с рядом особенностей организма больного и механизма действия конкретного растения. Это требует поэтапного контроля уровня действия каждого растительного средства при его назначении. В случае разработки БАД-ов более целесообразно использовать смесь растительных компонентов, что, в определенной мере, гарантирует их эффект.

При проведении данного исследования использованы: лист сенны (*Folium Sennae*), кора крушины (*Cortex Frangulae*) и плоды жостера (*Fructus Rhamni Catharticae*).

Все растения предварительно измельчались и просеивались через определенные сита. Кора крушины и лист сенны при просеивании образовали 3 фракции: 1-ая фракция со средним размером частиц 0,315 мм; 2-ая фракция со средним размером частиц 0,2 мм; 3-ая фракция с размером частиц менее 0,2 мм. Плоды жостера удалось измельчить лишь до среднего размера частиц 0,315мм.

Изучение структурно- механических показателей проводилось, как для фракций отдельных растений, так и для их смесей. Полученные результаты приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Структурно- механических показатели различных фракций

#### Кора крушины.

| Фракция, средний размер частиц (мм) | Сыпучесть г/см <sup>2</sup> /сек | Угол откоса <sup>0</sup> | Насыпная масса г/см <sup>3</sup> | Объемная плотность г/см <sup>3</sup> |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 0,315                               | 0,56                             | 47                       | 0,28                             | 0,34                                 |
| 0,2                                 | 0,95                             | 47                       | 0,3                              | 0,353                                |
| менее 0,2                           | 0,59                             | 49                       | 0,4                              | 0,526                                |

#### Плоды жостера

| Фракция, средний размер частиц (мм) | Сыпучесть г/см <sup>2</sup> /сек | Угол откоса <sup>0</sup> | Насыпная масса г/см <sup>3</sup> | Объемная плотность г/см <sup>3</sup> |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 0,315                               | 3,317                            | 52 <sup>0</sup>          | 0,4                              | 0,729                                |

## Лист сенны

| Фракция, средний размер частиц (мм) | Сыпучесть г/см <sup>2</sup> /сек | Угол откоса <sup>0</sup> | Насыпная масса г/см <sup>3</sup> | Объемная плотность г/см <sup>3</sup> |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 0,315                               | 2,92                             | 61                       | 0,34                             | 0,375                                |
| 0,2                                 | 1,77                             | 64                       | 0,42                             | 0,526                                |
| Менее 0,2                           | 0,56                             | 52                       | 0,32                             | 0,508                                |

## Смесь используемых растений в соотношении 1:1:1

| Фракция, средний размер частиц (мм) | Сыпучесть г/см <sup>2</sup> /сек | Угол откоса <sup>0</sup> | Насыпная масса г/см <sup>3</sup> | Объемная плотность г/см <sup>3</sup> |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 0,2                                 | 2,03                             | 54                       | 0,37                             | 0,54                                 |

Полученные данные позволяют предположить наличие возможности фасовки потенциальных лекарственных препаратов, как в пуансоны, так и в пакеты.

Эти данные в совокупности с достаточно хорошими показателями величин коэффициента прессования (таблица 2) предполагают возможность получения потенциального препарата в виде таблеток.

Таблица 2. Коэффициент прессования.

| #  | Наименование растений  | Параметры таблеток |                     | Коэффициент прессования |
|----|--|--------------------|---------------------|-------------------------|
|    |  | Средний вес (г)    | Средняя высота (см) |                         |
| 1. | Лист сенны, 0,2 мм.  | 0,75               | 0,42                | 2,86                    |
| 2. | Кора крушины, 0,2 мм   | 0,8                | 0,52                | 2,31                    |
| 3. | Плоды жостера, 0,315 мм  | 0,65               | 0,62                | 1,94                    |
| 4. | Смесь растений (лист сенны (кора крушины, плоды жостера) 1:1:1 | 0,7                | 0,45                | 3,22                    |

С учетом различной величины рН на отдельных участках желудочно-кишечного тракта, была исследована кинетика процесса выделения суммы БАВ из таблеток в раствор с использованием 0,1 г-экв раствора соляной кислоты и натрий аммиачного буферного раствора с рН=8,5, по сравнению с дистиллированной водой. Полученные данные приводятся в таблице 3. В среднем время достижения оптимального результата составляет около 90 минут, причем наблюдается прямая зависимость времени установления состояния равновесия от содержания крахмала в таблеточной массе. Наиболее целесообразно использовать таблетки содержащие 5% крахмала (таблица 3).

Таблица 3. Кинетика процесса извлечения суммы БАВ из таблеток

| #   | Время экстракции (мин.) | Экстрагент            |      |      |                                   |      |      |                                      |      |      |
|---|-------------------------|-----------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|--------------------------------------|------|------|
|   |                         | Вода дистиллированная |      |      | 0,1 г-экв раствор соляной кислоты |      |      | Na-аммиачный буферный раствор рН=8,5 |      |      |
| Содержание крахмала (%)                                   |                         |                       |      |      |                                   |      |      |                                      |      |      |
| 2      3      5      2      3      5      2      3      5 |                         |                       |      |      |                                   |      |      |                                      |      |      |
| Оптическая плотность экстракта                            |                         |                       |      |      |                                   |      |      |                                      |      |      |
| 1.  | 10                      | 0,21                  | 0,2  | 0,17 | 0,28                              | 0,25 | 0,2  | 0,46                                 | 0,42 | 0,52 |
| 2.  | 20                      | 0,52                  | 0,42 | 0,31 | 0,36                              | 0,4  | 0,48 | 0,76                                 | 0,6  | 0,62 |
| 3.  | 35                      | 0,66                  | 0,6  | 0,64 | 0,46                              | 0,58 | 0,58 | 0,9                                  | 0,85 | 0,9  |
| 4.  | 45                      | 0,72                  | 0,72 | 0,9  | 0,6                               | 0,65 | 0,9  | 1,0                                  | 1,0  | 1,0  |
| 5.  | 60                      | 0,8                   | 0,8  | 1,0  | 0,7                               | 0,78 | 0,92 | 1,5                                  | 1,5  | 1,2  |
| 6.  | 90                      | 0,9                   | 0,9  | 1,0  | 0,76                              | 0,9  | 0,95 | 1,5                                  | 1,5  | 1,6  |

Примечание: Условия эксперимента: объем экстрагента 75 мл; число таблеток – 1; температура -  $37 \pm 2$  °C; использована магнитная мешалка с числом оборотов 60 об/мин. Измерение оптической плотности извлечений проводилось при длине волны  $\lambda=425$ нм.

Второй вариант возможной лекарственной формы БАД-ов представляет собой стандартные фильтр-пакеты, наполненные как отдельными растениями (лист сенны, кора крушины, плоды жостера), измельченными до аналогичного минимального размера частиц, так и их смесью в соотношении 1:1:1. Исследование кинетики выделения суммы биологически активных веществ из БАД-ов в экстракты при  $t=50-60$  ° (табл. 4,5) показало, что время наступления равновесия в режиме настаивания в среднем не превышает 45-60 мин, а в режиме принудительного перемешивания - 30 – 40 мин. Исключение составляет кора крушины, что связано, по нашему мнению, с максимальной локализацией биологически активных веществ на поверхности ее частиц (т.е. происходит смыв, что обуславливает пленочный механизм диффузии) и с отсутствием необходимости в процессе набухания. В случае экстракции листа сенны происходит на первой стадии набухание и, как следствие гелевый механизм диффузии. Достаточно низкой величиной коэффициента диффузии при использовании плодов жостера в основном связана со смолистым характером материала. В случае экстракции смеси всех 3-х компонентов в соотношении 1:1:1 эти закономерности менее заметны.

**Таблица 4.** Кинетика процесса извлечения суммы БАВ при использовании фильтр-пакетов в режиме настаивания.

| #  | Время экспозиции (мин.) | Оптическая плотность извлечения |              |               |                      |
|----|-------------------------|---------------------------------|--------------|---------------|----------------------|
|    |                         | Лист сенны                      | Кора крушина | Плоды жостера | Смесь растений 1:1:1 |
| 1. | 10                      | 0,42                            | 1,5          | 0,9           | 0,65                 |
| 2. | 20                      | 0,52                            | 2,0          | 1,8           | 0,75                 |
| 3. | 35                      | 0,62                            | 2,0          | 2,0           | 0,85                 |
| 4. | 45                      | 0,72                            | 2,0          | 2,0           | 0,95                 |
| 5. | 60                      | 0,82                            | 2,0          | 2,0           | 1,0                  |
| 6. | 90                      | 0,82                            | 2,0          | 2,0           | 1,0                  |

**Таблица 5.** Кинетика процесса извлечения суммы БАВ при использовании фильтр-пакетов в режиме принудительного перемешивания.

| #  | Время экспозиции (мин.) | Оптическая плотность извлечения |              |               |                      |
|----|-------------------------|---------------------------------|--------------|---------------|----------------------|
|    |                         | Лист сенны                      | Кора крушина | Плоды жостера | Смесь растений 1:1:1 |
| 1. | 10                      | 0,85                            | 1,0          | 1,0           | 0,9                  |
| 2. | 20                      | 1,5                             | 2,0          | 1,5           | 1,4                  |
| 3. | 35                      | 2,0                             | 2,0          | 1,9           | 1,6                  |
| 4. | 45                      | 1,9                             | 2,0          | 2,0           | 2,0                  |
| 5. | 60                      | 1,9                             | 2,0          | 2,0           | 2,0                  |
| 6. | 90                      | 1,9                             | 2,0          | 2,0           | 2,0                  |

Исходя из приводимых данных использование таблеток и фильтр-пакетов, содержащих смесь растительных компонентов представляется возможным после установления необходимых величин доз [ 5- 9 ].

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаева А.Р., Родионова О.Н. Функциональные заболевания желудочно-кишечного тракта: современное состояние проблемы // Вестник ВГМУ. — 2006. — №2. — С. 3-12.

2. Белоусова Е.А. Идиопатический медленно-транзитный запор: механизмы развития и возможности лечения. Фарматека, 2010, 15: 18-23.
3. Holzer P. Opioid receptors in gastrointestinal tract. Regulatory peptides, 2009, 155 (1-3), 11-13.
4. Растения, травы при желудочно кишечных заболеваниях ...www.bibliotekar.ru/2-51.htm
5. Степанова А.В., Анышакова В.В.Токсикологическая и гигиеническая оценка БАД «Ягель детокс» // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-1. – С. 105-109;
6. Халахин В. В. .Сравнительное исследование препаратов и биологически активных добавок с ноотропным действием современными физико-химическими методами . Дисс. ... канд. фарм. наук, 2012. Самара, 248с.
7. МУК 2.3.2.721-98 Определение безопасности и эффективности биологически активных добавок к пище .2.3.2. Пищевые продукты и пищевые добавки .Определение безопасности и эффективности биологически активных добавок к пище .Дата введения 1999-01-01 . Разработаны Институтом питания РАМН .
8. Клинические испытания - Natr.ru <http://www.natr.ru/pages/klinicheskie-ispytaniya>  
Проведение клинических исследований БАД позволяет с еще большей ... кафедра клинической фармакологии, Москва;; клинические исследования БАД ...
9. Мировой опыт. БАД в США: клинические исследования под ... контролем государства <https://www.argo-shop.com.ua/article-6924.html> . Опыт исследования биологически активных добавок в США представляет большой ...

#### **FOR THE STUDY REGARDING RELEASE OF THE SUMS OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF VEGETABLE ORIGIN OUT OF POTENTIAL AGENTS FOR TREATMENT OF DISEASES OF THE GASTROINTESTINAL TRACT**

P.A.Yavich, M.B.Kakhelidze, L.I.Churadze, M.A.Gabelaia, N.S.Gorgaslidze  
*Tbilisi State Medical University, I. Kutateladze Institute of Pharmacochemistry  
Tbilisi, 0159, 36, P. Sarajishvili st.*

#### **SUMMARY**

Usage of vegetable raw materials for treatment of numerous diseases, including diseases of gastrointestinal tract, provides a possibility for avoiding allergic and toxic results that are relatively common while using synthetic drugs, especially antibiotics and causes high degree of recovery. Given study provides data on possibility of creation of potential remedy with laxative effect containing three different vegetable raw materials.

**კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის დაავადებების სამკურნალო პოტენციური საშუალებებიდან მცენარეული წარმოშობის ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ჯამის გამონთავისუფლების კვლევისთვის**

პ.იავიჩი, მ.კახელიძე, ლ.ჭურაძე, მ.გაბელაია, ნ.გორგასლიძე  
*თსუ ი. ქუთათელაძის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტი  
თბილისი, 0159, პ. სარაჯიშვილის ქ. 36,*

#### **რეზიუმე**

მცენარეული ნედლეულიდან მიღებული საფადართო მოქმედების პოტენციური საშუალებები ხასიათდებიან განკურნების მაღალი ხარისხით. მათი გამოყენება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის დაავადების სამკურნალოდ, საშუალებას გვაძლევს გამოვრიცხოთ ალერგიული და ტოქსიკური მოვლენები, რომლებიც საკმაოდ ხშირად აღიძვრება სინთეზური სამკურნალო პრეპარატების, კერძოდ ანტიბიოტიკების გამოყენებისას. მოცემულ ნაშრომში, სამი სხვადასხვა კომპონენტის ჩართვით, მოყვანილია მონაცემები აღნიშნული პოტენციური საშუალების შექმნის მიმართულებით.

## NATURAL &amp; BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS

INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF  
NEPHROPROTECTIVE BIOFLAVONOIDT. Kvaratskhelia<sup>1</sup>, L. Tsiklauri<sup>2</sup>, E. Kemertelidze<sup>2</sup><sup>1</sup>*St. Andrew the first-called Georgian University of the patriarchate of Georgia,*<sup>2</sup>*TSMU I. Kutateladze Pharmacochimistry Institute*

**ABSTRACT:** The aim of this study was to investigate rheological properties of nephroprotective bioflavonoid - Kaempferol 3-robinoside 7- rhamnoside (KRR) obtained from the plant *Pueraria hirsuta* Matsum. for successful dosage form design and development. The technological characteristics of KRR were determined. The flowability study showed that KRR possess low powder flow rate index; the evaluation of bulk density, tap density, Carr's index, Hausner ratio, and angle of repose values showed that the powder did not demonstrate excellent powder flow rate index and for successfully formulating it requires a critical approach to ingredient selection.

Properties of the active pharmaceutical ingredients (API) are the primary driver of the technology choice. Knowledge of the API technological characteristics is essential for successful dosage form design and development.

The aim of the present study was to investigate technological properties of nephroprotective bioflavonoid Kaempferol 3-robinoside 7- rhamnoside (KRR) obtained from the plant *Pueraria hirsuta* Matsum (1-3).

KRR is a yellowish - green colored, crystalline powder, insoluble in water. As the rheological characteristics of the drug substance may have significant effects on final drug product performance (e.g., dissolution, bioavailability, content uniformity, stability, etc.) the particle size and distribution, tap and bulk densities, angle of repose (AOR) and flowability of KRR powder was determined in triplicate.

The particle size analyses were performed by standard sieve and laser diffraction analyzer.

The mean particle diameter and particle size distribution was evaluated by a sieve analysis method using 7 sieves (1000, 500, 425, 300, 250, 140 and 90  $\mu\text{m}$ ) agitated for 10 min on a sieve shaker (Engelsmann AKT - GES Apparatebau). The sieve load was 50.0 g. The retained weight data obtained were used to construct a frequency distribution.

From the plots of log (particle size) against cumulative percent retained on a probability scale, the geometric mean particle size ( $d_g = 161.51$ ) and geometric standard deviation ( $\sigma_g$ ) were computed. According to the obtained data (Figure 1) tested sample mainly contains (72.69%) particles ranging in size between 140-250  $\mu\text{m}$ ; the particle's narrow distribution range ( $\sigma_g = 1.70$ ) indicates the homogeneity of powder.

The volume mean diameter  $D_{50}$  and the Sauter Mean Diameter  $D(3,2)$  ( $\mu\text{m}$ ) of KRR were calculated, and the particle size distribution was determined by laser diffractometry, using a Coulter apparatus, model LS 100 Q Instrument (Beckman Coulter Particle Characterization, Miami, FL). Results are the mean of triplicate experiments.

The main parameters:  $D_{10} = 6.76 \mu\text{m}$ ,  $D_{50} = 90.51 \mu\text{m}$ ,  $D_{90} = 240.7 \mu\text{m}$  and the Sauter mean diameter  $D(3, 2) = 18.19$ , were defined for the tested powder.

As shown in Figure 2, KRR exhibits multimodal size distribution with the higher peak around 100-250  $\mu\text{m}$  (modal diameter is 116.03  $\mu\text{m}$ ) and the lower peak around 700 - 800  $\mu\text{m}$ ; the presence of the lower peak may be a result of the observed agglomerated particles in the system; and the low values of width and height of this peak verify the homogeneity of tested substance.

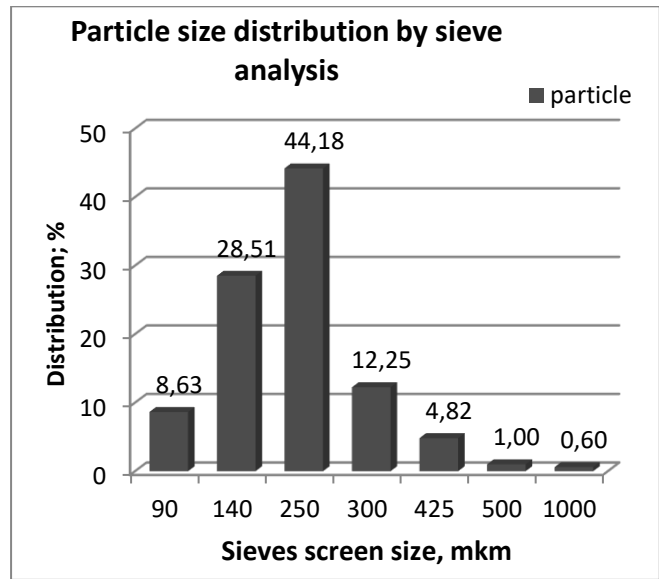


Fig. 1. Particle size distribution of KRR determined by standard test sieves.

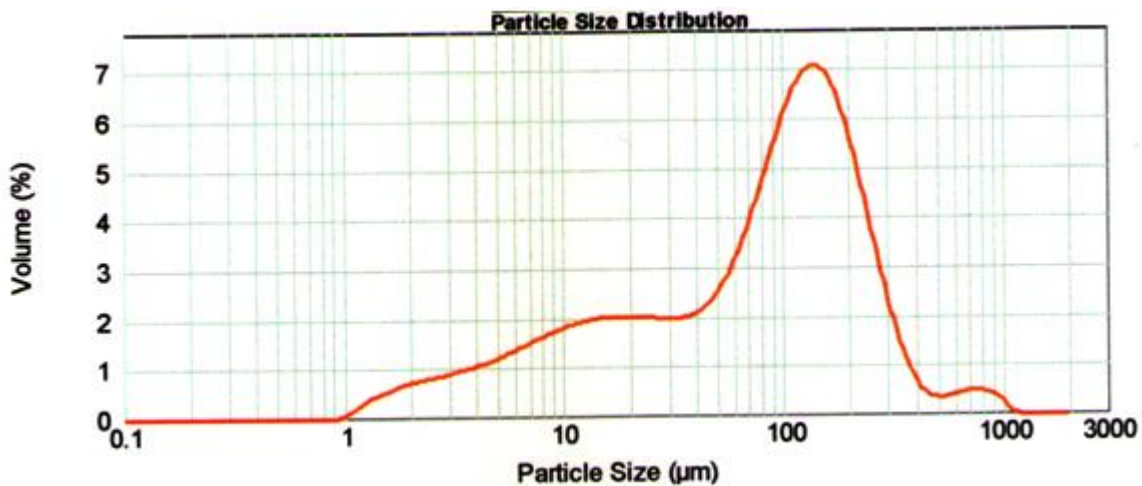


Fig.2. Particle size distribution of KRR determined by laser light diffractometry.

The deviations between the values obtained by sieve analysis and laser diffraction are due to the different measurements obtained with each method.

Knowledge of the density of a powder is important in determining the volume that a specific weight of material will occupy. Further, powders that differ significantly in density will have a tendency to segregate, resulting in non-homogeneous blends [4-6].

An Engelsmann powder tester (AG Apparatebau) was used to examine tapped density, three replicate measurements were performed under normalized conditions as describe in the E.Ph [7]. For each determination, the test tube was filled with a known mass of sample and initial volume ( $V_{max}$ ) was measured giving access to bulk powder density ( $\rho_{min}$ ); the tapped density ( $\rho_{max}$ ) was determined by tapping a measuring cylinder against rubber flat surface until no volume ( $V_{min}$ ) change of the powder in the cylinder was observed. Two commonly used indexes are calculated from these measures. The Hausner Index ( $\rho_{max}/\rho_{min}$ ) is used to indicate powder flow [4]. Values above 1.25 demonstrate poor flow, while lesser values are associated with moderate to excellent flow. The Compressibility or Carr Index ( $[(\rho_{max} - \rho_{min}) / \rho_{max}]100\%$ ) is another popular method of predicting flow [5]. Values above 20% indicate poor flow while values less than 15% indicate excellent flow. However, these indexes alone do not adequately assess powder flowability.



The Angle of Repose (AOR) is a measure of powder cohesiveness and is a popular determination as it is an easy method to indicate powder flowability. Most free-flowing materials have angles of less than  $50^{\circ}$ . The AOR was measured according to the method Svarovsky [8]. In this measuring process, the material falls through a funnel onto a plate (5.4 cm in diameter) until a cone is formed and the addition of more material does not lead to a further increase in the cone's height. The AOR ( $\alpha$ ) is calculated using the plate's radius (r) and the height (H) of the cone:

$$\operatorname{tg}\alpha = H/r.$$

However, these indexes alone do not adequately assess powder flowability [4]. To characterize the flowability, the mean flow index ( $\alpha'/\alpha_{\text{ref}}$ ) of the powder was determined on apparatus SOTAX FLOWTESTER: a steel funnel was used, and a computer-connected balance continuously registered the mass of the powder. A vibrator was connected with a funnel to improve the powder flow. The mean flow rate was evaluated by linear regression (Fig 3).

The data reported represent an average value of at least five runs for each powder fraction. The technological parameters values listed in table.

Flow character is rated based on compressibility index and Hausner ratio [4]. Lower Ic or lower Hausner ratios of a material indicate better flow properties than higher ones. If powders are readily compressed by tapping, their flow energy requirement increases. Based on the results obtained, flow of KRR was rated as 'very poor' in terms of its flow based on Ic (27.31%), HR (1.38) and Flow index ( $\alpha'/\alpha_{\text{ref}} = 0.37$ ) values.

The use of methods for measurement of flow known as dynamic procedures presents close correlations between the experimental data and the real technological characteristics of the powder.

Table. Rheological Tasting Results

| Substance | Bulk density<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Tapped<br>density<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Ic (%)<br>( $\leq 20\%$ ) | HR<br>$\leq 1.2$ | AOR <sup>o</sup><br>( $\leq 45-50^{\circ}$ ) | $\alpha'/\alpha_{\text{ref}}$ |
|-----------|--------------------------------------|---|---------------------------|------------------|--|-------------------------------|
|           | Mean $\pm$ SD                        | Mean $\pm$ SD                             | Mean $\pm$ SD             | Mean $\pm$ SD    | Mean $\pm$ SD                                | Mean $\pm$ SD                 |
| KRR       | 0.50 $\pm$ 0.05                      | 0.69 $\pm$ 0.07                           | 27.31 $\pm$ 1.09          | 1.38 $\pm$ 0.02  | 58.15 $\pm$ 1.14                             | 0.37                          |

AOR: Angle of repose (in degrees)

Ic: Compressibility Index (in %)

HR: Hausner Ratio

$\alpha'/\alpha_{\text{ref}}$ : Flow index (according to the SOTAX FT 300 method)

In this way, the angle of repose is a method that allows a dynamic measurement of flow by assessing the difficulty presented by the particles to flow freely through an orifice to a flat surface. The angle of repose is a traditional characterization method for pharmaceutical powder flow and a value of  $<30^{\circ}$  indicates 'excellent' flow whereas  $>56^{\circ}$  indicates 'very poor' flow. Based on this, the flow was rated as 'very poor (AOR =  $58.15^{\circ}$ ) for tested powder (Tab.).

In conclusion, the obtained data suggest that KRR possess poor flow properties and compressibility and for successfully formulating it requires a critical approach to ingredient selection and suitable drug delivery system development.

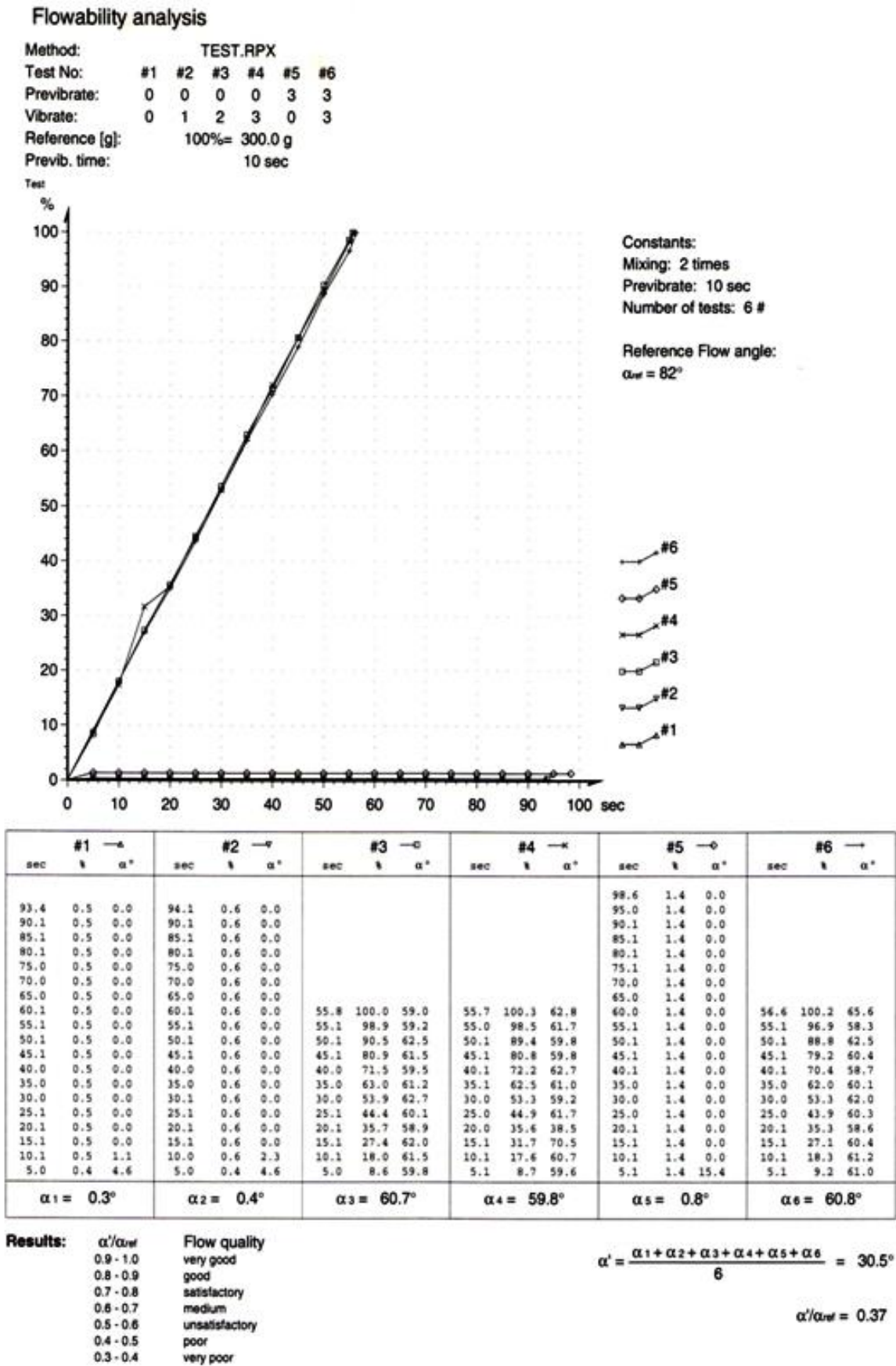


Fig.3. Flowability analysis of KRR determined by SOTAX FLOWTESTER.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Kemertelidze EP., Syrov VN., et al. (2008), Chemical composition and pharmacological activity of the leaves *Puerariahirsuta* L. growing in Georgia. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 42, (6)28–31.
2. Georgian Patent P. 6199. Hypoazotemic remedy from the leaves of *Pueraria hirsuta* Matsum. Kemertelidze EP, Alania MD, Kavtaradze NSh. 2014.12.18.
3. Lau CS., Carrier DJ. et al, (2005), A Glycoside Flavonoid in Kudzu (*Puerarialobata*): Identification, Quantification, and Determination of Antioxidant Activity. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 121–124.
4. Hausner H.H., *Int. J. Powder Metall.*, 1967, p. 7–13.
5. Carr R.L. *Classifying Flow Properties of Solids*. *Brit. Chem. Eng.*, 1965, v. 72, p. 69–72.
6. Shah RB, Tawakkul MA, Khan MA. *Comparative Evaluation of Flow for Pharmaceutical Powders and Granules*. *AAPS PharmSciTech*. 2008;9(1):250-258. doi:10.1208/s12249-008-9046-8.
7. *European Pharmacopoeia*. 7th edition. Volume 1, 2.9.34. Bulk density and tapped density of powders, pp. 305-308
8. Svarovsky L. *Powder Testing Guide: Methods of Measuring the Physical Properties of Bulk Powders*. London: Elsevier Applied Science, 1987, p. 71–78.

ნეფროპროტექტორული ბიოფლაგონოდის ტექნოლოგიური თვისებების შესწავლა

თ. კვარაცხელია<sup>1</sup>, ლ. წიკლაური<sup>2</sup>, ე. ქემერტელიძე<sup>2</sup>

<sup>1</sup>საქართველოს საპატრიარქოს წმიდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტი

<sup>2</sup>თსუ იოველ ქუთათელაძის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტი

რეზიუმე

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა მცენარე *Pueraria hirsuta* Matsum.-დან მიღებული ნეფროპროტექტორული ბიოფლაგონოდის - კემპფეროლ 3-რობინოზიდ 7- რამინოზიდი - რეოლოგიური თვისებების შესწავლა ოპტიმალური წამლის ფორმის შემუშავებისთვის. დადგენილ იქნა ბიოფლაგონოიდის ტექნოლოგიური მახასიათებლები. მიღებული შედეგების თანახმად საკვლევი სუბსტანცია ხასიათდება დაბალი დინების (**flow rate index**) მაჩვენებელით; მოცულობითი და შემჭიდროებითი სიმკვრივეების, შეკუმშვის (**Carr's index**) და ჰასნერის კოეფიციენტების (**Hausner ratio**) და თავისუფლად დაყრილი ფხვნილის მიერ შექმნილი კუთხის (**angle of repose**) შესწავლამ აჩვენა, რომ საკვლევი ობიექტი ხასიათდება ცუდი დენადობის და დაბალი დაწნეხვის უნარით, რაც მოითხოვს განსაკუთრებულ მიდგომას შესაბამისი წამლის ფორმის შემუშავების პროცესში.

## ლერჯ - მწვანე წყალმცენარის *Spirulina platensis* ბიომასის ცვლილებაზე მკვებად გარემოში ერთდროულად ჩატვირთული Cr (III) და Se (IV) ზეგავლენის შესახებ

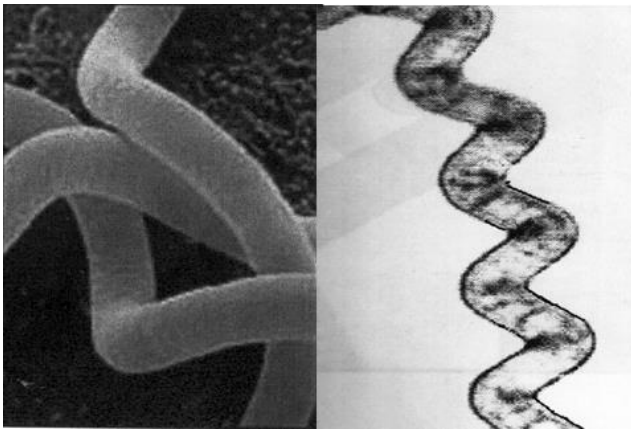
ნანა კუჭავა

ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
ელეფთერ ანდრონიკაშვილის სახ. ფიზიკის ინსტიტუტი

სამუშაოში განხილულია წყალმცენარის *Spirulina platensis* (*S. platensis*) ზრდის დინამიკაში მისი ბიომასის ცვლილებაზე მკვებად გარემოში ერთდროულად ჩატვირთული ქიმიური ელემენტების: ქრომისა და სელენის ცნობილ რაოდენობათა ზეგავლენის გამოკვლევის შედეგები ატომურ - აბსორბციული სპექტრომეტრიის (აას) მეთოდის გამოყენებით.

ცნობილია, რომ ადამიანის ორგანიზმი იმავე ქიმიურ ელემენტებს შეიცავს, რასაც არაცოცხალი ბუნება. ცოცხალი ორგანიზმის შემადგენლობაში 80 - მდე ქიმიური ელემენტი, რომელთაგან ძირითადია 6 ელემენტი: C, O, N, H, P, S. მაკროელემენტებია K, Na, Mg, Ca, Cl, ხოლო მიკროელემენტებია: Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Mo, I, Se და სხვები, რომლებიც გროვდება ღვიძლში, ძვლებში, აგრეთვე კუნთებში, ტოქსიკურ ნივთიერებათა გაუვნებლობაში და სისხლის წარმოქმნაშიც. მაკრო და მიკროელემენტების ნაკლებობის ან სიჭარბის შემთხვევაში ცოცხალ ორგანიზმებში ირღვევა ნივთიერებათა ცვლა.

ცოცხალ ორგანიზმად ჩვენს შემთხვევაში განხილულია ლერჯ - მწვანე წყალმცენარე ციანობაქტერია *Spirulina platensis* (*S. platensis*), რომელსაც აქვს ასეთი სახე:



ნახ. 1. *S. platensis* საერთო სურათი, მიღებული ელექტრონული მიკროსკოპის საშუალებით

წყალმცენარის *S. platensis* უაღრესად მოკლე დახასიათება ასეთია: ის არის ადამიანისა და ცხოველთა საკვების, სამკურნალო პრეპარატებისა და დიეტური პროდუქტების საჭირო დანამატი, მდიდარია ქლოროფილით, ლიპიდებით, ცხიმოვანი მჟავებით. გამოიყენება ზოგ

დაავადებათა პრევენციისათვის. მისი გამოყენება შესაძლებელი აღმოჩნდა რამოდენიმე ტოქსიკური ელემენტისაგან ჩამდინარე წყლების გასასუფთავებლად. როგორც [1, 2] შრომებშია აღნიშნული, *S. platensis* გამოიყენება შეიძლება იმისათვის, რომ თავიდან იქნეს ტოქსიკურ ნივთიერებათა მიერ ცოცხალი ორგანიზმის მოწამვლა და ამალდე მისი იმუნიტეტი. ჩერნობილის ავარიის შემდეგ ბელორუსი ბავშვების გარკვეულ რაოდენობაზე ჩატარებულმა დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ აღნიშნული წყალმცენარის გამოყენება შეიძლება ორგანიზმიდან რადიონუკლიდების სწრაფი გამოყოფისათვის. ყოველივე ზემოთაღნიშნულის გარდა, დადასტურდა, რომ *S. platensis* გააჩნია ოქროსა და ვერცხლის ნანონაწილაკების წარმოქმნის უნარი [3].

ე.ლ.ანდრონიკაშვილის სახ. ფიზიკის ინსტიტუტში *S. platensis* ბიომასის გამოკვლევები ჩატარდა რუსეთის ფედერაციული რესპუბლიკის მეცნიერებათა აკადემიის კ.ა.ტიმირიაზევის სახელობის მცენარეთა ფიზიოლოგიის ინსტიტუტიდან მიღებული ნიმუშების გამოყენებით. ჩვენი ექსპერიმენტების შესრულებისას დაცული იყო შემდეგი პირობები: pH > 8, განათება - 3500 ლუქსი, ტემპერატურა - 30 - 34°C, უწყვეტი ბარბატირება, მიკროსკოპული კონტროლი, რომელმაც დაამტკიცა, რომ გამოყენებული წყალმცენარის ბიომასის უჯრედები ციტოლოგიურად არ განსხვავდება კონტროლისაგან. ყველა ექსპერიმენტის დროს მიღებული ბიომასა გამომშრალ იქნა ლიოფილურად [4].

[5] სამუშაოში შესწავლილ იქნა *S. platensis* უჯრედული ზრდის დინამიკაში მკვებავ Zarrouk გარემოში Cr(III) და Cr(VI) ქცევის თავისებურებანი, როცა აღნიშნულ გარემოში ჩატვირთულ იყო მათი წინასწარ განსაზღვრული რაოდენობა. ერთ სერიაში ჩატარდა დაკვირვება მკვებავ Zarrouk გარემოში მხოლოდ Cr(III) სხვადასხვა კონცენტრაციით (0.5 მგ/ლ, 2.5 მგ/ლ, 10 მგ/ლ) კონტროლთან ერთად ჩატვირთულ ბიომასის ცვლილებაზე მისი ზრდის დროის 8 დღის განმავლობაში. გამოყენებულ იქნა ძმარმჟავა ქრომის  $\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COOH})_3$  0.1M ხსნარი. მეორე სერიაში ერთდროულად იქნა შესწავლილი საკვლევი წყალმცენარის მშრალ ბიომასაში Cr(III) და Cr(VI) კონცენტრაციების დამოკიდებულება მკვებავ გარემოში ჩატვირთულ მათ ერთნაირ (0.3 მგ/ლ - დან 15 მგ/ლ) რაოდენობაზე. გამოყენებულ იქნა, აგრეთვე, კალიუმის ბიქრომატის  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0.1M ხსნარი. ექსპერიმენტის ხანგრძლივობა განისაზღვრა 15 დღით. მიღებული შედეგების ანალიზიდან ჩანს, რომ წყალმცენარე *S. platensis* მკვებავი გარემოდან უფრო მეტად ითვისებს ძმარმჟავა ქრომის სახით ჩატვირთულ Cr(III).

[6] სამუშაოში შესწავლილ იქნა ზემოთ აღნიშნულ წყალმცენარეში უჯრედული ზრდის დინამიკაში იგივე მკვებავ გარემოში ქიმიური ელემენტის სელენის (Se) რაოდენობათა: 1 მგ/ლ, 10 მგ/ლ, 50 მგ/ლ, 100 მგ/ლ ნორმასთან ერთად ჩატვირთვით გამოწვეული ბიომასის ცვლილების საკითხი. გამოყენებულ იქნა  $\text{H}_2\text{SeO}_3$  0.1M ხსნარი. ექსპერიმენტის ხანგრძლივობა განისაზღვრა 12 დღით. მიღებული შედეგებით შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ პირველ და მეორე შემთხვევაში ბიომასა იზრდება, მაგრამ ნორმაზე ცოტათი ნაკლებად. რაც შეეხება მესამე და მეოთხე შემთხვევებს, აღმოჩნდა, რომ მკვებავ Zarrouk გარემოში სელენის აღნიშნულ რაოდენობათა ჩატვირთვა დამთრგუნველად მოქმედებს *S. platensis* ბიომასის ზრდაზე.

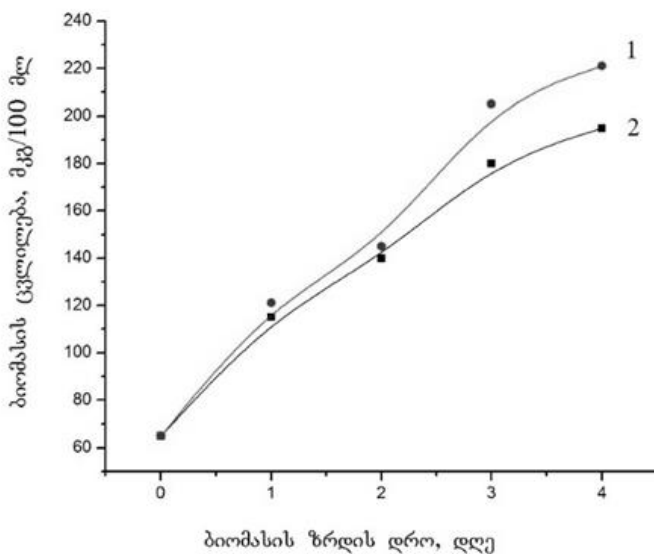
[5] და [6] შრომებში გამოყენებულ იყო ატომურ - აბსორბციული სპექტრომეტრის (აას) მეთოდი.

[7] სამუშაოში აღწერილია *S. platensis* უჯრედების მიერ ქიმიური ელემენტების: სელენისა და ქრომის ერთდროული აკუმულაციის პროცესების დინამიკის გამოკვლევა ნეიტრონული აქტივაციური ანალიზის (ნაა) მეთოდის გამოყენებით ქ. დუბნაში, როცა საკვლევი ნიმუშები დასხივებულ იქნა  $10^{12}$  ნ. სმ<sup>-2</sup>. წმ<sup>-1</sup> ნაკადით [8]. ყურადღებას იმსახურებს ის ფაქტი, რომ ნაა და აას მეთოდებით მიღებული შედეგები, ძირითადად, ანალოგიურია, არის მხოლოდ მცირეოდენი განსხვავება.

წინამდებარე სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს *S. platensis* ბიომასის ცვლილების შესწავლა, როცა მკვებავ გარემოში ერთდროულად ჩატვირთულია Cr(III) და Se(IV) ცნობილი რაოდენობა: ქრომი - 312 მკგ/100 მლ და სელენი 500 მკგ / 100 მლ. ექსპერიმენტი ჩატარდა 12 ნიმუშის გამოყენებით და მისი შესრულების ვადა განისაზღვრა 4 დღით. აღნიშნულ შემთხვევაში გამოყენებულ იყო აას მეთოდი.

როგორც [5] შრომაში იყო აღნიშნული, ქრომი წარმოადგენს ერთერთ საინტერესო ქიმიურ ელემენტს. მისი ბიოლოგიური როლისა და ფიზიოლოგიური მოქმედების შესახებ მოკლედ შეიძლება ითქვას შემდეგი: ის ერთერთი ბიოგენური ელემენტია, მუდმივად შედის მცენარეებისა და ცხოველთა ორგანოების შემადგენლობაში, რომლებშიც მონაწილეობს ცილებისა და ცხიმების მიმოცვლაში, იწვევს სისხლში ქოლესტერინის მატებას.

თვალსაჩინოებისათვის საჭიროდ ჩავთვალეთ მკვებავ გარემოში ცალცალკე ჩატვირთული Cr(III) და ნორმის ცვლილების, Se(IV) და ნორმის ცვლილების, აგრეთვე მათი ჯამური რაოდენობისა და ნორმის ცვლილების საერთო სურათის წარმოდგენა. განვიხილოთ ყველა შემთხვევა ცალცალკე.

