

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**

	<b>ტომი</b>
<b>2017 № 2</b>	<b>Volume 43</b>
	<b>Том</b>

**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 № 2**                      **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 № 2

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.ჯორდანია, 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**

*ი.გაფრინდაშვილი, ლ.ბოლქვაძე, ნ.ასანიძე.* ლაბორატორულ პირობებში გამშრალ ხილში იოდის შემცველობის განსაზღვრა 149

*შ.ი.შათირიშვილი, მ.თ.კილაძე, ი.შ.შათირიშვილი.* თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდით ღვინოებში ზოგიერთი ორგანული ნაერთების განსაზღვრა 151

**არაორგანული ქიმია**

*ი.დიდბარიძე, ზ.გოგიჩაიშვილი, მ.რუსია, ნ.ბრეგაძე, ლ.ხვიჩია, ე.ვაშაყმაძე.* d-მეტალთა ტეტრათიორსენატების თერმული დაშლა გახურებისას 153

**ელექტროქიმია**

*თ.წილოსანი, ი.კახნიაშვილი.* ელემენტური დარიშხანის ელექტროკრისტალიზაციის პროცესის შესწავლა არსენოპირიტული მადნის ჟანგვითი გამოტუტვის შედეგად მიღებული ტუტე ხსნარებიდან 158

**ფიზიკური ქიმია**

*ნ.ყალბეგაშვილი, დ.იოსელიანი, გ.ბალარჯიშვილი, ლ.სამხარაძე, რ.ცისკარიშვილი, ა.დოლიძე.* ჩამდინარე წყლების გაწმენდა მძიმე მეტალებისაგან ადგილობრივი თიხების და მინერალ ბრუსიტის გამოყენებით 162

*ა.დ.ჩუბინიძე, ნ.ო.ენდელაძე, ნ.ლ.ბრეგაძე.* სტრონციუმის ფსევდოჰიდროაცეტატის დიჰიდრატის სინთეზი და მისი ქიმიური გარდაქმნის გამოკვლევა 165

*ვ.ციციშვილი, ნ.დოლაბერიძე, მ.ნიჟარაძე, ნ.მირძეელი.* ბუნებრივი ანალციმის გადაკრისტალეზა LTA ცეოლითში\* 169

*ი.ბერძენიშვილი, ს.ხიტალიშვილი, კ.კამკამიძე.* წყალხსნარებში ქიმიური ელემენტების არსებობის ფორმების განსაზღვრა\* 173

*კ.ხაჩატურიანი, ნ.გეგია, გ.ენუქიძე, რ.კვატაშიძე, თ.გურული, ე.უკლება.* ბენტონიტების ნივთიერი შედგენილობა და მათი გაჯირჯვებადობის ცვლილების კინეტიკა\* 178

*ა.ფაშაევი, ო.დავარაშვილი, მ.ენუქაშვილი, ზ.ახვლედიანი, რ.გულიავეი, ლ.ბიჩკოვა, მ.მაგანია, ვ.ზლომანოვი.* ტყვია სელენიდის ზეკრიტიკული ფენები „უარყოფითი“ წნევებისას\* 188

**კოორდინაციულ ნაერთთა ქიმია**

*მ.ცინცაძე, გ.ცინცაძე, ა.მამულაშვილი.* Mn (II), Co (II) და Ni (II) სულფატების დიმეთილსულფოქსიდთან კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და ინფრაწითელი სპექტრები 189

*ლ.ჯაფარიძე, ც.გაბელია, ე.სალუქვაძე, ნ.ოსიპოვა, თ.კვერნაძე, ო.ლომთაძე.* ლითონკომპლექსების შედგენილობის კვლევა ლითონინდიკატორული მეთოდის მიხედვით 191

*მ.სამხარაძე.* ნიკელის (II) და კობალტის (III) ტეტრათიორანთიმონატების (V) ამიაკატური კომპლექსების სინთეზი და კვლევა 194

**მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ქიმია**

*ნ.ლომთაძე, მ.ქარქაშაძე, მ.შალამბერიძე.* პოლიურეთანის ელასტომერების აგებულებასა და თვისებებს შორის კავშირი 197

*ნ.ლომთაძე, მ.ქარქაშაძე, მ.შალამბერიძე.* პოლიურეთანის ქაფის ჰიდროლიზური მდგრადობის კვლევა 200

**ნავთობის ქიმია**

*ნათელა ხევრიანი, ესმა უშარაული, ქეთევან გოდერძიშვილი, ირინა მჭედლიშვილი, მაკა კობალეიშვილი.* საქართველოს ზოგიერთი ბუნებრივი ბიტუმის კვლევა 205

**ბუნებრივ ნაერთთა ქიმია**

*თ.კობალიანი, ვ.ნებიერიძე, ა.სხირტლაძე, ნ.საყვარელიძე, ე.ქემერტელიძე, მ.განცერა.* ახალი ფენილეთანოიდი *Digitalis ferruginea* L. - დან 206

*მ.ბენიძე, ვ.ნებიერიძე, ა.სხირტლაძე, ე.ქემერტელიძე, მ.განცერა.* *Yucca gloriosa* L. ყვავილების ფენოლკარბონმჟავები და ფლავონოიდები\* 211

\* რეზიუმე

<b>ფარმაკოქიმია</b>	
<i>პ.ავიზი, ლ.ჭურაძე, მ.კახეთელიძე, მ.გაბელაია.</i> ზოგიერთი სამკურნალო მცენარის ფხვნილების სიფხვიერის შესწავლა*	216
<i>პ.ავიზი, მ.გაბელაია, მ.კახეთელიძე, ლ.ჭურაძე.</i> ახტალას სამკურნალო ტალახის ლიპოფილური ფრაქციის შემცველი სამკურნალო-პროფილაქტიკური მალამოს რეოლოგიური თვისებების შესწავლა*	221
<b>გარემოს ქიმია</b>	
<i>ნ.ასათიანი, ნ.საპოჯნიკოვა, თ.ქართველიშვილი, მ.აბულაძე, ლ.ასანიშვილი.</i> შიდაუჯრედული დაცვის სისტემის თავისებურებები <i>Arthrobacter oxydans</i> -ის კულტურაზე ქრომ(VI)-ის მოქმედებისას	222
<i>გ.აბრამია, ლ.გვერდითელი, დ.ერისთავი.</i> პალიასტომის ტბის ეკოსისტემის დახასიათება	227
<i>ნ.კუჭავა.</i> წყალმცენარესთან <i>Spirulina platensis</i> ქიმიური ელემენტის სელენის (Se) ურთიერთქმედება	232
<i>ო.რჩულიშვილი, ლ.ტულუში, ე.გინტური, ე.კირკესალი, ა.რჩულიშვილი, ტ.კორპელა.</i> ნიადაგიდან Cs შეთვისებისა და განაწილების შესწავლა საკვებ მცენარეებში ბუნებრივ და ლაბორატორიულ პირობებში*	239
<b>ქიმიური ეკოლოგია</b>	
<i>ლ.ტატაშვილი, ი.მიქაძე, რ.ურდია, ნ.წეროძე, ნ.ნონიკაშვილი, ნ.ქარქაშაძე.</i> აფლატოქსინების ადსორბცია ტექნიკური ლიგნინის გამოყენებით	240
<i>ნ.ბარბაქაძე, ნ.ქეთარაძე, თ.დგებუაძე, ქ.ქოჩიაშვილი, მ.ჯაფარიძე, ლ.დოლიძე, ი.მიქაძე.</i> საყოფაცხოვრებო ნაგავსაყრელების რეაბილიტაციის ეკოლოგიურად უსაფრთხო მოდელის შემუშავება*	246
<b>ნანოტექნოლოგია</b>	
<i>შ.კეკელია, ლ.სანებლიძე, ვ.სოხაძე, მ.აბულაძე, ე.ნაძვავაძე, ლ.ტაბატაძე, გ.თავაური, ვ.მიქელაშვილი, ჯ.მარტოლაია.</i> პოლიეთილენგლიკოლით მოდიფიცირებული რკინის ოქსიდის მაგნიტური ნანონაწილაკების სინთეზი და <i>Staphylococcus epidermidis</i> -ის უჯრედულ კულტურებზე ბაქტერიციდული ზემოქმედების შესწავლა*	254
<b>ქიმიური ტექნოლოგია</b>	
<i>რ.დუნდუა.</i> მადნეულის ქალკობირიტული კონცენტრატის მაღალტემპერატურული ჟანგვითი გამოტუტვის შესაძლო მექანიზმი გოგირდმჟავა ხსნარებში და რეკომენდაციები მისი გადამუშავებისათვის	255
<i>ე.შაფაქიძე, ლ.ქართველიშვილი, მ.ნადირაშვილი, ვ.მაისურაძე, ი.გეგაძე, თ.პეტრიაშვილი.</i> ტრაქიტის ბაქტერიული გამოტუტვის ნარჩენები – პუცოლანური დანამატი ცემენტისთვის	258
<i>თ.ჩახუნაშვილი, თ.როყვა, ჟ.ქეზაძე, თ.მესტვირიშვილი, მ.დადუნაშვილი, ზ.ვაწაძე.</i> მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის მისაღები სამრეწველო მასშტაბის ელექტროლიზური აბაზანის კონსტრუქციის დამუშავება	263
<i>ლ.ბალათურია, ბ.ფურცელაძე, ნ.ბარნოვი.</i> სპილენძსულფიდური და მანგანუმის ოქსიდური კონცენტრატების კომპლექსურად ათვისების შესაძლებლობები*	269
<i>მ.გაბელაია, თ.ცინგაძე, მ.კახეთელიძე, პ.ავიზი.</i> კოლდ-კრემის მიღების რეცეპტურის და ტექნოლოგიის შემუშავება საქართველოს მინერალური და მცენარეული რესურსების გამოყენებით*	276
<i>მ.ხუციშვილი.</i> ლაზერული შედუღებისას ორთქლაირიანი არხის უკანა კედლის რხევების სიხშირული ანალიზი*	284
მისალოცი - მერი ალანია	285
მისალოცი - ვლადიმერ ციციშვილი	287
ნაზილ ჯანბეკოვის ხსოვნას	291
ინფორმაცია ავტორებისათვის	292