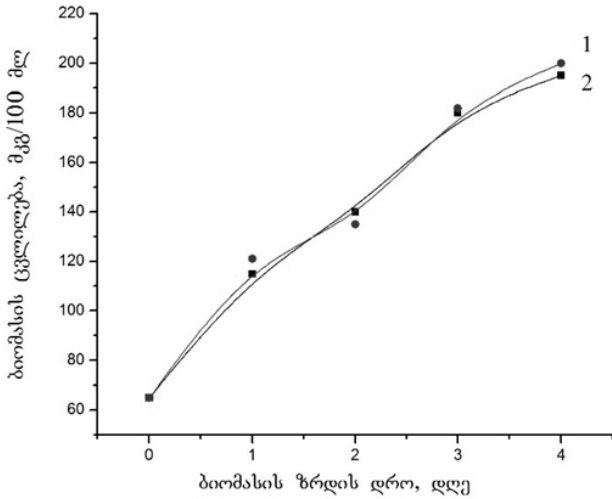


**ნახ. 2.** *S. platensis* ბიომასის ცვლილება მისი ზრდის დროის მიხედვით, როცა მკვებავ გარემოში ჩატვირთულია Cr(III) ცნობილი რაოდენობა

2 ნახაზზე წარმოდგენილია *S. platensis* მშრალი ბიომასის ცვლილება მისი ზრდის დროის მიხედვით, როცა მკვებავ გარემოში ჩატვირთულია 312 მკგ/100 მლ Cr(III) რაოდენობა. 1 მრუდი შეესაბამება Cr(III) ჩატვირთულ რაოდენობას, 2 - ნორმას. როგორც 2 ნახაზი გვიჩვენებს, მათ რაოდენობებს შორის მნიშვნელოვანი განსხვავება იწყება მესამე დღიდან და

მაქსიმუმს აღწევს მეოთხე დღეს.

რაც შეეხება სელენს (Se), როგორც [6] შრომაშია აღნიშნული, ის ხასიათდება ანტიკანცეროგენული და ანტივირუსული თვისებებით. Se იცავს ცოცხალ ორგანიზმებს კადმიუმის ტოქსიკურობისაგან [9]. სელენი არის გოგირდის ანალოგი, ოღონდ ქიმიურად ნაკლებად აქტიურია, ვიდრე გოგირდი.



**ნახ. 3.** *S. platensis* ბიომასის ცვლილება მისი ზრდის დროის მიხედვით, როცა მკვებავ გარემოში ჩატვირთულია Se(IV) ცნობილი რაოდენობა

3 ნახაზზე წარმოდგენილია *S. platensis* მშრალი ბიომასის ცვლილება, როცა მკვებავ გარემოში ჩატვირთულია 500 მკგ/100 მლ Se(IV) რაოდენობა. 1 მრუდი შეესაბამება სელენის ჩატვირთულ რაოდენობას, 2 - ნორმას. როგორც ნახაზიდან ჩანს, სელენის აღნიშნული რაოდენობის ჩატვირთვისას ორივე შემთხვევაში ბიომასათა ცვლილება ერთმანეთთან ძალიან ახლოსაა, ამავე დროს

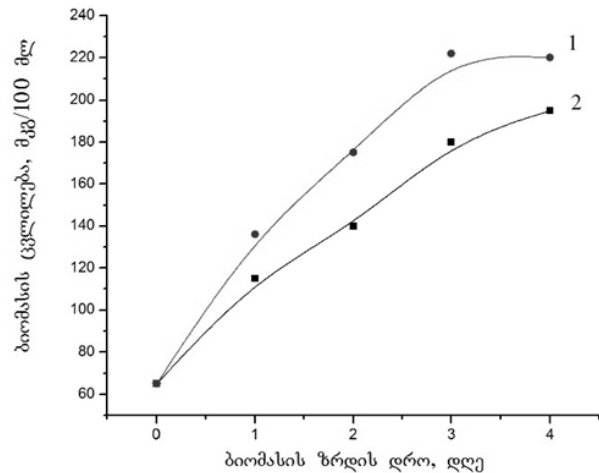
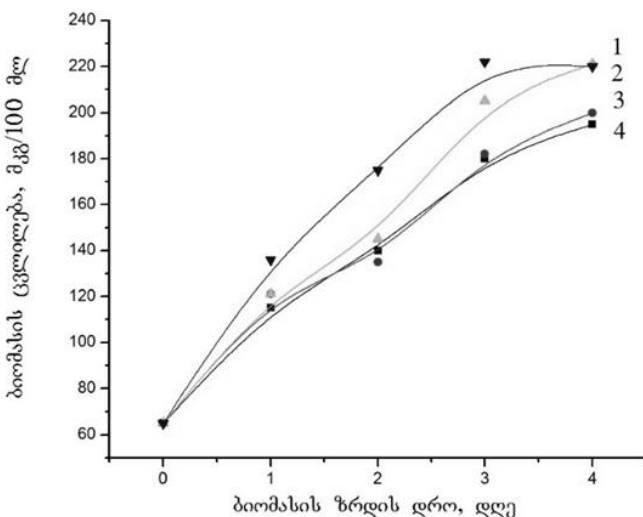
ორივეს მაქსიმალური რაოდენობა აღინიშნება 4 დღეს.

4 ნახაზზე წარმოდგენილია *S. platensis* ბიომასის ცვლილება მისი ზრდის დროის მიხედვით, როცა მკვებავ გარემოში ერთდროულად ჩატვირთულია Cr(III) და Se(IV) ზემოთაღნიშნული სიდიდეების ჯამური რაოდენობა.

**ნახ. 4.** *S. platensis* ბიომასის ცვლილება მისი ზრდის დროის მიხედვით, როცა მკვებავ გარემოში ჩატვირთულია Cr(III) და Se(IV) ცნობილი ჯამური რაოდენობა - 1 მრუდი, ხოლო ნორმა - 2 მრუდი.

როგორც 4 ნახაზიდან ჩანს, მკვებავ გარემოში სელენისა და ქრომის ცნობილი ჯამური რაოდენობის ჩატვირთვისას ბიომასის ზრდის 3 დღეს ბიომასის რაოდენობა ცოტათი მეტია 4 დღესთან შედარებით.

საბოლოოდ, საჭიროდ ჩავთვალებთ მიღებული შედეგების გაერთიანება ქვემოთ წარმოდგენილი სახით.



**ნახ. 5.** *S. platensis* ბიომასის ცვლილება მისი ზრდის დროის მიხედვით, როცა მკვებავ გარემოში ერთდროულად ჩატვირთულია Cr(III) და Se(IV) ცნობილი ჯამური რაოდენობა.

5 ნახაზზე წარმოდგენილია *S. platensis* მშრალი ბიომასის ცვლილება, როცა მკვებავ გარემოში ცალცალკე და ერთდროულად ჩატვირთულია 312 მკგ/100 მლ ქრომის და 500 მკგ/ 100 მლ სელენის რაოდენობა, აგრეთვე ნორმა, როცა არცერთი ქიმიური ელემენტი არ არის ჩატვირთული. 1 მრუდი შეესაბამება

ქრომისა და სელენის ჯამურად ჩატვირთულ რაოდენობას, 2 - ცალკე ჩატვირთულ ქრომის რაოდენობას, 3 - მხოლოდ სელენის ჩატვირთულ რაოდენობას, 4 - ნორმას.

ვფიქრობთ, რომ დასახული ამოცანა, ძირითადად, შესრულებულ იქნა.

ჩემს სასიამოვნო მოვალეობად ვთვლი მადლობა გადავუხადო ჯგუფის ხელმძღვანელს ა.ბელოკობილსკის, აგრეთვე ჯგუფის წევრებს: ე.გინტურს და ა.ხიზანიშვილს, რომლებთანაც ერთად ვმონაწილეობდი ექსპერიმენტების ჩატარებაში, ხოლო ა.რჩეულიშვილს - აას მეთოდით მიღებული შედეგების წარმოდგენისათვის.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Loseva L. P. and Dardynskaya I. V. Research Institute of Radiation Medicine, Minsk, Belarus. Presented at the 6<sup>th</sup> intl. Congress of Applied Algology, Czech Republic, Sep., 9, 1993
2. Loseva L. P. Research Institute of Radiation Medicine, Minsk, Belarus. Presented at the 8<sup>th</sup> intl. Congress of Applied Algology, Italy, Sep., 1999.
3. ნ. წიბახაშვილი და სხვები. პირველი საერთაშორისო კონფერენციის თეზისების კრებული: ნანოქიმია - ნანოტექნოლოგიები. თბილისი. 37 – 38, 2010.
4. Mosulishvili L.M., Nadareishvili V.S., Kharabadze N.E., Belokobilski A.I. Patent USSR N 779765, Bull. 42 (1980).
5. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე (ქიმიის სერია - გარემოს ქიმია), 43, 1, 84 – 87, 2017.
6. ნ.კუჭავა. წყალმცენარესთან *Spirulina platensis* სელენის ურთიერთქმედება. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2017, ტ. 43, #2, გვ. 232-235.
7. Велокобыльский А. И. и др. Radioanal. Nucl. Chem. 256,1, 65-68, 2004
8. Frontasyeva M.V., Pavlov S. S. JINR Preprint, E – 14 – 2000. 177, Dubna, 2000.
9. Holmberg R. E., Fern V.H. Rch. Environ. Health, 18, 873, 1969.

### ON INTERACTION OF SIMULTANEOUSLY LOADED Cr(III) AND Se(IV) IN NUTRIENT MEDIUM ON THE CHANGE OF BLUE-GREEN ALGAE *Spirulina platensis*

Nana Kuchava

*I. Javakhishvili Tbilisi State University, E. Andronikadzhvili Institute of Physics*

#### SUMMARY

The results of investigations of the change of biomass of algae *Spirulina platensis* are considered by the method of Atom – absorption spectrometry (AAS) in the dynamics of its growth, when a known quantity of chemical elements chromium and selenium are introduced simultaneously into the nutrient medium.

### О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ОДНОВРЕМЕННО ЗАГРУЖЕННЫХ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ Cr(III) И Se(IV) НА ИЗМЕНЕНИЕ БИОМАССЫ СИНЕ-ЗЕЛЕННОЙ ВОДОРОСЛИ *Spirulina platensis*

Нана Кучава

*Тбилисский государственный университет им. Ивана Джавахишвили, Институт физики им. Элефтера Андроникашвили*

#### РЕЗЮМЕ

Методом атомно-абсорбционной спектрометрии рассмотрены итоги исследований изменения биомассы водоросли *Spirulina platensis* в динамике ее роста, когда в питательной среде одновременно загружены известные количества хрома и селена.

## მანგანუმისა და ქრომის მცირე დოზების ერთდროული მოქმედების ტოქსიკური ეფექტის შეფასება ბაქტერიალურ კულტურებზე

ნინო ასათიანი, თამარ ქართველიშვილი, მარინა აბულაძე,  
ლალი ასანიშვილი, მარიამ ოსეფასვილი, ნელი საპოჟნიკოვა  
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ე.ანდრონიკაშვილის  
სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტი

შესწავლილი იქნა მძიმე მეტალებით დაზინძურებული საქართველოს რეგიონებიდან გამოყოფილი ენდოგენური ბაქტერიების მეტალრეზისტენტურობის ზოგიერთი ასპექტი. ყველა შემთხვევაში ბაქტერიალური კულტურა იზრდებოდა ქრომის სუბტოქსიკური (100ppmCr(VI)) და მანგანუმის არატოქსიკური (50 ppm Mn(VII)) კონცენტრაციების ზემოქმედების ქვეშ, ასევე ამავე მეტალების იგივე კონცენტრაციების ერთდროული სინერგისტული მოქმედებისას. შესწავლილი იქნა ფერმენტული ანტიოქსიდანტური სისტემის (სუპეროქსიდ დისმუტაზა (სოდი) და კატალაზა) აქტივობა, ასევე ცილის კომპოზიციის პასუხი ბაქტერიალური კულტურის გარემო პირობებთან ადაპტაციის პირობებში (96სთ). გამოირკვა, რომ მეტალების ხანგრძლივი მოქმედებისას და გარემო პირობებთან ბაქტერიის ადაპტაციის შემთხვევაში ძირითადი დაცვა ხორციელდება 37 კდტ ცილის ფრაქციის მიერ, მაშინ როდესაც ანტიოქსიდანტური სისტემა მთლიანად დეაქტივირებულია.

სასიცოცხლო გარემოზე მძიმე მეტალების ზემოქმედების შედეგი და მათი ტოქსიკური ეფექტი, დიდი ხანია მკვლევართა განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს. დღეისათვის უპირველეს ამოცანას წარმოადგენს მძიმე მეტალებით დაზინძურებული გარემოს დეტოქსიფიკაციის სტრატეგიის შემუშავება. ამდენად გარემოში მეტაბოლიტურად ქმედითი ბაქტერიების რეზისტენტულობის მექანიზმის შესწავლა მეტად მნიშვნელოვანია. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ მხოლოდ ზოგიერთი ბაქტერიისათვის არის დადგენილი მეტალების მიმართ მდგრადობის მოლეკულური მექანიზმი, რადგან ლაბორატორიულ პირობებში შესწავლილი ბაქტერიების ნაწილი კარგავს ცხოველქმედების უნარს მეტალებით დაზინძურებულ გარემოში გადატანის შედეგად [1]. ამდენად უფრო მიზანშეწონილად ითვლება მეტალრეზისტენტული ბაქტერიების გამოყოფა და შესწავლა უშუალოდ მეტალებით დაზინძურებული ნიადაგიდან, მინერალური ქანებიდან და წყლიდან.

გარემოში არსებული ტოქსიკური მეტალების გავლენა ადამიანზე იშვიათად თუ გამოიხატება ერთი რომელიმე მეტალის ზემოქმედებით. უმეტეს შემთხვევაში ის მჟღავნდება რამდენიმე მეტალის თანამოქმედებაში. ასეთმა კომპლექსურმა ურთიერთქმედებებმა შეიძლება გამოიწვიოს ორგანიზმის სინერგისტული, გამძლიერებული ან შესუსტებული მეტაბოლიტური პასუხი. ბოლო პერიოდის გამოკვლევებში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა განსხვავებული კანცეროგენული და მუტაგენური თვისებების მქონე მეტალების ერთდროული მოქმედებით გამოწვეულ შიდაუჯრედული დაზიანებების შესწავლას [2,3]. კვლევის ობიექტად ჩვენ გამოვიყენეთ გრამდადებითი ენდოლითური *Arthrobacter* ტიპის ბაქტერიები, გამოყოფილი საქართველოს ეკოლოგიურად ყველაზე მეტად გაჭუჭყიანებული რეგიონების (მარნეული, ზესტაფონი, კაზრეთი) ბაზალტების ნიმუშებიდან, რომლებიც მანგანუმითაა მდიდარი და თანაპროდუქტების სახით შეიცავს ისეთ ტოქსიკურ ლითონებს როგორებიცაა Cr, V, Zn, Ni, Pb, Mo.

მანგანუმი (Mn) მიეკუთვნება იმ ელემენტთა ჯგუფს, რომელიც აუცილებელია ორგანიზმის ცხოველქმედებისათვის და ამავე დროს პოტენციურად ტოქსიკურია [3]. მისი მონაწილეობა, ერთის მხრივ აუცილებელია ცილებისა და ენერჯის მეტაბოლიზმისათვის და აგრეთვე აქტიური ჟანგბადოვანი რადიკალებისაგან ორგანიზმის დაცვისათვის [4], მეორეს მხრივ Mn –ის მაღალი დოზები წარმოადგენს ტოქსიკურობის გამომწვევ მიზეზს. Mn–ის ტოქსიკურობა ვითარდება სხვადასხვა მექანიზმით, როგორცაა ჟანგბადის აქტიური მეტაბოლიტების წარმოქმნა, ბიომოლეკულების ჟანგვა [5], შიდა უჯრედული იონების (Ca, Fe) ჰომეოსტაზის დარღვევა [6]. გარდა ამისა მანგანუმის ნაერთები ზედაპირის განსაკუთრებული ადსორბციული უნარის გამო წარმოადგენს პოტენციურ რეზერვუარებს სხვა მეტალებისათვის და ასრულებს მათი პროვადიერის ფუნქციას [7,8]. შესაბამისად, იმ ადამიანთა ჯანმრთელობას, რომლებიც მანგანუმის საბადოების მახლობლობლად ცხოვრობენ, განსაკუთრებული საფრთხე ემუქრებათ, რადგან შეიცავენ ისეთ ტოქსიკურ ლითონებს, როგორცაა Cr.



კანცეროგენული დაავადებების კვლევის საერთაშორისო სააგენტოს (International Agency for Research on Cancer, European Union) მიერ წარმოდგენილი მონაცემების მიხედვით ქრომი განსაზღვრულია როგორც კანცეროგენული ელემენტი. ჩვენს მიერ ISTC G-349 გრანტის საფუძველზე (აშშ-ს ბერკლის ნაციონალურ ლაბორატორიასთან კოლაბორაციის პირობებში) ჩატარებული კვლევების შედეგად, ექსპლენტიანი ქრომის მცირე დოზების ფარგლებში შერჩეულ იქნა არატოქსიკური, სუბტოქსიკური და ტოქსიკური დოზები როგორც ბაქტერიალურ ისე ადამიანის ეპიტელიუმის უჯრედულ კულტურაზე [9,12]. უნდა აღინიშნოს, რომ ერთის მხრივ, Cr(VI) შიდაუჯრედული აღდგენისას Cr(III)-მდე გენერირებული თანმხლები ჟანგბადის აქტიური მეტაბოლიტები და ასევე ქრომის აღდგენილი ფორმები და მათი კომპლექსური ადუქტები ბიოპოლიმერების სტრუქტურის სხვადასხვა დონის დაზიანებებს იწვევენ. მეორეს მხრივ, მანგანუმის ტოქსიკურობა ხასიათდება არა მარტო ჟანგბადის აქტიური მეტაბოლიტების წარმოქმნით, არამედ უჯრედის მეტალური ჰომეოსტაზის ცვლილებით.

ამ მიზნით *Arthrobacter oxidans* და *Arthrobacter globiformis* კულტურებზე გამოკვლეული იქნა Mn-ის არატოქსიკური დოზის გავლენა ქრომის სუბტოქსიკური კონცენტრაციის ფონზე, მიღებული შედეგები საშუალებას გვაძლევს Mn-Cr-ის ერთდროული მოქმედების შემთხვევაში შევავსოდ ტოქსიკურობის საზღვრების წანაცვლება. გამოკვლეული იქნა Mn-Cr-ის ერთდროული მოქმედებით გამოწვეული ანტიოქსიდანტური დამცავი სისტემის სტატუსი, რისთვისაც მოდელურ სისტემაზე განისაზღვრება სუპეროქსიდ დისმუტაზას (SOD) და კატალაზას აქტივობა, აგრეთვე მოცემული პირობების გავლენა ბაქტერიალური უჯრედის ცილოვანი კომპოზიციის ცვლილებაზე.

**კვლევის ობიექტად** გამოყენებულია ორი ენდოლითური ბაქტერია, გამოყოფილი საქართველოს ეკოლოგიურად ყველაზე დაბინძურებული რეგიონების ბაზალტების ნომუშებიდან. წინასწარი მონაცემების მიხედვით ისინი მიეკუთვნებიან ართრობაქტერთა ტიპს. შერჩეული ბაქტერიების მიერ Cr(VI)-ის აღდგენის პროცესი დადასტურებულია ეპრ(ელექტროპარამაგნიტური რეზონანსი), ატომურ აბსორბციული და სინქროტრონულ სპექტროსკოპიური კვლევებით. შესაბამისად იდენტიფიცირებული შტამები (*Arthrobacter oxydans* და *Arthrobacter globiformis* [10] გამოყენებული იქნა შემდგომი კვლევებისათვის მათი მეტალთა მიმართ რეზისტენტულობის მოლეკულური მექანიზმების შესასწავლად.

ლაბორატორიულ პირობებში ბაქტერიალური უჯრედები იყო შენარჩუნებული კულტურის სახით სტანდარტულ არეში, რომელიც რეკომენდირებულია *Arthrobacter* -ის ოჯახისათვის [11]. კულტურის ზრდის კონტროლი 21°C ტემპერატურის პირობებში წარმოებდა ოპტიკური სიმკვრივის განსაზღვრის საფუძველზე 490 და 590 ნმ. ყველა შემთხვევაში ბაქტერიალური კულტურა იზრდებოდა (100ppmCr(VI) და 50ppm Mn(VII)-ის არეში ზრდის არის შეუცვლელად 4 დღის განმავლობაში (გვიანი სტაციონალური ფაზა). ამ დროისათვის უჯრედები მაქსიმალურად ადაპტირებული უნდა იყოს ზრდის გარემოსთან. ამისათვის Cr (VI), კალიუმის ქრომატის სახით და Mn(VII), კალიუმის პერმანგანატის სახით ემატებოდა ინოკულატს ემატებოდა ინოკულატს სასიცოცხლო არეში ზრდის დაწყებისთანავე.

უჯრედების შეგროვება ხდებოდა ცენტრიფუგირებით 10000 ბრ/წთ 10 წთ განმავლობაში (4°C) და ორჯერ ირეცხებოდა 0,15 M ნატრიუმის ქლორიდით. ნალექს, რომელიც შეადგენდა  $2 \times 10^9$  უჯრედებს ემატებოდა 500 მკლ ბუფერი -B-PER, pH 7,5 (Pierce, აშშ) და 4°C რჩებოდა მთელი დამის განმავლობაში ლიზატის ცენტრიფუგირების პირობები იყო 15000 ბრ/წთ 20 წუთის განმავლობაში (4°C). ქრომის შერჩეული კონცენტრაცია წინა მონაცემების მიხედვით შერჩეული იყო როგორც სუბტოქსიკური (Cr(VI)-100 ppm) [12], ხოლო მანგანუმის კი არატოქსიკური (50 ppm).

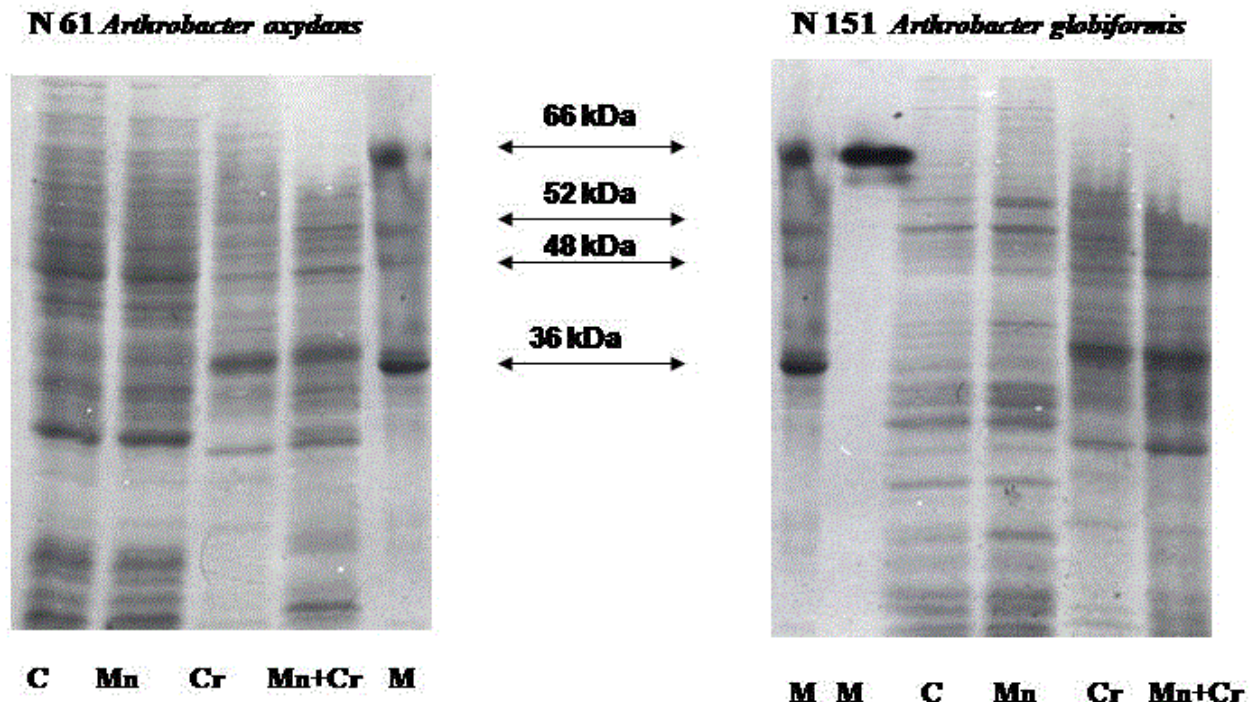
ბაქტერიალურ ლიზატში ცილების კომპოზიციის შესაფასებლად გამოიყენებოდა 10% პოლიაკრილამიდის გელი. ნატრიუმის დოდეცილსულფატის (SDS-PAGE) თანაობისას (Laemmli-ის მეთოდი) [13]. ცილების ფრაქციების მოლეკულური მასების განსაზღვრისათვის გამოიყენებოდა შემდეგი მარკერები: ხარის შრატის ალბუმინი (66 კდა), გლუტამატდეჰიდროგენაზა (52 კდა) და ოვალბუმინი (48 კდა) კარბონიკ ანჰიდრაზა (36კდა). გელი იღებებოდა Commassie Blue R-250-ის მეშვეობით.

*სუპეროქსიდ დისმუტაზას აქტივობა გელში.* ტექნიკა მოიცავს ნიტრობლუ ტეტრაზოლიუმის (NBT) ფოტო აღდგენას სუპეროქსიდ დისმუტაზას აქტივობის განსაზღვრავად ნატიური გელ-ელექტროფორეზის (PAGE) საშუალებით. გელის დამუშავებისას სუპეროქსიდიონების წარმომქმნელი რიბოფლავინითა და NBT -ით შესაძლებელი ხდება SOD -ის შესაბამისი პროტეინების ვიზუალიზაცია აქრომატული ზონის სახით, რაც წარმოადგენს SOD მიერ NBT -ის აღდგენის ინჰიბირების შედეგს. ელექტროფორეზის ჩატარების შემდეგ გელი მუშავდება ორ საფეხურად, რაც იძლევა SOD -ს დეტექტირების საშუალებას.

**კატალაზის აქტივობის განსაზღვრა.** კატალაზის აქტივობა ლიზატში განისაზღვრება სპექტრომეტრულად წყალბადის ზეჟანგის (10mM) დაშლის მიხედვით 50 mM კალიუმის ფოსფატურ ბუფერში pH 7.0, 25°C,  $\epsilon_{H_2O_2}=43.6 M^{-1}cm^{-1}$ .

მიღებული შედეგები საშუალებას გვაძლევს Mn-Cr-ის ერთდროული მოქმედების შემთხვევაში შევავსოთ ტოქსიკურობის საზღვრების წანაცვლება ბაქტერიალურ უჯრედში ამ ლითონების ურთიერთგავლენის შედეგად.

ბაქტერიალური უჯრედული კულტურის **ცილოვანი კომპოზიციის შედარებისას** გაირკვა, რომ Mn(VII)-ის მოქმედებისას ორივე იზოლატისათვის არ შეინიშნებოდა ცილების შედგენილობის ცვლილება საკონტროლო ნიმუშებთან შედარებით, ხოლო Cr(VI)-ის მოქმედება მნიშვნელოვნად ცვლის ცილის კომპოზიციას ორივე იზოლატის შემთხვევაში, რაც განსაკუთრებით მკვადანდება 37 კილოდალტონის მოლ. მასის მქონე ცილის მკვეთრ ზრდაში. (იხ. ნახ. 1).



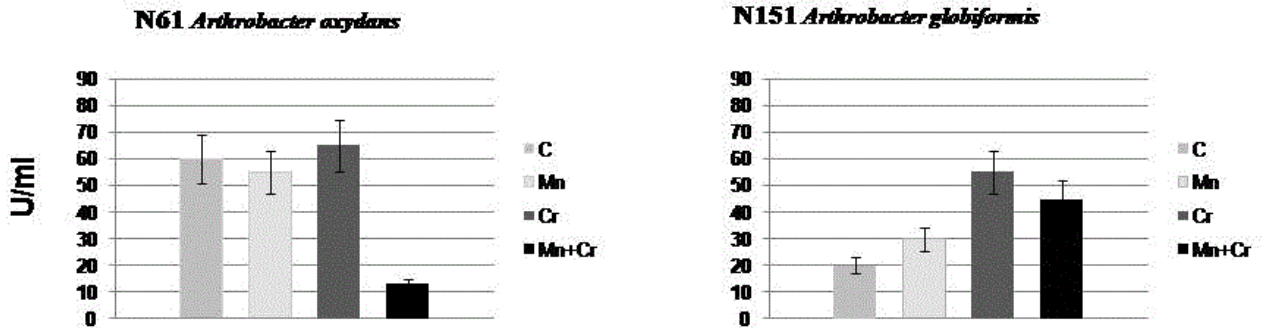
**ნახ. 1.** *Arthrobacter oxydans* და *Arthrobacter globiformis* ტოტალური ცილოვანი ფრაქციის ელექტროფორეზი

M - მარკერი; Mn – Mn(VII)-ით დამუშავებული 4 დღის განმავლობაში; Cr – Cr(VI)-ით დამუშავებული 4 დღის განმავლობაში; -ერთდროული მოქმედება 4 დღის განმავლობაში; ლითონები დამატებული იყო ონოკულატის გადატანისთანავე საკვებ არეში

როგორც ცნობილია, რომ *psaA* (Pneumococcal surface adhesion A) აკოდირებს 37 კილოდალტონიან ლიპოპროტეინს, რომელიც მიეკუთვნება ABC-ტიპის სატრანსპორტო ცილების კომპლექსს და მონაწილეობს Mn(II)-ის ტრანსპორტში. *psaA* ასრულებს მნიშვნელოვან როლს ოქსიდაციური სტრესის საპასუხო ფერმენტების ექსპრესიასა და შიდაუჯრედული რედოქს-ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში [14]. რაც შეეხება ქრომისა და manganumის ერთდროულ მოქმედებას მოცემულ ექსპერიმენტში, ამ შემთხვევაში სურათი თითქმის არ იცვლება, ზოგადი ცილოვანი ფრაქციების გაღარიბების ფონზე. კერძოდ *Arthrobacter oxydans* და *Arthrobacter globiformis*-თვის დამახასიათებელია კომპოზიციური ცვლილება, რომელიც შეესაბამება ქრომის დამოუკიდებელ მოქმედებას, ანუ მანგანუმის მოქმედების შედეგად შიდაუჯრედული პროცესები ისევ ქრომის სუბტოქსიკური დოზის გავლენის ქვეშ იმყოფება.

**კატალაზის აქტივობა** არ იცვლება, *Arthrobacter oxydans* -სათვის ცალკ-ცალკე ქრომის სუბტოქსიკურ და მანგანუმის არატოქსიკურ რაოდენობაში ონოკულატის გაზრდისას ხოლო *Arthrobacter globiformis*-სათვის კი ქრომი და მანგანუმი ზრდის კატალაზის აქტივობას დამოუკიდებლად ერთმანეთისაგან ანუ მათი დამატებით ფერმენტი აქტიურდება. რაც შეეხება მანგანუმ- ქრომის ერთდროულ მოქმედებას, ამ ორი იზოლატისათვის სრულიად განსხვავებული შედეგებია მიღებული. კერძოდ: *Arthrobacter oxydans* -

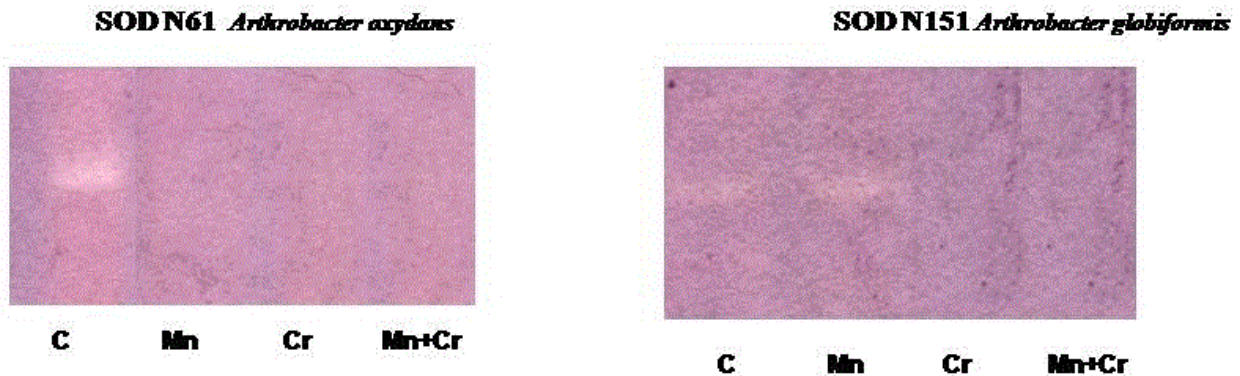
სათვის ადგილი აქვს ფერმენტის აქტივობის მკვეთრ ვარდნას, ხოლო *Arthrobacter globiformis* -სათვის კი აქტივობა კონტროლთან შედარებით გაზრდილია ანუ ისეთივე ტენდენცია აქვს ცვლილებას, როგორც ამ ორი მეტალის დამოუკიდებლად მოქმედებისას (ნახ. 2).



ნახ. 2. კატალაზის აქტივობის ცვლილება Cr(VI) და Mn(VII) დამოუკიდებელი და ერთდროული მოქმედებისას

შესაძლებელია ვივარაუდოთ, რომ მოცემულ შემთხვევაში მეტალები დამოუკიდებლად და ერთად მსგავს ეფექტს გვაძლევენ, ხოლო *Arthrobacter oxydans*-სათვის კი მეტალთა ეს სინერგიზმი უნიკალურია. ანუ ურთიერთგავლენა განსხვავებულ შედეგს ამჟღავნებს.

**სოღ-ის აქტივობა.** *Arthrobacter oxydans* შემთხვევაში, მანგანუმის და ქრომის დამოუკიდებელი, ისევე როგორც ერთდროული მოქმედებისას ხდება ფერმენტის ინაქტივაციის გაზრდა, ხოლო *Arthrobacter globiformis* შემთხვევაში ქრომის დამოუკიდებელი მოქმედება, ისევე როგორც მეტალთა სინერგისტული ქმედება იმეორებს *Arthrobacter oxydans* სურათს, განსხვავებით მანგანუმის დამოუკიდებელი მოქმედებისაგან, რომლის შედეგად სოღის აქტივობა კონტროლის დონეზე რჩება (ნახ. 3).



ნახ. 3. სუპეროქსიდისმუტაზის აქტივობის ცვლილება Cr(VI) და Mn(VII) დამოუკიდებელი და ერთდროული მოქმედებისას

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ზრდის გვიან სტაციონალურ ფაზაში (96სთ), სადაც ბაქტერია მაქსიმალურად ადაპტირებული უნდა იყოს გარემოსთან, ადგილი აქვს შემდეგ შედეგებს 1) შეინიშნება ცილების საერთო კომპოზიციური გაღარიბების ფონზე 37 კდტ. ცილის პრივილეგია და რაოდენობრივი ზრდა. 2) სოღი დეტოქსიფიკაციის ამ სტადიაზე არაა ჩართული ანტიოქსიდანტურ დაცვაში. ჩვენი ადრინდელი სამუშაოები [15,16] ადასტურებენ, რომ ტოქსიკური მეტალის ქმედების ადრეულ სტადიებზე (16, 24სთ) ხდება ანტიოქსიდანტური სისტემის გააქტიურება. ხოლო უფრო ხანგრძლივი მოქმედებისას (48, 72სთ) კი აქტიურდება სპეციფიკური დამცავი სისტემა, რომელიც ადღენილი ლითონების ეფლუქსთან ან მათი კომპლექსური ნაერთების თავისებურებასთან დაკავშირებული. ამ დროისათვის ანტიოქსიდანტური დამცავი სისტემა უკვე ინაქტივირებულია და ვერ იღებს სათანადო

მონაწილეობას უჯრედის დაცვით სტრატეგიაში. ამ მოსაზრებას ადასტურებს ის ფაქტიც, რომ არატოქსიკური მანგანუმის გრძელვადიანი მოქმედებისას სოდის აქტივობა ჯერ კიდევ შენარჩუნებულია, რაც არ ხდება არც ქრომის უშუალო მოქმედებისას და არც მანგანუმ-ქრომის სინერგისტული ქმედებისას ბაქტერიალურ კულტურებზე. ამავე დროს ტოქსიკური მეტალების მოქმედებისას ზოგ შემთხვევაში შეინიშნება კატალაზას აქტიურობის ცვლილება.

საბოლოოდ, გამოკვლევების შედეგებმა გვიჩვენა, რომ დეტოქსიფიკაციის პროცესში, ორგანიზმის დაცვითი მექანიზმების ადაპტაციისას (ზრდის გვიანი სტაციონარული ფაზა), ადგილი აქვს ანტიოქსიდანტური დამცავი სისტემის და მეტალის ეფლუქსური სისტემების ურთიერთმონაცვლეობას.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. McLean J., Beveridge TG. 2001. Chromate reduction by a Pseudomonad isolated from a site contaminated with chromated copper arsenate. Appl. Environ. Microbiol., v.67, pp.1076-1084.
2. Pascal LE., Tessier DM. 2004. Cytotoxicity of chromium and manganese to lung epithelial cells in vitro. Toxicology letters, v.47, pp.143-151.
3. Depault F, Cojocarua M, Fortina F, Charabarti S, Lemieux N. 2006. Genotoxic effect of chromium (VI) and cadmium (II) in human blood lymphocytes using the electron microscopy in situ end-labeling (EM-ISEL) assay. Toxicology in Vitro, v.20, pp.513-518.
4. Reancy SH., Kwik-Urbe CL., Smith DR. 2002, Manganese oxidation state and its implications for toxicity. Chem. Res. Toxicol. v.15, pp.1119-1126.
5. Ali SF., Duhart HM., Newport GD., Lipe Slikker W. Jr. 1995. Manganese-induced reactive oxygen species: Comparison between  $Mn^{+2}$  and  $Mn^{+3}$ . Neurodegeneration, v.4, pp.329-334.
6. Gavin CE., Gunter KK., Gunter TE. 1990, Manganese and calcium efflux kinetics in brain mitochondria. Relevance to manganese toxicity. Biochem. J., v.266, pp.329-334.
7. Trebien DOP, Bortolon L., Teresco MJ., Bissani CA., Camargo FAO. 2011. Environmental factors affecting chromium-manganese oxidation-reductions in soil. Pedosphere, v.21, pp.84-89.
8. Tang Y., Webb SM., Estes ER., Hausel CM. 2014, Chromium (III) oxidation by biogenic manganese oxides with varying structural ripening. Environ. Sci: Processes Impacts, v.16, pp. 2127-2136.
9. Asatiani NV., Sapojnikova NA., Abuladze MK., Kartvelishvili TM., Kulikova NO., Namchevadze EN., Holman H-Y. 2004. Effect of long-term action of Cr(VI) on antioxidant enzymes in cultured mammalian cells (an *in vitro* Study)". J. Inorg. Biochem., v.98, pp. 490-496.
10. Tsibakhashvili NY., Kalabegishvili TL., Rcheulishvili AN., Ginturi EN., Lomidze LG., Gvarjaladze DN., Rcheulishvili OA. 2011. Effect of Zn(II) on the reduction and accumulation of Cr(VI) by *Arthrobacter* species. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. v.38, pp. 1803-1808.
11. Chu N., Hochberg F., Calne D., Olanov C. 1995. Neurotoxicology of manganese. In: Chang L., Dwyer R. (eds) Handbook of neurotoxicology of manganese. NY, Marcel Dekker, Inc., pp.91-103.
12. Asatiani N., Abuladze M., Kartvelishvili T., Bakradze N., Sapojnikova N., Tsibakhashvili N., Tabatadze L., Lejava L., Asanishvili L., Holman H-Y. 2004. Effect of chromium (VI) action on *Arthrobacter oxydans*. Current Microbiol. v.48, pp. 321-326.
13. Laemmli UK.. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature, 227, pp. 680-685.
14. Tseng HJ., McEwan AG., Paton JC., Jennings MP. 2002. Virulence of Streptococcus pneumoniae: PsaA mutants are hypersensitive to oxidative stress. Infection and Immunity, v.70, pp. 1635-163.
15. Asatiani N., Kartvelishvili T., Abuladze M., Asanishvili L., Sapojnikova N. 2011. Chromium (VI) can activate and impair antioxidant defense system. Biol. Trace Elem. Res. v.142, pp. 388-397.
16. Asatiani N., Abuladze M., Kartvelishvili T., Kulikova N., Asanishvili L., Holman H-Y., Sapojnikova N. 2010. Response of antioxidant defence system to chromium (VI)-induced cytotoxicity in human diploid cells. Biometals, v.23, pp.161-172.

**ESTIMATION OF TOXIC EFFECTS OF LOW DOSES MANGANESE AND CHROMIUM DUAL-ACTION ON BACTERIAL CULTURES**

Nino Asatiani, Tamar Kartvelishvili, Marina Abuladze,  
Lali Asanishvili, Mariam Osepashvili, Nelly Sapojnikova  
*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, E. Andronikashvili Institute of Physics*

**SUMMARY**

Human exposure to toxic metals in the environment seldom occurs from a single pure compound. Most environmental exposure are heterogeneous with co-exposure occurring with multiple toxic metal species. Some aspects of metaloresistance of endogenous bacteria isolated from basalt samples taken from the most polluted regions of the Republic of Georgia were studied. In all cases bacterial culture grew under non-toxic 50 ppm Mn(VII), sub-toxic 100 Cr(VI) doses and under cooperative synergetic of corresponding doses of these metals as well. The antioxidant system status, namely activities of superoxide dismutase (SOD) and catalase and response of protein composition at complete adaptation of bacterial culture (96h) were evaluated. At the long-term Mn-Cr dual action and bacterial adaptation to extracellular (external) conditions the basic defense realized by efflux of specific proteins with active low molecular fraction 37 kDa. At the same time the enzymatic antioxidant system was completely deactivated.

**ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИИ МАРГАНЦА И ХРОМА ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ ДЕЙСТВИИ НА БАКТЕРИАЛЬНЫЕ КУЛЬТУРЫ**

Н.Асатиани, Т.Картвелишвили, М.Абуладзе, Л.Асанишвили, М.Осепашвили, Н.Сапожникова  
*Тбилисский Государственный Университет им. И. Джавахишвили,  
Институт физики им. Е. Андроникашвили*

**РЕЗЮМЕ**

Были исследованы некоторые аспекты металрезистентности эндогенных бактерий, выделенных из загрязненных тяжелыми металлами регионов Грузии. Во всех случаях бактериальная культура росла под воздействием субтоксического (100 ppm Cr(VI)) хрома и нетоксического (50 ppm Mn(VII)) количества марганца, а также при совместном синергическом воздействии этих металлов соответственной концентрации. Изучена активность ферментативной антиоксидантной системы (супероксид дисмутаза (СОД) и каталаза), а также ответ белковой композиции при условии полной адаптации бактериальной культуры к внешним условиям (96 часов действия). Делается вывод, что при длительном воздействии металлов и адаптации бактерии к данным внешним условиям основную оборону держат специфические эффлюксные белки с активным участием низкомолекулярной белковой фракцией с молекулярной массой 37 кДа, тогда как антиоксидантная ферментативная система почти полностью деактивирована.