\* რეზიუმე

## CONTENTS

**ANALITICAL CHEMISTRY**

- I.Gaprindashvili, L.Bolkvadze, N.Asanidze.* Determination of Iodine Content in Dried Fruits in vitro\* 150
- Sh.I.Shatirishvili, M.T.Kiladze, I.Sh.Shatirishvili.* Determination of Some Organic Compounds in Wines by Methods of Liquid Chromatography\* 152

**INORGANIC CHEMISTRY**

- I.Didbaridze, B.Gogichaishvili, M.Rusia, N.Bregadze, L.Khvichia, E.Vashakmadze.* Thermic Destruction of d-Metal Tetrathioarsenates(V) Under Heating\* 157

**ELECTROCHEMISTRY**

- T.Tsilosani, I.Kakhniashvili.* Electrocrystalization of Elemental Arsenic from Alkaline Solutions Obtained During Oxidative Leaching of the Arsenopyrite Ore\* 161

**PHYSICAL CHEMISTRY**

- N.Kalabegashvili, D.Ioseliani, G.Balarjishvili, L.Samkharadze, R.Tsiskarishvili, A.Dolidze.* Waste Water Purification from Heavy Metals with the Use of Local Clays and Mineral Brucite\* 164
- A.D.Chubinidze, N.O.Endeladze, N.L.Bregadze.* Synthesis and Chemical Investigation of Strontium Pseudohydroacetate Dihydrate\* 167
- V.Tsitsishvili, N.Dolaberidze, M.Nijaradze, N.Mirdzveli.* Recrystallization of Natural Analcime in LTA Zeolite 168
- I.G.Berdzenishvili, S.V.Hitalishvili, K.N.Kamkamidze.* Determination of Occuring Forms of Chemical Elements in Aqueous Solutions\* 173
- K.Khachaturian, N.Gegia, G.Enukhidze, R.Kvatashidze, T.Guruli, E.Ukleba.* Material Composition of Bentonites and Kinetics of their Swelling Change\* 178
- A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, L.P.Bychkova, M.A.Dzagania, V.P.Zlomanov.* Supercritical Lead Selenide Layers at "Negative" Pressures\* 188

**CHEMISTRY OF COORDINATION COMPOUNDS**

- M.Tsintsadze, G.Tsintsadze, A.Mamulashvili.* Sinteses and IR-Spectra of Coordination Compounds of Mn(II), Co(II) and Ni(II) Sulfates with Dimethylsulfoxude\* 190
- L.Japaridze, Ts.Gabelia, E.Salugvadze, N.Osipova, T.Kvernadze, O.Lomtadze.* Investigation of Metal-Complex Composition by the Metal Indicator Method\* 193
- M.G.Samkharadze.* Synthesis and Conversion of Tetrathioantimoniate Ammoniates of Ni(II) and Co(III)\* 197

**CHEMISTRY OF MACROMOLECULAR COMPOUNDS**

- N.Z.Lomtadze, M.I.Karkashadze, M.M.Shalamberidze.* Communication Between a Structure and Properties of Polyurethane Elastomers\* 199
- N.Z.Lomtadze, M.I.Karkashadze, M.M.Shalamberidze.* Research of Hydrolytic Firmness of Polyurethane Foam\* 193

**OIL CHEMISTRY**

- N.Khetsuriani, E.Usharauli, K.Goderdzishvili, I.Mchedlishvili, M.Kopaleishvili.* Investigation of Certain Natural Bitumen of Georgia\* 205

**CHEMISTRY OF NATURAL COMPOUNDS**

- T.Kopaliani, V.Nebieridze, A.Skhirtladze, N.Sakvarelidze, E.Kemertelidze, M.Ganzera.* New Phenylethanoid from *Digitalis ferrugenea* L.\* 209
- M.Benidze, V.Nebieridze, A.Skhirtladze, E.Kemertelidze, M.Ganzera.* Phenylcarboxylic Acids and Flavonoids from Flowers of *Yucca gloriosa* L.\* 211

\* Summary

**PHARMACOCHEMISTRY**

*P.Yavich, L.Churadze, M.Kakhetelidze, M.Gabelaia.* Study of Flowability of Powders of Certain Medical Plants\* 216

*P.Yavich, M.Gabelaia, M.Kakhetelidze, L.Churadze.* Study of Some Rheological Properties of Therapeutic and Cosmetic Ointment, Containing Lipophilic Fraction from the Medical Mud Akhtala\* 222

**ENVIRONMENTAL CHEMISTRY**

*N.Asatiani, N.Sapojnikova, T.Kartvelishvili, M.Abuladze, L.Asanishvili.* Specificity of Intracellular Defense System of *Arthrobacter oxydans* at Chromium(VI) Action\* 226

*G.Abramia, L.Gverdtseteli, D.Eristavi.* Description of the Ecosystem of the Lake Paliastomi\* 231

*N.Kuchava.* On Interaction of Chemical Element Selen (Se) with Algae *Spirulina platensis*\* 235

*O.Rcheulishvili, L.Tugushi, E.Ginturi, E.Kirkesali, A.Rcheulishvili, T.Korpela.* Studies of the Uptake and Distribution of Cs from Soil in Food Crops Grown in Field and Laboratory Conditions 236