## ქიმიური ეკოლოგია

**საქართველოს ატმოსფერულ ნალექებში ზოგიერთი ქიმიური ელემენტის აკუმულაციის შესწავლა ხავსების ბიომონიტორინგისა და ატომური აბსორბციული სპექტრომეტრიის გამოყენებით**

ელენე კირკესალი, თამაზ ყალაბეგიშვილი, ლელა ტულუში, ეთერ გინტური, ალექსანდრე რჩეულიშვილი, ნანა კუჭავა, ეთერ დელალუტაშვილი, ნანული ბაღდავაძე, ოლია რჩეულიშვილი

*ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ელექტრონიკის ინსტიტუტი*

მოცემულ სამუშაოში შესწავლილია ქიმიური ელემენტების: Cu, Cd, Mg, K, Na, Ca და Mn კონცენტრაცია ატმოსფერულ ნალექებში ხავსების ბიომონიტორინგისა და ატომური აბსორბციული სპექტრომეტრიის (აას) მეთოდის გამოყენებით. ბიომონიტორებად გამოყენებული იქნა ხავსის სამი სახეობა: *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Hypnum cupressiforme*. 2015-2016 წლებში ხავსების ნიმუშები შეგროვებული იქნა საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში. კვლევების შედეგად დადგენილი იქნა, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასების მიზნით საერთაშორისოდ აპრობირებული ხავსების ბიომონიტორინგის გამოყენება ხავსებით ვარგისია ატმოსფერულ ნალექებში ქიმიური ელემენტების კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის.

გარემოს მდგომარეობა და, შესაბამისად, მოსახლეობის ჯანმრთელობა დიდადაა დამოკიდებული დედამიწის ატმოსფეროს მდგომარეობაზე. ატმოსფერო, ძირითადად, წარმოადგენს ბუნებრივი აირების ნარევეს [1]. ამასთან ერთად, ჰაერი შეიძლება შეიცავდეს როგორც მავნე აირებს, ისე სუსპენზიას თხევადი ან მყარი ნაწილაკების სახით, რომლებიც ხვდებიან ჰაერში ბუნებრივი წყაროებიდან (წიდაგვიდან, ქანებიდან, წყლიდან და ცოცხალი ორგანიზმებიდან) ან ანთროპოგენური საქმიანობის შედეგად (მრეწველობა, ტრანსპორტი, საწვავი, ადამიანის საყოფაცხოვრებო ნარჩენები და სხვა). არსებითად, ატმოსფერო წარმოადგენს აეროზოლურ სისტემას, სადაც მყარი ნაწილაკები დისპერგირებულია აირების ნარევეში. აეროზოლური კომპონენტების ურთიერთქმედება საკმაოდ რთულია და დამოკიდებულია მრავალ პარამეტრზე: ქიმიურ ელემენტთა შემადგენლობაზე და კონცენტრაციაზე, ნაერთების სახეობაზე, ნაწილაკების ზომეზე და ა.შ. ჰაერის მრავალფეროვან დამაჭუჭყიანებელთა შორის გამოირჩევა გარკვეული ჯგუფის ე.წ. ტრადიციული დამაჭუჭყიანებლები: აზოტის ოქსიდი, გოგირდის ოქსიდი, ოზონი, მძიმე მეტალები, რადიონუკლიდები და ორგანული ნაერთები. ყველაზე მნიშვნელოვან საფრთხეთა კრიტერიუმებია: ტოქსიკურობის ხარისხი, პოტენციური კანცეროგენობა, ნაერთების სტაბილურობა და მათი ხსნადობა, ცოცხალი ორგანიზმების მიერ ბიოაკუმულაციის ხარისხი, რაოდენობრივი ამოფრქვევა ჰაერში და გარემოში კონცენტრაციის დონე. ყველა ამ კრიტერიუმის მიხედვით ყველაზე მავნეა მძიმე მეტალები [2].

ქალაქის პირობებში, ძირითადად, დაჭუჭყიანების წყაროს წარმოადგენს საავტომობილო ტრანსპორტი. ბოლო წლების განმავლობაში მნიშვნელოვნად გაიზარდა ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებების გამოწვავილობა. ინდუსტრიის სექტორის მიერ ჰაერის დაჭუჭყიანების მთავარ წყაროებს საქართველოში ყოველთვის წარმოადგენდა ცემენტის საწარმოები რუსთავსა და კასპში, ფეროშენადნობების წარმოება ზესტაფონში და მეტალურგიული ქარხნები რუსთავსა და ქუთაისში. სამრეწველო ნარჩენების უმრავლესობა დაგროვილია სამთო სექტორში: მადნეულის პოლიმეტალურ საწარმოებთან, ჭიათურის მანგანუმის კომბინატთან, ტყიბულის ქვანახშირის საბადოსთან და ა.შ. განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს დარიშხანის შემცველი ნარჩენები, ლენტეხისა და ამბროლაურის რაიონებში. საქართველოსთვის ძლიერ აქტუალურია ჰაერის დაჭუჭყიანების პრობლემა, მაგრამ ამ მიმართულებით სისტემატური კვლევები მეცნიერული მეთოდების გამოყენებით ჯერჯერობით არ ჩატარებულა.

ცნობილია ზოგიერთი ქვეყანა, რომელშიც ტარდება ატმოსფერულ ნალექებში მეტალების და სხვა ტოქსიკური ქიმიური ელემენტის შესწავლა ბიომონიტორების გამოყენებით. ლიტერატურაში იხმარება ტერმინები: ბიონდიკატორი, ბიომონიტორი იმ ცოცხალი ორგანიზმების (ან მათი ნაწილების) აღსანიშნავად, რომელიც გამოიყენება გარემოს მდგომარეობის შეფასების მიზნით [3-7]. ჩვეულებრივად, ტერმინი ბიონდიკატორი აღნიშნავს ცოცხალ ორგანიზმს, რომელიც ემსახურება გარემოს თვისობრივ აღწერას, ხოლო ბიომონიტორი - რომელიც ემსახურება მის რაოდენობრივ აღწერას. ლიქენები, ხავსები, გვიმრები, ბალახები, ხეების ქერქი და ფოთლები, წიწვები და ა.შ. გამოიყენება როგორც ბიომონიტორები.

ხავსების ბიომონიტორინგი, როგორც მეთოდი, ატმოსფერულ ნალექებში მძიმე მეტალების შესასწავლად გამოიყენება 1960 წლიდან [8, 9]. ხავსები სავსებით აკმაყოფილებს ყველა მოთხოვნას ბიომონიტორების მიმართ. მათი მიწისზედა ნაწილის განვითარებული ზედაპირი ატმოსფერულ ჰაერთან კარგ კონტაქტშია და ნალექებიდან აეროზოლების შეგროვების ალბათობა საკმაოდ დიდია. ამ მხრივ ხავსები - ბიომონიტორები წარმოადგენს ჰაერის ფილტრების ანალოგებს. ხავსების კუტიკულების ზედაპირის თვისებები ხელს უწყობს მეტალის იონების შეღწევას უჯრედებში [10]. ამას გარდა, ხავსებს არ გააჩნიათ ფესვთა განვითარებული სისტემა - კონტაქტი ნიადაგთან და აქედან გამომდინარე, მეტალის ნიადაგიდან მოხვედრის ალბათობა შეიძლება ჩაითვალოს უმნიშვნელოდ. ხავსი ეფექტურად კონცენტრირებს ყველა მძიმე მეტალს და სხვა მიკროელემენტს ჰაერიდან და ნალექებიდან. როგორც წესი, მას გააჩნია ტოლერანტობა დაჰუჰყიანების მაღალი დონის მიმართ. ხავსების ზოგიერთი ტიპი (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Hypnum cupressiforme*) ფართოდ არის გავრცელებული საქართველოშიც (ნახ.1). მათი მზარდი ნაწილი არის ისეთი, რომ ადვილად შეიძლება წლიური ზრდის სეგმენტის იდენტიფიცირება. ნიმუშების შეგროვება და ხავსების ანალიზი უფრო მარტივია, ვიდრე ნალექების ანალიზი, ასევე ადვილია ექსპოზიციის პერიოდის დადგენა (როგორც წესი, ანალიზისთვის იღებენ ხავსის 3 წლის ზრდის სეგმენტს). წლიური ნაზრდის საშუალებით, აგრეთვე, შეიძლება დროითი ტენდენციების შესწავლა [11-16].



*Pleurozium schreberi*



*Hylocomium splendens*



*Hypnum cupressiforme*

ნახ. 1. ბიომონიტორინგში ყველაზე ხშირად გამოყენებული ხავსის ტიპები

ჩვენი სამუშაოს ფარგლებში 2015-2016 წლების ზაფხულში ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის მეცნიერებისა და სტუდენტების მიერ ხავსების ნიმუშები შეგროვებული იქნა საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში.

ხავსების ნიმუშების შეგროვება და მომზადება ხდებოდა საერთაშორისო პროტოკოლის **The ICP Vegetation - Moss survey protocol** ინსტრუქციაში აღწერილი სტანდარტული პროცედურის მიხედვით. ნიმუშების აღების წერტილები მდებარეობდა არანაკლებ 300 მეტრში მაგისტრალური გზებიდან და დასახლებული პუნქტებიდან, აგრეთვე, მინიმუმ 100 მეტრის დაშორებით პატარა გზებისა და ცალკეულ სახლებიდან. თვითოეული წერტილი 3 მეტრით იყო დაშორებული ხეებისაგან შესაძლო წვიმის ჩამონადენიდან. თითოეულ წერტილში 50 x 50 მ<sup>2</sup> ფართობიდან იღებდნენ 5-დან 10-მდე ქვე - სინჯს

ერთი კოლექტიური ნიმუშის შესადგენად. ყველა წერტილისთვის ფიქსირდებოდა სიმაღლე, GPS გეოგრაფიული კოორდინატები და ნიმუშის აღების დრო. ასევე ხდებოდა წერტილების ფოტოგრაფირება.

ხავსების ნიმუშები გაწმენდილ იქნა უცხო მინარევებისაგან (მშრალი ფოთლები, ჩხირები, ნიადაგის ნარჩენები და ა.შ.) და შემდეგ გამოშრობილ იქნა მუდმივ წონამდე 30-40 °C ტემპერატურაზე 48 საათის განმავლობაში. ნიმუშების გარეცხვა და ჰომოგენიზაცია საჭირო არ არის [17].

ქიმიური ელემენტების კონცენტრაცია შესწავლილი იქნა აას მეთოდის გამოყენებით ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ე. ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტში [18]. აას-ის ლაბორატორია აღჭურვილია სხვადასხვა სპექტრომეტრით, მათ შორის „AAAnalyst 800“-ით, რომელიც ახალი თაობის თანამედროვე ხელსაწყოა. მისი საშუალებით შეიძლება ანალიზების გაკეთება როგორც აბსორბციულ, ასევე ემისიურ რეჟიმში. ხელსაწყო (ნახ. 2) იძლევა მრავალი ქიმიური ელემენტის კონცენტრაციის განსაზღვრის საშუალებას. სპექტრომეტრი მუშაობს სპექტრალურ დიაპაზონში 190 - 900 ნმ.

აას მეთოდისთვის მშრალი ნიმუშების (დაახლოებით 30 მგ-ის ოდენობით) საანალიზოდ მოსამზადებლად, საჭიროა მათი გადაყვანა თხევად მდგომარეობაში, რაც ხორციელდება კონცენტრირებული აზოტმჟავას გამოყენებით. მიღებული საანალიზო ხსნარი აეროზოლის სახით შეაქვთ ატომიზატორის ალში.



ნახ. 2. ატომური აბსორბციული სპექტრომეტრი „AAAnalyst 800“.

როგორც ცნობილია, ხავსებს აქვს რადიონუკლიდების მაღალი აკუმულაციის თვისება, ამიტომ შესაძლოდ მიგვაჩნია, აღვნიშნოთ, რომ [19] შრომაში შესწავლილია შავი ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე: ქვაბისხევის ნაკრძალის და კურორტ ურეკის მიდამოებიდან აღებული დაუსხივებელი ხავსის ნიმუშებში ხელოვნური რადიონუკლიდის  $^{137}\text{Cs}$  გამა - სპექტრომეტრული გამოკვლევა და მათი რადიოაქტივობის ინტენსივობის შეფასება ჩერნობილის ავარიიდან 29 წლის შემდეგ - 2015 წლის ზაფხულში, როცა შეგროვებულ იქნა წინამდებარე სამუშაოში გამოყენებული საანალიზო ნიმუშები.

1 ცხრილში მოცემულია საანალიზო ნიმუშების აღწერილობა, საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში მოპოვებული ნიმუშების აღწერა და აას მეთოდით გაზომილი ქიმიური ელემენტების კონცენტრაცია (შესწავლილი იქნა 42 ნიმუში). ნიმუშები შეგროვებული იქნა სამხრეთ საქართველოს (აბასთუმანი, ბორჯომის მუნიციპალიტეტი, მესხეთი), დასავლეთ საქართველოს (სვანეთი, იმერეთი) და აღმოსავლეთ საქართველოს (დუშეთი, თიანეთი) რეგიონებში.



## ცხრილი 1

## 2015 წლის ზაფხულის ხავსების კოლექცია

| N  | ნიმუშების<br>ნუმერაცია | ხავსების ტიპი,  | ხავსების აღების<br>ადგილმდებარეობა,<br>სიმაღლე შავი ზღვის<br>დონიდან, მ                                 | ელემენტთა კონცენტრაცია, მკგ/გ |     |        |             |        |         |
|----|------------------------|---|---|-------------------------------|-----|--------|-------------|--------|---------|
|    |                        |   |   | Cu                            | Cd  | Mg     | K           | Na     | Ca      |
| 1  | 1+11+<br>+25           | <i>Pleurozium Schreberi</i> (1)+<br><i>Hylocomium Splendens</i><br>(2)  | სამხრეთ საქართველო,<br>ზუგდიდის უღელტეხილი,<br>1977   | 15.5                          | 7   | 2585.4 | 7779.6      | 1849.1 | 11005.4 |
| 2  | 2+3                    | <i>Pleurozium Schreberi</i><br>(2)                                      | სამხრეთ საქართველო,<br>აწყურის ნაკრძალი, 1661   | 11.8                          | 2.8 | 4050.1 | 8989.1      | 3906.2 | 13649.4 |
| 3  | 4                      | <i>Pleurozium Schreberi</i>   | დასავლეთ საქართველო,<br>სვანეთი, მესტიის რაიონი,<br>უგვირის უღელტეხილი,<br>1920                         | 12.4                          | -   | 3124   | 10388.<br>4 | 2477.2 | 14401.2 |
| 4  | 5+9+<br>+14+29         | <i>Pleurozium Schreberi</i><br>(2) + <i>Hylocomium Splendens</i><br>(2) | სამხრეთ საქართველო,<br>ქვაბისხევის ნაკრძალი, 1082   | 15                            | 5.2 | 2356   | 8490.2      | 2451.9 | 17606.3 |
| 5  | 6                      | <i>Pleurozium Schreberi</i>   | ქ. სტეფანწმინდის<br>მიდამოები, ცენტრალური<br>კავკასიის შემოგარენი,<br>დედლორაკის სუბალპური<br>ტყე, 1700 | 9.2                           | 1.2 | 2864.4 | 11004.<br>4 | 1610.4 | 14084.4 |
| 6  | 7                      | <i>Pleurozium Schreberi</i>   | წალკის რაიონი, სოფ.<br>აიაზის მიდამოების ტყე,<br>1783   | 12.4                          | 2.3 | 3828   | 6311.3      | 3654.8 | 19956.8 |
| 7  | 8+17+<br>+27+28        | <i>Pleurozium Schreberi</i><br>(1)+ <i>Hylocomium Splendens</i><br>(3)  | სამხრეთ საქართველო,<br>აწყურის ნაკრძალი, 1041   | 14.5                          | 5.3 | 2132   | 7773.1      | 1908.9 | 9857.7  |
| 8  | 10+13+<br>+15+23       | <i>Pleurozium Schreberi</i> +<br><i>Hylocomium Splendens</i><br>(3)     | სამხრეთ საქართველო,<br>აბასთუმნის<br>ობსერვატორიის<br>ტერიტორია, 1603                                   | 11                            | 3.2 | 2003.6 | 7736.5      | 1739.5 | 9461.5  |
| 9  | 12+19                  | <i>Hylocomium Splendens</i>   | სამხრეთ საქართველო,<br>ზუგდიდის უღელტეხილი,<br>2052   | 13.8                          | 2.6 | 3009.2 | 7051        | 1905.2 | 10056.2 |
| 10 | 16                     | <i>Hylocomium Splendens</i>   | სამხრეთ საქართველო,<br>მესხეთი, მიდამო სოფ.<br>ჩობარეთსა და მუშკის<br>შორის, 1341                       | 15.4                          | 5.4 | 2598.1 | 7050.5      | 1896.2 | 17484.8 |
| 11 | 18+21+<br>30+31        | <i>Hylocomium Splendens</i><br>(4)                                      | სამხრეთ საქართველო,<br>მესხეთი, მიდამო სოფ.<br>ოშორსა და ოტას შორის,<br>1885                            | 21.4                          | 7.5 | 2359.3 | 8851.6      | 2523.7 | 10202.5 |
| 12 | 20+26                  | <i>Hylocomium Splendens</i><br>(2)                                      | სამხრეთ საქართველო,<br>ზუგდიდის უღელტეხილი,<br>1815   | 13.2                          | 4.6 | 2268.2 | 7528.4      | 1441   | 6903.6  |
| 13 | 22                     | <i>Hylocomium Splendens</i>   | სამხრეთ საქართველო,<br>მესხეთი, ურავლის ხეობა,<br>მდინარის მარჯვენა<br>სანაპირო, 1220                   | 12.8                          | 4   | 2002   | 7924.4      | 1095.6 | 8760.4  |
| 14 | 24                     | <i>Hylocomium Splendens</i>   | ქ. სტეფანწმინდა,<br>დედლორაკის მიდამოები,<br>1648   | 16                            | 6   | 2490.4 | 5359.2      | 1460.8 | 8316    |
| 15 | 32                     | <i>Hypnum Cupressiforme</i>   | აღმოსავლეთ საქართველო,<br>თიანეთის<br>მუნიციპალიტეტი,<br>საბადურის ტყე, 1430                            | 47.1                          | 5   | 2271.4 | 8989.3      | 964.3  | 511.1   |
| 16 | 33                     | <i>Hypnum Cupressiforme</i>   | დუშეთის<br>მუნიციპალიტეტი, სოფ.<br>როშკის მიდამოები, 1228   | 12.5                          | 4.9 | 3269.6 | 7108.9      | 575.3  | 467.1   |
| 17 | 34                     | <i>Hypnum Cupressiforme</i>   | დუშეთის<br>მუნიციპალიტეტი, სოფ.<br>დოლოშას მიდამოები, 1355  | 12                            | 5.3 | 3420   | 12268.<br>1 | 1473.7 | 744.8   |

|    |       |                                 |  |      |     |        |         |       |       |
|----|-------|---------------------------------|--|------|-----|--------|---------|-------|-------|
| 18 | 35    | <i>Hypnum Cupressiforme</i>     | დუშეთის მუნიციპალიტეტი, სოფ. რომეის მიდამოები, 1340  | 15.3 | 5.8 | 2901.8 | 10641.8 | 621.8 | 802.5 |
| 19 | 36    | <i>Hypnum Cupressiforme</i>     | დასავლეთ საქართველო, იმერეთის რეგიონი, წყალტუბოს რაიონი, 161                                   | 11   | 4.8 | 1606.7 | 7829.4  | 745.4 | 766.8 |
| 20 | 37    | <i>Hypnum Cupressiforme</i>     | აღმოსავლეთ საქართველო, დუშეთის მუნიციპალიტეტი, სოფ. შატილის მიდამოები, 1378                    | 7.5  | 5.1 | 2523.5 | 9035.3  | 935.3 | 479.6 |
| 21 | 38    | <i>Hypnum Cupressiforme</i>     | აღმოსავლეთ საქართველო, თიანეთის მუნიციპალიტეტი, სოფ. ლოტის მიდამოები, 1300                     | 7.7  | 5.5 | 2782.8 | 9082.8  | 651.5 | 628   |
| 22 | 39    | <i>Hypnum Cupressiforme</i>     | სამხრეთ საქართველო, მდ. ურაველის ხეობა, 1305   | 4.6  | 5.3 | 2005.1 | 6949.4  | 643.7 | 677.5 |
| 23 | 40    | <i>Hypnum Cupressiforme</i>     | აღმოსავლეთ საქართველო, თიანეთის მუნიციპალიტეტი, სოფ. თიანეთის მიდამოები, 1173                  | 8.4  | 5.7 | 3030.4 | 8265.2  | 1743  | 645.6 |
| 24 | 41+42 | <i>Hylocomium Splendens</i> (2) | დასავლეთ საქართველო, სვანეთის ქვემოთ, მდ. ცხენისწყლის ხეობის მიდამოები, სოფ. სასაშის ტყე, 1147 | 6.5  | 4.9 | 2110.3 | 11398.5 | 829.6 | 618.4 |

1, 2, 4, 7, 8, 11, 13 და 25 ნომრებზე აღებულია ერთნაირი ადგილმდებარეობის ნიმუშების კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობა

2016 წლის ზაფხულში ხავსების კოლექციები შეგროვებული იქნა აღმოსავლეთ საქართველოს (კახეთი, ქვემო ქართლი, დუშეთი, მცხეთა - მთიანეთი), დასავლეთ საქართველოს (აჭარა, რაჭა - ლეჩხუმი, იმერეთი) და სამხრეთ საქართველოს (სამცხე -ჯავახეთი) რეგიონებში. 2 ცხრილში მოცემულია შეგროვებული ნიმუშების აღწერა და ას მეთოდით გაზომილი ქიმიური ელემენტების კონცენტრაცია (შესწავლილი იქნა 43 ნიმუში).

**ცხრილი 2**

**2016 წლის ზაფხულის ხავსების კოლექცია**

| № | ნიმუშების ნომერაცია | ხავსების ტიპი               | ხავსების აღების ადგილმდებარეობა სიმაღლე შავი ზღვის დონიდან, მ                                    | ელემენტთა კონცენტრაცია, მკგ/გ |      |        |        |      |       |        |
|---|---------------------|-----------------------------|--|-------------------------------|------|--------|--------|------|-------|--------|
|   |                     |                             |  | Na                            | Cu   | Mg     | K      | Cd   | Mn    | Ca     |
| 1 | 1                   | <i>Hypnum cupressiforme</i> | აღმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, ახმეტის რაიონი, ბაწარას ნაკრძალი, 1341                   | 1980                          | 14.8 | 438    | 4416   | 4.4  | 164.4 | 3666   |
| 2 | 2                   | <i>Hypnum cupressiforme</i> | აღმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, ახმეტის რაიონი, ბაწარას ნაკრძალი, 806                    | 456                           | 15.6 | 300    | 2496   | 3.6  | 86.8  | 3090   |
| 3 | 3                   | <i>Hypnum cupressiforme</i> | აღმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, ახმეტის რაიონი, ბაწარას ნაკრძალი, 966                    | 1133.3                        | 24.9 | 373.3  | 2820   | 4.89 | 244.4 | 2813.3 |
| 4 | 4                   | <i>Hypnum cupressiforme</i> | აღმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, ახმეტის რაიონი, ბაწარას ნაკრძალი, 1220                   | 608.3                         | 21.1 | 763.4  | 3705.5 | 0.83 | 177.1 | 4797.3 |
| 5 | 5                   | <i>Hypnum cupressiforme</i> | აღმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, ახმეტის რაიონი, მდ. სტორის მარცხენა სანაპირო, 586        | 490.3                         | 23.2 | 1123.4 | 4289   | 1.66 | 185.4 | 4835.2 |
| 6 | 6                   | <i>Hypnum cupressiforme</i> | აღმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, ახმეტის რაიონი, მდ. ჩაკურისკვერის მარცხენა სანაპირო, 597 | 977.1                         | 21.9 | 1568.6 | 4975.7 | 2.14 | 132   | 4988.6 |
| 7 | 7                   | <i>Hypnum cupressiforme</i> | აღმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, ახმეტის რაიონი, ბაწარას ნაკრძალი, 781                    | 972                           | 24.4 | 504    | 2466   | 6.8  | 81.6  | 3114   |

|    |    |                             |   |        |      |        |        |      |       |        |
|----|----|-----------------------------|---|--------|------|--------|--------|------|-------|--------|
| 8  | 8  | <i>Hypnum cupressiforme</i> | ადმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, საგარეჯოს შემოგარენი, 875   | 347.6  | 26.9 | 415.9  | 2085.5 | 2.9  | 76.1  | 2464.1 |
| 9  | 9  | <i>Hypnum cupressiforme</i> | ადმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, ლაგოდეხის ნაკრძალი, 566   | 464.9  | 24.6 | 643.7  | 3653.6 | 3.58 | 141.1 | 3963.6 |
| 10 | 10 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | ადმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, ყვარლის რაიონი, მდ. ჩელტის მარცხენა სანაპირო, სოფ. შილდის მიდამოები, 690                  | 981.3  | 25.9 | 406.5  | 2531.6 | 7.35 | 276   | 2247.1 |
| 11 | 11 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | ადმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, საგარეჯოს რაიონი, სოფ. კოდას მიდამოები, 1425  | 775.5  | 26.4 | 566.0  | 3209.4 | 3.02 | 155.1 | 3050.9 |
| 12 | 12 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | ადმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, ყვარლის რაიონი, ქ. ყვარლის მიდამოები, 410   | 1160   | 30.7 | 233.3  | 2740   | 4    | 96.4  | 2333.3 |
| 13 | 13 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო, კოლხეთის დაბლობის სამხრეთი, აჭარის ავტონომიური რესპუბლიკა, შუაბევის რაიონი, სოფ. ზამლეთის მიდამოები, 601     | 995.6  | 26.3 | 658.1  | 2925   | 2.25 | 102.8 | 2998.1 |
| 14 | 14 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო, კოლხეთის დაბლობის სამხრეთი, აჭარის ავტონომიური რესპუბლიკა, ქედის რაიონი, სოფ. მახუნცეთის მიდამოები, 180      | 498    | 28.8 | 582    | 2178   | -    | 84.4  | 2850   |
| 15 | 15 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო, კოლხეთის დაბლობის სამხრეთი, აჭარის ავტონომიური რესპუბლიკა, ხულოს რაიონი, სოფ. დიოკნისის მიდამოები, 982       | 818.2  | 27.6 | 257.1  | 2536.4 | -    | 114.2 | 2653.2 |
| 16 | 16 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო, კოლხეთის დაბლობის სამხრეთი, აჭარის ავტონომიური რესპუბლიკა, ქობულეთის რაიონი, მდ. კინტრიშის მიდამოები, 324    | 919.3  | 30.9 | 649.3  | 2912.1 | 2.57 | 92.6  | 1767.9 |
| 17 | 17 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო, კოლხეთის დაბლობის სამხრეთი, აჭარის ავტონომიური რესპუბლიკა, ქობულეთის რაიონი, სოფ. ქეჩიეთის მიდამოები, 170    | 563.2  | 47.2 | 1347.1 | 1736.1 | 5.42 | 269   | 2072.9 |
| 18 | 18 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო, კოლხეთის დაბლობის სამხრეთი, აჭარის ავტონომიური რესპუბლიკა, ქობულეთის რაიონი, სოფ. ჩაქვისთავის მიდამოები, 227 | 1112.8 | 34.1 | 705.4  | 2943.2 | 4.05 | 83.5  | 3204.7 |
| 19 | 19 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო, ქვემო რაჭა, ამბროლაურის რაიონი, სოფ. წესის და ურავის შუა მიდამო, 742   | 396    | 36.4 | 1182   | 4692   | -    | 117.6 | 5100   |
| 20 | 20 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო, ქვემო რაჭა, ამბროლაურის რაიონი, სოფ. ურავის მიდამოები, 873   | 438    | 37.6 | 1254   | 5454   | 2    | 140   | 5988   |
| 21 | 21 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო, ქვემო რაჭა, ამბროლაურის რაიონი, ნაქერალას ქედი, 1213   | 1221.8 | 39.3 | 536.4  | 2849.0 | 5.96 | 77.1  | 9089.4 |
| 22 | 22 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო, ქვემო რაჭა, ამბროლაურის რაიონი, სოფ. ურავის მიდამოები, 1119  | 321.8  | 39.7 | 154.9  | 1740.4 | 4.37 | 98.1  | 1913.2 |
| 23 | 23 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო, ზემო რაჭა, ონის რაიონი, სოფ. გლოლას მიდამოები, 1190  | 440.7  | 42.6 | 372.4  | 2507.6 | 2.9  | 109.7 | 3637.2 |
| 24 | 24 | <i>Hypnum cupressiforme</i> | დასავლეთ საქართველო ლეჩხუმში, ცაგერის რაიონი, სოფ. ჩხუმის   | 634.2  | 41.1 | 579.9  | 2464.4 | 6.44 | 79.3  | 3497.3 |

|    |            | მიდამოები, 503  |  |        |      |       |        |      |       |        |
|----|------------|---|--|--------|------|-------|--------|------|-------|--------|
| 25 | 25         | <i>Hypnum cupressiforme</i>                           | დასავლეთ საქართველო, იმერეთის რეგიონი, ტყიბულის რაიონი, ნაქერალას ქედი, 1013                                   | 725.6  | 43.9 | 967.5 | 4291.9 | 1.13 | 162   | 7267.5 |
| 26 | 26         | <i>Hypnum cupressiforme</i>                           | დასავლეთ საქართველო, იმერეთის რეგიონი, ტყიბულის რაიონის მიდამოები, 608   | 1240.7 | 49.3 | 668.6 | 3638.6 | 2.57 | 265.3 | 3098.6 |
| 27 | 27+<br>+40 | <i>Hypnum cupressiforme+<br/>Hylocomium Splendens</i> | სამხრეთ - აღმოსავლეთ საქართველო, თრიალეთის ქედი, დაბა წყნეთის მიდამოები, 1106                                  | 529.8  | 60.8 | 456.5 | 2563.1 | 6.43 | 135   | 2803.2 |
| 28 | 28         | <i>Hypnum cupressiforme</i>                           | აღმოსავლეთ საქართველო, მცხეთა - მთიანეთის რეგიონი, დუშეთის რაიონი, სოფ. ანანურის მიდამოები, 919                | 970.7  | 52.7 | 385.7 | 3368.6 | 6    | 204   | 3741.4 |
| 29 | 29         | <i>Hypnum cupressiforme</i>                           | აღმოსავლეთ საქართველო, მცხეთა - მთიანეთის რეგიონი, დუშეთის რაიონი, სოფ. ანანურის მიდამოები, 958                | 739.3  | 51.9 | 154.3 | 1645.7 | 5.57 | 141   | 1613.6 |
| 30 | 30         | <i>Hypnum cupressiforme</i>                           | სამხრეთ - აღმოსავლეთ საქართველო, ქვემო ქართლის რეგიონი, მარნეულის რაიონი, სოფ. ალგეთის მიდამოები, 1057         | 1098.6 | 57.5 | 242.1 | 1607.6 | 5.25 | 189.9 | 2141.4 |
| 31 | 31         | <i>Hylocomium Splendens</i>                           | ჩრდილო - აღმოსავლეთ საქართველო, ახმეტის რაიონი, სოფ. დანოს მიდამოები, 2130                                     | 256.2  | 60   | 76.2  | 1273.8 | 7.38 | 96.9  | 1426.2 |
| 32 | 32         | <i>Hylocomium Splendens</i>                           | ჩრდილო - აღმოსავლეთ საქართველო, ახმეტის რაიონი, სოფ. დართლოს მიდამოები, 1913                                   | 216    | 55.6 | 54    | 1116   | 9.6  | 233.6 | 420    |
| 33 | 33         | <i>Hylocomium Splendens</i>                           | ჩრდილო - აღმოსავლეთ საქართველო, თრიალეთის ქედი, კახეთის რეგიონი, ახმეტის რაიონი, აბანოს გზა, 2592              | 834    | 58.8 | 78    | 1764   | -    | 179.6 | 798    |
| 34 | 34         | <i>Hylocomium Splendens</i>                           | ჩრდილო - აღმოსავლეთ საქართველო, თრიალეთის ქედი, კახეთის რეგიონი, ახმეტის რაიონი, სოფ. ზოჭორმის მიდამოები, 2368 | 372    | 58   | 102   | 1512   | 2.4  | 118   | 1302   |
| 35 | 35         | <i>Hylocomium Splendens</i>                           | ჩრდილო - აღმოსავლეთ საქართველო, თრიალეთის ქედი, კლდეკარის მიდამოები, 2039                                      | 201.8  | 55.6 | 147.3 | 1358.2 | 9.1  | 107.3 | 1674.5 |
| 36 | 36         | <i>Hylocomium Splendens</i>                           | აღმოსავლეთ საქართველო, კახეთის რეგიონი, საგარეჯოს რაიონი, სოფ. კოდას მიდამოები, 1225                           | 498    | 60.8 | 306   | 2544   | 6.4  | 64    | 1998   |
| 37 | 37+<br>+42 | <i>Hylocomium Splendens+<br/>Pleurezium Schreberi</i> | დასავლეთ საქართველო, ზემო რაჭა, ონის რაიონი, სოფ. გლოლას მიდამოები, 1190                                       | 451.5  | 69.9 | 160.9 | 2754.5 | 5.95 | 73    | 1529.1 |
| 38 | 38+<br>+43 | <i>Hylocomium Splendens+<br/>Pleurezium Schreberi</i> | დასავლეთ საქართველო, ზემო რაჭა, ონის რაიონი, კურორტ შოვის მიდამოები, 1626                                      | 421.2  | 67.4 | 71.3  | 1863.5 | 4.2  | 156.5 | 881.6  |
| 39 | 39+<br>+41 | <i>Hylocomium Splendens+<br/>Pleurezium Schreberi</i> | სამხრეთ საქართველო, სამცხე - ჯავახეთის რეგიონი, ადიგენის რაიონი, სოფ. უტკისუბნის მიდამოები, 1490               | 679.3  | 65.2 | 322.7 | 2933.5 | 4.5  | 144   | 1706.7 |

27, 37, 38 და 39 ნომრებზე აღებულია ერთნაირი ადგილმდებარეობის ნიმუშების კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობა.

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ 2015 წლის ზაფხულის ხავსების კოლექციებში, ისეთი ტოქსიკური ელემენტი, როგორცაა სპილენძი (Cu), ნაკლები რაოდენობით (4,6 მკგ/გ) გვხვდება მესხეთში, ურავლის ტყის მიდამოებში. ხოლო მაღალი კონცენტრაცია (47,1 მკგ/გ) დაფიქსირდა აღმოსავლეთ საქართველოში - კერძოდ, თიანეთში (საბადურის ტყის მახლობლად). შედარებით დაბალი კონცენტრაციის კადმიუმი (Cd) (1,2 მკგ/გ) გვხვდება ქ. სტეფანწმინდის გარშემო, დევდორაკის სუბალპურ ტყეში. მაღალი კონცენტრაცია კი დაფიქსირდა სამხრეთ საქართველოში - მესხეთში (ოშორსა და ოტას შორის). ხავსების 4 ნიმუშის კონცენტრაციის საშუალო მნიშვნელობა არის 7,5 მკგ/გ.

ნატრიუმის (Na) კონცენტრაცია (3906,2 მკგ/გ) მაღალია აწყურის ნაკრძალში (სამხრეთ საქართველო); ხოლო დაბალი კონცენტრაცია (575,3 მკგ/გ) გვხვდება დუშეთის მუნიციპალიტეტში, სოფ. რომაში. კალიუმის (K) (12268,1 მკგ/გ) ჭარბადაა დუშეთის მუნიციპალიტეტში (სოფ. დოლომა). ხოლო შედარებით დაბალი კონცენტრაცია (5359,2 მკგ/გ) გვხვდება ქ. სტეფანწმინდაში (დევდორაკის შემოგარენი) აღებულ ხავსის ნიმუშებში. კალციუმის (Ca) მაღალი კონცენტრაციით (19956,8 მკგ/გ) გამოირჩევა წალკის რაიონის შემოგარენი (სამხრეთ საქართველო). ხოლო მისი კონცენტრაცია დაბალია (467,1 მკგ/გ) დუშეთის მუნიციპალიტეტში (სოფ. რომა) აღებულ ხავსების ნიმუშებში. მაგნიუმის (Mg) კონცენტრაციის სიჭარბით (4050,1 მკგ/გ) გამოირჩევა აწყურის ნაკრძალი (სამხრეთ საქართველო), ხოლო დაბალი კონცენტრაცია (1606,1 მკგ/გ) გვხვდება წყალტუბოს რაიონში (დასავლეთ საქართველოს იმერეთის რეგიონი).

2016 წლის ზაფხულის ხავსების კოლექციების ანალიზის შედეგები ასე გამოიყურება: სპილენძის კონცენტრაცია (14,8 მკგ/გ) ყველაზე დაბალია ახმეტის რაიონში (ბაწარას ნაკრძალი), ხოლო დიდი რაოდენობით (69,9 მკგ/გ) ფიქსირდება ზემო რაჭაში (ონის რაიონი, სოფ. გლოლას მახლობლად). კადმიუმის დაბალი კონცენტრაცია (0,83 მკგ/გ) გვხვდება კახეთში - ახმეტის რაიონში (ბაწარას ნაკრძალი), ხოლო ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია (9,6 მკგ/გ) არის ახმეტის რაიონში, სოფ. დართლოს მიდამოებში. მანგანუმის (Mn) კონცენტრაცია (64 მკგ/გ) დაბალია საგარეჯოს რაიონში, სოფ. კოდას გარშემო, ხოლო მაღალი კონცენტრაციით (276 მკგ/გ) გამოირჩევა ყვარლის რაიონი, სოფ. შილდას მიდამოები.

რაც შეეხება ნატრიუმს - იგი დაბალი კონცენტრაციით (201,8 მკგ/გ) გვხვდება საქართველოს სამხრეთ-აღმოსავლეთში (თრიალეთის ქედი, კლდეკარის უღელტეხილი), ხოლო მაღალი კონცენტრაციით (1980 მკგ/გ) - კახეთის რეგიონში (ახმეტის რაიონი, ბაწარას ნაკრძალი). კალიუმის კონცენტრაცია (1116 მკგ/გ) დაბალია ახმეტის რაიონში, სოფ. დართლოს მიდამოებში, ხოლო მაღალია (5454 მკგ/გ) ქვემო რაჭაში (ამბროლაურის რაიონი, სოფელ ურავის შემოგარენი). მაგნიუმის ყველაზე დაბალი კონცენტრაცია (54 მკგ/გ) დაფიქსირდა ახმეტის რაიონში, სოფ. დართლოს მიდამოებში აღებულ ხავსების ნიმუშებში, ხოლო მაღალი კონცენტრაცია - (1568,6 მკგ/გ) კახეთის რეგიონში (ახმეტის რაიონი, მდ. ჩაკურისკვერის მარცხენა სანაპირო). კალციუმის დაბალი კონცენტრაცია (420 მკგ/გ) აღინიშნა ახმეტის რაიონში, სოფ. დართლოს მიდამოებში, მაღალი კონცენტრაცია (9089,4 მკგ/გ) კი - ქვემო რაჭაში (ამბროლაურის რაიონი, ნიქერალას ქედი).

საინტერესოა მიღებული შედეგების განხილვა ნიმუშების მოპოვების სიმაღლეების მიხედვით სხვადასხვა რეგიონისთვის. მაგალითად, კახეთის რეგიონისთვის დაბალ სიმაღლეებზე - შავი ზღვის დონიდან 410 მ-დან 1341 მ-მდე - სპილენძის კონცენტრაცია 30,7 მკგ/გ-დან მცირდება 14,8 მკგ/გ-მდე. ხოლო მაღალ სიმაღლეებზე 1913 მ-დან 2592 მ-მდე ინტერვალში იცვლება 55,6 მკგ/გ-დან 60 მკგ/გ-მდე. კადმიუმის კონცენტრაციები კი დაბალ სიმაღლეებზე იცვლება 0,83 მკგ/გ-დან 7,35-მკგ/გ-მდე, ხოლო მაღალ სიმაღლეებზე 2,4 მკგ/გ-დან 9,6 მკგ/გ-მდე. მანგანუმის კონცენტრაცია დაბალ სიმაღლეებზე - მაღალია (76,1 მკგ/გ-დან 244,4 მკგ/გ-მდე), ხოლო მაღალ სიმაღლეებზე - შედარებით დაბალი (64 მკგ/გ-დან 233,6 მკგ/გ-მდე).

წარმოდგენილი სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ გამოყენებითი კვლევების სახელმწიფო გრანტის #AR/198/9-240/14 „საქართველოს ატმოსფერულ ნალექებში მძიმე ლითონების შესწავლა ხავსების ბიომონიტორინგისა და ფიზიკური ანალიზური მეთოდების გამოყენებით“ ეგიდით.

პროექტის ფარგლებში შესრულებული გამოკვლევების შედეგად დადგენილი იქნა, რომ საერთაშორისოდ აპრობირებული ხავსების ბიომონიტორინგის მეთოდი სავსებით ვარგისია ატმოსფერული ნალექებში მძიმე მეტალების კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის საქართველოს

ტერიტორიაზე ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასების მიზნით და მისი გამოყენება მიზანშეწონილია მომავალშიც.

წინამდებარე ნაშრომის თანავტორთა ჯგუფი მადლობას უხდის ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის მეცნიერებს შ. შეთეკაურს და ნ. ბარნაველს, ასევე სტუდენტებს: ო. ჩალიგავას, ტ. შეთეკაურს და ა. ქვლივიძეს საანალიზო ნიმუშების წარმოდგენისათვის.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. G. Baumbach, Air Quality Control, Environmental Eng. Ser., Ed. by U. Forstner, R. J. Murphy, and W. H. Rulkens (Springer, Heidelberg, Berlin, 1996).
2. B. Markert and K. Friese, Trace Elements: Their Distribution and Effects in the Environment (Elsevier Sci., 2000).
3. R. Witting, Plants as Biomonitors, Ed. by B. Markert (VCH, Weinheim, 1993).
4. B. Markert et al., J. Radioanal. Nucl. Chem. 240, 425–429, 1999.
5. B. Markert, S. Fraenzle, and A. Fomin, Elements and Their Compounds in the Environment, Ed. By E. Merian, M. Anke, M. Ichnat, and M. Stoepler (Wiley\_VCH, Weinheim, Tokyo, New York, 2004), pp. 235–254.
6. L. De Temmerman et al., “Biomonitoring of Air Pollutants with Plant - Considerations for the Future,” Urban Air Pollution, Bioindication and Environmental Awareness, Ed. by A. Klumpp, W. Ansel, and G. Klumpp (Cuvillier, Gottingen, 2004), pp. 337–374.
7. Bioindicators and Biomonitors, Principles, Concepts and Applications, Ed. by B. Markert, A. Breure, and H. G. Zechmeister (Elsevier, Amsterdam, Tokyo, New York, 2003).
8. E. Steinnes, “Atmospheric Deposition of Trace Elements in Norway Studied by Means of Moss Analysis,” Kjeller Report No. KR\_154 (Inst. Atomenergi, Kjeller, Norway, 1977).
9. Å. Rühling et al., Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe 1990, NORD 1992:12 (Nordic Council of Ministers, 1992).
10. Å. Rühling and G. Tyler, Bot. Notiser 121, 321–342, 1968.
11. V. Puustjarvi, Arch. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo 9 (Suppl.), 257–272, 1955.
12. H. Gydesen, K. Pilegaard, L. Rasmussen, and A. Rühling, “Moss Analyses Used as a Means of Surveying the Atmospheric Heavy Metal Deposition in Sweden, Denmark and Greenland in 1980,” Report SNV\_PM 1670 (National Swedish Environment Protection Board, Solna, 1983).
13. H. B. Ross, Water, Air Soil Pollut. 50, 63–76, 1990.
14. E. Steinnes, “Use of Mosses in Heavy Metal Deposition Studies,” EMEP/CCC Report 3/85 1985, pp. 161–170.
15. E. Steinnes, J. P. Rambaek, and J. E. Hanssen, Chemosphere 25, 735–752, 1992.
16. T. Berg and E. Steinnes, Env. Pollution 98, 61–71, 1997.
17. Steinnes, E., Hanssen, J.E., Rambaek, J.P., Vogt, N.B., 1994. Atmospheric deposition of trace elements in Norway: temporal and spatial trend studied by moss analysis. Water, Air, Soil Pollut. 74, 121-140.
18. A.N. Rcheulishvili, Z.I. Rostomashvili, K.D. Tsaqadze. Study of the Absorption Signal in a Flame of the Burner with Ring-Shaped slot for Atomic-Absorption Spectrometry. Physics. Bulletin of the Academy of Sciences of the Georgian. 2009, v.3, N.2, p.48-54.
19. ნ. კუჭავა, ნ. ლობჯანიძე, პ. იმნაძე. „დაუსხივებელი ხავსის ნიმუშებში  $^{137}\text{Cs}$  რადიოაქტივობის შეფასების საკითხის შესახებ“, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2016, ტ. 42, #1, გვ. 87-91.

**STUDY OF ACCUMULATION OF SOME CHEMICAL ELEMENTS IN THE ATMOSPHERIC SEDIMENTS OF GEORGIA BY THE METHOD OF MOSSES BIOMONITORING USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY**

**Elene Kirkesali**, Tamaz Kalabegishvili, Lela Tugushi, Eter Ginturi, Aleksander Rcheulishvili, Nana Kuchava, Eter Gelagutashvili, Nanuli Bagdavadze, Olia Rcheulishvili  
*El. Andronikashvili Institute of Physics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University*

**SUMMARY**

In the present work, the concentrations of chemical elements: Cu, Cd, Mg, K, Na, Ca and Mn in the atmospheric sediments by using the methods biomonitoring of mosses and Atomic Absorption Spectrometry (AAS) have been estimated. There were used three species of mosses: *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Hypnum cupressiforme*. The samples of mosses have been gathered in different regions of Georgia during 2015-2016 years. It was established, that the international method of moss biomonitoring by the estimation of concentrations of different chemical elements in atmospheric sediments has been approved for the evaluation of the ecological situation in Georgia.

**ИССЛЕДОВАНИЕ АККУМУЛЯЦИИ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОМОНИТОРИНГА МХОВ И МЕТОДА АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ**

**Е.И.Киркесали**, Т.Л.Калабегиишвили, Л.С.Тугуши, Э.Н.Гинтури, А.Н.Рчеулишвили, Н.Е.Кучава, Е.С.Гелагуташивили, Н.В.Багдавадзе, О.А.Рчеулишвили  
*Институт физики им. Э. Андроникашвили Тбилисского государственного Университета им. И. Джавахишвили*

**РЕЗЮМЕ**

В представленной работе исследованы концентрации химических элементов: Cu, Cd, Mg, K, Na, Ca и Mn в атмосферных осадках методами биомониторинга мхов и Атомно – абсорбционной спектрометрии (ААС). В качестве биомониторингов использованы три вида мхов: *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Hypnum cupressiforme*. Образцы мхов были собраны в различных регионах Грузии в 2015-2016 годах. В результате исследований было установлено, что с целью оценки экологического состояния на территории Грузии использование всемирно применяемого апробированного биомониторинга мхов может быть успешно использовано для определения концентрации химических элементов в атмосферных осадках.



## ქიმიური ტექნოლოგია

## კირის რძის ხარისხის გავლენა შაქრის ტექნოლოგიაზე

თეიმურაზ რუხაძე, ლელა ოსაძე\*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

\*აგარის შაქრის კომპანია

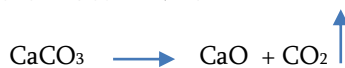
შაქრის წარმოებაში, ტკბილი წვენების გასასუფთავებლად გამოიყენება კირის რძე. სიმკვრივე, კირის რძის ხარისხის ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელია. თვით სიმკვრივეს განსაზღვრავენ წონითი მეთოდით. საწარმოში ოპერატიულობისათვის გამოიყენება დენსიმეტრიული მეთოდი. აგარის შაქრის კომპანიაში 2015 – 16 წლების სეზონებზე კირის რძის წონითი მეთოდით განსაზღვრული სიმკვრივე და დენსიმეტრიული მეთოდით განსაზღვრული სიმკვრივე, ხშირად ერთმანეთს არ ემთხვეოდა. ასეთ დროს წარმოებაში სიროფის ტექნოლოგიური მაჩვენებლები და შაქრის ფხვნილის გრანულომეტრიული მაჩვენებლები ნორმიდან საგრძნობლად იხრებოდა. შაქრის წარმოებაში ტექნოლოგიური მაჩვენებლების მაქსიმალურად დაცვისთვის საჭიროა გაკონტროლდეს კირის რძის სიმკვრივე ორივე მეთოდის მიხედვით. რაც უფრო ახლოს იქნება ამ ორი მეთოდით მიღებული კირის რძის სიმკვრივის მაჩვენებელი, მით უკეთესად მიმდინარეობს ტექნოლოგიური პარამეტრების დაცვა შაქრის წარმოებაში.

შაქრის წარმოებისათვის ძირითად ნედლეულად გამოიყენება შაქრის ლერწამი და უკვე მე 18 საუკუნიდან შაქრის ჭარხალიც. ორივე შემთხვევაში მცენარეებიდან იღებენ შაქრიან ტკბილ წვენს, მას ასუფთავებენ, აკონცენტრირებენ ზენაჯერ ხსნარამდე და საქაროზის კრისტალს გამოყოფენ სუფთა სახით, რომელიც მოიხმერება მოსახლეობის მიერ. შაქრიანი წვენის გასუფთავებისას მთავარი ამოცანაა მცენარის წვენიდან მაქსიმალურად სუფთა შაქრის წყალხსნარის მიღება. ამისათვის კი მცენარის წვენში არსებული ყველა მინარევის მაქსიმალურად მოცილებაა საჭირო.

შაქრის წარმოების ისტორიის მანძილზე მცენარის შაქრიანი წვენის გასუფთავებისთვის უამრავი საშუალება და მეთოდი იქნა გამოყენებული. დღეს-დღეობით შაქრიანი წვენის კირის რძით დამუშავება ყველაზე ოპტიმალურ მეთოდად არის მიჩნეული. კალციუმის ჰიდროქსიდს  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ჭარბი რაოდენობით ურევენ წვენში, რათა რეაქციები მაქსიმალურად ბოლომდე მივიდეს, წვენს ფილტრავენ, ხოლო შემდგომ ჭარბი კალციუმის იონი  $\text{Ca}^{2+}$  წვენიდან გამოყავთ ნახშირორჟანგის  $\text{CO}_2$  საშუალებით.

ასეთ გასუფთავებას ორმაგი ეფექტი აქვს: კალციუმის ჰიდროქსიდი შედის რეაქციაში ორგანულ მჟავებთან, სხვა მინარევებთან და ფილტრაციის დროს ლექის სახით გამოიყოფა, ხოლო ნახშირორჟანგით წვენის დამუშავებისას (სატურაცია), კალციუმის იონის  $\text{Ca}^{2+}$  გამოსაყოფად, წარმოიქმნება კალციუმის კარბონატი  $\text{CaCO}_3$  ფიფქების სახით, რომლის ზედაპირსაც დიდი ადსორბციის უნარი აქვს და სითხეში დარჩენილი მღებავი ნივთიერებები და სხვა ნარჩენები ადსორბირდება ახლადწარმოქმნილი კალციუმის კარბონატის ზედაპირზე. შემდგომ ასევე ფილტრაციის საშუალებით გამოიყოფა შაქრიანი წვენიდან.

კირის რძეც და ნახშირორჟანგიც მიიღება უშუალოდ შაქრის ქარხანაში, საკირე საამქროში კირქვის გამოწვის შედეგად. საკირე საამქროს ღუმელში იტვირთება კირქვა საწვავთან ერთად გარკვეული პროპორციით, ეგრეთ წოდებული შიხტა. საწვავის წვის დროს მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს კირქვის დაშლა. (შესაძლებელია ბუნებრივი გაზით გამოწვაც). კირქვის დაშლის შედეგად მიიღება კალციუმის ჟანგი  $\text{CaO}$  და ნახშირორჟანგი  $\text{CO}_2$ , რომელიც ღუმელის ზედა ნაწილიდან აირთმევა და გამოიყენება ტექნოლოგიაში.



მიღებულ კალციუმის ჟანგს უმატებენ წყალს და მიიღებულ კირის რძეს მინარევებიდან გასუფთავების შემდეგ იყენებენ ტექნოლოგიაში.

კირქვის გამოწვისას, საწვავის სახეობის მიხედვით, გამოწვის ხარისხი დამოკიდებულია კირქვისა და საწვავის ფრაქციებზე, გამოწვის ტემპერატურაზე, ხოლო თვით გამოწვის ტემპერატურა დამოკიდებულია შიხტაზე, ანუ კირქვისა და საწვავის პროპორციაზე. შაქრის წარმოებისას ნაუმენკოს



და სხვა ავტორების მიხედვით კირქვის გამოწვის ხარისხი არ უნდა იყოს მაღალი და სუფთა კირქვის მიხედვით საშუალოდ შეადგენს 87,5%-ს [1].

მაღალ ტემპერატურაზე გამომწვარი კირის შემთხვევაში ღუმელიდან გამოსულ გაზებში CO<sub>2</sub> -ს ნახშირორჟანგის პროცენტული რაოდენობა კლებულობს და იზრდება ნახშირორჟანგის CO შემცველობა გაზში, რაც შაქრის ტექნოლოგიაში, სატურაციის უბანზე უარყოფით გავლენას იწვევს. იზრდება შაქრის კრისტალის მუქი (მონაცრისფრო) შეფერილობა.

აგარის შაქრის ქარხანაში 2015 წლის მარტიდან საკირე სამქროში ღუმელი მუშაობდა კირქვის გამოწვის მაღალ პროცენტზე. შესაბამისად შაქრის წარმოების ტექნოლოგიის სხვადასხვა უბნებზეც 2015 წლის ივნისიდან შეინიშნებოდა გარკვეული ტექნოლოგიური მაჩვენებლების უმნიშვნელო ცვლილებები, რაც საერთო ჯამში 2015 წლის სეზონის ბოლოს უკვე დამაფიქრებელ შედეგებს იძლეოდა.

კირის რძის სიმკვრივით განსაზღვრავენ შაქრის ტექნოლოგიაში გამოყენებული კირის რძის ხარისხს. ამისათვის იყენებენ ეგრეთწოდებულ წონით მეთოდს, მაგრამ საწარმო პროცესების კონტროლის ოპერატიულობისათვის დაშვებულია დენსიმეტრიული მეთოდი ანუ არეომეტრის საშუალებით. [2] ორივე შემთხვევაში კირის რძის სიმკვრივე ტექნოლოგიური ინსტრუქციის მიხედვით უნდა იყოს ინტერვალში 1.18 - 1.22 გრ/სმ<sup>3</sup> [3]

მაღალი პროცენტით გამომწვარი კირქვიდან მიღებული კირის სიმკვრივე, წონით მეთოდით გაკეთებული ანალიზების დროს არ ეტეოდა ტექნოლოგიურ ინტერვალში. შაქრის ნედლეულის ბლანტი სიროფების დამუშავების დროს კირის რძის სიმკვრივე პრაქტიკულად შესაძლებელია იყოს ცოტა დაბალი ვიდრე ტექნოლოგიურ ინსტრუქციაშია მოცემული, მაგრამ დენსიმეტრიული მეთოდით გაზომილ მონაცემებთან საკმაოდ დიდ განსხვავებას იძლეოდა. მიუხედავად დასაშვებ ინტერვალს ქვემოთ ჩამოცდენილი წონით გაზომილი სიმკვრივის მაჩვენებლისა, ძალიან ხშირად იმდენად ბლანტი იყო მიღებული კირის რძე, რომ არეომეტრი საერთოდ არ ჩადიოდა სითხეში დენსიმეტრიული გაზომვებისთვის.

## ცხრილი 1.

ნიმუში აღებული 2015 წლის სექტემბერი-ოქტომბერი-ნოემბერი

|                    | 09.09      | 15.09      | 30.09      | 03.10 | 15.10      | 27.10      | 01.11      | 16.11      |
|--------------------|------------|------------|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
| წონითი სიმკვრივე   | 1,13       | 1.10       | 1.07       | 1.06  | 1.10       | 1.10       | 1.14       | 1.09       |
| არეომეტრის კვენება | არ იზომება | არ იზომება | არ იზომება | 1.20  | არ იზომება | არ იზომება | არ იზომება | არ იზომება |

ამკარა იყო, რომ როდესაც გადავუხვიეთ შაქრის წარმოებისთვის მიღებულ კირის გამოწვის ტექნოლოგიას, მივიღეთ სხვა სტრუქტურის და მონაცემების კირის რძე, რის გამოც გადაწყდა გამოგვეკვლია შაქრის წარმოების სხვა ტექნოლოგიურ პარამეტრებზე როგორ იქონიებდა გავლენას.

სატურაციის შემდგომ მიმდინარეობს გაფილტრული, ეგრეთ წოდებული „სტანდარტული“ შაქრის სიროფის დამუშავება გოგირდის ორჟანგით, რომელიც შაქრის ქარხანაშივე მიიღება გოგირდის ფხვნილის დაწვით სპეციალურ ღუმელში. ცნობილია, რომ გოგირდის ჟანგეულებთან ცალციუმის იონი საკმაოდ მყარ ნალექს წარმოქმნის თაბაშირის სახით. ამიტომ შაქრიანი სეროფის სულფიტაციის შემდგომ გარკვეულწილად შაქრიანი სიროფის P<sup>H</sup> კლებულობს, მაგრამ აღნიშნული სეზონის განმავლობაში რიგ შემთხვევებში შაქრიანი სიროფის P<sup>H</sup> უმნიშვნელოდ კლებულობდა, ხშირ შემთხვევებში ფაქტიურად იგივე რჩებოდა, იშვიათად, ზოგიერთი გაზომვის დროს ზოგჯერ პირიქით უფრო იმატებდა კიდევ;

ცხრილში 2 მოტანილია პერიოდის მონაცემთა საშუალო მაჩვენებელი სტანდარტული სიროფის ზოგიერთი ტექნოლოგიური მაჩვენებელი, როცა არეომეტრით არ იზომებოდა კირის რძის სიმკვრივე (სიროფის გაუმჟვრვალობა შედარებულია გამოხდილ წყალთან, რომლის გამჟვრვალობა 1-ის ტოლია).

უნდა აღინიშნოს, რომ ამ შემთხვევებში სულფიტაციის უბანი მუშაობდა გამართულად ჩვეულ რეჟიმში.

საწარმოში ხანდახან შემოდის დაისეთი კირის რძე, რომელშიც შესაძლებელი იყო არეომეტრით სიმკვრივის გაზომვები და წონით სიმკვრივესთან შედარება, რომლის მონაცემებიც ნაჩვენებია ცხრილში 3: (სიმკვრივის მაჩვენებლების ზრდადი სხვაობის მიხედვით)

ცხრილი 2.

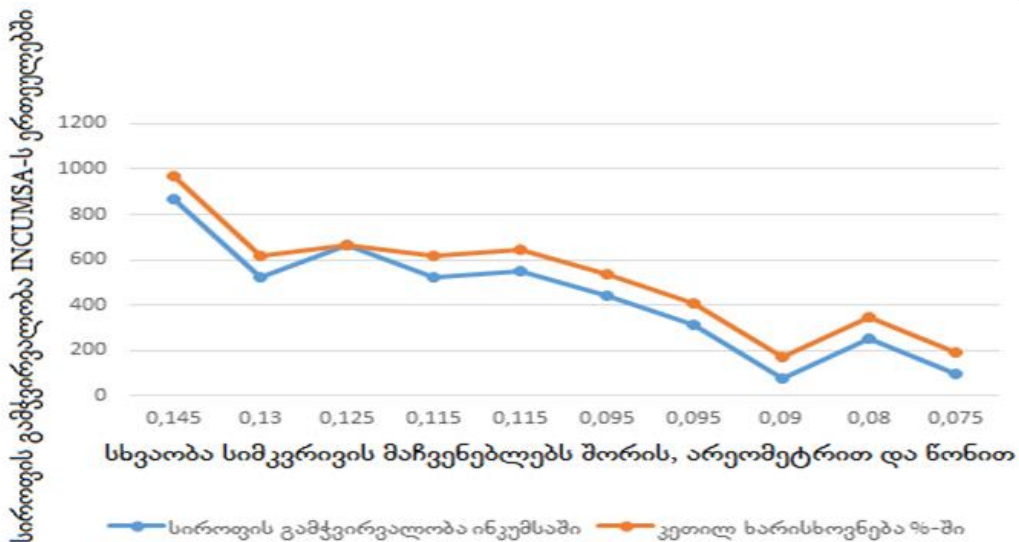
| №  | თარიღი   | PH            |                     | სტანდარტული წვენის გაუმჭვირვალობა |
|----|----------|---------------|---------------------|-----------------------------------|
|    |          | სულფიტაციამდე | სულფიტაციის შემდგომ |                                   |
| 1  | 09.09.15 | 9.04          | 8.5                 | 94                                |
| 2  | 15.09.15 | 8.5           | 8.4                 | 266                               |
| 3  | 29.09.15 | 8.8           | 8.6                 | 162                               |
| 4  | 01.10.15 | 8.6           | 8.3                 | 179                               |
| 5  | 15.10.15 | 8.9           | 8.8                 | 336                               |
| 6  | 27.10.15 | 8.3           | 8.3                 | 291                               |
| 7  | 01.11.15 | 8,5           | 8,5                 | 341                               |
| 8  | 11.11.15 | 8.8           | 8.7                 | 388                               |
| 9  | 16.11.15 | 8.7           | 8.6                 | 322                               |
| 10 | 26.11.15 | 8.3           | 8.2                 | 165                               |

ცხრილი 3.

| №  | თარიღი | PH            |                     | სტანდარტული წვენის გაუმჭვირვალობა გამოხდილ წყალთან შეფარდებით | არეომეტრის ჩვენება | წონითი სიმკვრივე | სხვაობა |
|----|--------|---------------|---------------------|---|--------------------|------------------|---------|
|    |        | სულფიტაციამდე | სულფიტაციის შემდგომ |   |                    |                  |         |
| 1  | 03.11  | 8,5           | 8,5                 | 870   | 1,235              | 1,09             | 0,145   |
| 2  | 05.10  | 8,7           | 8,5                 | 521   | 1,19               | 1,06             | 0,13    |
| 3  | 18.11  | 8,5           | 8,3                 | 665   | 1,215              | 1,09             | 0,125   |
| 4  | 10.09  | 8,9           | 8,5                 | 519   | 1,21               | 1,095            | 0,115   |
| 5  | 10.10  | 8,9           | 8,2                 | 550   | 1,185              | 1,07             | 0,115   |
| 6  | 22.09  | 9,0           | 8,6                 | 441   | 1,225              | 1,13             | 0,095   |
| 7  | 24.09  | 8,6           | 8,45                | 312   | 1,195              | 1,1              | 0,095   |
| 8  | 22.11  | 8,5           | 8,0                 | 72  | 1,15               | 1,06             | 0,09    |
| 9  | 18.09  | 8,13          | 7,8                 | 250   | 1,19               | 1,11             | 0,08    |
| 10 | 11.09  | 8,8           | 8,5                 | 94  | 1,195              | 1,12             | 0,075   |

როდესაც არეომეტრით გაზომილი სიმკვრივის მაჩვენებელი უახლოვდებოდა წონით მიღებული სიმკვრივის მაჩვენებელს, იმ დროის მონაკვეთში სტანდარტული სიროფის ტექნოლოგიური მაჩვენებლები გაცილებით უკეთესი იყო (გამჭვირვალობა, სიროფის კეთილხარისხოვნება) გრაფიკულად ეს უფრო თვალნათლივ ჩანს:

გრაფიკი 1.



ისეთ დღეებში, როდესაც არეომეტრით გაზომილ სიმკვრივის მაჩვენებელსა და წონით მიღებული სიმკვრივის მაჩვენებლის შორის დიდი სხვაობა იყო, შეიმჩნეოდა ვაკუუმ აპარატების წინ, მოსახარში სიროფის P<sup>H</sup> ოდნავი მატება, რაც გავლენას ახდენდა ხარშვის პროცესზე: რამდენიმე ათეული წუთით იზრდებოდა უტფელის ხარშვის ხანგრძლივობა, თვით მზა უტფელის P<sup>H</sup> თითქმის ყოვეთვის მეტი იყო სტანდარტული სეროფის P<sup>H</sup> -ზე.

**ცხრილი 3.**

ცხრილში ნაჩვენებია მოხარშული შაქრის კრისტალოგრაფიული ცვლილებები:

|                                    |          |          |          |          |          |          |          |          |
|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ნიმუში აღების თარიღი               | 10.09.15 | 18.09.15 | 10.10.15 | 08.11.15 | 14.11.15 | 19.11.15 | 21.11.15 | 23.11.15 |
| სტანდარტული სიროფის P <sup>H</sup> | 8,7      | 8,6      | 7,6      | 8,7      | 8,0      | 8,3      | 8,8      | 8,3      |
| უტფელის P <sup>H</sup>             | 8,8      | 8,6      | 8,0      | 8,5      | 8,4      | 9,0      | 8,3      | 8,0      |
| კრისტალი 0,2                       | 2,54     | 0,94     | 1,64     | 0,64     | 1,76     | 2,76     | 1,46     | 1,04     |
| კრისტალი 0,5                       | 12,7     | 19,20    | 10,56    | 11,56    | 16,48    | 14,10    | 14,16    | 16,83    |
| კრისტალი 0,8                       | 22,22    | 23,24    | 24,94    | 32,94    | 30,57    | 27,18    | 24,42    | 25,9     |
| კრისტალი 1,0                       | 62,54    | 56,62    | 62,86    | 54,86    | 51,19    | 55,96    | 59,96    | 56,23    |

ასეთ შემთხვევაში, საკმაოდ შესამჩნევი იყო მიღებული შაქრის კრისტალოგრაფიის ცვლილება. ასეთ დღეებში მოხარშული შაქრის კრისტალების გრანულომეტრიული თანაფარდობა იცვლებოდა უარესობისაკენ. [4]

ასევე აღსანიშნავია, რომ აგარის შაქრის ქარხნის მონაცემებით, არასწორი ტექნოლოგიური რეჟიმის დროს სტანდარტულ სიროფში არაშაქრების რაოდენობაც იზრდება და შესაბამისად მცირდება უტფელის კრისტალიზაციის კოეფიციენტი

**ცხრილი 4**

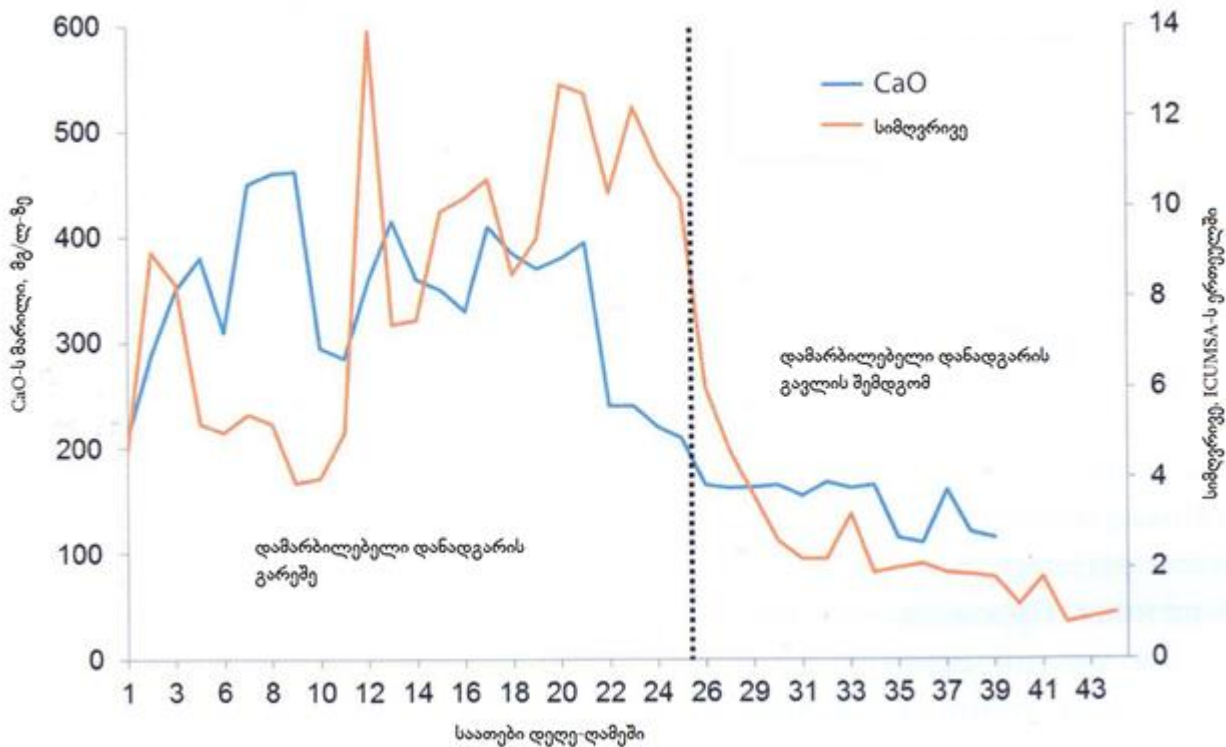
|                             |      |      |      |      |      |      |       |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| არაშაქრების %-ლი შემცველობა | 0.5  | 0.6  | 1.0  | 1.5  | 1.75 | 2.0  | 2.5   |
| კრისტალიზაციის კოეფიციენტი  | 53.3 | 53.5 | 52.4 | 51.3 | 51.0 | 50.1 | 47.79 |

აღნიშნულ მონაცემების გაანალიზების დროს შევამჩნიეთ, რომ კრისტალის გრანულომეტრიის ცვლილება ემთხვეოდა კირის ღუმელში გამოწვის ხარისხის ცვლილებას 12-18 სთ-იანი დროის ინტერვალის დაგვიანებით. ეს ის დროა, რამდენიც ჭირდება საკირე საამქროს ღუმელში გამომწვარი კირის საწარმოში შემოსვლას და შაქრიანი სიროფის დამუშავებას, კრისტალის მოხარშვას და გაფუგვას. უმეტეს შემთხვევაში კირქვის ღუმელი მაღალი გამოწვის რეჟიმით მუშაობდა, თუმცა ხანდახან იყო ტექნიკური შეფერხებები და კირქვა გამოიწვებოდა შედარებით დაბალი ხარისხით, რაც გვამღევედა შედარების შესაძლებლობას.

მიღებული შაქრის კრისტალის კვლავ წყალში გახნის შემდეგ, შაქრის სიროფი გამჭვირვალობის მიხედვით იზომებოდა ფეკ-ზე, ზოგჯერ მიიღებოდა შეფერილობით შედარებით ნაკლებ გამჭვირვალე ფერის ხსნარები. შაქრის ფხვნილის წყალხსნარის შეფერილობის ცვლილება სხვადასხვა მიზეზით შეიძლება იყოს გამოწვეული, რაც უფრო ცოტაა გასუფთავებულ სიროფში არაშაქრები, მით ნაკლებია სიროფის შეფერილობა, [5] მაგრამ შაქრიანი ხსნარების შემღვრევის ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი შაქრის კრისტალში კირის და კალციუმის მარილების არსებობაა. ამ აზრს იზიარებს ბევრი მკვლევარი თავის ნაშრომში. [6]

სტატიაში ავტორები გრაფიკულად გვაჩვენებენ როგორ ეფექტს იძლევა წვეწვის დარბილება მაშინაც კი, როდესაც კირის რძე აბსოლიტურად ყველა სტანდარტში ეტევა და ცალციუმი წვეწვი მინიმალური რაოდენობით რჩება შაქრის წარმოების პროცესში.

ჩვენს შემთხვევაში კი უკონტროლო ხარისხის კირის რძის გამოყენებისას გაცილებით მეტი რაოდენობის ცალციუმის იონი რჩებოდა შაქრიან წვეწვში. როგორც ავტორებიც აღნიშნავენ, კალციუმი შემდგომში საპროდუქტე განყოფილების გავლით ადვილად შესაძლებელია მოხვდეს კრისტალში და შაქრის ფხვნილისგან სიროფის მომზადების დროს გამოიწვიოს სიროფის შემღვრევა. ეს აიხსნება გამოწვის რეჟიმის შეცვლის დროს ცალციუმის ჟანგის გადაკრისტალებით (შეცხოვა), რომელიც დროთა განმავლობაში გადის საწარმოო სტადიებს და ძნელად მაგრამ მაინც იხსნება იმ დროს, როდესაც ის საერთოდ არ უნდა იყოს ან შეიძლება იყოს უმნიშვნელო რაოდენობით. ასეთ რეჟიმში მიღებული კალციუმის მიკროკრისტალების სტრუქტურა შემდგომი გამიკვლევის საგანს წარმოადგენს.



სიმულკრინის ცვლილება შაქრიან წვენიში CaO-ს შემცველობის ცვლილების მიხედვით ჩვეულებრივ სამრეწველო გადამუშავებისას და დარბილების შემდგომ

### დასკვნა

შაქრის წარმოებისას კრისტალის ხარისხზე და შაქრის გამოსავლიანობაზე კონტროლის დროს, როდესაც ვერ ვაკონტროლებთ საკირე განყოფილებას, უკეთესი იქნებოდა ტექნოლოგიური კონტროლი გაგვემკაცრებინა კირის რძის ხარისხზე და მისი სიმკვრივე მხოლოდ წონით მეთოდით ან მხოლოდ არეომეტრის საშუალებით კი არ გაგვეზომა, არამედ ეს ორი მაჩვენებელი შეგვედარებინა და ისე გაგვეკეთებინა დასკვნა შაქრის ტექნოლოგიაში გამოსაყენებელი კირის რძის ხარისხზე. ეს ორმაგი კონტროლი გაართულებს ლაბორატორიული კონტროლის მეთოდებს მაგრამ, რადგან შაქრის წარმოების ნარჩენის -მელასის რაოდენობა იზრდება, წვრილი ფრაქციის კრისტალი დიდი რაოდენობით ირეცხება ცენტრიფუგირების დროს, ბრუნდება უკან საწარმოში და იწვევს როგორც საწარმოს წარმადობის დაწევას და საპროდუქტე საამქროს გადატვირთვას, ასევე შაქრის სტანდარტული სიროფის ხარისხის დაწევას მრავალჯერადი გაცხელების და უკან ტრიალის გამო, მგონი ეკონომიურად უფრო გამართლებული იქნება კირის რძეზე კონტროლის გამკაცრება. ასევე უკეთესი იქნებოდა შაქრის წარმოების დროს პარალელურად გვეფიქრა წვენიების დარბილებაზე სხვადასხვა მეთოდით.

გამოსაკვლევი კალციუმის ჭარბი იონის (ან კალციუმის მიკროკრისტალის) ურთიერთქმედება სახაროზის მოლეკულებთან ამ უკანასკნელის კრისტალიზაციის დროს. ჩემი აზრით სახაროზის კრისტალის ჩამოყალიბებისას კალციუმის მიკროკრისტალები გარკვეულ შრებში, ალბათ უფრო ზედაპირულში, ინერგებიან და შაქრის კრისტალის წყალში გახსნის შემთხვევაში ისინი ხსნარში გადადიან, შესაძლებელია ასევე მიკროკრისტალების სახით (მცირე ხსნადობით), როდესაც შაქრიანი სიროფების დამზადების დროს სიროფი ნაკლებამჭვირვალეა.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Науменко В.Д, Науменко И.В., Науменко А.В. Производство извести, известкового молока и сатурационного газа на сахарных заводах. Киев, 2004

2. Инструкция по химико-технологическому контролю и учету сахарного производства. Киев – 1983 (с. 144).
3. Инструкция по ведению технологического процесса свеклосахарного производства. Москва 1985 (с. 312).
4. სამაგისტრო ნაშრომი: ოსაძე ლელა, „წვენის სისუფთავის გავლენა საქაროზის კრისტალიზაციაზე“ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 0175, საქართველო, ივნისი 2016
5. McGinnis R.A., Beet-Sugar Technology, New York, 1951
6. Навстречу вызову 2017г.: Ионнообменные технологии умягчения сока в свеклосахарном производстве. Марлен Бейерле, Франсуа Руссе, Николая-Жулиан Хилболд. «Сахар и свекла» 2/2015.

### HOW THE QUALITY OF LIME MILK EFFECTS THE SUGAR TECHNOLOGY

Teimuraz Rukhadze, Lela Osadze\*  
*Georgian Technical University,*  
*\*Agara Sugar Company*

#### SUMMARY

Milk of lime is used in the production of sugar for cleaning sweet juices and its quality mainly is characterized by the density, usually determined by weight method. Also in the enterprise the densitometry method is applied for better efficiency of the process of production. Results of the density calculated by weight method and densitometry method are not similar for most of the cases in 2015-2016 season at the Agara Sugar Company. In such cases technological indices of the syrup and granulometric indices were significantly deviated from the norm. To maintain technological indices in the process of production it is necessary to control density of the lime milk by both methods, and the less is the difference between the indicators of the density calculated by two distinct methods, the better technological parameters will be maintained in the process of sugar production.

### ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ИЗВЕСТКОВОГО МОЛОКА НА ТЕХНОЛОГИЮ САХАРА

Теймураз Рухадзе, Лела Осадзе\*  
*Грузинский Технический Университет,*  
*\*Агарская сахарная компания*

#### РЕЗЮМЕ

Для очистки соков и сиропов в сахарном производстве применяется известковое молоко, одним из основных показателя качества которого является её плотность, определяемая весовым методом, а для оперативного определения на производстве – денсиметрическим методом. В Агарской сахарной компании, в производственный сезон 2015-16 годов, показатели плотности известкового молока, определенные весовым и денсиметрическим методом, часто не совпадали, при этом технологические показатели сиропов и гранулометрические показатели сахара песка отклонялись от нормы. Показано, что при соблюдении всех технологических показателей в производстве сахара, нужно контролировать плотность известкового молока двумя методами: весовым и денсиметрическим, и чем меньше будет разница между этими показателями, тем качественней будет известковое молоко для очистки сиропов и производство сахара в целом.

## ქიმიური ტექნოლოგია

## საკონსტრუქციო ფოლადების ანოდური დაცვა გოგირდმჟავას შემცველ ტექნოლოგიურ ხსნარებში

ლია ახვლედიანი, მანანა მიქაბერიძე, დალი რამაზაშვილი  
ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

სამუშაოში წარმოდგენილია ფოლადების კოროზიულ-ელექტროქიმიური გამოცდების შედეგები კაპროლაქტამის საწარმოო ხსნარებში, განსაზღვრულია ანოდური ელექტროქიმიური დაცვის ძირითადი პარამეტრები. დადგენილია შესაძლებლობა კაპროლაქტამის წარმოებაში კონსტრუქციულ მასალებად გამოყენებული იქნას ნიკელით ეკონომიურად ლეგირებული ქრომნიკელიანი 12X18H10T, 08X22H6T და ქრომმანგანუმიანი 08X25Г15С, 10X14АГ15MC, 10X14АГ15 მარკის ფოლადები ანოდური ელექტროქიმიური დაცვით. სამუშაო მიზნად ისახავდა ისეთი ლითონური მასალების შერჩევას, რომლებიც ანოდური დაცვის გამოყენებით მეტ ეკონომიკურ ეფექტს მოუტანს წარმოებას

ანოდური ელექტროქიმიური დაცვის მეთოდი ეფუძნება ლითონის აქტიური გახსნის მდგომარეობიდან პასიურ მდგომარეობაში გადაყვანას და მის შენარჩუნებას ელექტროდენის გატარებით სპეციალური მარეგულირებელი დენის წყაროს მეშვეობით. ანოდური დენი აჩქარებს პასივაციას, იწვევს მის შენარჩუნებას ხანგრძლივი დროის განმავლობაში და იძლევა პასივირების ოპტიმალური პირობების შერჩევის საშუალებას. გარკვეულ ზღვრებში პოტენციალის შენარჩუნება, ანუ მდგრადი პასივაცია, შესაძლებელია პერიოდული ან უწყვეტი პოლარიზაციით. ანოდური ელექტროქიმიური დაცვა ამარტივებს საწარმოო პროცესების ავტომატიზაციას, ამცირებს ტექნოლოგიური ხსნარის დაბინძურებას, რაც განაპირობებს საბოლოო პროდუქტის ხარისხის ამაღლებას, იძლევა საშუალებას მაღალლეგირებული ლითონური მასალები შეიცვალოს ეკონომიურად ლეგირებული ნაკლებფასიანი ფოლადებით [1]. ამის გამო ეს მეთოდი დღესაც წარმატებით გამოიყენება მსოფლიოს მაღალგანვითარებული ტექნოლოგიების მქონე ქვეყნების (იაპონია, აშშ, შვედეთი და სხვ.) მსხვილ საწარმოებში.

ანოდური დაცვის გამოსაყენებლად საჭიროა სპეციალური ელექტროქიმიური კვლევების ჩატარება დაცვის ეფექტურობის და ეკონომიკური მიზანშეწონილობის დასადგენად ყოველი კონკრეტული პირობისათვის [2]. კვლევისათვის შერჩეული იყო სისტემა: უჟანგავი ფოლადები – ტექნოლოგიური არე.

კვლევებისათვის გამოყენებული იყო სხვადასხვა სტრუქტურის და მარკის ფოლადები:

- ქრომნიკელიანი აუსტენიტური, აუსტენიტურ – ფერიტული, მარტენსიტული და მარტენსიტო – ფერიტული ფოლადები 12X18H10T, 08X22H6T, 09X17H4B, 14X17H2;
- ფერიტული კლასის ქრომიანი ფოლადები – 15X25T, 08X17T.
- ამ ფოლადებთან ერთად გამოსაცდელად ჩართული იყო მეტალურგიის ინსტიტუტში შემუშავებული კოროზიამედეგი ქრომმანგანუმიანი აუსტენიტური და ფერიტულ-აუსტენიტური ფოლადები 10X14АГ15MC, 10X14АГ15, 08X25Г15C.

ყველა ამ აღნიშნული ფოლადების კოროზიული, მექანიკური და ტექნოლოგიური თვისებები იძლევა საშუალებას იმ მოწყობილობების დასამზადებლად, რომლებიც იმუშავებს ანოდური დაცვით.

ფოლადების ელექტროქიმიური კვლევები ჩატარებული იყო ქიმიური ბოჭკოს წარმოებაში გამოყენებული გოგირდმჟავას შემცველ აგრესიულ ტექნოლოგიურ არეებში- ჰოდროქსილამინსულფატის დისულფონატში (“დისოლი”) და ჰიდროქსილამინსულფატში რომელიც მიიღება ამონიუმის ნიტრიტის  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ , ამონიუმის ბისულფატის  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  და გოგირდის ანჰიდრიდის  $\text{SO}_2$ -ის ურთიერთქმედების შედეგად მჟავა არეში (70-100გრ/ლ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  –ზე გათვლით) 105-110 $^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე.

ელექტროქიმიური კვლევები ხორციელდებოდა П-5848 პოტენციოსტატის მეშვეობით. გაზომვებისათვის გამოყენებული იყო თერმოსტატირებული ჭურჭელი ЯСЗ-210 შედარების ელექტროდი იყო ქლორვერცხლის ელექტროდი, დამხმარე იყო პლატინის ელექტროდი. საკვლევი ელექტროდი 0,25

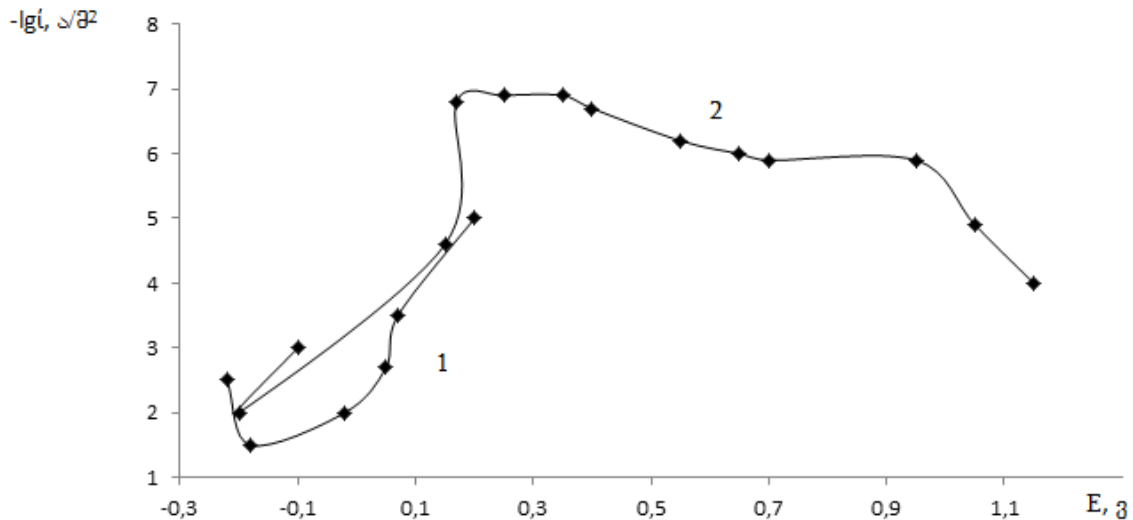
სმ<sup>2</sup> ფართობის სამუშაო ზედაპირით გაზომვის წინ გულდასმით პრიალდებოდა და იწმინდებოდა აცეტონით.

პოტენციოსტატური მრუდები იძლევა საშუალებას განისაზღვროს ოპტიმალური პირობები, რომელიც აუცილებელია ლითონის სტაბილურ პასიურ მდგომარეობაში შენარჩუნებისათვის.

პოტენციოდინამიკური მრუდების მიხედვით, რომლებიც გადაღებული იყო კოროზიის პოტენციალიდან 1,44 ვ/სთ სიჩქარით, განისაზღვრებოდა პასივაციის კრიტიკული დენის სიმკვრივე და პასიური უბნის საზღვრები. პასიური უბნის პოტენციალების არეში პოტენციალის თანმიმდევრული გადაადგილებით - 0,1 ვოლტით, გადაღებული იყო სტაციონალური პოლარიზაციული მრუდები. თითოეული ნიმუშის პოტენციალის ყოველ მნიშვნელობაზე 1 საათის დაყოვნებით მიიღწეოდა მაპოლარიზებელი დენის სტაციონარობა. დადგენილია, რომ ამ პირობის დაცვა საკმარისია ანოდური გახსნის დენების კარგი თანხვედრისათვის როგორც ლაბორატორიული გამოცდებისათვის განსაზღვრული ნიმუშებისათვის, ასევე საწარმოო კონსტრუქციებისათვისაც [3,4].