**CHEMICAL ECOLOGY**

*L.Tatiashvili, I.Mikadze, R.Uridia, N.Tserodze, N.Nonikashvili, N.Karkashadze.* Aflatoxine Adsorption Using Technical Lignin\* 243

*N.Barbakadze, N.Kavtaradze, T.Dgebuadze, K.Kochiashvili, M.Japaridze, L.Dolidze, I.Mikadze.* Development of Environmentally Safe Rehabilitation Model of Household Landfills 244

**NANOTECHNOLOGY**

*Sh.Kekutia, L.Saneblidze, V.Sokhadze, M.Abuladze, E.Namchevadze, L.Tabatadze, G.Tvauri, V.Mikelashvili, J.Markhulia.* The Synthesis of PEG-Modified Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles (SPIONs) and the Study of their Bactericidal Effects on *Staphylococcus epidermidis* 247

**CHEMICAL TECHNOLOGY**

*R.Dundua.* Possible Mechanism of High-Temperature Oxidative Leaching Chalcopyrite Concentrate of Madneuli in Sulfuric Acid Solutions and Recommendations for Processing\* 257

*E.Shapakidze, L.Kartvelishvili, M.Nadirashvili, V.Maisuradze, I.Gejadze, T.Petriashvili.* Wastes of Bacterial Leaching of Trachyte - Pozzolanic Additive for Cemen\* 262

*T.Chakhunashvili, T.Rokva, Zh.Kebadze, T.Mestvirishvili, M.Dadunashvili, Z.Vatsadze.* Elaboration of the Design of Industrial Scale Electrolytic Bath for Getting Manganese Dioxide and Hydrogen\* 267

*L.Bagaturia, B.Purtseladze, N.Barnovi.* Possibilities of Complex Development of the Copper-Sulfide and Oxidized Manganese Concentrates 268

*M.Gabelaia, T.Tsintsadze, M.Kakhetelidze, P.Yavich.* Development of Recipe and Technology for Cold Cream Using Mineral and Vegetable Resources of Georgia\* 276

*M.Khutsishvili.* Frequency Analysis of Oscillations of Rear Wall of Steam-Gas Channel During Laser Welding\* 284

**CONGRATULATION – Mary Alania** 286

**CONGRATULATION – Vladimer Tsitsishvili** 289

**IN MEMORY of Nazil Janibekov** 291

**INFORMATION for AUTHORS** 292

---

\* Summary



## СОДЕРЖАНИЕ

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*И.Гаприндашвили, Л.Болквадзе, Н.Асанидзе.* Определение содержания йода в сухофруктах в лабораторных условиях\* 150

*Ш.И.Шатиришвили, М.Т.Киладзе, И.Ш.Шатиришвили.* Определение некоторых органических соединений в винах методом жидкостной хроматографии\* 152

**НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*И.С.Дидбаридзе, Б.А.Гогичаишвили, М.Ш.Русия, Н.Л.Брегадзе, Л.А.Хвичия, Э.Г.Вашакмадзе.* Термическое разложение тетрагидроарсенатов(V) d-металлов при нагревании\* 157

**ЭЛЕКТРОХИМИЯ**

*Т.А.Цилосани, И.Б.Кахнашвили.* Электрокристаллизация элементного мышьяка из щелочных растворов полученных при окислительном выщелачивании арсенопиритной руды\* 161

**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*Н.Г.Калабегашвили, Д.К.Иоселиани, Г.И.Баларджишвили, Л.О.Самхарадзе, Р.П.Цискаришвили, А.В.Долидзе.* Очистка сточных вод от тяжелых металлов с применением местных глин и минерала брусита\* 164

*А.Д.Чубинидзе, Н.О.Ендадзе, Н.Л.Брегадзе.* Синтез дигидрата псевдогидроацетата стронция и исследование его химического превращения\* 167

*В.Г.Цицишвили, Н.М.Долаберидзе, М.О.Нижжарадзе, Н.А.Мирдзвели.* Перекристаллизация природного анальцима в цеолит LTA\* 169

*И.Г.Бердзенишвили, С.В.Хиталишвили, К.Н.Камкамидзе.* Определение форм нахождения химических элементов в водных растворах 170

*К.К.Хачатурян, Н.А.Гегия, Г.Ш.Энукидзе, Р.Ю.Кваташидзе, Т.С.Гурули, Е.Н.Уклеба.* Вещественный состав бентонитов и кинетика изменения их набухаемости 174

*А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвеледиани, Л.П.Бычкова, Р.Г.Гуляев, М.А.Дзегания, В.П.Зломанов.* Сверхкритические слои селенида свинца при «отрицательных» давлениях 179

**ХИМИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

*М.Г.Цинцадзе, Г.В.Цинцадзе, А.М.Мамулашвили.* Синтез и ИК-спектры поглощения сульфатных координационных соединений Mn(II), Co(II) и Ni(II) с диметилсульфоксидом\* 190

*Л.Джапаридзе, Ц.Габелиа, Э.Салуквадзе, Н.Осипова, Т.Квернадзе, О.Ломтадзе.* Изучение состава металлкомплексов металлиндикаторным методом\* 193

*М.Г.Самхарадзе.* Синтез и исследование аммиаков тетрагидроантимонатов Ni(II) и Co(III)\* 196

**ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Н.З.Ломтадзе, М.И.Каркашадзе, М.М.Шаламберидзе.* Связь между строением и свойствами полиуретановых эластомеров\* 190

*Н.З.Ломтадзе, М.И.Каркашадзе, М.М.Шаламберидзе.* Исследования гидролитической стойкости пенополиуретана\* 201

**НЕФТЕХИМИЯ**

*Н.Т.Хецуриани, Е.А.Ушараули, К.Г.Годердзишвили, И.Дж.Мчедлишвили, М.Н.Копалеишвили.* Исследование некоторых природных битумов Грузии 202

**ХИМИЯ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Т.Копалиани, В.Небиеридзе, А.Схиртладзе, Э.Кемертелидзе, Н.Сакварелидзе, М.Ганцера.* Новый фенилетаноид из *Digitalis ferrugenea* L.\* 209

*М.М.Бенидзе, В.Г.Небиеридзе, А.В.Схиртладзе, Э.П.Кемертелидзе, М.Ганцера.* Фенолокарбоновые кислоты и флавоноиды цветков *Yucca gloriosa* L. 210

---

\* Резюме

**ФАРМАКОХИМИЯ**

*П.А.Явич, Л.И.Чурадзе, М.З.Кахетелидзе, М.А.Габелая.* Изучение сыпучести порошков некоторых лекарственных растений 212

*П.А.Явич, М.А.Габелая, М.З.Кахетелидзе, Л.И.Чурадзе.* Изучение реологических свойств лечебно-косметического крема, содержащего липофильную фракцию из оздоровительной грязи Ахтала 217

**ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Н.В.Асатиани, Н.А.Сапожникова, Т.М.Картвелишвили, М.К.Абуладзе, Л.Л.Асанишвили.* Особенности внутриклеточной защитной системы *Arthrobacter oxydans* при действии хром (VI)\* 226

*Г.Абрамия, Л.Гвердцители, Д.Эристави.* Описание экосистемы озера Палиастоми\* 231

*Н.Кучава.* Взаимодействие химического элемента селена (Se) с водорослью *Spirulina platensis*\* 235

*О.А.Рчеулишвили, Л.С.Тугуши, Э.Н.Гинтури, Е.И.Киркесали, А.Н.Рчеулишвили.* Исследование усвоения и распределения элемента Cs в пищевых растениях культивируемых в естественных и лабораторных условиях\* 239

**ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ**

*Л.Т.Татиашвили, И.И.Микадзе, Р.З.Урдия, Н.П.Церодзе, Н.У. Ноникашвили, Н.Г.Каркашадзе.* Адсорбция афлатоксинов с применением технического лигнина\* 243