ფოლადების ნიმუშები ზომით 30×20×3 მმ საწარმოო ხსნრებში გამოიცდებოდა 5000 საათის განმავლობაში. ზედაპირის სათანადო დამუშავების შემდეგ ხდებოდა ნიმუშების მოქმედ აპარატებში მჭავაგამძლე ფტოროპლასტი - 4-ის ზონარით ჩაკიდება. ცდის დასრულების და მონაცემების დამუშავების შემდეგ განისაზღვრებოდა კოროზიის საშუალო სიჩქარე  $K, გრ/მ^2$  სთ და კოროზიის სიღრმული მაჩვენებელი  $\Pi$  მმ/წლ.

ჰიდროქსილამინსულფატის ხსნარში 40<sup>0</sup>C ტემპერატურაზე ფოლად 12X18H10T კოროზიის პოტენციალი შეადგენს 0,21 ვ. კოროზიის სიჩქარე ტოლია 1,8 გ/მ<sup>2</sup>სთ. 0,05 - 0,15 ვ. პოტენციალებზე მიიღწევა პასივობა. მდგრადი პასივობის უბანი საკმაოდ დიდია 0,15 - 1,00 ვოლტამდე. ფოლადი 08X22H6T-ს პოტენციოდინამიკური მრუდი უმნიშვნელოდ განსხვავდება 12X18H10T -სგან. ორივე ფოლადის კოროზიის სიჩქარე პასიურ უბნებში არ აღემატება 0,01 გ/მ<sup>2</sup>სთ. (სურ. 1.).



სურ. 1. ფოლადების 08X22H6T-1 და 12X18H10T-2 ანოდური პოტენციოსტატური მრუდები ჰიდროქსილამინსულფატის ხსნარში 40<sup>0</sup>C ტემპერატურაზე

100<sup>0</sup>C ტემპერატურაზე ფოლად 10X18H10T-ს კოროზიის პოტენციალი ტოლია -0,15ვ. კოროზიის სიჩქარე დაცვის გარეშე შეადგენს დაახლოებით 22გ/მ<sup>2</sup>სთ. ფოლად 12X18H10T-ს კოროზიის სიჩქარე ჰიდროქსილამინსულფატში და ანოდური დაცვის ეფექტურობა მოცემულია ცხრილში 1.

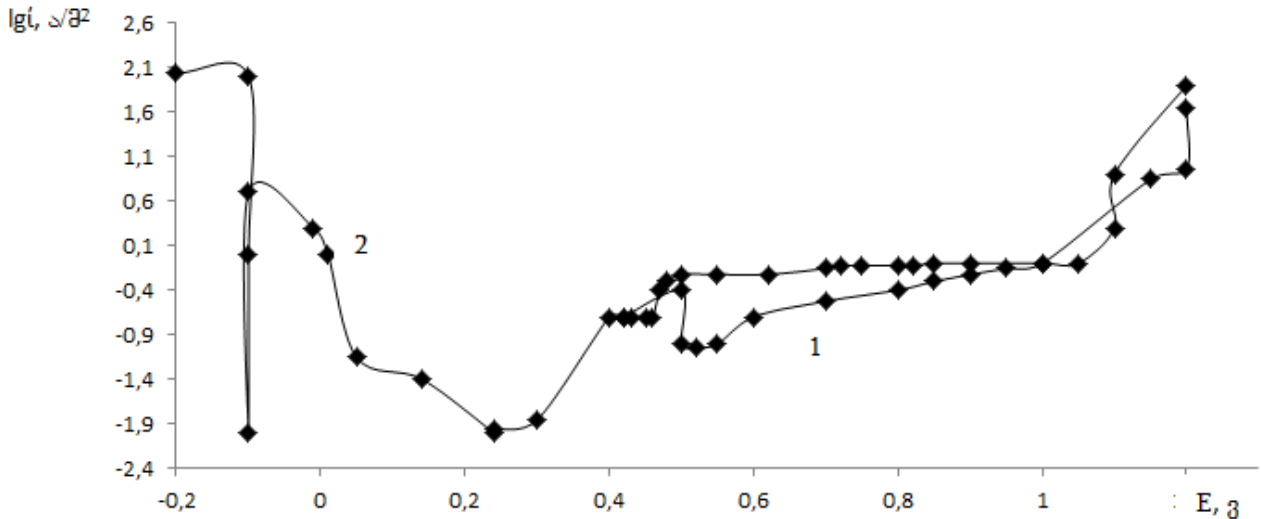
ცხრილი 1. ფოლად 12X18H10T –ს ანოდური დაცვის ეფექტურობა ჰიდროქსილამინსულფატში

| ტემპერატურა, <sup>0</sup> C | კოროზიის სიჩქარე, K გრ/მ <sup>2</sup> სთ |                | დაცვის ეფექტი, % |
|-----------------------------|--|----------------|------------------|
|                             | დაცვის გარეშე                            | ანოდური დაცვით |                  |
| 40                          | 1.8                                      | 0.009          | 99.5             |
| 100                         | 22                                       | 0.02           | 99.9             |



ფოლადებზე 12X18H10T, 08X22H6T შეიძლება განხორციელდეს ანოდური დაცვა ტემპერატურის 20<sup>0</sup>C - 60<sup>0</sup>C მთელ სამუშაო დიაპაზონში და ტემპერატურის 100<sup>0</sup>C-მდე აწვევისას დამცავი ფურჩი არ იქნება დარღვეული. არსებობს პოტენციალების ფართო ინტერვალი (0,15 – 1,0 ვ), რომელშიც ლითონების კოროზიის სიჩქარე არ აღემატება 0,01 გრ/მ<sup>2</sup>სთ, 60<sup>0</sup>C ტემპერატურამდე.

გამოსაცდელი ქრომანგანუმიანი ფოლადისათვის 10X14AF15MC ჰიდროქსილამინსულფატის ხსნარი მეტად აგრესიული აღმოჩნდა ცდის დასაწყისში. ნიმუშები იხსნებოდა დიდი სიჩქარით 10 გრ/მ<sup>2</sup>სთ. გარკვეული დროის შემდეგ შეიმჩნეოდა პასივაციის პროცესი, მაგრამ შენარჩუნებული იყო კოროზია შესამჩნევ ზღვრებში 0.5-0.7 გრ/მ<sup>2</sup>სთ. რაც შეეხება ფოლად 10X14AF15 -ს ნიმუშები 8 საათის განმავლობაში მთლიანად გაიხსნა (სურ. 2).



სურ. 2. ფოლად 10 X14AF15 MC -1 და 10 X14AF15 -2 პოტენციოდინამიკური ანოდური მრუდები ჰიდროქსილამინსულფატის ხსნარში 80<sup>0</sup>C ტემპერატურაზე

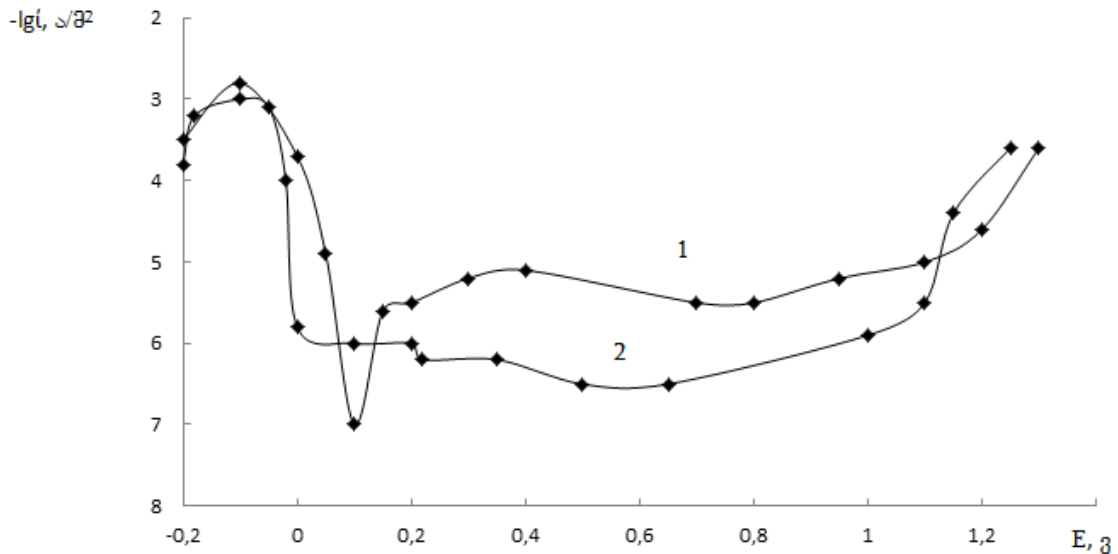
“დისოლი“-ს ხსნარში 10X18H12M3T, 12X18H10T, 10X14AF15MC ფოლადების კოროზიის პოტენციალები აქტიური გახსნის უბანშია – 0,3ვ, -0,22 ვ, -0,23ვ. შესაბამისად. ასეთ მდგომარეობაში კოროზიის სიჩქარე აღემატება 1,02 გ/მ<sup>2</sup>სთ. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ხსნარის აგრესიულობა იმატებს. მუდმივად განახლებადი “დისოლი“-ს ხსნარში 100<sup>0</sup>C-ზე ფოლადები 10X18H12M3T, 12X18H10T უკვე 200-300 გ/მ<sup>2</sup>სთ სიჩქარით იხსნებიან. ფოლადების გახსნის სიჩქარე შეიძლება შენელებული იყოს ელექტროდის ანოდური პოლარიზებით: ფოლად 10X14AF15MC-სთვის 10 ამპ/მ<sup>2</sup> დენის სიმკვრივით, ხოლო ფოლად 10X18H12M3T და 12X18H10T-სთვის – 20 ამპ/მ<sup>2</sup> დენის სიმკვრივით (სურ. 3).

პასიური მდგომარეობის შენარჩუნება პოტენციალების მდგრად უბანში (0,2 – 0,95 ვ) ხორციელდება ~10<sup>-2</sup>ა/მ<sup>2</sup> დენის საშუალებით. ამ დროს “დისოლი“-ს ხსნარში ნიმუშების გახსნის სიჩქარეა ~0,05 გ/მ<sup>2</sup> სთ. მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ანოდური დაცვის გამოყენებისას “დისოლი“-ს ხსნარში ფოლადების 10X14AF15, 10X18H12M3T, 12X18H10T კოროზიის სიჩქარე ტექნოლოგიურ ტემპერატურებზე არ აღემატება მილიმეტრის მეასედ ნაწილს წელიწადში.

ფოლადების 12X18H10T, 10X14AF15MC კოროზია 64% გოგირდმჟავას შემკრებში (t = 40 – 50<sup>0</sup>C) თავისებური ხასიათისაა. ცდის დასაწყისში მათი გახსნის სიჩქარეა შესაბამისად 1,5 და 0,57 გ/მ<sup>2</sup>სთ, 800 საათიანი გამოცდებისას ეცემა 0,09-0,1 გ/მ<sup>2</sup>სთ-მდე, რის შემდეგ კვლავ იზრდება მათი კოროზიის სიჩქარე.

კოროზიული დანაკარგები შესაძლებელია მნიშვნელოვნად იქნას შემცირებული ანოდური დაცვით შემდეგი პარამეტრების გამოყენებით:  $i_{კრ} = 10 - 10^2$  ამპ/მ<sup>2</sup>, პოტენციალების მდგრადი უბანია 0,4-0,9ვ., დამცავი დენის სიმკვრივე ტოლია 10<sup>-2</sup> – 10<sup>-3</sup>ამპ/მ<sup>2</sup>.





სურ. 3. ფოლად 10 X14AG15 MC პოლარიზაციული მრუდები “დისოლის”-ის ხსნარში 80<sup>0</sup> C ტემპერატურაზე: 1- დინამიკური, 2- სტაციონალური

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

20. Кузуб В.С. Анодная защита металлов от коррозии. М. Химия, 1983, 138 с.
21. Н. Экилик . Электрохимические методы защиты металлов. Методическое пособие по спецкурсу. Министерство образования РФ, Ростовский государственный университет. Ростов-на Дону 2004 г.
22. Иоссель Ю.Я., Кленов Т.Э. Математические методы расчёта электрохимической коррозии и защиты металлов. М. металлургия, 1984, 185 с. 51
23. Фрейман Л.И., Макаров В.А., Брыксин И.Е. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите. Л. 1972, 152 с.

### ANODIC PROTECTION OF CONSTRUCTIONAL STEELS IN SULFURIC ACID TECHNOLOGY SOLUTIONS

Lia Akhvlediani, Manana Mikaberidze, Dali Ramazashvili  
*Ferdinand Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science*

#### SUMMARY

Results of electrochemical and corrosion researches of some steels in production of caprolactam are shown. Main parameters of anodic electrochemical protection have been defined. The possibility of application sparingly alloyed nickel chrome-nickel steels (12X18H10T, 08X22H6T) and chrome-manganese steels (08H25Г15С, 10X14AG15MC, 10X14AG15) as construction materials with the use of electrochemical anodic protection is proved.

### АНОДНАЯ ЗАЩИТА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ В СЕРНОКИСЛЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРАХ

Л.Ахвледиани, М.Микаберидзе, Д.Рамазашвили  
*Институт металлургии и материаловедения им. Фердинанда Тавадзе*

#### РЕЗЮМЕ

Приведены результаты коррозионно-электрохимических исследований ряда сталей в производственных средах капролактама. Определены основные параметры анодной электрохимической защиты. Установлена возможность применения в качестве конструкционных материалов экономнолегированных по никелю хромоникелевых - 12X18H10T, 08X22H6T и хромомарганцевых 08X25Г15С, 10X14AG15MC, 10X14AG15 сталей с применением электрохимической анодной защиты.

## ქიმიური ტექნოლოგია

ულტრაბგერითი და ელექტროლიზური ექსტრაქციის მეთოდით  
სტევიას მშრალი ექსტრაქტის მიღება

გიორგი კანდელაკი, მანანა ბუზარიაშვილი, მირანდა ხაჩიძე

*ივ.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი*

ექსტრაქციის გამოსავლიანობის გაზრდისა და პროცესის ოპტიმიზაციისთვის გამოყენებული იქნა ულტრაბგერითი და ელექტროლიზური ექსტრაქცია. ნედლეულად შეირჩა ერთწლიანი სტევიას ფოთლები(სოფ. შუხუთი, გურია), ხოლო ექსტრაგენტად -წყალი. მიღებული მშრალი ექსტრაქტი არის თეთრი-მონაცისფრო ფერის. გამოსავალი ნედლეულის მშრალ მასაზე გადაანგარიშებით 8.23%-ია. ქრომატოგრაფიული ანალიზის მიხედვით სტევიას მშრალი ექსტრაქტი შეიცავს 85.2% სტევიოზიდს და 2.5% რუბოდიოზიდს.

დიაბეტით დაავადებულთა რიცხვი მთელს მსოფლიოში და მათ შორის საქართველოშიც ძალზე დიდია და ამას ყოველწლიურად ახლადგამოვლენილი პაციენტები ემატება. ამ ფაქტმა და დიეტოლოგების მოთხოვნამ დაბალკალორიულ ბუნებრივ დამატკობლებზე გამოიწვია მზარდი ინტერესი. ასეთ მცენარეულ დამატკობლებს წარმოადგენს-სტევიას (**ლათ. Stevia Rebaudiana**). ეს ბალახი ოდიტგანვე ფართოდ გამოიყენებოდა ინდიელთა ტომების მიერ როგორც სამკურნალო და საკვები დამატკობელი. სტევიას ბუნებრივად იზრდება პარაგვაის და ბრაზილიის გარკვეულ რეგიონებში. მისი კულტივირება და გავრცელება მოხდა მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში, მათ შორის საქართველოშიც. სტევიას მშრალი ფოთლები 30-50-ჯერ , ხოლო მცენარიდან გამოყოფილი გლიკოზიდები 50-450-ჯერ უფრო ტკბილია შაქართან შედარებით, რაც დამოკიდებულია მშრალი ექსტრაქტის შემადგენლობაზე და სისუფთავის ხარისხზე.

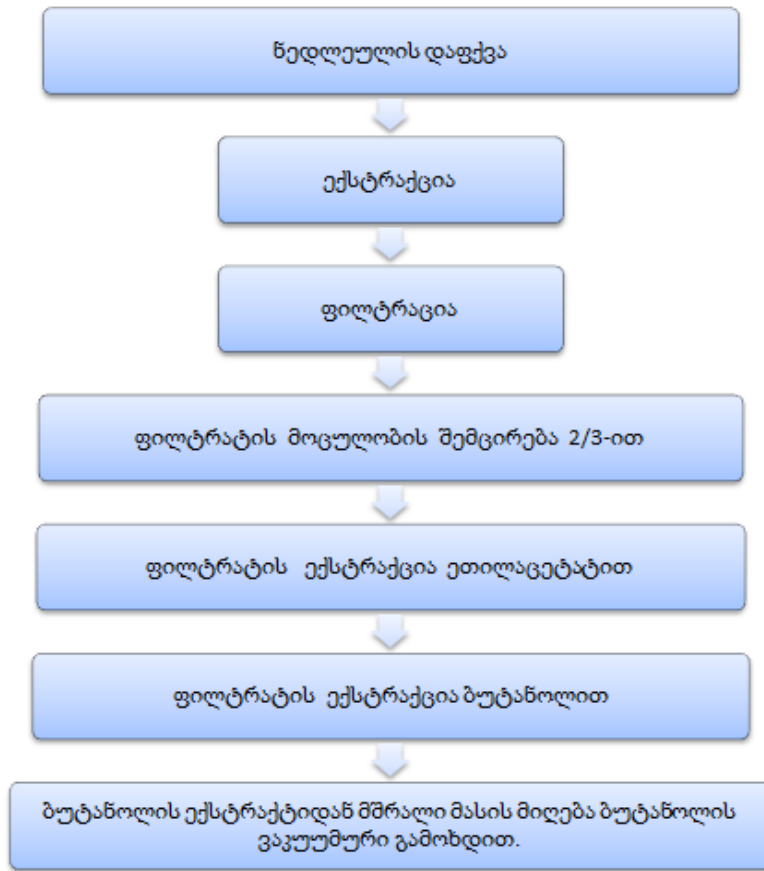
სტევიას უპირატესობა არის ის, რომ ის არატოქსიკურია, განსხვავებით სინთეტიკური დამატკობლებისაგან. მას აქვს კარგი გემო, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დიაბეტით დაავადებულთათვის და მათთვის, ვისაც წონაში დაკლება სურს. არის ძალიან ტკბილი, აქვს დაბალი ენერგეტიკული ღირებულება, უძლებს მაღალ ტემპერატურას, ადვილად იხსნება წყალში და ორგანიზმის მიერ მოიხმარება ინსულინის გარეშე. ამიტომ არეგულირებს სისხლში შაქრის რაოდენობას და სამკურნალო საშუალებაა დიაბეტით დაავადებულთათვის.

პრაქტიკაში ძირითადად მოიხმარება მშრალი ექსტრაქტი. მისი ხარისხი დამოკიდებულია მცენარის ფოთლების შემცველობაზე, რაზეც ზეგავლენას ახდენს გარემო პირობები: ტემპერატურა, დღის სინათლის ხანგრძლივობა ზრდისა და მოსავლის აღების პერიოდში [7]. ბაზარზე არსებული მონაცემების მიხედვით [7-8] გასაყიდი პროდუქტი შეიცავს არანაკლებ 80% ორ ძირითადას და ორ მეორე ხარისხის გლიკოზიდს ჯამურად ან არანაკლებ 70-75% სტევიოზიდს და რეზუდუოზიდ-A-ს ჯამურად. მცირე შემცველობის მიუხედავად, რეზუდუოზიდი C და დუკლოზიდი განაპირობებენ მშრალი ექსტრაქტის სიტკბოს მომყოლ მწარე გემოს. სტევიას მშრალ ექსტრაქტში მათი შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 5-7%-ს. *მემბრანული ფილტრაციის სპეციალური ტექნოლოგიის გამოყენებით* შესაძლებელია მათი შემცველობა შემცირდეს 0,2%-მდე [8] (ცხრილი 1).

მშრალი ექსტრაქტის მისაღებად ექსტრაგენტად გამოიყენება უპირატესად წყალი [1-5] ან სპირტი [6]. ექსტრაქციის მეთოდად იყენებენ მაცერაციას და შემდგომ თერმულ ექსტრაქციას[1] ან თერმულ ექსტრაქციას [2-5]. თანდათანობით უფრო პერსპექტიული ხდება ულტრაბგერითი ექსტრაქცია[9-10].

საქართველოში სტევიას მშრალი ექსტრაქტი იწარმოება მცირე რაოდენობით და ისიც დაბალი ხარისხის. გაყიდვაშია უცხოური ნაწარმი. ამიტომ პერსპექტიულია მისი წარმოება. ამისათვის უნდა შემუშავდეს ტექნოლოგია, რომელიც მოგვცემს საშუალებას ექსტრაქციის გამოსავლიანობის გაზრდისა და ოპტიმიზაციის საშუალებით შემცირდეს პროდუქტის თვითღირებულება და გახდეს კონკურენტუნარიანი ხარისხით და ფასით. დასახული მიზნის განსახორციელებლად ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა ულტრაბგერითი ექსტრაქცია და ექსტრაქცია ელექტროლიზის გამოყენებით.

**სტვეას მშრალი ექსტრაქტის მიღების სქემა**



**ცხრილი 1.**

| სასაქონლო კოდი  | აღწერა                             | სტვეილ გლიკოზიდები | Reb-A     | STV      | Reb-C და Dul | სიტკბო შაქართან შედარებით |
|-----------------|------------------------------------|--------------------|-----------|----------|--------------|---------------------------|
| <b>SG98RA98</b> | 98% რეზუდუოზიდი-A                  | 98-98.60%          | 98-98.20% | 0.1-0.6% | 0            | 480 ჯერ მეტი              |
| <b>SG97RA95</b> | 95% რეზუდუოზიდი-A                  | 97-98%             | 95-96%    | 2-3%     | 0.1-0.3%     | 450 ჯერ მეტი              |
| <b>SG95RA90</b> | 90% რეზუდუოზიდი-A                  | 95-96%             | 90-91%    | 5%       | 1%           | 380 ჯერ მეტი              |
| <b>SG95RA80</b> | 80% რეზუდუოზიდი-A                  | 95-96%             | 80-82%    | 10%      | 5%           | 360 ჯერ მეტი              |
| <b>SG90RA60</b> | 60% რეზუდუოზიდი-A                  | 90%                | 57-60%    | 25%      | 5-6%         | 320 ჯერ მეტი              |
| <b>SG90RA50</b> | 50% რეზუდუოზიდი-A                  | 90%                | 50-52%    | 33%      | 6-7%         | 300 ჯერ მეტი              |
| <b>SG85RA40</b> | 40% რეზუდუოზიდი-A                  | 85-87%             | 40-41%    | 38-40%   | 7-8%         | 280 ჯერ მეტი              |
| <b>SG90RA40</b> | 40% რეზუდუოზიდი-A                  | 90-92%             | 40-41%    | 43-45%   | 7-8%         | 280 ჯერ მეტი              |
| <b>SG90RA20</b> | 90% სტვეილ გლიკოზიდები             | 90-92%             | 20-23%    | 57-59%   | 7-8%         | 250 ჯერ მეტი              |
| <b>SG80RA20</b> | 80% სტვეილ გლიკოზიდები             | 80-82%             | 15-18%    | 57-60%   | 9-10%        | 220 ჯერ მეტი              |
| <b>SG95ST90</b> | სტვეილი 90%                        | 95%                | 6%        | 90%      | 1-2%         | 250 ჯერ მეტი              |
| <b>SG95LDAC</b> | სტვეილ გლიკოზიდები სიმწარის გარეშე | 95-96%             | 15-16%    | 80-83%   | 0.2%         | 270 ჯერ მეტი              |

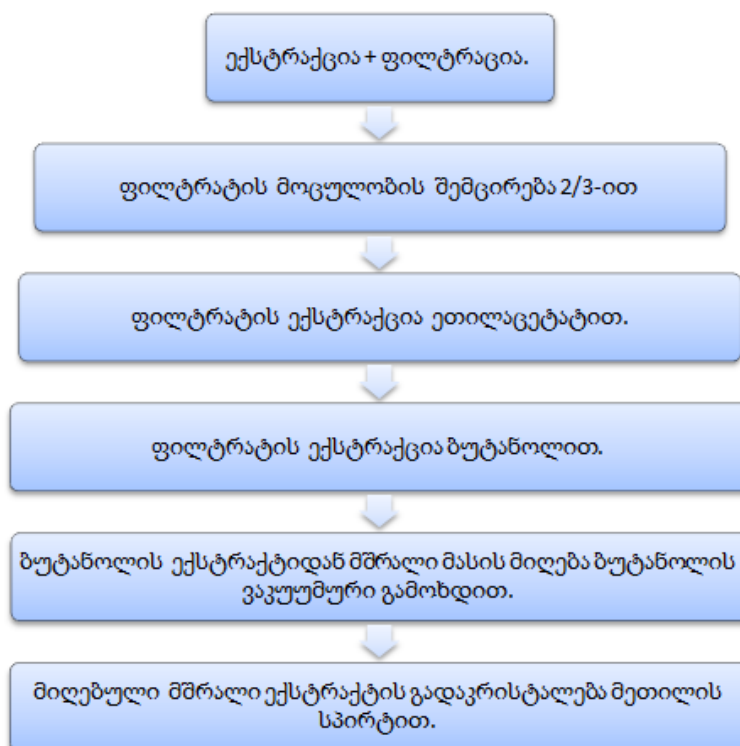
**ექსპერიმენტული ნაწილი**

გამოსაკვლევი ნედლეული ერთწლიანი სტევიას ფოთლებია რტოებითურთ (სოფელი შუხუთი, გურია). ნედლეული დაიფქვა ელექტრონულ წისქვილზე, გამხსნელად გამოყენებული იქნა წყალი, თანაფარდობა ნედლეულსა და ექსტრაგენტს შორის - სტევეა : წყალი / 1 : 10. ექსტრაქციას ვაწარმოებდით ულტრაბგერითი ექსტრაქტორით (მარკა MO-230.00HC), ექსტრაქციის ხანგრძლივობა - 30 წუთი, ტემპერატურა- 20-25°C, სიმძლავრე- 100 ვატი, სიხშირე -100 კილოჰერცი.

მიღებული მშრალი ექსტრაქტის მასა ნედლეულის მშრალ მასაზე გადაანგარიშებით 5%-ია.

**ელექტროლიზური ექსტრაქცია**

ექსტრაქციის ხანგრძლივობა - 180 წუთი, სიმძლავრე -200 ვატი. ამ მეთოდით სტევიას ნედლეული არ მოითხოვს მის წინასწარ დაფქვას და ექსტრაქტის ფილტრაციას, რადგან ექსტრაქციის პროცესის მიმდინარეობისას ხორციელდება ფილტრაციაც. შესაბამისად მშრალი ექსტრაქტის მიღების სქემა ამ შემთხვევაში ასეთია:



მიღებული მშრალი ექსტრაქტი არის თეთრი-მონაცრისფრო ფერის. გამოსავალია 8.23 % ნედლეულის მშრალ მასაზე გადაანგარიშებით.



მონაცემების მიხედვით [7-8] შეესაბამება გასაყიდი პროდუქტის მოთხოვნებს, როგორც შემადგენლობით, ასევე სიტკბოთი.

სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნულ ბიუროში ჩატარებული ქრომატოგრაფიული ანალიზის შედეგებმა აჩვენა, რომ სტევეას მშრალი ექსტრაქტი შეიცავს სტევეოზიდს - 85.2 % და რეზუდუოზიდს - 2.5 %. მიღებულ შედეგებს თუ შევადარებთ ცხრილ-1-ში მოცემულ ინფორმაციას, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ მიღებული მშრალი ექსტრაქტი 220-250 ჯერ უფრო ტკბილია შაქარზე და ბაზარზე არსებული პროდუქტის მოთხოვნებს,

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Лисицин В.Н., Хакимов Х.М. Способ получения экстракта из растения *Stevia rebaudiana bertonii*. Заявка- 20011114770, 01.06.2001. Patent 219.2198548.html.
2. Скороходова М.В., Евдокимов И.А., Бабьенышев С.П., Скороходов А.Г., Будкевич Р.О. Способ получения осветленного экстракта из растения *Stevia rebaudiana bertonii*. Заявка - 2012132917/10. 01.08.2012. <http://www.freepatent.ru/patents/2501329>
3. Ситничук И.Ю., Стрижева Е.Н., Уфремов А.А., Первишина Г.Г. Разработка эффективного способа выделения суммы дитерпеновых гликозидов из *Stevia rebaudiana bertonii*. Химия растительного сырья. 2002. №3 с.73-75
4. Шазо Р.И., Ерашов Л.Д., Павлова Г.Н., Ермоленко Р.С., Алехина Л.А., Артюх Л.В. Способ производства экстракта из растения *Stevia rebaudiana bertonii* для консервирования. <http://www.findpatent.ru/223/2239333/html>
5. Зубцов В.А., Милородова Е.И., Юрова Е.Ю., Рясенский С.С., Осипова Л.Л. Способ получения стевियोзида. патент № 2111969. Дата заявки 08.11.1995
6. Кедик С.А., Станишевский Я.М., Ярцев У.И., Дворянкин Н.А. Метод выделения суммарной фракции дитерпеновых гликозидов из листьев стевии (*Stevia rebaudiana*). Московская государственная академия тонкой химической технологии им.М.В.Ломоносова(МИТХТ). Москва. <http://www.rusnauka.cjm/ESPR-2006/Chimia/4-kedik%20s.a.doc.htm>
7. Wallin Harriet. STEVIOL GLYCOSIDES Chemical and Technical Assessment . The 63<sup>rd</sup> JECFA. © FAO 2004 A.
8. <http://www.chinaadditives.ru/Stevia-Extract.htm>,
9. Abdalbasit Mohammed, Gasmalla A ,Yang Ruijin, Musa Abubakr, Hua Xiao Zhang, Zhang Verbin. Physico- chemical Assessment and Rebaudioside A. Productivity of Natural Sweeteners (*Stevia Rebaudiana Bertoni*) Jour,nal of Food and Nutrition Research, 2014, Vol. 2, No. 5, p.209-214 Available online at <http://pubs.sciepub.com/jfnr/2/5/1> © Science and Education Publishing DOI:10.12691/jfnr-2-5-1
10. Alupului Ani \*, Lavric Vasile .Ultrasound Extraction of Active Principles with Hypoglycaemic Activity from Medicinal Plants. University Politehnica of Bucharest, Chemical Engineering Department RO-011061, Polizu 1-7, Bucharest, Romania \*alupului\_ani@yahoo.com

**RECEIVING OF DRY EXTRACTS OF STEVIA BY USING ULTRASONIC AND ELECTROLISYS EXTRACTION METHODS**

Giorgi Kandelaki, Manana Buzariashvili, Miranda Khachidze

*Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry at Iv.Javakhishvili State University***SUMMARY**

Ultrasonic and electrolyze extraction methods were used for optimization extraction conditions and increasing yield of *Stevia* dry extract. One –year leaves with branches (*Shukhuti/Guria*) were used as a raw material and water- as a solvent. Yield of white- grey powder is 8.23%. HPLC analysis showed that dry extract contains 85.2% steviozide and 2.5% rebavudiozide.

**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СУХОГО ЭКСТРАКТА СТЕВИИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ И ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ ЭКСТРАКЦИЕЙ**

გიორგი კანდელაკი, მანანა ბუზარიაშვილი, მირანდა ხაჩიძე

*ინსტიტუტ ფიზიკური და ორგანიკური ქიმიის იმ.პ.გ.მელიქიშვილი თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი იმ. ივ.ჯავახიშვილი***РЕЗЮМЕ**

С целью оптимизации процесса и увеличения выхода сухого экстракта стевии был применен метод ультразвуковой и электролизной экстракции. В качестве экстрагента использовали воду, а сырья – высушенную надземную часть годичной стевии (село Шухути, Гурия). Полученный сухой экстракт - бело-серого цвета, выход - 8.23 % в пересчете на массу исходного сырья. По данным хроматографического анализа (HPLC), полученный сухой экстракт содержит 85.2 % стевियोзида и 2.5 % ребаудиозида.

## ქიმიური ტექნოლოგია

## სახის კანის გამწმენდი კოსმეტიკური რძე

ხათუნა ნოზაძე, დავით ჯინჭარაძე, ლიანა ებანოიძე, ნანა ბოკუჩავა  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

პირველად მიღებულია სახის გამწმენდი კოსმეტიკური რძე სოიას რძის გამოყენებით, რომელიც აცილებს მტვერს, ტალახს და ნიღაბის ნარჩენებს. კოსმეტიკური რძის შედგენილობაში სოიას რძე გამოიყენება როგორც ემულგატორი, სტაბილიზატორი, ემოლენტი. იგი ცვლის გლიცერინს, ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებას (ზან), ემულსიურ ცვილს და სხვა. სოიას რძე აღადგენს ეპიდერმისის ბარიერს და აკავებს სინესტეს კანზე. გააჩნია გამოხატული მარეგენერირებელი მოქმედება.

სახის კანის გამწმენდი კრემები და კოსმეტიკური რძე წარმოადგენს კანის გაწმენდის ყველაზე გავრცელებულ საშუალებას. კოსმეტიკური რძე ძალიან ფრთხილად, ბამბის ტამპონის გამოყენებით, აცილებს მტვერს, ტალახს და ნიღაბის ნარჩენებს. მშრალი ან ადვილად გასაღიზიანებელი კანისთვის, გაფართოებული სისხლძარღვების არსებობისას, ასევე დაბანის შემდეგ კანის წვისას და დაჭიმვისას საპნიანი წყლით დაბანა არ არის რეკომენდებული. ასეთ შემთხვევებში კანის გასაწმენდად აუცილებელია გამწმენდი კრემების, ან კოსმეტიკური რძის გამოყენება. რაც უფრო მშრალია კანი, მით უფრო საჭიროებს გაწმენდას.

გამწმენდი კრემები სუფთა წყლით არ ჩამოიბანება, ხოლო კოსმეტიკური რძე ჩამოიბანება წყლით, მხოლოდ აუცილებელია ოთახის ტემპერატურის წყლის გამოყენება, რომელშიც დასველებულია ბამბის ტამპონი [1].

კოსმეტიკური რძის სახეობას მიეკუთვნება გამწმენდი ჟელე, რომელიც განსხვავდება ცხიმის დაბალი შემცველობით. ხშირად ჟელე შეიცავს სხვადასხვა ანტიესპტიკურ ნივთიერებებს, ამიტომ მისი გამოყენება ჭუჭყიანი კანისათვის შეიძლება იმ შემთხვევაში, როცა სახის კანი ფერისმკაშელებიანია.

მსოფლიოს ბაზრის ანალოგიური პროდუქტების კვლევების შედეგებში ნაპოვნია ზოგიერთი ინფორმაცია, ძირითადად რეკლამური და საპანტენტო ხასიათის, რომელიც შეიცავს სოიასან ლეციტინს. დანარჩენი კომპონენტები კრემებში, როგორც წესი, ნაკლებად მისაწვდომია. ამიტომ ჩვენ დავაყენეთ მიზნად ისეთი რეცეპტურის შედგენა, რომელიც სრულად იქნება რეალიზირებული ჩვენს პირობებში.

ჩვენს მიერ მიღებულია სახის გამწმენდი კოსმეტიკური რძე სოიას რძის გამოყენებით.

კოსმეტიკური რძის შედგენილობაში სოიას რძე გამოიყენება როგორც ემულგატორი, სტაბილიზატორი, ემოლენტი. რეცეპტურაში იგი ცვლის გლიცერინს, ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებებს (ზან), ემულსიურ ცვილს და ა.შ.

ამავე დროს სოიას რძე, როგორც აქტიური დანამატი, სინერგეტიკულ მოქმედებას ახდენს კოსმეტიკური რძის სამკურნალო და პროფილაქტიკურ თვისებებზე, ანიჭებს მას მატონიზირებელ, დამარბილებელ, დამატენიანებელ, მკვებავ, ანთებსაწინააღმდეგო, ანტიესპტიკურ, სოკოსაწინააღმდეგო, ანტიალერგიულ თვისებებს [2].

სოიას რძემშიშრალი ნივთიერებების მასური წილი - არანაკლებ 10%, სიმკვრივე - არანაკლებ 1020 კგ/მ<sup>3</sup>, მჟავიანობა - არაუმეტეს 15-17<sup>o</sup>T (ტერნერი).

სოიას რძე აღადგენს ეპიდერმისის ბარიერს და აკავებს სინესტეს კანზე. გააჩნია გამოხატული მარეგენერირებელი მოქმედება.

სოიას რძის დასამზადებლად სოიას მარცვლებს ფქვავენ, ცრიან (0,1 მმ საცერში). ერთ ჩაის კოვზ (10 გ) სოიას ფქვილს ამატებენ ერთ ჭიქა (200 მლ) ადუღებულ წყალს. ფუთავენ, აყოვნებენ გაციებამდე, შემდეგ წურავენ ორმაგ დოლბანდის ფენაში.

უშუალოდ სოიას მარცვლების შემთხვევაში, ერთ ჩაის ჭიქა (200 გ) სოიას მარცვალს ამატებენ ერთ ლიტრ (1000 მლ) ადუღებულ წყალს, ფუთავენ, აჩერებენ 4-6 სთ. შეიძლება ნარევის მოთავსება წყლის აბაზანაზე 10-15 წუთი, შემდეგ გადმოდგამენ და აციებენ ოთახის ტემპერატურაზე. ბოლოს ფილტრავენ ორმაგ დოლბანდის ფენაში.

კოსმეტიკური რძის შედგენილობაში ცხიმოვანი ფუძის სახით შეყვანილია სტეარინი - ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავების ნარევი, რომელთა შორის სჭარბობს სტეარინის მჟავა. მიიღება ცხოველური და მცენარეული წარმოშობის ცხიმების დაყოფის შედეგად.

**ცხრილი 1.** სოიას რძის შედგენილობა

| სოიას რძის შედგენილობა |             |            |
|------------------------|-------------|------------|
| მაჩვენებელი            | განზომილება | შემცველობა |
| ცილები                 | %           | 3,3-3,8    |
| ცხიმები                | %           | 1,5-2,3    |
| ნახშირწყლები           | %           | 2,2- 2,5   |
| თიამინი                | მგ/100გ     | 0,19       |
| რიბოფლამინი            | მგ/100გ     | 0,08       |
| ნიაცინი                | მგ/100გ     | 0,18       |
| ვიტამინ B <sub>6</sub> | მგ/100გ     | 0,049      |
| ფოლის მჟავა            | მგ/100გ     | 1,8        |
| კალციუმი               | მგ/100გ     | 5-15       |
| მაგნიუმი               | მგ/100გ     | 20         |
| ნატრიუმი               | მგ/100გ     | 15         |
| კალიუმი                | მგ/100გ     | 45;        |
| რკინა                  | მგ/100გ     | 0,5-0,7    |
| თუთია                  | მგ/100გ     | 0,1        |

კოსმეტიკური მიზნით გამოსაყენებელი სტეარინი გამოხდილია. იგი თეთრი, მსხვილკრისტალური მასაა, მყარი, მსუბუქი სპეციფიურისუნით, ან მოყვითალოა - წვრილკრისტალური. სტეარინის სახე დამოკიდებულია იმაზე, თუ რომელი ნედლეულიდან არის ის გამოყოფილი. იხსნება ცხელ სპირტში, ეთერში, ცხიმებში და ზეთებში. კოსმეტიკაში გამოიყენება კრემების, საპნების, საპარსი კრემების დასამზადებლად, იგი უზრუნველყოფს დამარბილებელ და კანში ადვილად შეღწევადობის უნარს [3].

ცხიმოვანი ემულსიებისა და სტეარინის კრემების დამზადებისას გამოიყენება თეთრი, უსუნო ჰიგროსკოპიული ფხვნილი პოტაში - (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) - კალიუმის კარბონატი 1-5% ხსნარის სახით.

კოსმეტიკური რძის სტაბილიზაციისთვის შერჩეულია სოიას მარცვლებისაგან დამზადებული რძე (თანაფარდობით 1:5).

**ცხრილი 2.** კოსმეტიკური რძის მახასიათებლები გოსტ 29188.0-91 მიხედვით

| მაჩვენებელი    | I                                     | II                                    | III                                   | IV                                    | V                       |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| pH             | 6,3                                   | 6,2                                   | 6,1                                   | 6,3                                   | 6,0                     |
| ფერი           | ღიანაცრისფერი                         | ღია ნაცრისფერი                        | ღია ნაცრისფერი                        | ღია ნაცრისფერი                        | ღია ნაცრისფერი          |
| გარეგნული სახე | ერთგვაროვანი მასა, მინარევების გარეშე | ერთგვაროვანი მასა, მინარევების გარეშე | ერთგვაროვანი მასა, მინარევების გარეშე | ერთგვაროვანი მასა, მინარევების გარეშე | არაერთ-გვაროვანი მასა   |
| სუნი           | სურნელი - გარგარის ზეთი               | სურნელი - გარგარის ზეთი               | სურნელი - გარგარის ზეთი               | სურნელი - გარგარის ზეთი               | სურნელი - გარგარის ზეთი |

პირველ ოთხ ნიმუშს დამატებული აქვს 100 მლ სოიას რძედა ცხრილი 2 მონაცემების თანახმად, მიღებული მაჩვენებლები დასაშვებ ნორმებშია, მხოლოდ მეხუთე შედგენილობა, სადაც სოიას რძის რაოდენობა გაზრდილია (150 მლ-მდე) ნაკლებად პლასტიკურია. ამდენად, სოიას რძის რაოდენობის შემცირებამ ნაწარმში გამოიწვია ემულსიის მდგრადობის დარღვევა, სიბლანტის გაზრდა, ხოლო მისი რაოდენობის გაზრდამ - სიბლანტის ოპტიმალურზე მეტად შემცირება.

**ცხრილი 3.** კოსმეტიკური რძის რეოლოგიური თვისებები

| შედგენილობა | ღენადობის ზღვარი, პა | სიბლანტე, პა | პლასტიკურობის კოეფიციენტი, სმ <sup>-1</sup> |
|-------------|----------------------|--------------|---|
| I           | 260                  | 6,0          | 65  |
| II          | 250                  | 5,7          | 62  |
| III         | 250                  | 5,7          | 62  |
| IV          | 260                  | 5,8          | 64  |
| V           | 210                  | 3,1          | 55  |





სურათი 1. სოიას მარცვლები დაკოსმეტიკური რძე

1. სოიას მარცვლები. 2. კოსმეტიკური რძე

კოსმეტიკური რძის შედგენილობა, მას%

სტეარინი - 9,1

სოიას რძე - 90,7

პოტაში ( $K_2CO_3$ ) - 0,1

სურნელი (გარგარის ზეთი) - 0,1

*გამოყენების წესი.*

ბამბის ტამპონს ასველებენ რძეში და ასუფთავებენ სახის კანს. მიზანშეწონილია სახის კანის გაწმენდა საღამოს, ძილის წინ.

მიღებული დამარბილებელი, დამატენიანებელი, მატონიზირებელი, მკვებავი კოსმეტიკური რძე გამოიცადა მოხალისეებზე. იგი მარტივია დასამზადებლად და მოითხოვს მინიმალურ მატერიალურ დანახარჯს.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Очищающие кремы для лица и туалетное молоко. <https://argo-tema.ru/article-1344.html>
2. И. Краснюк, Г. Михайлова, Е. Чиждова. Лечебно-косметические средства. М:Асадема, 2006. с. 156-157;
3. Ю. Дрибноход. Косметика, косметология. Словарь справочник. Изд-во. „Вес“. Санкт-Петербург, 2002. с. 333;
4. Н.В. Бокучава, Д.Г. Джинчарадзе, Л.О. Эбаноидзе. Использование соевых продуктов в составе косметических средств. Химический журнал Грузии. т.10, №3, Тбилиси, 2010. с. 357-360.

### FACE CLEANSING COSMETIC MILK

Kh.Nozaдзе, D.Jincharadze, I.Ebanoidze, N.Bokuchava

*Georgian Technical University*

### SUMMARY

Face cleansing cosmetic milk for elimination of dust, mud and mask wastes based on a soy milk is obtained. The soy milk is used as an emulsifier, stabilizer, emollient in the cosmetic milk composition. It changes glycerin, surfactants, emulsion wax, etc. Soy milk can restore the epidermal barrier, have moisture retention ability and regenerative action.

### КОСМЕТИЧЕСКОЕ МОЛОКО ДЛЯ ОЧИСТКИ КОЖИ

Х.Г.Нозадзе, Д.Г.Джинчарадзе, Л.О.Эбаноидзе, Н.В.Бокучава

*Грузинский Технический Университет*

### РЕЗЮМЕ

Впервые получено косметическое молоко для очистки кожи лица с применением соевого молока, которое снимает пыль, грязь и остатки маски. В составе косметического молока используется соевое молоко как эмульгатор, стабилизатор, эмолиент. Заменяет глицерин, поверхностно активное вещество (ПАВ), эмульсионный воск и др. Соевое молоко восстанавливает барьер эпидермиса и задерживает влажность на лице. Имеет выраженное регенерирующее действие.



## ქიმიური ტექნოლოგია

## მცენარეული ნედლეულის ნატივური ფორმის შემცველი, სამკურნალო- პროფილაქტიკური კბილის ფხვნილის რეცეპტურის და ტექნოლოგიის შემუშავება

ლ. ჭურამე, პ.იავიჩი, მ.კახეთელიძე, მ. გაბელაია  
თსსუ ი. ქუთათელაძის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტი

სტატიაში განხილულია სამკურნალო მცენარეების ნატივური ფორმის შემცველი სამკურნალო-პროფილაქტიკური კბილის ფხვნილების მიღების საკითხი. შემუშავებულია კბილის ფხვნილების გრანულაციის საკითხი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ჩავატაროთ გრანულაცია კბილის ფხვნილებისა, რომელთა შემადგენლობაში შედის მაღალდისპერსული ცარცი ნაწილაკებს ზომით 2-20 მკრ და წვრილდისპერსული ფრაქცია სამკურნალო მცენარეებისა, რომლებიც შეიცავენ ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერების სხვადასხვა კლასს. მოწოდებულია კბილის ფხვნილების ორი ვარიანტი, რომელთა აქტივობა გამოცდილ იყო ხელოვნურ პროთეზზე. მიღებულმა შედეგმა დაგვანახა ახალი ტიპის კბილის ფხვნილების გამოყენების პერსპექტიულობა. შემუშავებულია კონტენერის კონცტრუქცია მსგავსი კბილის ფხვნილების შესაფუთად.

დღესდღეობით ცარცის შემცველი კბილის ფხვნილები, პირის ღრუს მოვლის საშუალებათა შორის, იმკვიდრებენ თავიანთ ადგილს [1,2]. კბილის ფხვნილების უპირატესობა პასტებთან შედარებით არის ის, რომ კბილის ფხვნილები ეფექტურად ებრძვიან კბილის მთელ რიგ პრობლემებს. კალციუმის კარბონატის მაღალი გამწმენდი თვისების და განსაზღვრული ანტისეპტიკური აქტივობის გათვალისწინებით, ფხვნილი კარგად და სწრაფად წმენდს კბილებს საჭმლის ნარჩენებისაგან, აწესრიგებს მჟავურ-ტუტოვან ბალანსს პირის ღრუში, ებრძვის ანთებით პროცესებს. პასტები მცირედ ეფექტურია და განსაზღვრული ფაქტების გათვალისწინებით ითხოვენ მათ შემადგენლობაში აბრაზიული ელემენტების და ზოგიერთი ანტიბიოტიკის ჩართვას, რომელთა მიმართ შემგუებლობა, შემდგომში ქმნის გარკვეულ სიძნელეებს სხვა ორგანოების მკურნალობისას [3]. მოგვყავს ტიპიური კბილის პასტის შემადგენლობა: ნატრიუმ ლაურილსულფატი აშრობს პირის ღრუს ლორწოვან გარსს, ზრდის ღრძილების მგძნობელობას ალერგენებზე და ისეთ გამაღიზიანებლებზე, როგორცაა საკვები მჟავები. გარდა ამისა ის ძლიერი აბრაზივია, რომლის მოხმარებასაც მივყავართ კბილის მინანქრის ცვეთასთან. ნატრიუმის კოკოსულფატი ეს იგივე ქიმიკატია, რაც ნატრიუმ ლაურილსულფატი, რომელიც დაუმსახურებლად შევიდა ნატურალური კოსმეტიკის ინგრედიენტებში. ამიტომ ვმოქმედებთ ანალოგიურად – ვყიდულობთ პასტებს ამ ინგრედიენტების გარეშე. ფტორის მომეტებულ რაოდენობას მივყავართ კბილის მინანქრის დაშლასთან, სახსრების პრობლემებთან, თირკმელებში ქვების წარმოქმნასთან, ძვლის ტვინის დაშლასთან (ოსტეოპოროზამდე და ძვლის კიბომდეც კი). ზოგიერთი გამოკვლევის თანახმად, ფტორს შეუძლია გამოიწვიოს ტვინის ქსოვილის დაშლა, ალცჰაიმერის მსგავსი დაავადება და ჰეპატოციტების სხვადასხვა ფორმა. ტრიკლოზანი ანტიბიოტიკია. ანტიბიოტიკს უმატებენ კბილის პასტას მიკრობების განადგურების მიზნით. პრობლემას წარმოადგენს ის, რომ ამ დროს იღუპებიან არა მარტო მავნე ბაქტერიები, არამედ სასარგებლო მიკროორგანიზმებიც, რომლებიც არსებობენ პირის ღრუში და წარმოადგენენ ორგანიზმის განუყოფელ ნაწილს. სასარგებლო ბაქტერიების ცხოველმყოფლობის პროცესში გამოიყოფა ნივთიერებები, რომლებიც აფერხებენ მავნე მიკროორგანიზმების ზრდას და გამრავლებას: სტაფილოკოკები, ნაწლავის ჩხირები და სხვა. დროთა განმავლობაში სასარგებლო მიკროფლორა ისე ძლიერად სუსტდება, რომ უკვე ანტიბიოტიკების გარეშე ვერ უმკლავდება თავის მთავარ ამოცანას – არ გაატაროს მავნე ბაქტერიები შემდგომ ორგანიზმში. ამას მივყავართ დისბაქტერიოზამდე. ალუმინის ლაქტატი კარგად შეიწოვება და ილექება ორგანიზმში – ძვლებში, ღვიძლში, ფარისებრ ჯირკვალში და რაც მთავარია – ტვინში. ამას მივყავართ ტვინის ზოგიერთი უჯრედის დეგენერაციამდე და საბოლოო ჯამში – ავადმყოფობამდე – მეხსიერების გაუარესებამდე, მამოძრავებელი ფუნქციის მოშლამდე, ალცჰაიმერის დაავადებამდე და ტვინთან დაკავშირებულ სხვა დაავადებებამდე. გარდა ამისა, ალუმინის მარილების სიჭარბე ხელს უშლის კალციუმის შეკავებას ორგანიზმში, აფერხებს ჰემოგლობინის სინთეზს, ამცირებს ფოსფორის და სხვა მიკროელემენტების შეთვისებას.

კბილის ფხვნილებში სამკურნალო მცენარეების ნატივური ფორმის ჩართვა საშუალებას გვაძლევს, გარკვეულწილად ავამაღლოთ მათი აქტიურობა კბილების, ღრძილების და პირის ღრუს სხვა

დაავადების მიმართ [4,5]. ერთერთი ანალოგიური ვარიანტია – სამკურნალო მცენარეების ნატივური ფორმის ჩართვა, რომელიც გამოყენებულ იყო მოცემული სამუშაოს შესრულებისას. ამასთან, ამ შემთხვევაში, კბილის ფხვნილის მსგავსი რეცეპტურა საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ ის აპლიკაციის სახითაც. კბილის ფხვნილების არსებული ფორმის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს მათი შეფუთვა ფართოყელიან მუყაოს კოლოფებში. ოჯახის წევრების მიერ ერთი შეფუთვის გამოყენებისას იზრდება კბილის ფხვნილების მიკრობული ფლორით დაბინძურების საშიშროება, ამიტომ მწვავედ დგას სხვა სახის კბილის ფხვნილების შეფუთვის საკითხი, რომლის გადაწყვეტაც საშუალებას მოგვცემს თავიდან ავიცილოთ კბილის ჯაგრისის უშუალო კონტაქტი ფხვნილის მთელ მასასთან. ერთერთ ვარიანტს წარმოადგენს პროდუქტის მიღება გრანულების სახით და მისი შეფუთვა განსაზღვრული კონსტრუქციის კონტეინერებში.

აღნიშნულ სამუშაოებში გამოყენებულ იყო მაღალი დისპერსიულობის ცარცი-ფირმა Carbonate de calcium Espira de L'Agly-Erance, რომელშიც ნაწილაკთა ზომა შეადგენდა 2-20 მკრ. წინასწარ ჩატარებული ექსპერიმენტების გათვალისწინებით კბილის ფხვნილში ცარცისა და მცენარეთა ნარევის შეფარდება შეადგენდა 5:1; ლიტერატურული მონაცემებიდან გამომდინარე, გრანულაციის ჩასატარებლად შემაკავშირებელ კომპონენტებად გამოყენებული გვექონდა 2% ნატრიუმ კარბოქსილმეთილცელულოზის, სახამებლის, ჟელატინის წყლიანი ხსნარები და 95%-იანი ეთილის სპირტი საჭირო რაოდენობით. მიღებული ნიმუშების შესასწავლად, საკონტროლო პარამეტრების სახით გამოყენებულ იყო სიფხვიერის, ბუნებრივი გადახრის კუთხის, ჩაყრითი მასის და მოცულობითი სიმკვრივის განსაზღვრა (ცხრილები 1- 4).

კბილის ფხვნილის გრანულების სტრუქტურულ-მექანიკური მაჩვენებლები

**ცხრილი 1.** ნატრიუმ კარბოქსილმეთილცელულოზის 2% ხსნარის გამოყენება

| №   | მცენარეთა დასახელება             | სიფხვიერე<br>Wm<br>გ/სმ <sup>2</sup> წმ | ბუნებრივი<br>გადახრის<br>კუთხე ° | ჩაყრითი<br>მასა<br>P გ/სმ <sup>3</sup> | მოცულობ<br>ითი<br>სიმკვრივე<br>Q გ/სმ <sup>3</sup> |
|-----|----------------------------------|---|----------------------------------|--|--|
| 1.  | სალბი, დაფნა, გვირილა            | 8,85                                    | 30-40                            | 0,42                                   | 0,46   |
| 2.  | პიტნა, გვირილა, დაფნა            | 8,85                                    | „                                | 0,42                                   | 0,43   |
| 3.  | ევკალიპტი, სალბი, გვირილა        | 8,85                                    | „                                | 0,42                                   | 0,45   |
| 4.  | ევკალიპტი, სალბი, დაფნა          | 8,85                                    | „                                | 0,42                                   | 0,48   |
| 5.  | თრიმლი, სალბი, პიტნა             | 8,85                                    | „                                | 0,44                                   | 0,48   |
| 6.  | თრიმლი, მრავალძარღვა, პიტნა      | 8,85                                    | „                                | 0,46                                   | 0,5  |
| 7.  | თრიმლი, დაფნა, სალბი             | 13,27                                   | „                                | 0,42                                   | 0,63   |
| 8.  | თრიმლი, გვირილა, ევკალიპტი       | 13,27                                   | „                                | 0,36                                   | 0,43   |
| 9.  | თრიმლი, ევკალიპტი, მრავალძარღვა, | 13,27                                   | „                                | 0,66                                   | 0,75   |
| 10. | თრიმლი, გვირილა, დაფნა           | 15,17                                   | „                                | 0,72                                   | 0,83   |

**ცხრილი 2.** 2% სახამებლის გამოყენება

| №  | მცენარეთა დასახელება            | სიფხვიერე<br>Wm<br>გ/სმ <sup>2</sup> წმ | ბუნებრივი<br>გადახრის<br>კუთხე ° | ჩაყრითი<br>მასა<br>P გ/სმ <sup>3</sup> | მოცულობ<br>ითი<br>სიმკვრივე<br>Q გ/სმ <sup>3</sup> |
|----|---------------------------------|---|----------------------------------|--|--|
| 1. | პიტნა, გვირილა, დაფნა           | 8,85                                    | 30-40                            | 0,66                                   | 0,75   |
| 2. | ევკალიპტი, სალბი, გვირილა       | 8,85                                    | „                                | 0,66                                   | 0,81   |
| 3. | თრიმლი, პიტნა, მრავალძარღვა     | 8,85                                    | „                                | 0,72                                   | 0,86   |
| 4. | თრიმლი, დაფნა, სალბი            | 8,85                                    | „                                | 0,72                                   | 0,88   |
| 5. | თრიმლი, გვირილა, ევკალიპტი      | 8,85                                    | „                                | 0,76                                   | 0,83   |
| 6. | თრიმლი, ევკალიპტი, მრავალძარღვა | 8,85                                    | „                                | 0,78                                   | 0,91   |
| 7. | თრიმლი, გვირილა, დაფნა          | 8,85                                    | „                                | 0,70                                   | 0,86   |

## ცხრილი 3. 2% ჟელატინის გამოყენება

| №  | მცენარეების დასახელება          | სიფხვიერე<br>Wm<br>გ/სმ <sup>2</sup> წმ | ბუნებრივი<br>გადახრის<br>კუთხე ° | ჩაყრითი<br>მასა<br>P გ/სმ <sup>3</sup> | მოცულობითი<br>სიმკვრივე<br>Q გ/სმ <sup>3</sup> |
|----|---------------------------------|---|----------------------------------|--|--|
| 1. | პიტნა, გვირილა, დაფნა           | 6,64                                    | 30-40                            | 0,72                                   | 0,86   |
| 2. | ევკალიპტი, სალბი, გვირილა       | 6,64                                    | „                                | 0,66                                   | 0,81   |
| 3. | თრიმლი, პიტნა, მრავალძარღვა     | 7,17                                    | „                                | 0,76                                   | 0,91   |
| 4. | თრიმლი, დაფნა, სალბი            | 6,64                                    | „                                | 0,74                                   | 1,0  |
| 5. | თრიმლი, გვირილა, ევკალიპტი      | 6,64                                    | „                                | 0,70                                   | 0,91   |
| 6. | თრიმლი, ევკალიპტი, მრავალძარღვა | 6,64                                    | „                                | 0,76                                   | 0,91   |
| 7. | თრიმლი, გვირილა, დაფნა          | 6,64                                    | „                                | 0,66                                   | 0,86   |

## ცხრილი 4. 95% სპირტი

| №  | მცენ. დასახელება                | სიფხვიერე<br>Wm<br>გ/სმ <sup>2</sup> წმ | ბუნებრივი<br>გადახრის<br>კუთხე ° | ჩაყრითი<br>მასა<br>P გ/სმ <sup>3</sup> | მოცულობითი<br>სიმკვრივე<br>Q გ/სმ <sup>3</sup> |
|----|---------------------------------|---|----------------------------------|--|--|
| 1. | პიტნა, გვირილა, დაფნა           | 8,85                                    | 30-40                            | 0,82                                   | 0,94   |
| 2. | ევკალიპტი, სალბი, გვირილა       | 8,85                                    | „                                | 0,82                                   | 0,97   |
| 3. | თრიმლი, პიტნა, მრავალძარღვა     | 8,85                                    | „                                | 0,82                                   | 0,94   |
| 4. | თრიმლი, დაფნა, სალბი            | 8,85                                    | „                                | 0,84                                   | 0,88   |
| 5. | თრიმლი, გვირილა, ევკალიპტი      | 8,85                                    | „                                | 0,82                                   | 0,83   |
| 6. | თრიმლი, ევკალიპტი, მრავალძარღვა | 8,85                                    | „                                | 0,88                                   | 0,88   |
| 7. | თრიმლი, გვირილა, დაფნა          | 8,85                                    | „                                | 0,82                                   | 0,86   |

## ცხრილი 5. ნატრიუმ კარბოქსიმეთილცელულოზის კონცენტრაციის (2-5%) გავლენა გრანულაციაზე

| №  | ნატრ.კ<br>არბ.მე<br>თილცე<br>ლულო<br>ზა % | მცენარეთა დასახელება   | სიფხვიერე<br>Wm<br>გ/სმ <sup>2</sup> წმ | ბუნებრივი<br>გადახრის<br>კუთხე ° | ჩაყრითი<br>მასა<br>P გ/სმ <sup>3</sup> | მოცულობითი<br>სიმკვრივე Q<br>გ/სმ <sup>3</sup> |
|----|---|------------------------|---|----------------------------------|--|--|
| 1. | 2   | თრიმლი, გვირილა, დაფნა | 15,17                                   | 30-40                            | 0,72                                   | 0,83   |
| 2. | 3   | „_____“                | 8,85                                    | „                                | 0,74                                   | 0,75   |
| 3. | 4   | „_____“                | 8,85                                    | „                                | 0,74                                   | 0,73   |
| 4. | 5   | „_____“                | 7,17                                    | „                                | 0,70                                   | 0,95   |

მიღებული შედეგებით შეიძლება ვიმსჯელოთ სტრუქტურულ- მექანიკური პარამეტრების საკმაოდ მსგავს სიდიდეებზე ყველა გამოყენებულ სისტემაში, მაგრამ გარეგნული სახისა და ცვეთის დაბალი ხარისხის პირობებში მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ნატრიუმ კარბოქსიმეთილცელულოზის ხსნარი. მისი კონცენტრაციის შესწავლამ 2-5 % - ის ფარგლებში დაგვანახა (ცხრ. №5), რომ ყველა პარამეტრი, სიფხვიერის გარდა, პრაქტიკულად ერთნაირია, ამასთან, 2% ნატრიუმ კარბოქსიმეთილცელულოზის გამოყენებისას მიღებული გრანულები იყო უფრო მდგრადი როგორც სიმაგრით, ასევე ჰიგროსკოპულობის არ არსებობით. რადგან სიფხვიერის მნიშვნელობა ამ შემთხვევაში

ითვლება განმსაზღვრელ პარამეტრად, მიზანშეწონილად მივიჩნით შემაკავშირებლად 2 % ნატრიუმ კარბოქსილმეთილცელულოზის ხსნარის გამოყენება

ერთერთ ძირითად საკითხად ითვლება, კბილის ფხვნილით კბილის დამუშავებისას, მიღებული კბილის ფხვნილის გრანულებიდან, ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამონთავისუფლების სიჩქარის განსაზღვრა. ამისათვის, გრანულირებული მასა იყო დატაბლეტებული და შესწავლილი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამონთავისუფლების სიჩქარე დისტილირებულ წყალში. მიღებული მონაცემებიდან გამომდინარე, უკვე მე-3 წუთზე, ხსნარში გადადის ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების 74-86 %. ცხრ. №6

**ცხრილი 6.** კბილის ფხვნილებიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოყოფის პროცესის შესწავლა

| №  | მცენარეთა დასახელება         | წუთები             |      |      |      |      |      |      |      | ბან-ის გამონთავი სუფლება % |
|----|------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------------|
|    |                              | ოპტიკური სიმკვრივე |      |      |      |      |      |      |      |                            |
|    |                              | 1                  | 2    | 3    | 5    | 10   | 15   | 25   | 35   |                            |
| 1. | თრიმლი, მრავალძარღვა, პიტნა, | 0,22               | 0,26 | 0,26 | 0,27 | 0,30 | 0,28 | 0,27 | 0,30 | 74,3                       |
| 2. | თრიმლი, დაფნა, სალბი         | 0,19               | 0,26 | 0,32 | 0,33 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,36 | 86,5                       |
| 3. | თრიმლი, გვირილა, ევკალიპტი   | 0,19               | 0,22 | 0,26 | 0,31 | 0,33 | 0,32 | 0,34 | 0,36 | 70,3                       |
| 4. | თრიმლი, გვირილა, დაფნა       | 0,19               | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,30 | 0,32 | 0,34 | 0,32 | 74,3                       |

სტრუქტურულ-მექანიკური მაჩვენებლების განსაზღვრა ჩატარებულ იყო მცენარეთა ნაკრებების ოთხ ჯგუფზე, სადაც ცარცთან ერთად გაერთიანებული გვექონდა სამ-სამი სამკურნალო მცენარის წვრილდისპერსული ფრაქცია.

შემდგომ ეტაპზე, კბილის ფხვნილის სამკურნალო და ჰიგიენური თვისებების გაზრდის მიზნით, მოვახდინეთ მცენარეთა ამ ჯგუფების გაერთიანება ორ ძირითად ჯგუფად. 1 ჯგუფი, რომელშიც შედის: თრიმლი, მრავალძარღვა, პიტნა, დაფნა, სალბი, ჭინჭარი; მე-2 ჯგუფი, რომელშიც გაერთიანებულია მცენარეები: თრიმლი, გვირილა, ევკალიპტი, კრაზანა, ჭინჭარი, ბარამბო.

ამ შემთხვევაშიც შეფარდება ცარცი-მცენარეთა ნაკრები იყო 5:1 და ორივე ნიმუშზე აღებულ იყო სტრუქტურულ-მექანიკური მონაცემები, რომელიც მოყვანილია ცხრ. №7.

**ცხრილი 7.** კბილის ფხვნილის საბოლოო ვარიანტის სტრუქტურულ-მექანიკური მაჩვენებლების განსაზღვრა

ცხრ. №7.

| №                                | მცენარეთა დასახელება                                 | სიფხვიერე Wm გ/სმ <sup>2</sup> წმ | ბუნებრივი გადახრის კუთხე ° | ჩაყრითი მასა P გ/სმ <sup>3</sup> | მოცულობითი სიმკვრივე Q გ/სმ <sup>3</sup> |
|----------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--|
| 1.                               | პიტნა,თრიმლი, მრავალძარღვა, დაფნა, სალბი, ჭინჭარი    | 1,7                               | 30-40                      | 0,68                             | 1,1                                      |
| 2.                               | თრიმლი,გვირილა, ევკალიპტი, კრაზანა, ჭინჭარი, ბარამბო | 1,81                              | „                          | 0,70                             | 1,15                                     |
| <b>კბილის ფხვნილის გრანულები</b> |  |                                   |                            |                                  |  |
| 1.                               | თრიმლი, მრავალძარღვა, პიტნა,დაფნა, სალბი, ჭინჭარი    | 11,6                              | „                          | 0,42                             | 0,5                                      |
| 2.                               | თრიმლი,გვირილა, ევკალიპტი, კრაზანა, ჭინჭარი, ბარამბო | 12,06                             | „                          | 0,46                             | 0,43                                     |

ნატურალურ კომპონენტებზე დამზადებული კბილის ფხვნილები გამოცდილ იყო კბილის ხელოვნურ პროთეზზე, რომელსაც ვფარავდით პურის თხელი მასით, ფხვნილით გასუფთავების შემდეგ პროთეზის ფერი არ იცვლებოდა, ნარჩენები კი მთლიანად სცილდებოდა.

მოყვანილი მონაცემების საფუძველზე შემუშავებულია სამკურნალო-პროფილაქტიკური საშუალების ახალი რეცეპტურა, ასევე მოწოდებულია მიღებული გრანულირებული კბილის ფხვნილების შეფუთვის ვარიანტი კონტეინერის სახით და მარეგულირებელი თავსახურით, რომელიც საშუალებას მოგვცემს სველ ჯაგრისზე გადმოვყაროთ საჭირო რაოდენობა კბილის ფხვნილი, რაც მოგვცემს ერთდროულად რამდენიმე პაციენტის მიერ კბილის ფხვნილის ინდივიდუალური მოხმარების საშუალებას.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Зубной порошок - обзор » Аденто.ру [adento.ru/335-zubnoy-poroshok.html](http://adento.ru/335-zubnoy-poroshok.html)
2. Земскова Т.С., Тихонова Т.А., Цыплухина Н.А. Сравнение клинической эффективности абразивных препаратов системы Air-Flow. Секция "Дополнительная", конференция «Практическая биофизика - 2015» | Стоматология ID: 2015-11-5-A-5846
3. Подробный разбор состава зубных паст. Чем чистить зубы? [big-sister.ru/.../vred-zubnykh-past-razbor-sostava.html](http://big-sister.ru/.../vred-zubnykh-past-razbor-sostava.html)
4. ЗУБНЫЕ ПОРОШКИ – ЛЮБОДАР <https://lubodar.info/naturalnye-zubnye-poroshki/> 26 მაი. 2013 - Зубной порошок из крапивы хорошо помогает при кровоточивости десен из-за уникальных кровоостанавливающих и противовоспалительных свойств растения крапивы.
5. Зубные пасты, содержащие травы - Полезные статьи ... [sadkomed.ru/article/732](http://sadkomed.ru/article/732)

#### DEVELOPMENT OF THE RECIPE AND TECHNOLOGY OF THERAPEUTIC PROPHYLACTIC TOOTH POWDER CONTAINING VEGETABLE MATERIAL

L.Churadze, P.Iavich, M.Kakhetelidze, M.Gabelaia

*Tbilisi State Medical University I.Kutateladze Institute of Pharmacochimistry*

#### SUMMARY

The article discusses obtaining of therapeutic prophylactic tooth powder containing new therapeutic vegetable materials. The issue of granulation of tooth powder was developed. This gives us opportunity to granulate tooth powders containing particles of high dispersity above 2-20 microns – Carbonate de calcium Espira de J'Agly-France and fraction of medical plants of thin dispersity that contain different classes of biologically active components. Two variations of tooth powders are provided. Their activity was tested on artificial prosthesis. Obtained result showed us perspective of the usage of new type of tooth powders. Construction of containers is developed in order to pack analogue tooth powders.

#### РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ЗУБНЫХ ПОРОШКОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ В НАТИВНОЙ ФОРМЕ

Л.И.Чурадзе, П.А.Явич, М.Б.Кახетелидзе, М.А.Габелая

*Институт фармакохимии И.Г. Кутателадзе Тбилисского государственного медицинского университета*

#### РЕЗЮМЕ

В настоящем сообщении приводятся данные по созданию новой лекарственной формы лечебно - профилактических зубных порошков, содержащих наряду с мелко дисперсным карбонатом кальция ( размер частиц 2-20 мк), ряд лекарственных растений – скумпия, мята, подорожник, шалфей, крапива, эвкалипт, зверобой, Melissa. Новизна формы заключается в том, что зубной порошок получен в виде гранул и предложена конструкция для его упаковки, что в совокупности позволяет наносить гранулы непосредственно на смоченную водой зубную щетку. При этом, отпадает возможность микробного заражения всей массы зубного порошка, что наблюдается при фасовке обычного зубного порошка в коробки и взятия его из упаковки мокрой зубной щеткой. Предлагаемая форма позволяет использование зубного порошка всеми членами семьи из одной упаковки.

## ONE-STEP SYNTHESIS OF LTA TYPE ZEOLITE

V.Tsitsishvili, N.Dolaberidze, M.Nijaradze, N.Mirdzveli, H.Alem-Marchand\*

*Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry**of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, 0186, 31 Politkovskaia str., Tbilisi, Georgia**\*Institut Jean Lamour, Universite de Lorraine, Parc de Saurupt, CS 50840, F-54011, Nancy, France*

One-step synthesis method for preparation of zeolite materials by hydrothermal transformation of natural Georgian analcime treated by HCl water solution and suspended in NaOH solution was investigated. Chemical composition as well as XRD, FTIR and water sorption characteristics of products testify the LTA type zeolite structure.

**Introduction**

Recently it was shown [1,2], that zeolites with high silicon content and low ion exchange capacity, like mordenite (the UPAC formula  $[\text{Na}_8(\text{H}_2\text{O})_{24}] [\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}]$ -MOR) type materials can be obtained by hydrothermal re-crystallization of the Georgian natural clinoptilolite (empirical formula of used samples –  $(\text{Na}_{3.3}\text{K}_{1.15}\text{Ca}_{0.75}\text{Mg}_{0.25}[\text{Me}]_{0.55})(\text{Al}_{7.0}\text{Si}_{29.3}\text{O}_{72}) \cdot 22.5\text{H}_2\text{O}$ ) in the absence of seeds and organic templates, but materials with high aluminium content and ion exchange capacity, like the LTA type zeolites (the UPAC formula  $[\text{Na}_{12}(\text{H}_2\text{O})_{27}]_8 [\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}]_8$ -LTA) can be obtained only by two-stage re-crystallization of raw: natural zeolite firstly was transformed in the sodalite ( $[\text{Na}_8\text{Cl}_2] [\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}]$ -SOD) structure, and then in the target structure: **HEU** → **SOD** → **LTA**.

It is clear, that the main reason of such behavior is a comparatively high Si/Al ratio (>4.0) in raw material, so to produce the synthetic zeolite with Si/Al=1.0 ratio, it is better to use common zeolites with a comparatively low Si/Al ratio: chabazite (Si/Al=3.0), analcime and laumontite (Si/Al=2.0), or phillipsite (Si/Al=5/3). The aim of our work was to study the re-crystallization of the Georgian natural analcime to obtain the LTA type zeolite structure in one step.

**Experimental**

Preparation of synthetic zeolite material was carried out using Georgian natural analcime from Chachubeti [3,6] characterized by empirical formula  $(\text{Na}_{10.8}\text{K}_{1.52}\text{Ca}_{0.64}\text{Mg}_{0.40}[\text{Me}]_{0.9})(\text{Al}_{15.3}\text{Si}_{33.0}\text{O}_{96}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$  (Me = Fe, Cu, etc.) and zeolite phase content of approx. 70% (major impurities – chlorite and montmorillonite).

Processing of raw in target material includes following:

**Treatment of raw material & preparation of suspension** – zeolite-containing rock powder was treated at room temperature by HCl water solution under stirring, washed by water before the complete disappearance of Cl<sup>-</sup> ions, and dried in oven at 100-105°C; water suspension of homogeneous amorphous (XRD tested) material was prepared with the solid to liquid ratio of 1 : 3.

**Gel formation** – suspension was treated at room temperature by NaOH water solution, solid to liquid ratio of 1 : 6, gel homogenization takes approx. 30 minutes. General characteristics of produced zeolite material are in strong dependence on the chemical composition ( $k\text{Na}_2\text{O}:\text{mSiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3:\text{nH}_2\text{O}$ ) of gel prepared for aging and crystallization: the Si/Al ratio determines the type of microporous structure to be produced, and application of sodium hydroxide gives possibility to prepare nearly pure sodium forms; high water content ensures suitable viscosity and other physical properties for crystallization process.

**Gel aging** – generally the process without application of seed crystals takes several days at room temperature, details are described in [1].

**Crystallization** – crystallization of aged gel was carried out in the Teflon flasks using temperature-controlled water bath (OLS26 Aqua Pro); the temperature (up to 95°C) and duration (up to 120 hours) have been adjusted to prepare crystals with average diameter of 5 μm.

**Separation** of produced crystalline material was carried out by filtration of mother solution, solid material was **cleaned** by distilled water until pH 8.0-8.5, and **dried** at 90-100°C.

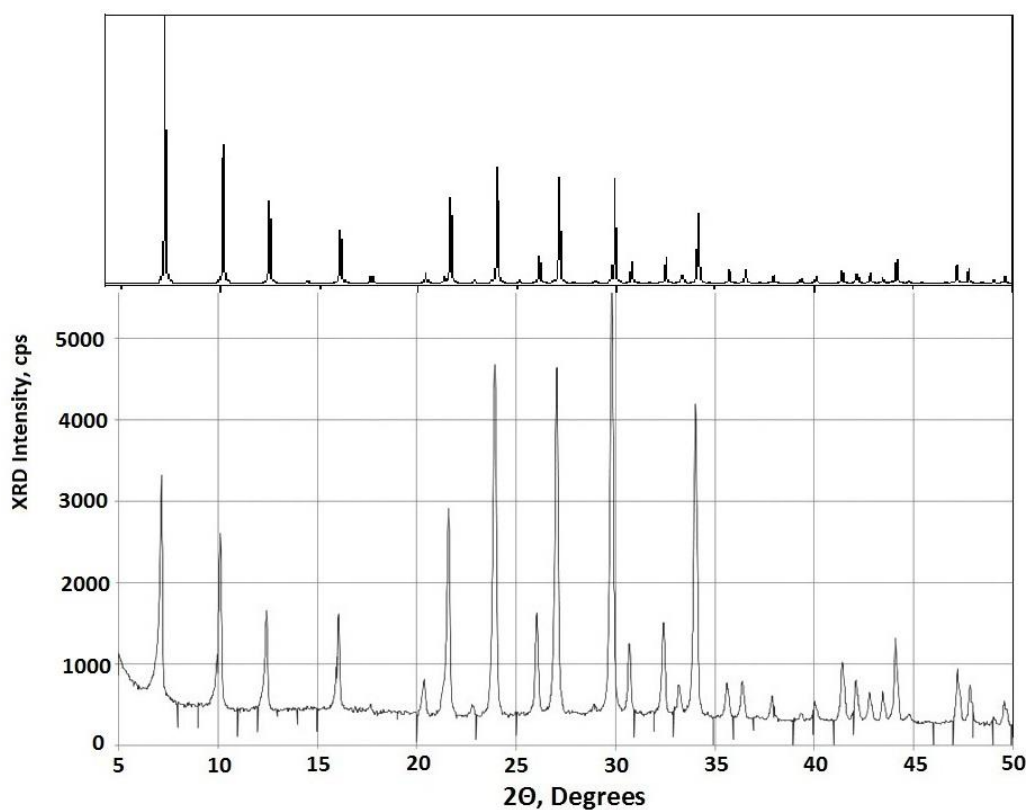
Chemical composition of prepared samples was determined by elemental analyses carried out using a Spectromom 381L plasma spectrometer and a Perkin-Elmer 300 atomic absorption spectrometer. Zeolites have been characterized by the X-ray powder diffraction patterns obtained from a DRON-4 diffractometer,

employing the Cu-K $\alpha$  line and scanning at 1 $^\circ$  per minute, by the FTIR spectra in the wavenumber range 4000-400 cm $^{-1}$  recorded on the Perkin-Elmer FTIR spectrometer (version 10.4.2) using the KBr pellet technique for sample preparation, and by the SEM images obtained using Jeol JSM6510LV scanning electron microscope. Water adsorption ( $p/p_s=0.40$ ) and ion exchange capacities have been measured under static conditions at room temperature.

### Results & discussion

**Chemical composition** of prepared material, Na $_{11.25}$ (K, $\frac{1}{2}$ Ca, $\frac{1}{2}$ Mg) $_{0.7}$ (Al $_{11.95}$ Si $_{12.3}$ O $_{48}$ ) $\cdot$ 18H $_2$ O, is in a good accordance with corresponding chemical formula with the exception of small “lack” of the Al atoms in the frame as in a case of two-stage crystallization; all prepared materials are nearly pure Na-forms (80-90%), transition metals observed for raw materials are removed in full during acid treatment and crystallization.

The framework type of prepared material is testified by the **X-ray powder diffraction patterns** compared (Fig. 1) with calculated one taken from the “Database of Zeolite Structures” of the International Zeolite Association Structure Commission (<http://www.iza-structure.org/>). Experimental XRD pattern has the same peculiarities as was mentioned in [4]: high intensity peaks are observed not only at  $2\Theta = 7^\circ$  and  $10^\circ$ , but at  $2\Theta = 24, 27, 30,$  and  $34^\circ$ .



**Figure 1.** Experimental XRD pattern compared with LTA calculated XRD pattern

FTIR spectra shows the peak at 465 cm $^{-1}$  assigned to T-O bend vibration, peaks at 552 cm $^{-1}$  (double ring vibration), peaks between 660-800 cm $^{-1}$  and 1000-115 cm $^{-1}$  assigned to symmetric and antisymmetric T-O-T stretching vibration, broad band in the region of 3470 cm $^{-1}$  – asymmetric stretching of OH group and the bend at 1648 cm $^{-1}$  – bending vibration of H-OH, all typical for the LTA structure.

Developed zeolite crystal microporous structure in synthesized samples has been confirmed also by comparatively high value (up to 0.24 cm $^3$ /g) of water adsorption capacity under static conditions at the “plateau” pressure. The total ion exchange capacity in reaction Na $^+ \leftrightarrow$  Ag $^+$  is 5.8 mequiv/g, comparable with 6.0 mequiv/g for the ideal structure.

**Conclusion**

The proposed method of the LTA preparation is based on the use of natural silica-alumina raw material and inexpensive reagents (HCl, NaOH), and gives possibility to obtain effective ion exchanger in one step of crystallization without application of organic templates.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. V.Tsitsishvili, N.Dolaberidze, N.Mirdzveli, N.Nijaradze. MOR type synthetic zeolite material. Proc. Georgian Nat. Acad. Sci., chem. ser., 2016, v. 42, No 1, p.7-20.
2. V.Tsitsishvili, N.Dolaberidze, M.Alelishvili, N.Mirdzveli, N.Nijaradze. New Generation Zeolitic Adsorbers. Proc. Georgian Nat. Acad. Sci., chem. ser., 2016, v. 42, No 3, p.267-280.
3. V.Tsitsishvili, N.Dolaberidze, M.Alelishvili, G.Tsintskaladze, G.Sturua, D.Chipashvili, M.Nijaradze, N.Khazaradze. Adsorption and Thermal Properties of Zeolitic Rocks from Newly Investigated Deposit Plots in Georgia. Georgian Eng. News, 1998, No 2(6), p. 61-65.
4. A.Shoumkova, V.Stoyanova. SEM–EDX and XRD Characterization of Zeolite NaA, Synthesized from Rice Husk and Aluminium Scrap by Different Procedures for Preparation of the Initial Hydrogel. Journal of Porous Materials, 2013, v. 20, No 1, p. 249-255.

**LTA ტიპის ცეოლიტის ერთსტადიანი სინთეზი**

ვლადიმერ ციციშვილი, ნანული დოლაბერიძე, მანანა ნიჟარაძე, ნატო მირძველი, ჰალიმა ალემ-მარშანი\*  
*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
 პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი  
 საქართველო, თბილისი 0186, ა.პოლიტკოვსკაიას ქ. 31  
 \*ჟან ლამურის ინსტიტუტი, ლორენის უნივერსიტეტი, ნანსი, საფრანგეთი*

**რეზიუმე**

შემოთავაზებულია ცეოლიტური მასალის სინთეზის მეთოდი საქართველოს ბუნებრივი ანალციმის ჰიდროთერმული გარდაქმნის გზით, მისი წინასწარი მჟავური დამუშავებისა და ტუტე ხსნარში სუსპენდირების შემდეგ. ქიმიური შედგენილობის, რენტგენულ-დიფრაქტომეტრული, ი.წ.-სპექტრული და ადსორბციული მახასიათებლების თანახმად, მიღებული პროდუქტი შეესაბამება LTA ტიპის ცეოლიტს.

**ОДНОСТАДИЙНЫЙ СИНТЕЗ ЦЕОЛИТА ТИПА LTA**

В.Г.Цицишвили, Н.М.Долаберидзе, М.О.Нижарадзе, Н.А.Мирдзвели, Х.Алем-Маршан\*  
*Институт физической и органической химии им. П.Г.Меликишвили Тбилисского государственного  
 университета им. И.Джавахишвили, 0186, ул. А.Политковской 31, Тбилиси, Грузия  
 \*Институт Жана Ламура, Университет Лорена, Нанси, Франция*

**РЕЗЮМЕ**

Предложен метод синтеза цеолитного материала путем гидротермального превращения грузинского природного анальцима, обработанного соляной кислотой и суспендированного в щелочном растворе. Химический состав полученного продукта, а также его характеристики, полученные методами рентгеновской диффрактометрии, Фурье-ИК-спектрального анализа и адсорбции, указывают на его принадлежность к цеолиту типа LTA.



## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

**МЕТОД ОЧИСТКИ ГРУНТОВЫХ КАРЬЕРНЫХ ВОД  
МАДНЕУЛЬСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОТ СУЛЬФАТОВ  
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ПОСЛЕДУЮЩИМ СЕЛЕКТИВНЫМ ИЗВЛЕЧЕНИЕМ  
МЕТАЛЛОВ В ЧИСТОМ ВИДЕ**

Н.Ш.Бибилури, Д.В.Эристави, А.Р.Гогишвили, Ш.Н.Андгуладзе, Н.А.Куциава,  
М.Л.Кавтарадзе, М.К.Гугешидзе, Д.В.Керкадзе, Е.Л.Мацаберидзе, Н.Д.Рачвелишвили

*Грузинский технический университет*

С целью устранения экологической катастрофы Болнисского и Марнеульского районов Грузии, вызванной сбрасыванием в реку Машавера кислых карьерных грунтовых вод [1], содержащих сульфаты цветных тяжелых металлов (меди, цинка, кадмия, железа и свободной серной кислоты) в сотни раз превышающих предельно допустимые концентрации, предпринимались попытки очистки этих вод разными методами [2,3], но ни один из них не давал высокого экономического и экологического эффекта. В работах [4,5] описан метод очистки этих вод, который на наш взгляд решает эту проблему.

Предлагаемый метод позволяет полностью нейтрализовывать сульфаты, переводить тяжелые металлы в осадок, отфильтровывать осадок и полученную после очистки воду, не содержащую более ионов тяжелых металлов и их сульфатов, сбрасывать в реку.

Щелочность сбрасываемых в реку вод  $pH=9,5$ , что в свою очередь позволяет осаждать имеющиеся в реке тяжелые металлы, т.е. тем самым улучшать экологию бассейна рек. При этом, в качестве реагентов используются отходы других производств, так же загрязняющих окружающую среду других районов Грузии. Отфильтрованный осадок, содержащий достаточно высокие концентрации цветных металлов, подвергается химической и электрохимической обработке, позволяющей селективно извлекать медь, цинк, кадмий, чистотой 99,95 каждый, а оставшаяся часть подвергается обжигу с получением гипса 4-го сорта (алебастр, гаж). Этим самым производство становится не только безотходным, но и приносит большую экономическую прибыль за счет реализации готовых продуктов катодной меди, медного порошка ПМС-1, цинка Ц-0, электролитической двуокиси марганца ЭДМ и др.[6].