*Н.Г.Барбакадзе, Н.А.Кавтарадзе, Т.А.Дзебуадзе, К.Н.Кочиашвили, М.З.Джапаридзе, Л.А.Долидзе, И.И.Микадзе.* Разработка экологически безопасной модели реабилитации бытовых свалок\* 246

**ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

*Р.Г.Дундуа.* Возможный механизм высокотемпературного окислительного выщелачивания халькопиритного концентрата Маднеули в сернокислых растворах и рекомендации для его переработки\* 257

*Е.В.Шапакидзе, Л.Г.Картвелишвили, М.Р.Надирашвили, В.Н.Майсурадзе, И.В.Геджадзе, Т.Г.Петриашвили.* Отходы бактериального выщелачивания трахита – пуццолановая добавка для цемента\* 262

*Т.А.Чахунашвили, Т.В.Роква, Ж.М.Кебадзе, Т.Ш.Мествиришвили, М.Т.Дадунашвили, З.Ш.Вацадзе.* Разработка конструкции электролизера промышленного масштаба для получения диоксида марганца и водорода\* 267

*Л.В.Багатурия, Б.Х.Пурцеладзе, Н.В.Барнова.* Возможности комплексного освоения медносульфидных и окисленных марганцевых концентратов\* 270

*М.А.Габелая, Т.Г.Цинцадзе\*, М.Б.Кахетелидзе, П.А.Явич.* Разработка рецептуры и технологии получения кольд-кремов с использованием минеральных и растительных ресурсов Грузии 271

*М.Г.Хуцишвили.* Частотный анализ колебаний задней стенки парогазового канала при лазерной сварке 277

**ПОЗДРАВЛЕНИЕ – М.Д.Алания** 286

**ПОЗДРАВЛЕНИЕ – В.Г.Цицишвили** 289

**ПАМЯТИ Н.Джанибекова** 290

**ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ** 292

\* Резюме

## ანალიზური ქიმია

## ლაბორატორულ პირობებში გამშრალ ხილში იოდის შემცველობის განსაზღვრა

ინგა გაფრინდამვილი, ლილი ბოლქვაძე, ნარგული ასანიძე  
*ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*

ხილის შრობა წარმოადგენს დაკონსერვების ერთერთ უძველესს მეთოდს. იგი ამჟამადაც ფართოდ გამოყენებულია პრაქტიკაში და ფერმერულ მეურნეობებში. შრობის დროს დაკონსერვება დამყარებულია იმაზე, რომ ამ შემთხვევაში მასალასა და პროდუქტს ვართმევთ წყალს, ერთერთ ძირითად ფაქტორს მიკროორგანიზმების განვითარებისათვის. ამასთან ერთად პროდუქტში იზრდება მშრალი ნივთიერების კონცენტრაცია ხდება უჯრედის პლაზმოლიზი, იზრდება ოსმოსური წნევა და ამრიგად იზღუდება მიკროორგანიზმებისა და ფერმენტების მოქმედება. აღნიშნულის პარარელურად ხილსა და ბოსტნეულში იზრდება მჟავებისა და სხვა დამაკონსერვებელი ნივთიერებების რაოდენობა, რაც ხელს უწყობს მშრალი პროდუქტის ხანგრძლივად შენახვას. შრობის შედეგად პროდუქტის მოცულობა მცირდება 3-4-ჯერ, კიდევ უფრო კლებულობს წონა, რითაც მნიშვნელოვნად მცირდება მოთხოვნები ტარაზე, სატრანსპორტო საშუალებებზე.

მშრალი პროდუქტების ტენიანობა მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ნედლეულის სახეზე და მის ქიმიურ შემადგენლობაზე. საერთოდ პროდუქტები, რომელთა შედგენლობაში შედარებით მაღალია მჟავების შემცველობა შეიძლება გამშრალი იქნეს უფრო მაღალი ტენიანობით. ვინაიდან ხილის გაფუჭებას ძირითადად იწვევს ბაქტერიები, რომელთა მოქმედების ოპტიმალური ტენიანობა შეადგენს 30%-ს და მეტს, ამიტომ როგორც წესი მათი მოქმედების გამორიცხვისათვის პროდუქტი უნდა გაშრეს 18-25 % ტენიანობით,

ხილის შრობის წესები და რეჟიმი დიდად არის დამოკიდებული მასში შემავალი ტენის სახეებზე, რომლებიც შეიძლება იყოს თავისუფალი და ბმული. თავისუფალი წყალი ძირითადად მოთავსებულია ნაყოფის ზედაპირზე და უჯრედ შორის სივრცეში და იგი ხასიათდება ჩვეულებრივი წყლის ყველა თვისებებით; წარმოადგენს გამხსნელს, იყინება 0°-ზე და ადვილად შორდება ნაყოფს. შრობის პროცესში. ბმული წყალი ნაყოფთან დაკავშირებულია სხვადასხვა ფორმით. იგი შეიძლება იყოს ჰიგროსკოპიული, კოლოიდური და ქიმიურად ბმული. ჰიგროსკოპიული წყალი შედის უჯრედის მიკრო და მაკრო კაპილარებში 10<sup>-5</sup> მმ და მეტი ან ნაკლები ზომის კაპილარებში. იგი პროდუქტს სცილდება შრობის პირველ ფაზაში. კოლოიდურად ბმული წყალი უჯრედის ზედაპირზე ადსორბირებულ-ჰიდროფილური ნივთიერებების-კოლოიდ მიზიდულობის ძალებითაა დაკავშირებული, რომლის დამღევისათვის საჭიროა სითბოს მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რის გამოც კოლოიდურად ბმული წყალი ნაყოფებს ძნელად სცილდება. ქიმიურად ბმული წყალი კი შედის თვით უჯრედის შემადგენლობაში დაკრისტალებულია მასთან. იგი პროდუქტს ჩვეულებრივი შრობის პირობებში არ სცილდება, რის გამოც სათბობის ბალანსში არ არის გათვალისწინებული.

ხილ-ბოსტნეულის ლაბორატორიულ პირობებში შრობისათვის საჭიროა მისი წინასწარი მომზადება, რისთვისაც მიმართავენ საანალიზოდ გამოყოფილი ნაყოფების გარეცხვას, ინსპექციას, ბლანშირებას, გაფეხვას და დაჭრას. აღნიშნული ოპერაციის შემდეგ აწარმოებენ მათ შრობას საშრობ კარადაში. საანალიზოდ ვიღებთ 1კგ ხურმას და ერთ კილოგრამ კივს ვთლით, კივს უკეთებთ ბლანშირებას 1 წუთის განმავლობაში 85-90°-C-ზე. შრობას ვამთავრებთ მაშინ, როდესაც მასალაში ტენიანობა 18-25% .

## ექსპერპერიმენტული ნაწილი

იოდი ნაყოფში მარილის სახით ან თავისუფალი სახით არის--იოდიდების სახით-მარილების სახით. მიღებული ნიმუშებიდან ვიღებენ ცალცალკე 5-5გ ნიმუშს, ვათავსებთ 250-300 მლ კოლბაში ვუმატებენ 100 მლ 1% ხსნარი ძმარმჟავას ხსნარს, რომელიც შეიცავს 1% ალუმინის შაბს. კოლბას ვათავსებთ მადულარი წყლის აბაზანაში 30 წუთის განმავლობაში, ვანჟღრევთ. ვფილტრავთ და კოლბას ვავლებთ 2-ჯერ 25-25 მლ 1% ალუმინის შაბის ხსნარს.