Данный метод может применяться не только в Грузии, но и в других государствах, где имеются аналогичные полиметаллические сульфидные месторождения и где также существует проблема грунтовых карьерных (шахтных) вод.

### **Введение**

Маднеульское полиметаллическое месторождение находится в 80 км от столицы Грузии – Тбилиси, в Болнисском районе, где добываются открытым карьерным методом полиметаллические руды. Добыча открытым методом, наряду с экономическим эффектом, создает серьезные экологические проблемы, т.к. под воздействием сульфидных аэробных бактерий происходит частичное превращение нерастворимых сульфидов тяжелых металлов (Cu, Zn, Fe, Cd, Pb) в растворимые сульфаты, которые выносятся грунтовыми водами в разрабатываемый карьер, что создает серьезные проблемы технологического плана., т.к. их дебет ( в зависимости от времени года) колеблется в пределах 80-450 м<sup>3</sup>/час

Наряду с этим происходит и экологическая катастрофа из-за сброса этих вод в реку Машавера, водами которой пользуется население всего региона (Болнисский и Марнеульский районы).

Как известно, существующие методы очистки сточных вод являются необходимыми, но дотационными, т.к. требуют затрат на химикаты, фильтры, электроэнергию и т.д.

Мы рассматриваем поставленную задачу с позиции экологии и рентабельности.

Предлагаемая нами методика очистки карьерных грунтовых вод на первом этапе предусматривает улучшение экологической ситуации в регионе путем осаждения солей тяжелых металлов и получения чистой воды (технической), которая может быть сброшена непосредственно

в реку Машавера, протекающую недалеко от карьера. Эта часть работы является крайне необходимой и требует определенных затрат. Вторая часть работы, которая является логическим продолжением первой включает в себя селективное извлечение ценных металлов из образовавшегося в первой части осадка. Это, в свою очередь, позволит не только окупить затраты на решение данной экологической проблемы, но и сделать высокорентабельным все производство очистки карьерных вод [7].

### Материалы и методы

#### Этап I. Очистка грунтовых вод от примеси тяжелых металлов

Основными загрязняющими факторами бассейнов рек Машавера и Храми являются сбрасываемые в реку Машавера грунтовые карьерные воды и утечки из хвостохранилища обогатительной фабрики. Данные воды содержат ионы цветных тяжелых металлов: меди, цинка, кадмия в виде сульфатов а также свободную серную кислоту в концентрациях, во много раз превышающих ПДК ( $\text{Cu}^{+2} - 0.8 \div 1.2$  г/л;  $\Sigma \text{Fe}^{+2} + \text{Fe}^{+3} - 0.5 \div 0.8$  г/л;  $\text{Zn}^{+2} - 0.6 \div 0.9$  г/л;  $\text{Cd}^{+2} - 0.002 \div 0.005$  г/л;  $\text{H}_2\text{SO}_4 - 2.5 \div 3,5$  г/л). Эти металлы осаждаются в виде карбонатов при помощи стехиометрического количества известняка ( $\text{CaCO}_3$ ), который в то же время нейтрализует свободную серную кислоту:



После чего, добавлением раствора едкого натрия ( $\text{NaOH}$ ) доводим pH раствора до 9,5, что позволит полностью осадить все металлы, оставшиеся в растворе.

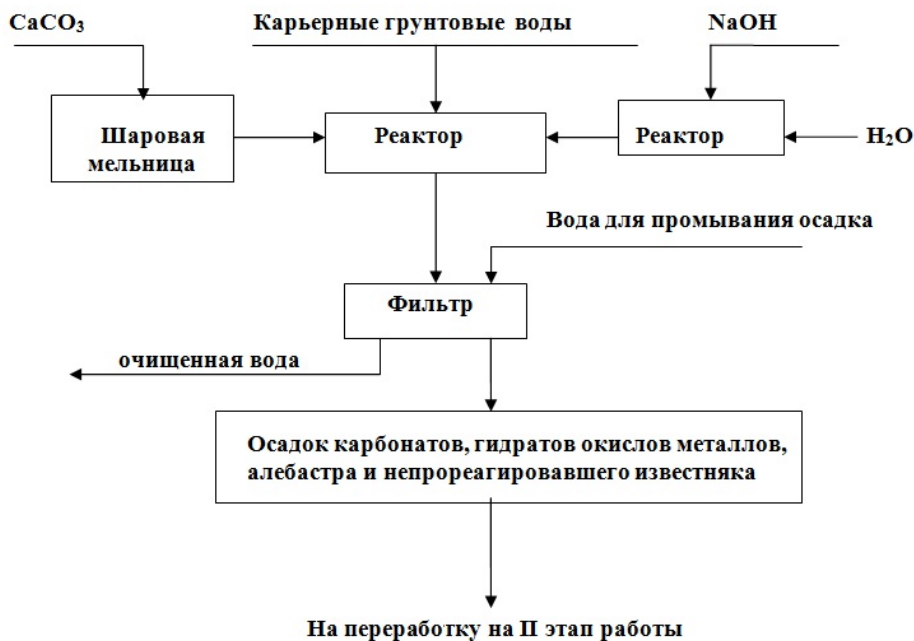


где  $\text{Me} - \text{Cu}^{+2}, \text{Zn}^{+2}, \text{Fe}^{+3}, \text{Fe}^{+2}, \text{Cd}^{+2}$ ;

После чего раствор с образовавшимся осадком отправляется на фильтрацию для разделения Т/Ж. Отфильтрованный раствор представляет собой технически чистую воду и может быть употреблен для технологических нужд или сброшен в реку, где в свою очередь осадит тяжелые металлы.

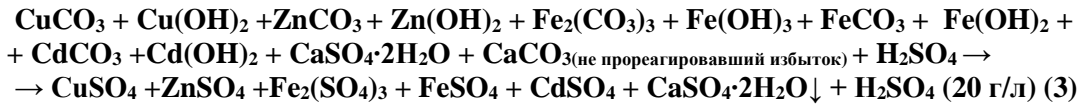
Схема технологического процесса представлена на схеме 1.

Схема 1.

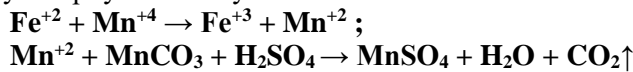


Этап II Технологический процесс производства тяжелых металлов из образовавшегося осадка.

Осадок, содержащий карбонаты и гидроксиды меди, железа, цинка, кадмия и кальция растворяем в небольшом количестве серной кислоты для получения электролитов, пригодных для дальнейшей селективной электроэкстракции, т.е. по меди  $\text{Cu}^{+2}$  до 30 г/л и свободной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  порядка 20 г/л. Раствор фильтруется. Фильтрат направляется на электроэкстракцию, а осадок, после соответствующего обжига, превращается в алебастр (гаджа).



Но поскольку ионы двух и трехвалентного железа, присутствующие в растворе резко снижают выход по току продуктов электроэкстракции раствор сульфатов с содержанием свободной серной кислоты до 20 г/л обрабатываем карбонатным флотоконцентратом IV сорта Чиатурского месторождения (который идет в отвал из-за низкого содержания марганца). Содержащийся в карбонатном флотоконцентрате  $\text{MnO}_2$  окисляет  $\text{Fe}^{+2}$  в  $\text{Fe}^{+3}$ , а карбонат марганца нейтрализует свободную серную кислоту.



В осадок выпадает  $\text{Fe(OH)}_3$ , который вместе с пустой породой, содержащейся во флотоконцентрате, отфильтровывается. Отфильтрованный осадок направляется на восстановительный обжиг в среде природного газа с получением губчатого железа или железного порошка. Фильтрат содержащий сульфаты  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Cd}^{+2}$ , направляется на электроэкстракцию. При температуре 90°C проводим экстракцию при анодной плотности тока 100 А/м<sup>2</sup>, а катодной 2000 А/м<sup>2</sup>, что позволяет получать на аноде крупнокристаллическую двуокись марганца ( $\text{MnO}_2$ )  $\gamma$  модификации, а на катоде медный порошок чистотой 99,95 [8,9]. Электроэкстракция меди ведется до остаточной концентрации 0,5 г/л, затем добавлением в электролит цинкового порошка производим цементацию остатков меди и кадмия. После чего электролит отфильтровывается. Осадок содержащий металлическую медь, кадмий, цинк, подается на извлечение Cd (технологический процесс описан в [10]).

Фильтрат, обогащенный цинком, после цементации направляется на нейтрализацию марганцевым флотоконцентратом IV сорта для восполнения концентрации ионов марганца в растворе. После соответствующей фильтрации электролит направляется на электроэкстракцию цинка. Процесс ведется при  $t = 90^\circ\text{C}$  анодной и катодной плотностью тока равных 100 А/м<sup>2</sup>. На катоде получаем катодный цинк чистотой 99,95, что соответствует марке Zn-0, а на аноде также  $\text{MnO}_2$   $\gamma$ -модификации. Процесс ведется до остаточной концентрации цинка в электролите порядка 10 г/л. Отработанный электролит, содержащий свободную серную кислоту в достаточном количестве направляем в голову процесса на растворение осадка, образованного после этапа I. Этап II показан на схеме II.

### Результаты и обсуждение

В ходе проведенной работы получены следующие результаты:

1. Удалась полная очистка карьерных вод от всех тяжелых металлов путем их осаждения.
2. Извлечены ценные металлы: сквозное извлечение которых составило 95÷98%.

Таким образом, используя данную технологию, ежегодно можно получать ценные продукты, количество которых представлено в таблице 1, порядка 1000 т – Cu; 800 т – Zn; 1500 т –  $\text{MnO}_2$ ; 1,5 т – Cd; 1200 т – Fe.

**Таблица 1.** Получаемые продукты в год.

|  |          |
|--|----------|
| Cu   | ~ 1000т  |
| Zn   | ~ 850 т  |
| $\text{MnO}_2$                               | ~ 500 т  |
| Cd   | ~ 1,5 т  |
| Fe   | ~ 1200 т |
| $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5 \text{H}_2\text{O}$ | ~ 2000 т |

Схема II



3. Применение данной технологии сводит к минимуму загрязнение окружающей среды, является высокорентабельным, учитывая нынешние цены на рынке, и практически малоотходным.

Полученные результаты опробованы на полупромышленной установке в Грузинском техническом университете [1].

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Андгуладзе Ш.К., Эристави Д.В., Мчедლიшвили Г.С., Церодзе Х.О., Квиникадзе Т.Д., Бутулашвили Т.Л., Кавтарაძე М.Л. “Некоторые Характеристики кислотных карьерных вод Маднеульского месторождения”. Грузинский Технический Университет, Международная Научно-Техническая Конференция “Устойчивое Развитие и Охрана Окружающей Среды”. Труды. Изд. Дом “Технический Университет”. Тбилиси 2010г. с. 405-408.
2. Sh. Andguladze, V. Gaprindashvili, D. Eristavi, T. Kvinikadze Determination of the key factors affecting the degree of reduction of barite concentrate of the Madneuli deposit. First International Conference for Students and Young Scientists on Materials Processing Science. Programme and Book of Manuscripts, Georgia Ceramic Society. Tbilisi, 10-13 October 2010. p. 80-82.
3. Чхубиანიшвили Н.Г., Курцхалия Ц., Симония З., Кавтарაძე М.Л. “Очистка карьерных вод методом электролиза. Химический журнал Грузии, 12(1), 2011, с. 60-62.
4. Кавтарაძე М.Л., Чхубიანიшვილი Н.Г., Бибилური Н.Ш., Мчедლიшვილი Г.С., Эристави Д.В. “Очистка сточных вод, содержащих сульфаты цветных металлов, с получением очищенной воды и самих металлов.” Georgian Engineering News, №2, 2012, с.104 - 105.
5. D. Eristavi., N. Bibiluri., N. Kutsiava., M. Kavtaradze., M. Gugeshidze. Method for purification of quarry groundwater of madneuli polymetallic deposit of Georgia from heavy metal sulfates, with their subsequent selective extraction. Innovative technologies in metallurgy and materials science. International conference, 16-18 June, 2015, Tbilisi, Georgia. p.217-218.
6. Патент Грузии GE 2951B, кл. CO2F 09/00; C25B 03/20; C25C 05/02, 30.04.2002г.
7. Стенин Д.Б. и др. Методы получения особо чистых неорганических веществ. Москва, Химия, 1969.
8. Помосов А.В., Крымакова Е.Е. ЖПХ, 29, 1425-1436, 1956.
9. Агладзе Р.И. Получение электролизом меди и двуокиси марганца. Всесоюзная научная конференция. Пути развития и последние достижения в области прикладной химии, Л., 1978, 3.
10. Лакерник М.М., Пахомова Г.Н., Металлургия цинка и кадмия.- М., Металлургия, 1969.

### METHOD OF PURIFYING OPEN PIT GROUND WATER OF MADNEULI POLYMETALLIC DEPOSIT FROM SULPHATES OF HEAVY METALS WITH THE FOLLOWING SELECTIVE EXTRACTION OF PURE METALS

Nodar Bibiluri, Dimitri Eristavi, Anna Gogishvili, Shalva Andguladze, Nazibrola Kutsiava, Maya Kavtaradze, Maya Gugeshidze, Jimsher Qerkadze, Eka Matsaberidze, Nana Rachvelishvili  
Georgian Technical University

#### SUMMARY

The tested technology of purifying open pit ground water and similar waste waters makes it possible to solve environmental problems of two areas in Georgia – Bolnisi and Marneuli, and the problem of pollution of the Caspian Sea basin, particularly the Mtkvari River. Realization of the products received in the course of purifying water from ferrous and non-ferrous metals makes the technology highly profitable and practically non-waste. That, in its turn, enables us to use the natural resources more efficiently.

### მადნეულის პოლიმეტალური საბადოს კარიერული გრუნტული წყლების მძიმე მეტალების სულფატებისაგან გაწმენდის მეთოდი, მეტალთა სუფთა სახით შემდგომი სელექტიური ამოღებით

ნოდარ ბიბილური, დიმიტრი ერისთავი, ანა გოგიშვილი, შალვა ანდღულაძე, ნაზიბროლა კუციავა, მაია კავთარაძე, მაია გუგეშიძე, ჯიმშერ ქერქაძე, ეკატერინე მაცაბერიძე, ნანა რაჭველიშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

#### რეზიუმე

აპრობირებული, გრუნტული კარიერული წყლების და ანალოგიური ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ტექნოლოგია, საშუალებას იძლევა საქართველოს ორ რეგიონში - ბოლნისის და მარნეულში, ასევე კასპიის ზღვის აუზის, კერძოდ მდინარე მტკვრის დაბინძურების პრობლემის გადაწყვეტის საშუალებას. ამ წყლების გაწმენდის პროცესში მიღებული შავი და ფერადი მეტალების რეალიზაციით მიღებული მოგება აღნიშნულ ტექნოლოგიას გახდის მაღალრენტაბელურ და პრაქტიკულად უნარჩუნოს. მოგვეცემს ბუნებრივი რესურსების უფრო რაციონალურ გამოყენების საშუალებას.

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АСПИНДЗСКОГО ПЕРЛИТА

К.К.Хачатурян, Н.А.Гегия, Г.Ш.Энукидзе, Т.С. Гурули

*ЮЛПП ТГУ Кавказский институт минерального сырья им.А.Твалчрелидзе*

Перлит – это кислая стекловидная вулканическая горная порода, богатая кремнеземом; типичный перлит характеризуется концентрической трещиноватостью, ярко выраженными концентрическими шаровидными скорлупками с блестящей перламутровой поверхностью, напоминающей жемчуг [1]. Содержание воды в перлите доходит до 8 %, причем она присутствует в виде двух основных форм (1 – свободная, молекулярная вода; 2 – структурная, связанная вода). В перлите, кроме стекла, присутствуют вкрапленники, кристаллиты, микролиты, сферолиты, вторичные минералы [2,3].

Практическое применение перлита, как ценного минерального сырья, началось после выявления его уникального специфического свойства – способности к вспучиванию при нагревании, сопровождающегося многократным увеличением первоначального объема, на чем и основана технология его переработки. Вспученный перлит характеризуется важными физико-техническими свойствами, обусловленными его высокоразвитой пористой структурой, и является сырьем многоцелевого использования [3-5].

Целью данного исследования являлось проведение тестирования трех проб перлита аспиндзского рудопроявления (Самцхе-Джавахетия), изучение их вещественного состава, технологических параметров и установление условий вспучивания.

Для изучения вещественного состава и структурных особенностей перлита были использованы: химический, минералого-петрографический, рентгеноструктурный и термогравиметрический методы анализа, а также – инфракрасная спектроскопия.

Минералого-петрографическое исследование шлифов показало, что пробы перлита представлены кислым вулканическим стеклом (перлит) с слабо выраженной перлитовой структурой и относятся к несферолит-фибропластической разновидности структуры перлита, имеющей параллельно-волоконное строение.

Результаты химического анализа приведены в таблице 1:

Таблица 1. Химический состав перлита

| Проба перлита | Оксидные компоненты, (вес. %) |        |                  |                                |                                |                 |                   |                  |
|---------------|-------------------------------|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|
|               | Влага                         | П.п.п. | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SO <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O |
| Проба № 1     | 0,8                           | 4,55   | 67,5             | 13,9                           | 1,05                           | 0,3             | 4,0               | 5,1              |
| Проба № 2     | 1,35                          | 5,14   | 65,5             | 13,7                           | 1,31                           | 0,31            | 3,7               | 5,0              |
| Проба № 3     | 2,52                          | 5,0    | 67,4             | 12,8                           | 0,96                           | 0,15            | 3,7               | 5,0              |

Рентгенофазовый анализ показал, что образцы перлита представлены, в основном, рентгеноаморфной фазой (перлит+обсидиан); в них зафиксировано также наличие в малых количествах глинистой фазы (Са-монтмориллонит) и примесей полевого шпата, кварца и слюды; на рентгенограмме четко очерченные пики не отмечаются (рис. 1).

Анализ полученных дифференциальных термических и гравиметрических кривых показал, что пробы перлита характеризуются незначительным эндотермическим эффектом, который начинается от 80°C и заканчивается при 500-550°C, и связан с выделением различных форм воды (рис. 2). Ступенчатый характер выделения воды из перлита объясняется различной степенью энергии связи воды в каналах алюмосиликатного каркаса; по мере приближения к стенкам каркаса связи воды с поверхностью усиливаются. В низкотемпературном интервале начинает выделяться молекулярная вода, которая связана водородной связью с поверхностными гидроксильными группами [4].

Исследование методом инфракрасной спектроскопии показало, что в области (1500-400) см<sup>-1</sup> спектр поглощения перлита характеризуется интенсивной полосой поглощения 450 см<sup>-1</sup>, которая

обусловлена валентными колебаниями связи Si – O, а полоса поглощения  $820\text{ см}^{-1}$  характерна для поверхностных гидроксильных групп гидратированного силикатного материала. Широкое асимметричное колебание в области  $(1000-1200)\text{ см}^{-1}$  относится к валентным колебаниям группы Si – O – Si (рис. 3).

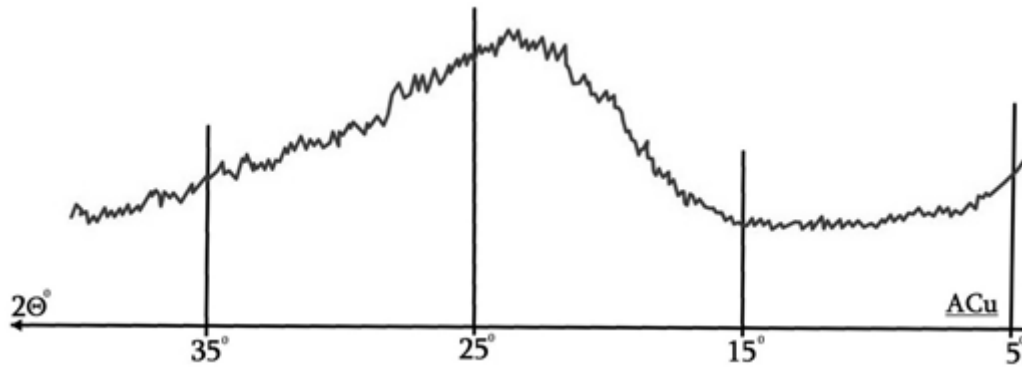


Рис. 1. Дифрактограмма природного перлита (проба № 2)

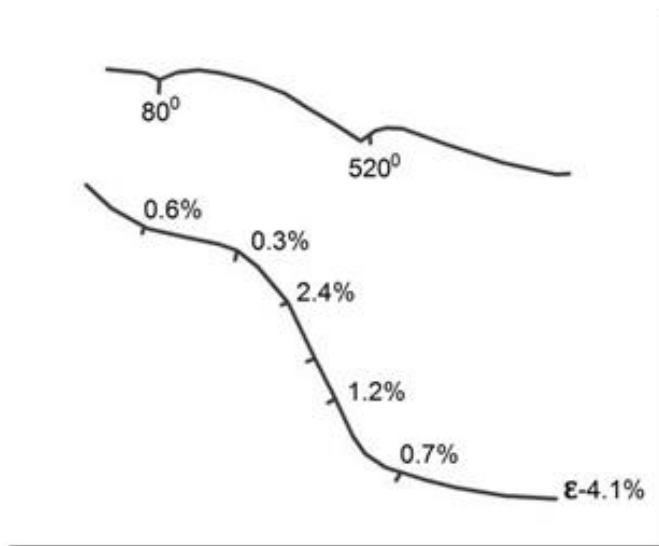


Рис. 2. Термограмма природного перлита (проба № 2)

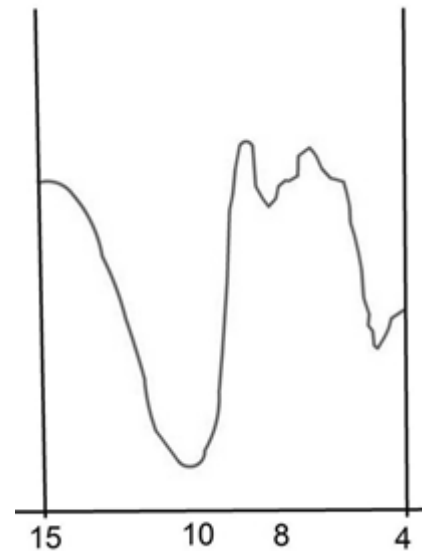


Рис. 3. Инфракрасный спектр природного перлита (проба № 2)

Для оценки вспучивающей способности аспиндзского перлита предварительно был проведен ситовой анализ и установлен выход фракций; полученные результаты приведены в табл. 2; также были определены основные физические характеристики перлита (табл. 3).

Таблица 2. Дробление-классификация перлита

| Проба перлита | Выход фракций, % |                 |                  |                   |                   |               | Сумма, % |
|---------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------|----------|
|               | -5+2,5<br>мм     | -2,5+1,25<br>мм | -1,25+0,63<br>мм | -0,63+0,315<br>мм | -0,315+0,16<br>мм | -0,16+0<br>мм |          |
| Проба № 1     | 35,3             | 29,9            | 13,9             | 9,1               | 4,5               | 7,3           | 100,0    |
| Проба № 2     | 22,3             | 23,2            | 14,9             | 14,9              | 11,1              | 13,6          | 100,0    |
| Проба № 3     | 18,4             | 16,3            | 14,5             | 15,1              | 11,0              | 24,7          | 100,0    |

Таблица 3. Физические характеристики перлита

| Проба перлита | Насыпной вес, кг/м <sup>3</sup> | Истинная плотность, г/см <sup>3</sup> | Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup> | Пористость, % |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Проба № 1     | 1022,2                          | 2,37                                  | 1870                                 | 21,0          |
| Проба № 2     | 1127,5                          | 2,36                                  | 1980                                 | 21,0          |
| Проба № 3     | 1150,5                          | 2,34                                  | 1870                                 | 20,0          |

С целью установления оптимального режима вспучивания, нами были опробованы как одностадийная, так и двухстадийная температурная обработка.

Как известно, основная технологическая трудность вспучивания перлита заключается, главным образом, в правильном подборе режима тепловой обработки породы. При медленном нагреве вода испаряется, не вызывая вспучивание, а при чрезмерно интенсивном нагреве происходит не вспучивание, а растрескивание породы и ее раздробление. Параметры вспучивания для каждой разновидности перлита устанавливаются экспериментально. На вспучиваемость перлитовой породы оказывают влияние такие факторы, как химический состав, содержание посторонних примесей, степень измельчения, режим тепловой обработки – температура и продолжительность процесса [3].

В наших исследованиях процесс одностадийной тепловой обработки проведен в трубчатой печи при температуре 950 и 1000<sup>0</sup>С; испытаны две фракции проб (-1,25+0,63 и -0,63+0,16 мм); рассчитан коэффициент вспучивания К, который является главным качественным показателем перлитового сырья. Полученные результаты, которые приведены в табл. 4, указывают на низкую степень вспучивания исследуемых проб перлита.

Таблица 4. Одностадийное вспучивание

| Проба перлита | Фракция, мм | Температура вспучивания, °С | Объем перлита, см <sup>3</sup> |                   | Коэффициент вспучивания, К |
|---------------|-------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------------|
|               |             |                             | До вспучивания                 | После вспучивания |                            |
| Проба № 1     | -1,25+0,63  | 1000                        | 10                             | 11                | 1,1                        |
|               | -0,63+0,16  | 950                         | 10                             | 11                | 1,1                        |
| Проба № 2     | -1,25+0,63  | 1000                        | 10                             | 24                | 2,4                        |
|               | -0,63+0,16  | 950                         | 10                             | 20                | 2,0                        |
| Проба № 3     | -1,25+0,63  | 1000                        | 10                             | 15                | 1,5                        |
|               | -0,63+0,16  | 950                         | 10                             | 13                | 1,3                        |

В аспиндзском перлите, как видно из данных табл. 1, величина п.п.п. превышает 4,5 %, поэтому он относится к разновидности перлита, содержащей подвижную воду в большом количестве. Исходя из этого, для достижения полного вспучивания проводились два этапа обжига – средне- и высокотемпературный. При двухстадийной температурной обработке первичную (предварительную) обработку проводили в муфельной печи при температуре 350-400<sup>0</sup>С и 400-500<sup>0</sup>С, при которой удаляется избыточная вода.

Для установления параметров вспучивания опыты на этапе вторичной обработки были проведены в трубчатой печи на всех фракциях испытуемых проб (см. табл. 2) при разных температурах (850-1150<sup>0</sup>С) и интервале времени (30 // - 2' 45 //). На основании полученных данных определяли коэффициент вспучивания, а также - выход невспученных частиц. Результаты двухстадийного вспучивания представлены в табл. 5.

Как видно из данных этой таблицы, лучшими показателями вспучивания выделяется проба №2 (температура вспучивания 1100<sup>0</sup>С; продолжительность вспучивания 50 //; фракция -2,5+1,25 мм; К=4,3; выход невспученных частиц – 20,4 %); остальные две пробы практически не подвергаются вспучиванию (К=1,2-2,2; выход невспученных частиц – 75,0-99,8 %), что вызвано присутствием в них в большом количестве плотных примесей черного цвета (в основном, обсидиана), которые



видны при визуальном наблюдении. Примечательно, что полученное для пробы № 2 значение коэффициента вспучивания является приемлемым для изготовления легких бетонов [6].

Эмпирически установлено, что вспучиваемость вулканических стекол существенно зависит от содержания  $\text{SiO}_2$  [3]. Так как в исследуемом перлите содержание  $\text{SiO}_2$  составляет менее 70 % (табл. 1), он относится к сравнительно слабо вспучивающейся разновидности перлита, что и подтверждается результатами проведенного нами исследования.

Таблица 5. Двухстадийное вспучивание

| Проба перлита                    | Температура вспучивания, °C | Объем перлита, см <sup>3</sup> |                   | Коэффициент вспучивания, К | Выход невспученных частиц, % |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------------|------------------------------|
|                                  |                             | До вспучивания                 | После вспучивания |                            |                              |
| <b>фракция - 5 + 2,5 мм</b>      |                             |                                |                   |                            |                              |
| Проба № 1                        | 1000                        | 10                             | 20                | 2,0                        | -                            |
|                                  | 1100                        | 10                             | 21                | 2,1                        | -                            |
| Проба № 2                        | 1000                        | 10                             | 33                | 3,3                        | 35,7                         |
|                                  | 1100                        | 20                             | 70                | 3,5                        | 17,7                         |
| Проба № 3                        | 1000                        | 10                             | 18                | 1,8                        | 87,2                         |
|                                  | 1100                        | 10                             | 20                | 2,0                        | 81,4                         |
| <b>фракция - 2,5 + 1,25 мм</b>   |                             |                                |                   |                            |                              |
| Проба № 1                        | 1100                        | 10                             | 14                | 1,4                        | 99,8                         |
| Проба № 2                        | 1100                        | 10                             | 43                | 4,3                        | 20,4                         |
| Проба № 3                        | 1100                        | 10                             | 17                | 1,7                        | 75,0                         |
| <b>фракция - 1,25 + 0,63 мм</b>  |                             |                                |                   |                            |                              |
| Проба № 1                        | 1000                        | 10                             | 18                | 1,8                        | -                            |
|                                  | 1100                        | 10                             | 19                | 1,9                        | -                            |
| Проба № 2                        | 1000                        | 10                             | 39                | 3,9                        | 21,7                         |
|                                  | 1100                        | 10                             | 37                | 3,7                        | 20,8                         |
| Проба № 3                        | 1000                        | 10                             | 18                | 1,8                        | 89,0                         |
|                                  | 1100                        | 10                             | 22                | 2,2                        | 80,4                         |
| <b>фракция - 0,63 + 0,315 мм</b> |                             |                                |                   |                            |                              |
| Проба № 1                        | 970                         | 10                             | 12                | 1,2                        | -                            |
| Проба № 2                        | 950                         | 10                             | 33                | 3,3                        | 28,9                         |
| Проба № 3                        | 970                         | 10                             | 16                | 1,6                        | 84,9                         |
| <b>фракция - 0,315 + 0,16 мм</b> |                             |                                |                   |                            |                              |
| Проба № 2                        | 950                         | 10                             | 33                | 3,3                        | 31,6                         |
|                                  | 1100                        | 10                             | 35                | 3,5                        | 34,2                         |

В заключение следует отметить, что перлит аспиндзского рудопроявления проявляет низкую способность вспучивания и относится к разновидности перлита с незначительной способностью вспучивания; проба № 2 может быть рекомендована для производства легких бетонов.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян А.С. Перлиты Армении и экономическая эффективность их применения в народном хозяйстве. Ереван, 1968, 136 с.
2. Крупа А.А. Поверхностные свойства вспученного перлита. – В кн.: Перлиты. М.: Наука, 1981, с.207-216.
3. Ковальский Ф.И. и др. Минеральное сырье. Перлит // Справочник. – М.: ЗАО Геоинформмарк, 1998, 30 с.
4. Зибарова Т.А. Состояние воды и гидроксила в природных стеклах по данным

- спектроскопии. – В кн.: Перлиты. М.: Наука, 1981.
5. Наседкин В.В. Основные закономерности формирования месторождений водосодержащих стекол и пути их промышленного использования. - В кн.: Перлиты. М.: Наука, 1981, с.37-42.
6. <https://arxipedia.ru/...i...производство-perlita.html>

## TECHNOLOGICAL STUDY OF ASPINDZA PERLITE

Karine Khachaturian, Nestan Gegia, Gulnazi Enukhidze, Tamar Guruli  
*LEPL TSU Alexander Tvalchrelidze Caucasus Institute of Mineral Resources*

### SUMMARY

Three samples of perlite of the Aspindza ore formation (Samtskhe-Javakheti) were tested: their material composition, technological parameters and vesicle conditions were studied. It is shown that they are mainly represented by the X-ray amorphous phase (perlite + obsidian) and feldspar, Ca-montmorillonite, quartz, and mica as impurity minerals. The optimum mode of heat treatment (temperature and duration of primary and secondary heat treatment, particle size) was established and the capacity for swelling was estimated. It is found that the perlite of the Aspindza ore occurrence refers to a variety of perlite with a slight swelling capacity; test № 2 can be recommended for manufacture of light concrete.

### ასპინძის პერლიტის ტექნოლოგიური შესწავლა

კარინე ხაჩატურიანი, ნესტან გეგია, გულნაზი ენუქიძე, თამარ გურული  
*სსიპ თსუ ა.თვალჩრელიძის სახელობის მინერალური ნედლეულის კავკასიის ინსტიტუტი*

### რეზიუმე

ჩატარებულია ასპინძის მადანგამოვლინების პერლიტის (სამცხე ჯავახეთი) სამი სინჯის ტესტირება: შესწავლილია მათი ნივთიერი შედგენილობა, ტექნოლოგიური პარამეტრები და აფუების პირობები. ნაჩვენებია, რომ ისინი წარმოდგენილია, ძირითადად, რენტგენამორფული ფაზით (პერლიტი + ობსიდიანი) და მინარევების სახით შეიცავენ მინდვრის შპატს, კვარცს, Ca-მონტმორილონიტს, ქარსს. დადგენილია თერმული დამუშავების ოპტიმალური რეჟიმი (პირველადი და მეორადი თერმოდამუშავების ტემპერატურა და ხანგრძლივობა, ნაწილაკების ზომა) და შეფასებულია აფუების უნარიანობა. მიღებულია, რომ ასპინძის მადანგამოვლინების პერლიტი მიეკუთვნება პერლიტის ნაკლებ აფუებისუნარიან სახესხვაობას; სინჯი #2 შეიძლება რეკომენდირებული იყოს მსუბუქი ბეტონების წარმოებაში.

## НОВЫЙ АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННЫХ НАНОСЛОЕВ ПОЛУПРОВОДНИКОВ A<sup>IV</sup>B<sup>VI</sup>

А.М.Пашаев<sup>1</sup>, О.И.Даварашвили<sup>2</sup>, М.И.Енукашвили<sup>2</sup>, З.Г.Ахвледiani<sup>2,3</sup>,  
Л.П.Бычкова<sup>2</sup>, М.А.Дзагания<sup>2,4</sup>, В.П.Зломанов<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Национальная Академия Авиации Азербайджана, Баку*

<sup>2</sup> *Тбилисский Государственный Университет им.Ив.Джавахишвили*

<sup>3</sup> *Институт Физики им.Э.Андроникашвили, Тбилиси*

<sup>4</sup> *Институт Физической и Органической химии им.П.Меликишвили, Тбилиси*

<sup>5</sup> *Московский Государственный Университет им.М.В.Ломоносова*

Предыдущие исследования показали, что при разных подвижностях носителей заряда (но постоянных в каждом случае по спектру) меняется характер распределения результирующего поглощения  $\alpha - \alpha_{св.н.}$  в длинноволновой области исследуемого спектра. В настоящей работе впервые предлагается новый анализ, когда вместо подвижности рассматривается изменение времени рассеяния по спектру (с энергией) и соответственно обновление показателя степени  $p$  в выражении для поглощения свободными носителями ( $\alpha_{св.н.} \sim \lambda^{-p}$ ). Такой подход позволит лучше выявить особенности в спектральном распределении  $\alpha - \alpha_{св.н.}$ . В работе также проведен важный анализ влияния деформации на оптические параметры, в первую очередь, на показатель преломления и коэффициенты отражения.

Исследования в материаловедении весьма продвинули наши знания о природе: фундаментальные свойства материалов зависят не только от их химической формулы – состава, но и от незначительного изменения расстояния между составляющими их атомами. С привлечением обоих подходов (изменение состава и смещение атомов) появляются материалы для наукоемких направлений, в частности, электроники, приборостроения и фармакологии, определяющих, в целом, прогресс общества.

С развитием нанотехнологий и получением напряженных слоев, особенно в условиях растяжения, просматриваются возможности гибко и плавно управлять свойствами материалов, в частности, полупроводниковых, и осуществить инновационные приборные решения. Иллюстрацией этого является, по-видимому, исследование напряженных нанослоев полупроводников A<sup>IV</sup>B<sup>VI</sup> [1-3]. Исходя из узкой ширины запрещенной зоны и ее прямозонного характера эти полупроводники находят применение в новых типах ИК фотоприемников, отличающихся высокой чувствительностью и быстродействием и лазерах, генерирующих при комнатной температуре и с высокой перестройкой частоты излучения [4,5]. Ввиду необходимости детального анализа оптических параметров напряженных нанослоев в настоящей работе по сравнению с предыдущими [6,7] показатель преломления, коэффициенты отражения и поглощения анализируются с учетом деформации в слоях.

Анализ оптических параметров напряженных нанослоев проведен на примере слоя PbSe, выращенного на подложке KCl методом молекулярной эпитаксии с «горячей стенкой». Для конкретного слоя PbSe толщиной 70нм и при параметрах решетки монокристалла aPbSe = 6,126Å, напряженного слоя aPbSe = 6,175Å остаточная деформация  $\epsilon = (a_{сл.} - a_{п.})/a_{п.} = 0,008$ .

Определенные значения оптических параметров напряженных нанослоев подставляются в уравнение для определения поглощения в рамках модели интерферометра Фабри-Перо:

$$T(r_1 r_2)^2 y^2 \cdot [(1-r_1^2)(1-r_2^2) + 2Tr_1 r_2 - 4Tr_1 r_2 \sin^2(2\pi N'd/\lambda)] y + T = 0 \quad (1),$$

здесь  $\alpha = -\ln y/d$ ,  $r_1$  и  $r_2$  коэффициенты отражения на границе слой - воздух и слой – подложка и определяются через показатель преломления  $N'_{сл.}$   $r_1 = (N'_{сл.} - N_{в.}) / (N'_{сл.} + N_{в.})$ ,  $r_2 = (N'_{сл.} - N_{п.}) / (N'_{сл.} + N_{п.})$ .

Чтобы найти значения  $r_1$  и  $r_2$  при деформации необходимо знать показатель преломления напряженного слоя, который определяется из соотношения:

$$dN/d\epsilon = dN/dE \cdot dE/d\epsilon \quad (2)$$

Из дисперсной зависимости показателя преломления  $dN/dE = 5,5\varepsilon V^{-1}$  [8]. Учитывая среднее возрастание ширины запрещенной зоны слоя PbSe при деформации  $\varepsilon = 0,008$  на  $0,175\varepsilon V$ , то  $dE/d\varepsilon \approx 22\varepsilon V$ . Тогда  $dN/d\varepsilon = 12,5$  и  $dN = +1$ .

В таблице 1 приводятся значения показателя преломления  $N'$ , а также  $r_1$  и  $r_2$ ,  $1-r_1^2$ ,  $1-r_2^2$ ,  $r_1 r_2$  с учетом деформации. Эти величины используются, как указывалось, при нахождении коэффициента поглощения. Сравнивая значения  $r_1$  и  $r_2$  при учете деформации и без него, видно, что при длине волны, например,  $4,65\mu\text{м}$   $r_1$  в случае деформации растет на  $0,065$ ,  $r_2$  – на  $0,082$ . При длине волны  $2,56\mu\text{м}$   $r_1$  растет на  $0,040$ ,  $r_2$  – на  $0,052$ .

Таблица 1. Оптические параметры напряженного нанослоя PbSe с учетом деформации

| $\lambda$ , мкм | $N'(\text{PbSe}) = N(\text{PbSe}) + 1$ | $N(\text{KCl})$ | $r_1$ | $r_2$ | $1-r_1^2$ | $1-r_2^2$ | $r_1 r_2$ | $(1-r_1 r_2)^2$ |
|-----------------|--|-----------------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| 6,452           | 4,350                                  | 1,469           | 0,626 | 0,495 | 0,608     | 0,755     | 0,310     | 0,476           |
| 5,882           | 4,550                                  | 1,469           | 0,640 | 0,512 | 0,591     | 0,738     | 0,327     | 0,452           |
| 5,405           | 4,850                                  | 1,469           | 0,658 | 0,535 | 0,567     | 0,714     | 0,352     | 0,420           |
| 5,000           | 5,200                                  | 1,470           | 0,677 | 0,559 | 0,541     | 0,687     | 0,379     | 0,386           |
| 4,651           | 5,500                                  | 1,470           | 0,692 | 0,578 | 0,521     | 0,666     | 0,400     | 0,360           |
| 4,348           | 5,550                                  | 1,470           | 0,695 | 0,581 | 0,517     | 0,662     | 0,404     | 0,356           |
| 4,082           | 5,650                                  | 1,470           | 0,699 | 0,587 | 0,511     | 0,655     | 0,410     | 0,348           |
| 4,000           | 5,710                                  | 1,471           | 0,702 | 0,590 | 0,507     | 0,651     | 0,414     | 0,343           |
| 3,922           | 5,760                                  | 1,471           | 0,704 | 0,593 | 0,504     | 0,648     | 0,418     | 0,339           |
| 3,846           | 5,810                                  | 1,471           | 0,706 | 0,596 | 0,501     | 0,645     | 0,421     | 0,335           |
| 3,774           | 5,870                                  | 1,471           | 0,709 | 0,599 | 0,497     | 0,641     | 0,425     | 0,331           |
| 3,704           | 5,930                                  | 1,471           | 0,711 | 0,602 | 0,494     | 0,637     | 0,429     | 0,327           |
| 3,636           | 5,990                                  | 1,471           | 0,714 | 0,606 | 0,490     | 0,633     | 0,432     | 0,322           |
| 3,448           | 6,100                                  | 1,472           | 0,718 | 0,611 | 0,484     | 0,626     | 0,439     | 0,315           |
| 3,279           | 6,185                                  | 1,472           | 0,722 | 0,615 | 0,479     | 0,621     | 0,444     | 0,309           |
| 3,125           | 6,250                                  | 1,473           | 0,724 | 0,619 | 0,476     | 0,617     | 0,448     | 0,305           |
| 2,985           | 6,280                                  | 1,473           | 0,725 | 0,620 | 0,474     | 0,616     | 0,450     | 0,303           |
| 2,857           | 6,330                                  | 1,474           | 0,727 | 0,622 | 0,471     | 0,613     | 0,452     | 0,300           |
| 2,740           | 6,330                                  | 1,474           | 0,727 | 0,622 | 0,471     | 0,613     | 0,452     | 0,300           |
| 2,721           | 6,330                                  | 1,474           | 0,727 | 0,622 | 0,471     | 0,613     | 0,452     | 0,300           |
| 2,703           | 6,330                                  | 1,475           | 0,727 | 0,622 | 0,471     | 0,613     | 0,452     | 0,300           |
| 2,685           | 6,330                                  | 1,475           | 0,727 | 0,622 | 0,471     | 0,613     | 0,452     | 0,300           |
| 2,667           | 6,330                                  | 1,475           | 0,727 | 0,622 | 0,471     | 0,613     | 0,452     | 0,300           |
| 2,632           | 6,330                                  | 1,475           | 0,727 | 0,622 | 0,471     | 0,613     | 0,452     | 0,300           |
| 2,597           | 6,330                                  | 1,475           | 0,727 | 0,622 | 0,471     | 0,613     | 0,452     | 0,300           |
| 2,564           | 6,330                                  | 1,475           | 0,727 | 0,622 | 0,471     | 0,613     | 0,452     | 0,300           |

В таблице 2 приводятся рассчитанные по (1) значения коэффициентов поглощения  $\alpha$  по спектру, а также коэффициентов поглощения свободными носителями  $\alpha_{\text{св.н.}}$  и разности  $\alpha - \alpha_{\text{св.н.}}$ . Минимальные и положительные значения  $\alpha - \alpha_{\text{св.н.}}$  получены при подвижностях в интервале  $4-8\text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ . Заметим, что при концентрации носителей заряда  $\sim 1\cdot 10^{19}\text{см}^{-3}$  максимальное значение  $\alpha - \alpha_{\text{св.н.}} = 2219\text{см}^{-1}$  соответствует длине волны  $\lambda = 4,35\mu\text{м}$ .

Для сравнения при концентрации носителей заряда  $5\cdot 10^{18}\text{см}^{-3}$  эта разность составляла  $1214\text{см}^{-1}$  при длине волны  $\lambda = 3,92\mu\text{м}$  [9]. Приведенные значения максимумов  $\alpha - \alpha_{\text{св.н.}}$  могут корректироваться при небольшом изменении подвижности в указанном диапазоне, в данном случае при некотором возрастании над значением  $6,5\text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ . Но границы варьирования не очень велики, т.к. в диапазоне  $3-2,6\mu\text{м}$   $\alpha - \alpha_{\text{св.н.}}$  может стать отрицательной. Минимизация  $\alpha - \alpha_{\text{св.н.}}$  более четко осуществляется варьированием времени рассеяния  $\tau$  ( $\mu = e\tau/m$ ). При

поглощении фотона электроном меняется его волновой вектор и избыточная энергия передается решетке – характер рассеяния носителей заряда и коэффициент поглощения зависят от времени рассеяния, которое в свою очередь зависит от энергии.

**Таблица 2.** Данные по коэффициентам поглощения (общего и результирующего) и показателю  $\rho$  по спектру для нанослоя PbSe

| $\lambda$ ,<br>მკმ | $h\nu$ ,<br>эВ | $N'(PbSe)=$<br>$N(PbSe)+1$ | $N(KCl)$ | $T$   | $\alpha$ ,<br>$см^{-1}$ | $\alpha_{св.н.}$ ,<br>$см^{-1}$ | $\alpha^*=\alpha-\alpha_{св.н.}$ ,<br>$см^{-1}$ | $\alpha^{*2}=(\alpha-\alpha_{св.н.})^2$ ,<br>$см^{-2}$ | $\rho$ |
|--------------------|----------------|----------------------------|----------|-------|-------------------------|---------------------------------|---|--|--------|
| 6,452              | 0,192          | 4,35                       | 1,469    | 0,215 | 133059                  | 133006                          | 53  | 2,88E+03   | 2,000  |
| 5,882              | 0,211          | 4,55                       | 1,469    | 0,210 | 129242                  | 128970                          | 272   | 7,42E+04   | 2,112  |
| 5,405              | 0,229          | 4,85                       | 1,469    | 0,205 | 122035                  | 121486                          | 549   | 3,02E+05   | 2,221  |
| 5,000              | 0,248          | 5,2                        | 1,470    | 0,200 | 112135                  | 111032                          | 1103  | 1,22E+06   | 2,315  |
| 4,651              | 0,267          | 5,5                        | 1,470    | 0,195 | 102091                  | 100447                          | 1644  | 2,70E+06   | 2,396  |
| 4,348              | 0,285          | 5,55                       | 1,470    | 0,195 | 96405                   | 94186                           | 2219  | 4,93 E+06  | 2,468  |
| 4,082              | 0,304          | 5,66                       | 1,470    | 0,195 | 88030                   | 86861                           | 1169  | 1,37E+06   | 2,534  |
| 4,000              | 0,310          | 5,71                       | 1,471    | 0,195 | 83584                   | 81659                           | 1925  | 3,70E+06   | 2,534  |
| 3,922              | 0,316          | 5,76                       | 1,471    | 0,194 | 80330                   | 78476                           | 1854  | 3,44E+06   | 2,548  |
| 3,846              | 0,322          | 5,81                       | 1,471    | 0,194 | 76211                   | 74244                           | 1967  | 3,87E+06   | 2,550  |
| 3,774              | 0,329          | 5,87                       | 1,471    | 0,193 | 72662                   | 71505                           | 1157  | 1,34E+06   | 2,566  |
| 3,704              | 0,335          | 5,93                       | 1,471    | 0,190 | 69286                   | 68356                           | 931   | 8,66E+05   | 2,576  |
| 3,636              | 0,341          | 5,99                       | 1,471    | 0,188 | 66088                   | 65217                           | 872   | 7,60E+05   | 2,584  |
| 3,448              | 0,360          | 6,1                        | 1,472    | 0,181 | 58328                   | 57370                           | 958   | 9,08E+05   | 2,606  |
| 3,279              | 0,378          | 6,19                       | 1,472    | 0,174 | 51867                   | 51047                           | 820   | 6,72E+05   | 2,629  |
| 3,125              | 0,397          | 6,25                       | 1,473    | 0,168 | 46428                   | 45759                           | 669   | 4,48E+05   | 2,654  |
| 2,985              | 0,415          | 6,28                       | 1,473    | 0,162 | 42073                   | 41490                           | 583   | 3,40E+05   | 2,680  |
| 2,857              | 0,434          | 6,33                       | 1,474    | 0,156 | 38233                   | 37576                           | 657   | 4,32E+05   | 2,705  |
| 2,740              | 0,453          | 6,33                       | 1,474    | 0,152 | 35159                   | 34504                           | 655   | 4,28E+05   | 2,733  |
| 2,721              | 0,456          | 6,33                       | 1,474    | 0,152 | 34673                   | 34002                           | 671   | 4,50E+05   | 2,737  |
| 2,703              | 0,459          | 6,33                       | 1,475    | 0,151 | 34198                   | 33544                           | 654   | 4,28E+05   | 2,742  |
| 2,685              | 0,462          | 6,33                       | 1,475    | 0,151 | 33731                   | 33093                           | 638   | 4,08E+05   | 2,747  |
| 2,667              | 0,465          | 6,33                       | 1,475    | 0,150 | 33275                   | 32618                           | 657   | 4,31E+05   | 2,751  |
| 2,632              | 0,471          | 6,33                       | 1,475    | 0,147 | 35736                   | 31695                           | 4041  | 1,63E+07   | 2,759  |
| 2,597              | 0,477          | 6,33                       | 1,475    | 0,145 | 36582                   | 30895                           | 5686  | 3,23E+07   | 2,770  |
| 2,564              | 0,484          | 6,33                       | 1,475    | 0,143 | 37317                   | 30435                           | 6883  | 4,74E+07   | 2,792  |

Как видно из соотношений для  $\alpha_{св.н.} = Ne^2/c\epsilon_0 m \omega^2 \cdot 1/\tau = B \cdot N \lambda^2 / m \cdot 1/\tau$  (выполняется для полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  при  $\omega\tau \gg 1$ ) при изменении  $\tau$  по спектру будет заметно изменяться  $\alpha_{св.н.}$ . Когда время рассеяния  $\tau$  растет с энергией показатель степени  $\rho$  становится выше двух, в обратном случае – он уменьшается.

Из таблицы 2 видно, что показатель  $\rho$  уменьшается с ростом длины волны – это означает, что осуществляется переход от рассеяния на оптических фононах к рассеянию на акустических фононах. При высокой концентрации носителей показатель  $\rho$  при рассеянии на акустических фононах приближается к двум. Т.е. время рассеяния при высоких длинах волн уменьшается, а при малых длинах возрастает – носители заряда при большей энергии дольше перемещаются без рассеяния.

При приближении к длине волны  $\sim 40$  мкм энергия светового кванта совпадает с тепловой – время рассеяния уменьшается. При этом механизм рассеяния будет изменяться на другой (например, от рассеяния на акустических фононах будет смещаться к рассеянию на дефектах решетки).

Отметим, что анализ спектров проводится с длины волны  $< 6,5\text{мкм}$ . Это связано с двумя причинами: при подвижности  $< 10\text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$  величина  $\alpha - \alpha_{\text{св.н}}$  становится отрицательной в диапазоне 9-6,5мкм. С другой стороны, при концентрации носителей заряда  $\sim 1\cdot 10^{19}\text{см}^{-3}$  пик резонансного плазменного поглощения соответствует при 300К-13мкм, а спадающий хвост большого пика может простираться в сторону коротких длин волн. Надо полагать, что из различных колебательных мод в плазме – объемных, поверхностных и двумерных наиболее коротковолновой является объемная. Поэтому при указанной концентрации носителей анализ оптического поглощения и у других авторов осуществляется при  $\lambda < 7\text{мкм}$  [10]. Заметим, что при длине волны 6,5мкм пропускание  $T$  взято равным 0,215, исходя из того, что при значениях  $T$  ниже 0,215 разность  $\alpha - \alpha_{\text{св.н}}$  при подвижности  $< 10\text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$  положительна, но принимает весьма высокое значение за краем поглощения. При  $T > 0,215$  разность  $\alpha - \alpha_{\text{св.н}}$  становится отрицательной при подвижности  $< 10\text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$  [11].

В таблице 3 приводятся рассчитанные значения  $(\alpha - \alpha_{\text{св.н}})^2$ ,  $[(\alpha - \alpha_{\text{св.н}})/\gamma]^2$  и  $[(\alpha - \alpha_{\text{св.н}})/\gamma \cdot h\nu]^2$  по спектру.

**Таблица 3.** Данные по коэффициентам общего и результирующего поглощения и квадратам произведения результирующего поглощения на энергию фотона

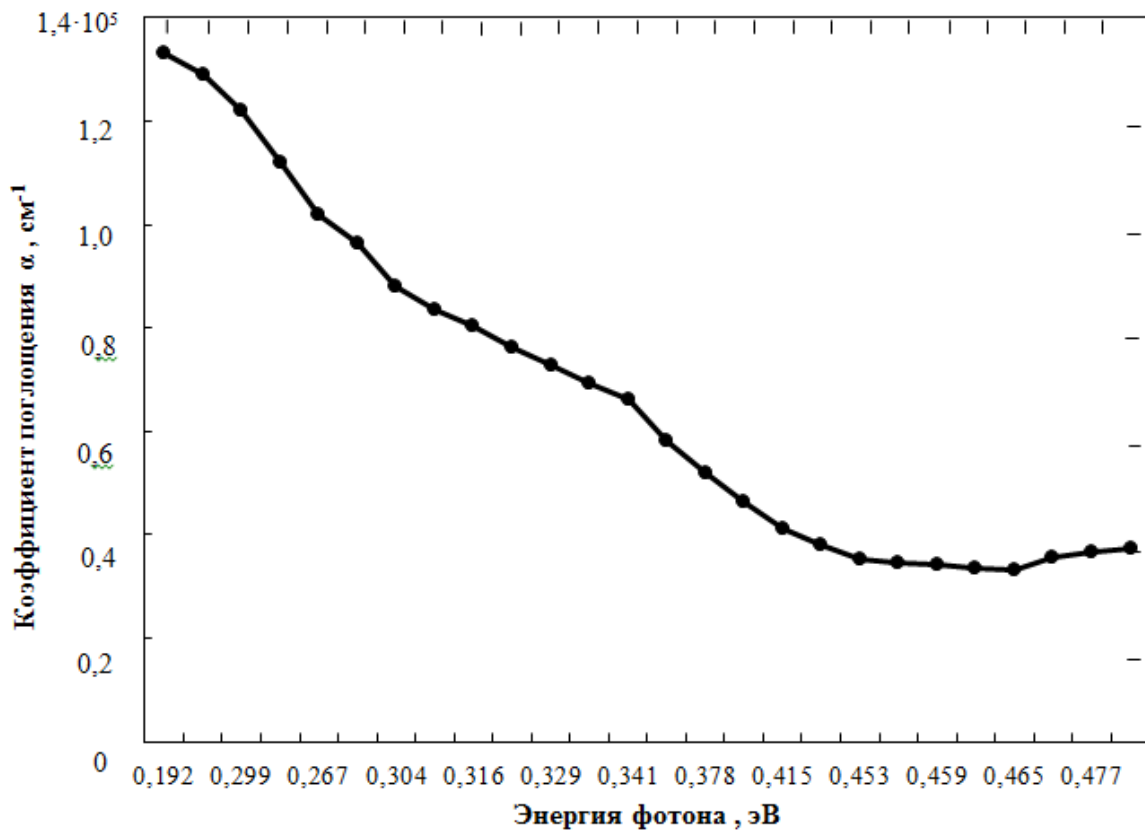
| $\lambda$ ,<br>мкм | $h\nu$ ,<br>эВ | $T$   | $\alpha$ ,<br>$\text{см}^{-1}$ | $\alpha^* = \alpha - \alpha_{\text{св.н}}$ ,<br>$\text{см}^{-1}$ | $\alpha^{*2} = (\alpha - \alpha_{\text{св.н}})^2$ ,<br>$\text{см}^{-2}$ | $1/\gamma$ | $(\dot{\alpha})^2 = (\alpha^* \cdot 1/\gamma)^2$ ,<br>$\text{см}^{-2}$ | $(\dot{\alpha} \cdot h\nu)^2$ ,<br>$\text{см}^{-2} \text{эВ}^2$ |
|--------------------|----------------|-------|--------------------------------|--|---|------------|--|---|
| 6,452              | 0,192          | 0,215 | 133059                         | <b>53</b>  | <b>2,88E+03</b>   | 63,546     | 1,09E+02   | 1,09E+02  |
| 5,882              | 0,211          | 0,210 | 129242                         | <b>272</b>   | <b>7,42E+04</b>   | 47,930     | 3,33E+03   | 3,33E+03  |
| 5,405              | 0,229          | 0,205 | 122035                         | <b>549</b>   | <b>3,02E+05</b>   | 36,212     | 1,37E+04   | 1,37E+04  |
| 5,000              | 0,248          | 0,200 | 112135                         | <b>1103</b>  | <b>1,22E+06</b>   | 27,420     | 7,52E+04   | 7,52E+04  |
| 4,651              | 0,267          | 0,195 | 102091                         | <b>1644</b>  | <b>2,70E+06</b>   | 20,824     | 1,98E+05   | 1,98E+05  |
| 4,348              | 0,285          | 0,195 | 96405                          | <b>2219</b>  | <b>4,93 E+06</b>  | 15,874     | 3,96E+05   | 3,96E+05  |
| 4,082              | 0,304          | 0,195 | 88030                          | <b>1169</b>  | <b>1,37E+06</b>   | 12,160     | 4,18E+05   | 4,18 E+05   |
| 4,000              | 0,310          | 0,195 | 83584                          | <b>1925</b>  | <b>3,70E+06</b>   | 11,141     | 3,89E+05   | 3,89E+05  |
| 3,922              | 0,316          | 0,194 | 80330                          | <b>1854</b>  | <b>3,44E+06</b>   | 10,215     | 3,67E+05   | 3,67E+05  |
| 3,846              | 0,322          | 0,194 | 76211                          | <b>1967</b>  | <b>3,87E+06</b>   | 9,374      | 2,02E+05   | 2,02E+05  |
| 3,774              | 0,329          | 0,193 | 72662                          | <b>1157</b>  | <b>1,34E+06</b>   | 8,609      | 1,44E+05   | 1,44E+05  |
| 3,704              | 0,335          | 0,190 | 69286                          | <b>931</b>   | <b>8,66E+05</b>   | 7,914      | 1,08E+05   | 1,08E+05  |
| 3,636              | 0,341          | 0,188 | 66088                          | <b>872</b>   | <b>7,60E+05</b>   | 7,283      | 1,09E+05   | 1,09E+05  |
| 3,448              | 0,360          | 0,181 | 58328                          | <b>958</b>   | <b>9,18E+05</b>   | 5,714      | 1,33E+05   | 1,23E+05  |
| 3,279              | 0,378          | 0,174 | 51867                          | <b>820</b>   | <b>6,72E+05</b>   | 4,537      | 1,06E+05   | 1,06E+05  |
| 3,125              | 0,397          | 0,168 | 46428                          | <b>669</b>   | <b>4,48E+05</b>   | 3,654      | 7,33E+04   | 7,33E+04  |
| 2,985              | 0,415          | 0,162 | 42073                          | <b>583</b>   | <b>3,40E+05</b>   | 2,991      | 6,77E+04   | 6,77E+04  |
| 2,857              | 0,434          | 0,156 | 38233                          | <b>657</b>   | <b>4,32E+05</b>   | 2,494      | 7,86E+04   | 7,86E+04  |
| 2,740              | 0,453          | 0,152 | 35159                          | <b>655</b>   | <b>4,28E+05</b>   | 2,121      | 9,18E+04   | 9,18E+04  |
| 2,721              | 0,456          | 0,152 | 34673                          | <b>671</b>   | <b>4,50E+05</b>   | 2,069      | 9,13E+04   | 9,13E+04  |
| 2,703              | 0,459          | 0,151 | 34198                          | <b>654</b>   | <b>4,28E+05</b>   | 2,019      | 9,10E+04   | 9,10E+04  |
| 2,685              | 0,462          | 0,151 | 33731                          | <b>638</b>   | <b>4,08E+05</b>   | 1,971      | 1,64E+06   | 3,51E+05  |
| 2,667              | 0,465          | 0,150 | 33275                          | <b>657</b>   | <b>4,31E+05</b>   | 1,926      | 1,54E+06   | 3,33E+05  |
| 2,632              | 0,471          | 0,147 | 35736                          | <b>4041</b>  | <b>1,63E+07</b>   | 1,841      | 5,37E+07   | 1,19E+07  |
| 2,597              | 0,477          | 0,145 | 36582                          | <b>5686</b>  | <b>3,23E+07</b>   | 1,764      | 9,48E+07   | 2,16E+07  |
| 2,564              | 0,484          | 0,143 | 37317                          | <b>6883</b>  | <b>4,74E+07</b>   | 1,695      | 1,38E+08   | 3,12E+07  |

Показательно,  $(\alpha - \alpha_{\text{св.н}})^2$  принимает максимальное значение при  $\lambda = 4,348\text{мкм}$ . Колебания подвижности (времени рассеяния) в небольших пределах практически не меняют спектрального положения этого максимума, но несколько изменяют его высоту. С другой стороны, колебания

подвижности в пределах даже десятков  $\text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$  не влияют существенно на характер роста поглощения при малых длинах волн.

На рис.1 приводится зависимость коэффициента поглощения по спектру, определенного из уравнения пропускания (1). Несмотря на спадающую зависимость  $\lambda^p$  (уменьшение  $p$  с возрастанием длины волны) при длинах волн 6,5-4,5 мкм коэффициент поглощения существенно превышает его значение при длинах волн  $<4,5$  мкм. В работе [12] показано, что коэффициент  $1/\gamma$ , учитывающий вырождение и соответственно коэффициент поглощения при энергии, определенной из  $h\nu - E_g = (1 - m_c/m_v)E_F$  приблизительно в два раза возрастает по сравнению с коэффициентом поглощения в вырожденном случае.

При концентрации носителей заряда  $\sim 1 \cdot 10^{19} \text{см}^{-3}$  положение уровня Ферми при 300К  $E_F = 0$ .



**Рис.1.** Зависимость коэффициента поглощения  $\alpha$  напряженного нанослоя PbSe от энергии фотона

На рис.2а,б представлена спектральная зависимость  $(\alpha - \alpha_{\text{св.н.}})$  и  $(\alpha - \alpha_{\text{св.н.}})^2$  от энергии фотона. При энергии 0,285эВ максимум поглощения явно выражен. В то же время при высоких энергиях спрямление квадратов коэффициентов поглощения приводит к энергии 0,462-0,465эВ.

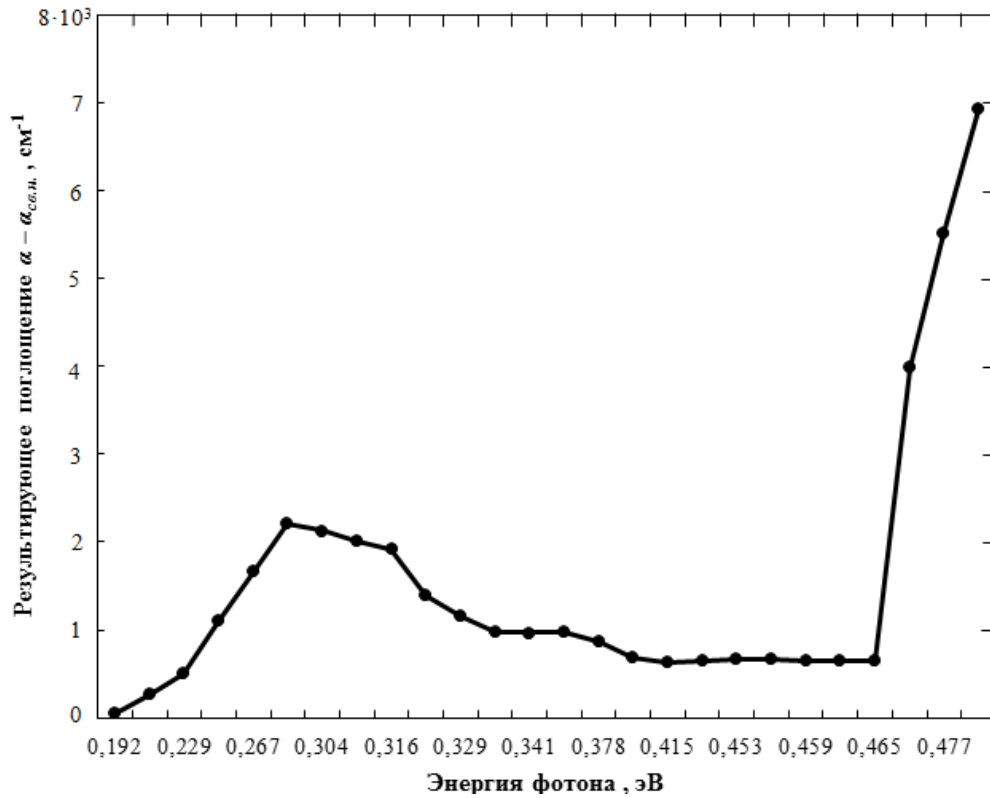


Рис.2а Зависимость результирующего поглощения  $\alpha - \alpha_{св.н.}$  от энергии фотона

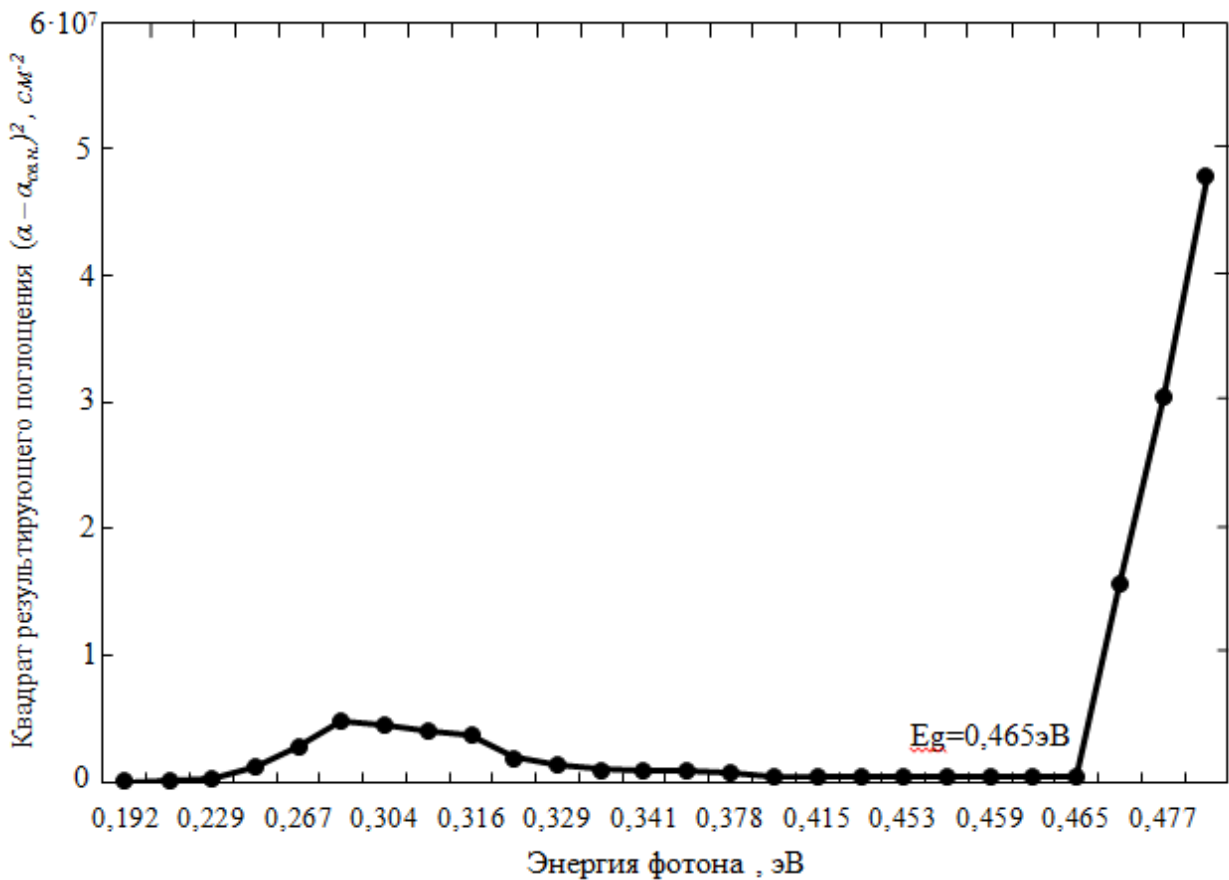


Рис. 2б. Зависимость квадрата результирующего поглощения  $(\alpha - \alpha_{св.н.})^2$  от энергии фотона



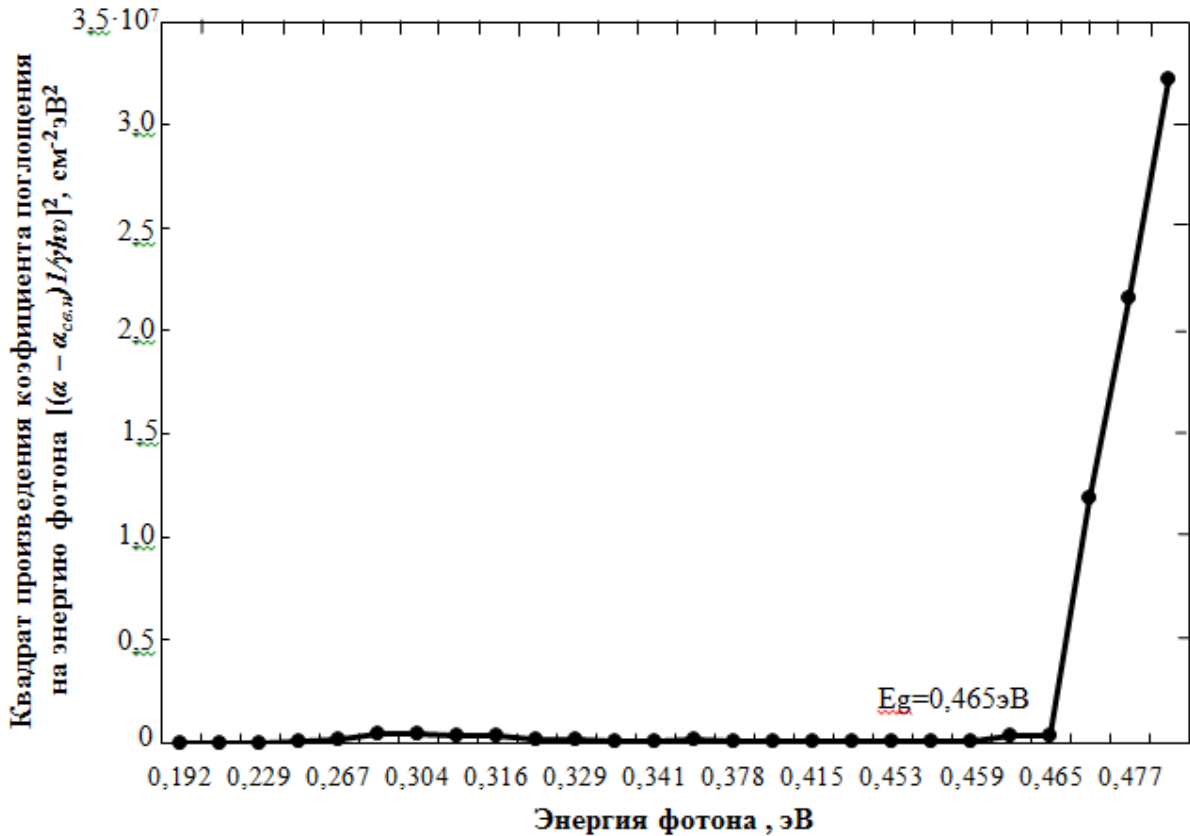


Рис. 3. Зависимость квадрата произведения результирующего поглощения  $[(\alpha - \alpha_{св.н})/\gamma]^2$  на энергию фотона от энергии фотона

На рис.3 представлена зависимость  $[(\alpha - \alpha_{св.н}) / \gamma \cdot h\nu]^2 = f(h\nu)$  – максимум и в этом случае соответствует 0,285эВ, а спрямление произведения квадратов коэффициентов поглощения на энергию фотона приводят к ширине запрещенной зоны 0,465эВ. При  $E_F=0$  одинаковые значения  $E_g$  на рис.2 и 3 вполне согласованы. При деформации растяжения  $\epsilon = 0,008$  ширина запрещенной зоны напряженного нанослоя возрастает на 0.180эВ по сравнению с ненапряженным слоем PbSe ( $E_g=0,286$ эВ). Ранее возрастание ширины запрещенной зоны напряженных нанослоев PbSe в условиях их растяжения наблюдалось в работах [13-15].

Отметим, что спектр поглощения при длинных волнах характеризуется максимумом, высота которого несколько колеблется при варьировании подвижности, точнее времени рассеяния. Ранее мы обнаружили такой максимум при концентрации носителей заряда в слое  $5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ . По-видимому, здесь проявляется дополнительное поглощение, связанное с возникновением нового уровня в зоне проводимости и с переходом носителей заряда со дна зоны проводимости на этот уровень [16].

Появление такого уровня в напряженном слое связывается с обнаружением тетрагональной фазы на фоне кубической решетки. Интересно, что возникновение нового уровня в зоне проводимости в напряженном монокристалле GaAs наблюдалось ранее в работе [17].

При определении спектральной зависимости коэффициента поглощения свободными носителями целесообразно рассмотреть не влияние подвижности носителей, а связанного с ней времени рассеяния, которое может меняться по исследуемому спектру. Подвижность носителей связана с усредненным по спектру значением времени рассеяния. Впервые показано, именно с рассмотрением времени рассеяния наблюдается спадающий ход по спектру показателя степени  $p$  в  $L^p$  для напряженного нанослоя. В дальнейшем и для других модельных значений коэффициентов поглощения свободными носителями будет проанализирован отличный характер изменения показателя степени  $p$  с энергией (по

спектру) и полнее обнаружены особенности в длинноволновой области рассматриваемого спектра.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе оптических параметров напряженных нанослоев PbSe сделан акцент на влиянии деформации на показатель преломления, коэффициенты отражения на границе слой–воздух и слой–подложка. При поглощении свободными носителями рассматривается влияние подвижности – точнее более чувствительного для анализа характера спектра - времени рассеяния. Впервые выявлено, что при зависимости времени рассеяния от энергии показатель степени в  $\lambda^p$  уменьшается по спектру – меняется и характер рассеяния – переходит от рассеяния на оптических фононах к рассеянию на акустических фононах. Даже при некотором варьировании времени рассеяния обнаруживается невысокий максимум результирующего поглощения  $\alpha - \alpha_{св.н.}$  при длинных волнах (дополнительное поглощение), который ассоциируется с переходами носителей заряда на новый уровень, возникновение которого связано с появлением тетрагональной фазы в напряженных слоях. Анализ показывает, что изменение подвижностей и времени рассеяния в широких пределах не влияет на характер спрямления квадратов коэффициентов поглощения и определение ширины запрещенной зоны.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледиани, Л.П.Бычкова, Р.Г.Гуляев, М.А.Дзагания, В.П.Зломанов. Напряженные полупроводниковые слои на диэлектрических подложках (на примере материалов  $A^{IV}B^{VI}$ ). Препринт, МНЛ-ТГУ, Тбилиси, 2016, 22с.
2. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледиани, Л.П.Бычкова, Р.Г.Гуляев, М.А.Дзагания, В.П.Зломанов. Исследование напряженных нанослоевполупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  на диэлектрических подложках. Известия НАН Грузии, 2017, 4, 3, 1, 57-69.
3. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледиани, Л.П.Бычкова, Р.Г.Гуляев, М.А.Дзагания, В.П.Зломанов. Сверхкритические слои селенида свинца при «отрицательных» давлениях. Известия НАН Грузии, 2017, 43, 2, 179-188.
4. Пашаев Ариф Мир Джалалович, Даварашвили Омар Ильич, Алиев Вугар Амирович, Енукашвили Меги Ильинична, Зломанов Владимир Павлович. «Закономерная связь между одновременной стабилизацией уровня Ферми и преобразованием упругих свойств в узкозонных полупроводниках IV-VI с их трансформацией в диэлектрическое состояние». Научное открытие, диплом №340. Сборник кратких описаний научных открытий, научных гипотез. Международная Академия и Ассоциация авторов научных открытий, Москва, 2008.
5. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, Л.П.Бычкова, М.А.Дзагания, В.П.Зломанов. О пороговом токе и мощности излучения ИК лазеров на основе многокомпонентных твердых растворов соединений  $A^{IV}B^{VI}$ . Известия НАН Грузии, 2015, 41, 4, 358-360.
6. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, Z.G.Akhvlediani, M.I.Enukashvili, R.G.Gulyaev, V.P.Zlomanov. The Structure of Thin Epitaxial Layers of Lead Selenide. Journal of Materials Science and Engineering, 2013, A3(2), 116-121.
7. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, Z.G.Akhvlediani, M.I.Enukashvili, L.P.Bychkova, M.A.Dzagania. Study of the Forbidden Gap Width of Strained Epitaxial Lead Selenide Layers by Optical Transmission. Journal of Materials Science and Engineering, 2012, B2(2), 142-150.
8. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, L.P.Bychkova, V.P.Zlomanov. Study of the Optical Characteristics of Epitaxial  $PbS_{1-y}Se_y$  Layers. Global Journal of Engineering Science and Research Management (GJESRM), 2016, 3(2), 46-53.
9. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, L.P.Bychkova, M.A.Dzagania, V.P.Zlomanov. Investigation of Strained Lead Selenide Nanolayers. Global Journal of Engineering Science and Research Management (GJESRM), 2016, 3(6), 56-64.
10. Ю.В.Мальцев, Е.Д.Ненсберг, А.В.Петров, С.А.Семилетов, Ю.И.Уханов. Электронные и оптические исследования PbS. ФТТ, 1966, 8, 7, 2154-2162.
11. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледиани, Л.П.Бычкова, М.А.Дзагания, В.П.Зломанов. Специфика спектров оптического пропускания и поглощения нанослоев полупроводников IV-VI. Известия НАН Грузии, 2015, 41, 3, 204-209.
12. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледиани, Л.П.Бычкова, М.А.Дзагания, В.П.Зломанов. Моделирование спектров оптического поглощения напряженных эпитаксиальных слоев селенида свинца. Известия НАН Грузии, 2015, 45, 1-2, 69-76.
13. Arif M.Pashaev, Omar I.Davarashvili, Megi I.Enukashvili, Zaira G.Akhvlediani, Revaz G.Gulyaev, Vladimir P.Zlomanov. New Opportunities in Lead Selenide Nanolayers. Advanced Materials Research, 2013, 815, 473-477.

14. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, M.A.Dzagania, V.P.Zlomanov . Modification of the Properties of Lead Selenide Layers at Their Nanothickness . Nano Studies , 2017 , 7 , 233-240 .
15. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, V.P.Zlomanov. Stretching Strain – Effective “Negative” Pressure in Lead Selenide Nanolayers. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJET), 2014, 3, 11, 318-323.
16. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледяни, Л.П.Бычкова, М.А.Дзаганя, В.П.Зломанов. Дополнительное поглощение в оптических спектрах эпитаксиальных слоев селенида свинца. Известия НАН Грузии, 2014, 40, 4, 285-292.
17. I.Balslev. Optical Absorption due to Inter-Conduction - Minimum Transitions in Gallium Arsenide. Physical Review, 1968 , 173, 3 , 762-766 .

### NEW ANALYSIS OF OPTICAL PARAMETERS OF THE STRAINED NANOLAYERS OF IV-VI SEMICONDUCTORS

A. M. Pashaev<sup>1</sup>, O. I. Davarashvili<sup>2</sup>, M. I. Enukashvili<sup>2</sup>, Z.G. Akhvlediani<sup>2,3</sup>,  
L. P. Bychkova<sup>2</sup>, M. A. Dzagania<sup>2,4</sup> and V. P. Zlomanov<sup>5</sup>

<sup>1</sup> National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan

<sup>2</sup> Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

<sup>3</sup> E. Andronikashvili Institute of Physics, Tbilisi, Georgia

<sup>4</sup> P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Tbilisi, Georgia

<sup>5</sup> M.Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

### SUMMARY

Previous investigations showed that character of the distribution of the resulting absorption  $\alpha - \alpha_{fr.c.}$  at long wave of the research spectrum changes in the every case at different mobilities of current carriers. In the present work is suggested for the first time new analysis when instead of mobility is considered scattering time over the spectrum and correspondingly change of the degree of index in the formula for absorption by current carriers ( $\alpha_{fr.c.} \sim \lambda^p$ ). This analysis promotes revealing peculiarities in the  $\alpha - \alpha_{fr.c.}$  spectrum. It is considered also influence of the deformation on optical parameters, at the first turn, index of refraction and reflection coefficient.

### A<sup>IV</sup>B<sup>VI</sup> ნახევარგამტარების დაძაბული ნანოფენების ოპტიკური პარამეტრების ახალი ანალიზი

არიფ ფაშაევი<sup>1</sup>, ომარ დავარაშვილი<sup>2</sup>, მეგი ენუკაშვილი<sup>2</sup>, ზაირა ახვლედიანი<sup>2,3</sup>, ლარისა ბიჩკოვა<sup>2</sup>, მაია მაგანია<sup>2,4</sup>, ვლადიმერ ზლომანოვი<sup>5</sup>

<sup>1</sup> აზერბაიჯანის ავიაციის ეროვნული აკადემია, ბაქო.

<sup>2</sup> ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

<sup>3</sup> ე.ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი

<sup>4</sup> პ.მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, თბილისი

<sup>5</sup> მ.ლომონოსოვის სახელობის მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

ადრე შესრულებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ დენის გამტართა სხვა და სხვა ძვრადობის პირობებში (ძვრადობა მუდმივია სპექტრალური არეს ცვალებადობისას) იცვლება შთანთქმის კოეფიციენტების რეზულტირებული მნიშვნელობის  $\alpha - \alpha_{თ.გ.}$  განაწილება ტალღების დიდი სიგრძეებისას. ამ გამოკვლევით წარმოდგენილია პირველად ახალი ანალიზი, როდესაც ძვრადობის მაგივრად ხდება განხილვა გაფანტვის დროის (ენერჯის მიხედვით) და სათანადოთ განახლებულია ხარისხის მაჩვენებელი  $p$  გამტართა შთანთქმის ფორმულაში ( $\alpha_{თ.გ.} \sim \lambda^p$ ). ასეთი მიდგომა საშუალებას იძლევა უკეთესად გამოძღვანდეს  $\alpha - \alpha_{თ.გ.}$  სპექტრალური განაწილების თავისებურებანი. ამ სამუშაოში აგრეთვე გაანალიზირებულია დეფორმაციის გავლენა ოპტიკურ პარამეტრებზე, კერძოდ გარდატეხის მაჩვენებელზე და არეკვლის კოეფიციენტებზე.

## ინფორმაცია ავტორებისათვის

ჟურნალი “საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე. ქიმიის სერია” აქვეყნებს სრულ სტატიებს და მოკლე წერილებს ქიმიური მეცნიერების დარგში, მიმოხილვებისა და ინფორმაციული ხასიათის მასალების წარმოდგენა შესაძლებელია სარედაქციო კოლეგიასთან შეთანხმებით. მანუსკრიპტი მოიცავს ძირითად ტექსტს და რეზიუმეს ინგლისურ ენაზე, აგრეთვე ცხრილებს, ნახაზებს, სურათებს, დამოწმებული ლიტერატურის სიას და რეზიუმეს ქართულ ენაზე. მანუსკრიპტი წარმოდგენილი უნდა იყოს ჟურნალის რედაქტორისაგან (v.tsitsishvili@gmail.com) მიღებული ფორმატის მკაცრი დაცვით, მისი გამოყენება სავალდებულოა, სხვა შემთხვევაში მანუსკრიპტი არ იქნება განხილული. ავტორ(ებ)მა უნდა მოამზადოს თანმხლები წერილი რედაქტორის სახელზე შემდეგი ინფორმაციით;

1. განცხადება იმის შესახებ, რომ მანუსკრიპტი არ არის გამოქვეყნებული ინგლისურ ან სხვა ენაზე;
2. განცხადება იმის შესახებ, რომ მანუსკრიპტი ამჟამად არ განიხილება სხვა სამეცნიერო ჟურნალში გამოსაქვეყნებლად;
3. მანუსკრიპტის სამეცნიერო მიმართულება (ანალიზური ქიმია ან სხვა) და მისი ფორმა (მოკლე წერილი, სრული სტატია ან მიმოხილვა);
4. გვარ-სახელები, მუშაობის ადგილები და საკონტაქტო ინფორმაცია (დღევანდელი მომუშავე ელექტრონული პოსტის მისამართის ჩათვლით) იმ სამი მაინც **პოტენციური რეგენზენტისა**, რომლებიც არ არიან იმევე სამეცნიერო დაწესებულებიდან, სადაც მუშაობს მანუსკრიპტის რომელიმე ავტორი და რომლებიც არ თანამშრომლობდნენ მანუსკრიპტის ავტორებთან ბოლო სამი წლის განმავლობაში.

თანმხლებ წერილს ხელს აწერს მანუსკრიპტის წარმდგენი ავტორი, თავისი სამეცნიერო ხარისხის და მუშაობის ადგილის მითითებით.

## INFORMATION for AUTHORS

The journal “**Proceedings of the Georgian National Academy of Sciences. Chemical series**” is publishing full papers and short communications in a field of chemical sciences, reviews articles and other materials may be submitted after consultations with the Editorial Board. The manuscript includes the main text and summary in English, as well as tables, figure, drawings and a list of references. The manuscript should be submitted in strict accordance with the template that can be obtained from the Editor (v.tsitsishvili@gmail.com); use of this template is obligatory, otherwise the manuscript will not be considered. Author(s) are asked to prepare a cover letter to the Editor containing the following information:

5. Declaration that the manuscript has not been published previously, in English or in any other language;
6. Declaration that the manuscript is not under consideration for publication in any other scientific journals;
7. The research field of the manuscript and the nature of contribution (short communication, full paper or review article);
8. Names, complete affiliations, country and contact details (including current and valid e-mail address) of at least 3 **potential reviewers** who should not be from the same scientific institution as one of the authors, and should not be the persons with whom authors have collaborated within the past three years.

The cover letter should be signed by the corresponding author, indicating under his name the scientific title and degree, followed by his affiliation.