ფილტრატს ვუმატებთ 3 მლ AgNO<sub>3</sub> 1 წთ. HCl (1,1) ვათავსებთ დახურულ ელექტროქურაზე და ვადულებთ 1 წთ. ვაგრილებთ მიღებულ სუსპენზიას, გადაგვაქვს ცენტრიფუგას ტიგელებში (სასურველია 2 სინჯარა), ვუკეთებთ ცენტრიფუგირებას 3-5 წთ. 30000 ბრ/წ. აღნიშნული დროის გავლის

შემდეგ ხსნარს ცენტრიფუგას სინჯარებიდან გადავასხამთ და ჩავასხამთ ახალ პორციას და ისევ ვიმეორებთ იგივეს. დამთავრების შემდეგ ნალექი გადაგვაქვს ერთ სინჯარაში. მას ვრეცხავთ 2-ჯერ 0,5% ალუმინის შაბიან და ერთხელ 5 მლ გამოხდილი წყლით. გარეცხილ ნალექს ვასხამთ 0,5 მლ 1%  $MnSO_4$ -ს, ვუმატებთ 4 მლ 2N  $NaOH$  ხსნარს, ვათავსებთ ცხელ წყალში 2 წუთი, ნაჯერი კარგად დაჯდება თუ იქნება  $Mn^{++}$  იონების მცირე სიჭარბე. გაცივების შემდეგ ნალექს ვაცილებთ ცენტროფუგირებით. ხსნარი, რომელიც იოდიდებს შეიცავს ჩავასხამთ სუფთა ცენტრიფუგის სინჯარაში, ხოლო ნალექს ჩავრეცხავთ ერთხელ ცხელი წყლით (3 მლ), ვუკეთებთ ცენტრიფუგირებას და ცენტრიფუგატს შეუერთებენ პირველს.

იოდიდ იონების დასაყენავად იოდციონებამდე ხსნარს სინჯარაში ვუმატებთ 1 მლ 0,1 ან 1 მლ 2%  $NaOH$ -ის ხსნარს, შეურევინ სინჯარებში ათავსებენ მდუღარე წყლის აბაზანაში 5 წუთი. ხსნარი ვარდისფრად უნდა იყოს შეღებილი, რაც მანგანუმის სიჭარბის მაჩვენებელია - თუ ეს არ იქნება საჭიროა  $KMnO_4$  ხსნარის რამოდენიმე წვეთის მიმატება. ამის შემდეგ ჯერ კიდევ ცხელ ხსნარს 1-2 წვეთი 1%-იან  $MnSO_4$ -ის ხსნარს კარგად შეურევინ, აციდან დაწდომას, ხსნარი უნდა იყოს გამჭირვალე, უკეთებენ ცენტროფუგირებას და ცენტროფუგატს ასხამენ ფაიფურის ფინჯანზე ისევ ჩავრეცხავენ 3 მლ გამოხდილი წყლით და იგივე ფინჯანზე დაასხამენ. ფინჯანს ათავსებენ წყლის აბაზანაზე -აორთქლებენ მშრალ ნაშთამდე. მშრალ ნაშთს გახსნიან 1 მლ წყალში, პროცესს გაიმეორებენ 4-ჯერ, მცირე ზომისფილტრის მეშვეობით 50 მლ. კოლბაში

ფილტრატს დაუმატებენ 0,5 მლ მოლარულ ორთო ფოსფორმჟავას, 0,3 მლ 20%  $KI$ -ის და 0,3 მლ 0,5%-იან სახამებლის ხსნარს, კარგად შეურევინ და ტიტრავენ 0,0001 ან ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარით 1 მლ -შეესაბამება 21,15 მიკროგრამს.

$$X = \frac{a \cdot K \cdot 21.15 \cdot 100}{C}$$

$X$  - იოდის რაოდენობა 100 გ მასალაზე,  $a$  - თიოსულფატის ხსნარის რაოდენობა დახარჯულ გატიტრებაზე,  $C$  - აღებული ნიმუშის წონა  $K = 0.001$  ნ თიოსულფატის ხსნარზე გადანგარიშების კოეფიციენტი  $K = 1$  თუ სინესტეს ჩავსვამთ ჩავწერთ 100. შედეგები მოცემულია ცხრილში

ამრიგად იოდის შემცველობა თავისუფალი სახით ან იოდიდების სახით მცირედ არის შემცირებული, რაც ხურმის და კივის ჩირიდან იოდის მიღების შესაძლებლობას იძლევა.

ნედლეული	იოდი	პროდუქცია ჩირი	იოდი
ხურმა	48,4 მგ/100	ხურმის	40,2 მგ/100
კივი	33,6 მგ/100გ	კივის	29,8 მგ/100

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ლ.ჯიქია, ქ.კინწურაშვილი. ხილისა და ბოსტნეულის წარმოების ტექნო-ქიმიური კონტროლი. თბილისი, 2015.
2. ლ.ჯიქია, ქ.კინწურაშვილი. ხილისა და ბოსტნეულის შენახვა-გადამუშავების სამრეწველო ტექნოლოგიის ზოგადი საფუძვლები. თბილისი. 2009

Determination of iodine content in dried fruits in vitro  
Inga Gaprindashvili, Lili Bolkvadze, Narguli Asanidze  
Batumi State University

### SUMMARY

It was found that the iodine content in the free-form or in the form of iodides gives the possibility of obtaining iodine from dried fruits, persimmons and Kiwi.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЙОДА В СУХОФРУКТАХ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

И.Гаприндашвили, Л.Болквадзе, Н.Асанидзе  
Батумский государственный университет

### РЕЗЮМЕ

Было установлено, что содержание йода в свободной форме или в форме йодидов дает возможность получение йода из сухофруктов, хурмы и киви.

## ანალიზური ქიმია

## თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდით ღვინოებში ზოგიერთი ორგანული ნაერთების განსაზღვრა

შ.ი.შათირიშვილი, მ.თ.კილაძე, ი.შ.შათირიშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ღვინოში „გურჯაანი“, მაღალეფექტური თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდით გამოყენებით, განსაზღვრულ იქნა ორგანული მჟავებისა და შაქრების შემცველობა სორბენტად HPX87H იოგენური ჯგუფებით დამყნობილი სილიკაგელის გამოყენებით, 4,6 x 150 მმ ზომის სვეტზე.

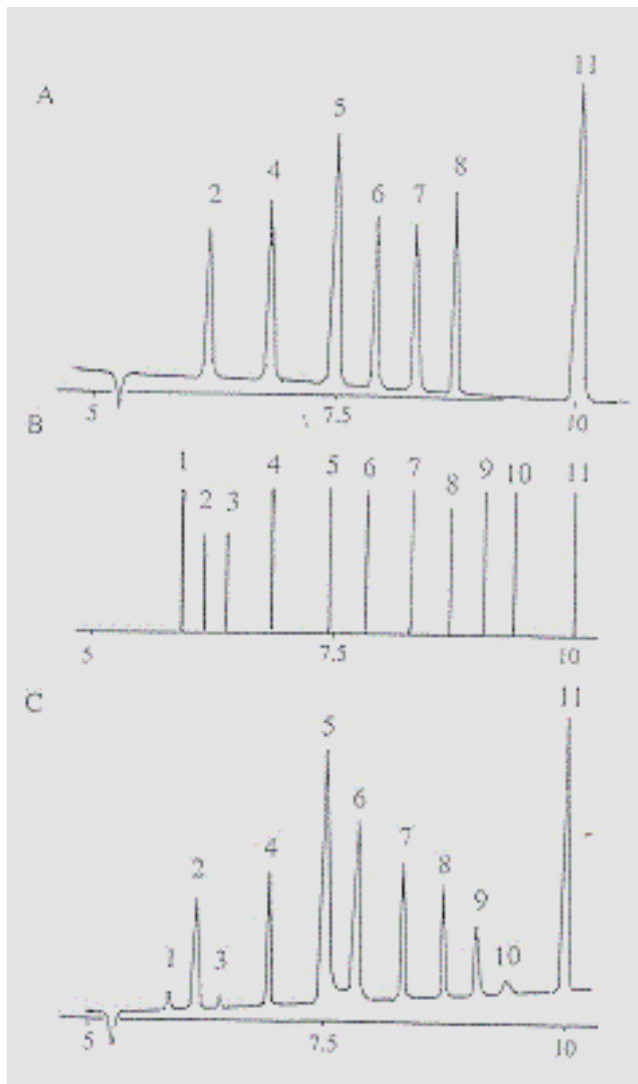
ღვინოსათვის ქართულ ღვინოებში ზოგიერთი ორგანული ნაერთების, კერძოდ მჟავებისა და შაქრების განსაზღვრის შედარებით მცირე რაოდენობის სამუშაოებია ცნობილი, თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით [1,2]. ახალი სორბენტების გამოჩენასთან დაკავშირებით, რაც საშუალებას იძლევა საკმაოდ ეფექტურად იქნას განსაზღვრული ერთი სინჯიდან ორგანული მჟავები და შაქრები, ჩვენს მიერ შემუშავებულ იქნა დაყოფის მაღალი ეფექტურობის მქონე ანალიზის მეთოდიკა. სორბენტად გამოიყენებოდა HPX87H იოგენური ჯგუფებით დამყნობილი სილიკაგელი, რომლითაც ივსებოდა 4,6X150მმ ზომის სვეტი. ვაკუუმში გამოხდის მეთოდით ოთახის ტემპერატურაზე ხორციელდებოდა სინჯის 10-ჯერ, წინასწარი კონცენტრირება [3]. მოძრავი ფაზის დანახარჯი შეადგენდა 1სმ<sup>3</sup>/წთ. იგი წარმოადგენდა 0,0075N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> და 7% აცეტონიტრილის ნარევის. სპექტროფოტომეტრული დეტექტირება ხდებოდა 210ნმ-ზე. ანალიზისათვის სინჯის 50 მკლ მარყუჟიანი დეტექტორით შეგვყავდა ქრომატოგრაფზე „Yorep“. მიღებული ქრომატოგრამა მოცემულია ნახაზზე 1. თვისებითი ანალიზი ტარდებოდა მთელი რიგი ნიშანდებული ნაერთების პირდაპირი შეყვანის მეთოდით, რომელიც წარმოდგენილია შტრიხ ქრომატოგრამაზე (ნახ. 1B), რაოდენობითი ანალიზი ტარდებოდა შინაგანი სტანდარტის მეთოდით, რისთვისაც გამოყენებულ იყო რძის მჟავა. ექსპერიმენტის მსვლელობისას გამოიყენებოდა გამოსავალი პიკების სპექტრების სკანირებული ჩაწერის ახალი მეთოდიკა, სპექტრების სრული განშტოების რეჟიმში 190-დან 390-ნმ ფარგლებში, რამაც ნაწილობრივ დაასაბუთა 210 ნმ ფარგლებში დეტექტირების მიზანშეწონილობა.

**ნახ. 1.** ორგანული მჟავებისა და შაქრების დაყოფის ქრომატოგრამა

A - მოდელური ნარევი, B - შტრიხ ქრომატოგრამა, C - საანალიზო ნარევი

- 1-მალეინის მჟავა, 2 - ლიმონმჟავა,  
3 - α-კეტოგლუტარის მჟავა, 4 - ღვინის მჟავა,  
5 - გლუტამინის მჟავა, 6 - ვაშლის მჟავა,  
7 - ფრუქტოზა, 8 - არაბინოზა, 9 - კუმარის მჟავა,  
10 - რძის მჟავა, 11 - გლუკოზა

სხვადასხვა ორგანული მჟავებისა და შაქრების შემცველობის ანალიზის შედეგები ღვინოში „გურჯაანი“ მოცემულია ცხრილში. იქვე



მოცემულია ქრომატოგრაფიული დაყოფისა და ანალიზის ძირითადი მონაცემები R სიდიდის დაყოფის ფარგლებში.

ცხრ.1

ნივთიერების დასახელება	გამოსვლის დრო, წმ	დაყოფის კოეფიციენტი R	კონცენტრაცია მგ/ლ
2. ლიმონმჟავა	368		23±3
4. ღვინის მჟავა	398	1,115	26±3
5. გლუტამინის მჟავა	425	1,101	48 ±3
6. ვაშლის მჟავა	433	1,076	35± 2
7. ფრუქტოზა	462	1,065	25±3
8. არაბინოზა	492	1,160	16±3
10. რძის მჟავა	571	1,161	15± 2
11. გლუკოზა	615	1,077	163± 2

როგორც მიღებული მონაცემებიდან ჩანს, დაყოფის საკმაოდ დაბალი კოეფიციენტისას, მიღწეულია ყველა ძირითადი კომპონენტების საკვებით დამაკმაყოფილებელი დაყოფა. უკანასკნელი პიკის (გლუკოზა) მიხედვით თეორიული თევშების რიცხვის შეფასებას ვაძლევთ 14750 მნიშვნელობას, რაც საკმაოდ კარგია ასეთი პარამეტრების სვეტებისა და დაბალი შეღწევადობის მქონე პოლიმერული სორბენტებისათვის.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Шатиришвили И.Ш. Хроматография в энологии. :Ганатлеба, 1986, 111 с.
2. Шатиришвили И.Ш. определение фенолкарбонновых кислот в вине методом хроматографии в тонкой слое с предварительным разделением исходной пробы. Сб.Статьей газовая хроматография. Тбилиси.: Мецნიერება. 1986, 85-86 с.
3. Shatirishvili I. Sh. Combination of Chromatographic Techniques for Analyzing the Compositions Georgian Alcoholic Beverages. J. of Chromatography. Amsterdam. 1986. 364, 183-188p

### DETERMINATION OF SOME ORGANIC COMPOUNDS IN WINES BY METHODS OF LIQUID CHROMATOGRAPHY

Sh.I.Shatirishvili, M.T.Kiladze, I.Sh.Shatirishvili  
Georgian Technical University

#### SUMMARY

By applying the method of high effective liquid chromatography in the wine “Gurjaani”, the consistence of organic acids and sugars was determined as sorbents HPX87H, by using silica gels inoculated upon iogenic groups, on 4.6 x 150 mm sized columns.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ВИНАХ МЕТОДОМ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Ш.И.Шатиришвили, М.Т.Киладзе, И.Ш.Шатиришвили  
Грузинский технический университет

#### РЕЗЮМЕ

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в вине “Гурджаани” были определены содержание сахара и органические кислоты, в качестве сорбента использовался силикагель с привитыми иогенными группами HPX87H на колонке размером 4,6 x 150 мм.

## არაორგანული ქიმია

**d-მეტალთა ტეტრათიოარსენატების თერმული დაშლა გახურებისას**

იზოლდა დიდბარიძე, ზელა გოგიჩაიშვილი, მაია რუსია\*, ნესტან ბრეგაძე,  
ლაშა ხვიჩია, ეკატერინე ვაშაყმაძე

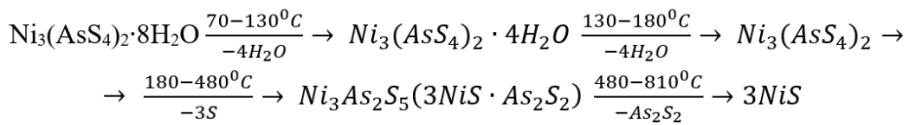
*ქუთაისის აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*  
*\*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*

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 ტიპური ქაღალდოვანი ელემენტია, ამიტომ გვხვდება ოქსო- და, უმეტეს წილად, თიონაერთების სახით. დარიშხანშემცველ არაორგანულ ნაერთთაგან ყველაზე სრულყოფილად დარიშხანმჟავას 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. Erdey სისტემის Q-1500D ტიპის დერივატოგრაფზე ჰაერის ატმოსფეროში, რამაც საშუალება მოგვცა ერთდროულად მიგვეღო 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 მგრძნობიარობა შეადგენდა 250, ხოლო DTG-ს 500 mkv, ტემპერატურის გაზომვის სიზუსტე იყო  $\pm 5^\circ C$ , გაცხელების სიჩქარე – 10 გრად/წთ.

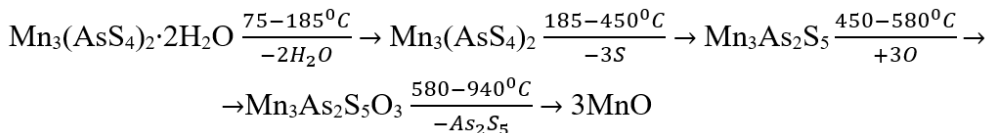
სინთეზირებულ ნაერთთა თერმოლიზის პროცესის ამსახველი თერმოგრამები მოცემულია სურათი 1-ზე. შეიძლება ხაზგასმით აღინიშნოს, რომ მათი თერმული დაშლის პროცესები არსებითათად იდენტურია. ნიმუშად განვიხილოთ ნიკელი(II)-ის ტეტრათიოარსენატის(V) თერმოლიზი (სურ 1.ა). თერმული დაშლა იწყება კრისტალიზაციური წყლის მოცილებით, 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):



სქემა 1

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 უანგბადით დაუანგვის შედეგია. მასის მატება ამ დროს შეადგენს 7,5%-ს, რაც შეესაბამება 3 მოლი ატომი უანგბადის 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):



სქემა 2

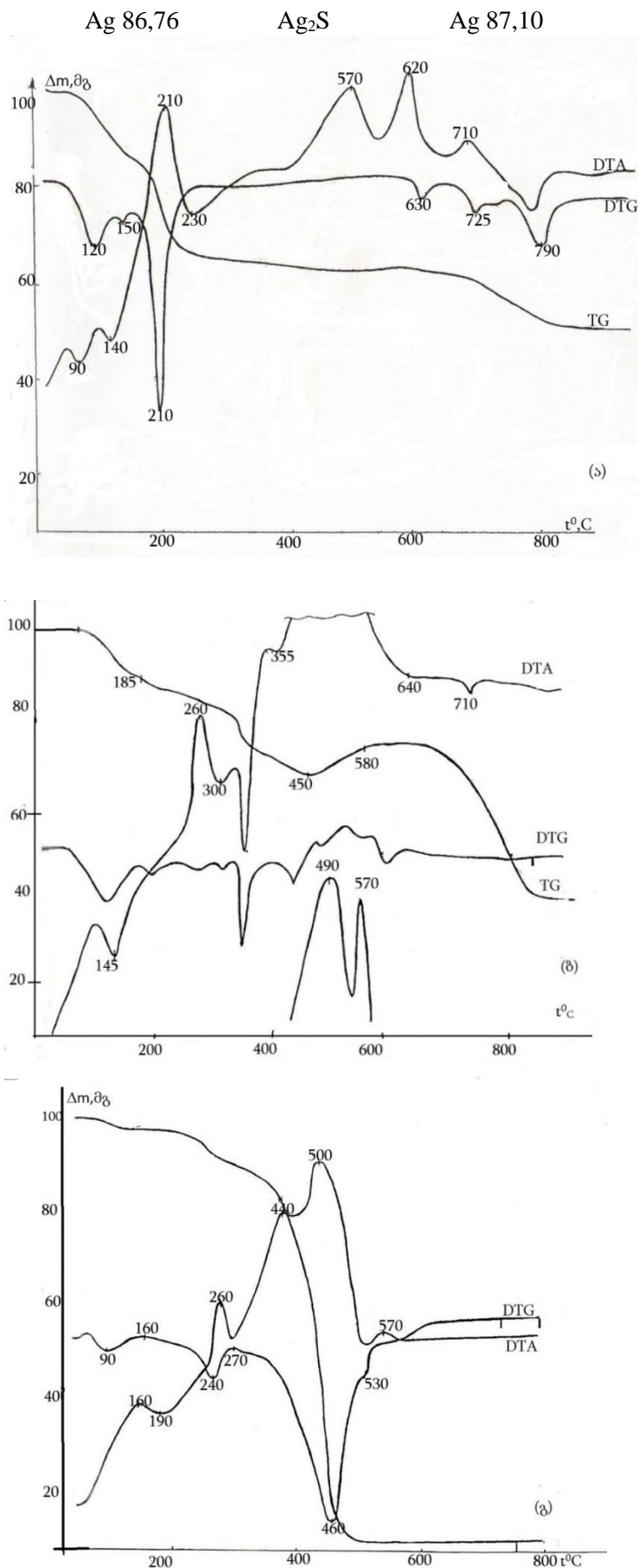
აქვე უნდა დავძინოთ, რომ As<sub>2</sub>S<sub>5</sub> 500°C-ზე გაცხელებისას არამდგრადია და განიცდის დაშლას [10-11]:



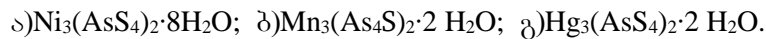
სწორედ ამიტომ უნდა ვივარაუდოთ, რომ მანგანუმი(II)-ის ტეტრათიოარსენატის(V) თერმოლიზის საბოლოო ეტაპზე ხდება არა დარიშხანი(V)-ის სულფიდის მოცილება, არამედ დაშლის პროდუქტების - აურიპიგმენტისა და გოგირდის, ამასვე მიანიშნებს შედარებით დიდი ენდოფექტი ~ 700 °C-ზე. ის ფაქტი, რომ მანგანუმი(II)-ის ტეტრათიოარსენატის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

ნაპოვნია, %	ნაშთი	გამოთვლილია %
Mn 77,03	MnO	Mn 77,46
Fe 63,18	FeS	Fe 63
Ni 64,32	NiS	Ni 64,72
Co 64,32	CoS	Co 64,79
Cd 77,40	CdS	Cd 77,84
Zn 66,82	ZnS	Zn 67,01
Cu 66,17	CuS	Cu 66,49



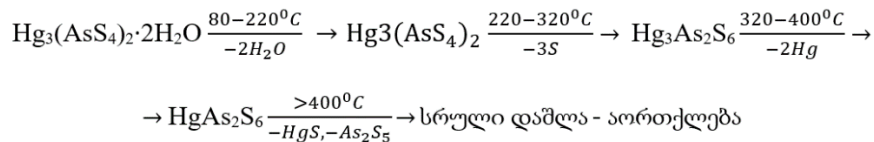


სურათი 1. სინთეზირებულ ნაერთთა თერმოგრაფიკები



ნიმუში MnO 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.

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



### სქემა 3

ამრიგად, ჩვენს კვლევებსა და ლიტერატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით [12-16] საზგასმით შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ d-მეტალთა ტეტრათიოარსენატების(V) თერმული დაშლის სურათები არსებითად იდენტურია. პროცესი იწყება საკრისტალიზაციო წყლის მოწყვეტით, მასის შემდგომი კლება აისახება გოგირდის ატომების მოცილებით-დეთიონირებით, ხოლო თერმოლიზის შემდეგ სტადიაზე ხდება დარიშხანის სულფიდური ფორმის (As<sub>2</sub>S<sub>2</sub>) მთლიანი მოწყვეტა. თერმული დაშლის საბოლოო პროდუქტია შესაბამისი d-მეტალის სულფიდი. ამ კანონზომიერებიდან მნიშვნელოვანი განსხვავება შეინიშნება მანგანუმი(II)-ის ტეტრათიოარსენატის(V) თერმულ ქცევაში 450°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 ვერცხლის-წყლის(II)-ის ტეტრათიოარსენატის(V) თერმული დაშლის პროცესს, ის სრულიად განსხვავებულად მიმდინარეობს. კერძოდ, დეჰიდრატაციის, დეთიონირებისა და დარიშხანის სულფიდური ფორმის მოცილების შემდეგ ადგილი აქვს ნიმუშის 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. Месნიереба, 1984.ч. 1.119с.
6. Palazzi M.Sur lesthiioarseniates et thiophiosphates de sodium. IX. Preparation, deshydratation et etude radiocristallographique de Na<sub>3</sub>AsO<sub>3</sub>S·11H<sub>2</sub>O et Na<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>S·11H<sub>2</sub>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<sup>10</sup>- Metals. Bulletin of the Georgian academy of sciences. 1998, 157 (1),256-259.

8. ი.დიდბარიძე, მ.რუსია, მ.მუსურიძე, ა.ხიდაშელი, რ.გიგაური, ლ.კუცია. 3d-მეტალთა ტეტრათიოარსენატების(V) სინთეზი და გამოკვლევა, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაცნე. 2000წ. ტ.26, №1-2, გვ.59-64.
9. იზოლდა 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 пиадиооксью 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 NaAsS<sub>2</sub> et Na<sub>3</sub>AsS<sub>3</sub> dans differentes atmospheres. 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 тетрадиоарсенатов(V) d-металлов по формуле M<sub>3</sub>(AsS<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, 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 дегитратация, причем не одновременно а по стадиям, затем идёт детионирование, а в конце-удаление мышьяка в виде сульфидной формы. В результате остается соответствующие сульфиды. Из этой схемы разложения заметно отличаются термолиз тетрадиоарсенатов(V) марганца(II) и ртути(II). После полной дегидратаций и детионирования тетрадиоарсенатов(V) марганца(II), протекает частичное окисление промежуточного продукта кислородом воздуха, в результате чего ожидаемого сульфида, остается оксид марганца(II). Что касается тетрадиоарсенатов(V) ртути(II), то его термолиз отличается от других синтезированных соединений тем, что разложение протекает без остатка, полное разложение - сублимация.

## ელექტროქიმია

## ელემენტური დარიშხანის ელექტროკრისტალიზაციის პროცესის შესწავლა არსენოპირიტული მადნის ჟანგითი გამოტუტვის შედეგად მიღებული ტუტე ხსნარებიდან

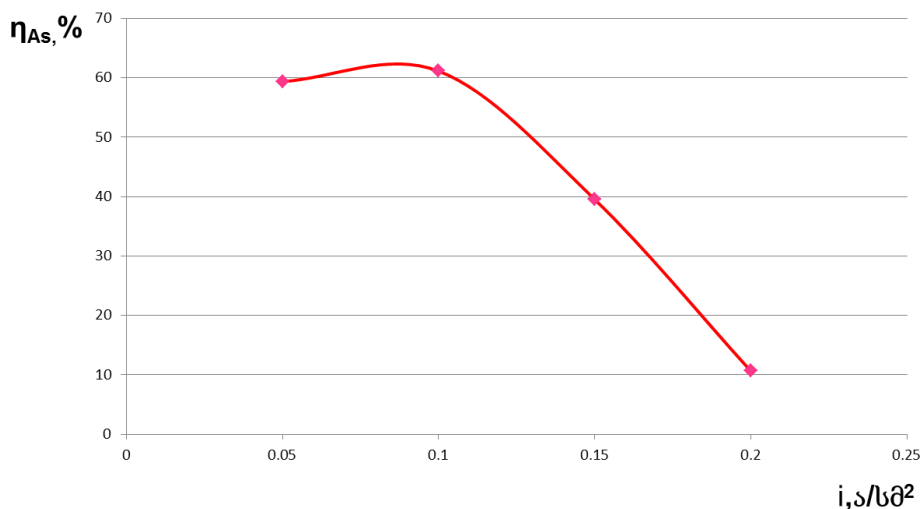
თამარ წილოსანი<sup>1</sup>, იზოლდა კახნიაშვილი<sup>1,2</sup><sup>1</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი<sup>2</sup>ი. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რაფიელ აგლაძის სახელობის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი

შესწავლილია ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარში ცანის არსეპირიტული მადნის გამოტუტვის შედეგად მიღებული ხსნარებიდან ელემენტური დარიშხანის ელექტროკრისტალიზაციის პროცესი. კვლევის შედეგების საფუძველზე შერჩეულია საკათოდე მასალა და დადგენილია აღნიშნული ხსნარებიდან ელემენტური დარიშხანის კათოდური გამოლექვის პროცესის ოპტიმალური პირობები.

ცანის არსენოპირიტული მადნის ჟანგითი გამოტუტვის შედეგად მიღებული ტუტე ხსნარები, როგორც ქიმიური ანალიზმა აჩვენა, შეიცავს ნატრიუმის არსენატისა ( $\text{Na}_3\text{AsO}_4$ ) და არსენიტის ( $\text{Na}_3\text{AsO}_3$ ) ნარეგს.

ტუტე ხსნარებში ელემენტური დარიშხანის ელექტროკრისტალიზაციისათვის გამოკვლეული იქნა სხვადასხვა საკათოდე მასალა, კერძოდ სპილენძის, ტყვიის, უჟანგავი ფოლადისა და ტიტანის ელექტროდები. ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ ელემენტური დარიშხანის ყველაზე მაღალი დენით გამოსავალი (92,86 %) მიღებული იქნა ვენტილური ლითონის ტიტანის კათოდად გამოყენების შემთხვევაში.

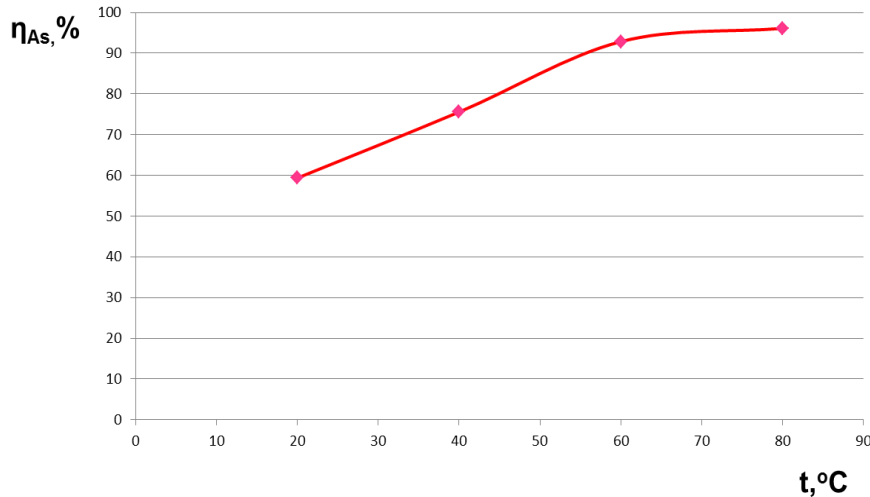
ლიტერატურაში [1,2] არსებობს ურთიერთსაწინააღმდეგო მოსაზრებები დარიშხანის შემცველი ხსნარების ელექტროქიმიური აღდგენის პროცესში დენის სიმკვრივის გავლენასთან დაკავშირებით. გამოთქმულია მოსაზრება, რომ დენის სიმკვრივის ცვლილება გავლენას არ ახდენს ელემენტური დარიშხანის დენით გამოსავალზე. ჩვენს მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ელემენტური დარიშხანის დენით გამოსავალი დამოკიდებულია დენის სიმკვრივეზე და მისი 0,05 ა/სმ<sup>2</sup>-დან 0,1 ა/სმ<sup>2</sup> -მდე გაზრდისას დენით გამოსავალი იზრდება 62,54 % -მდე, ხოლო დენის სიმკვრივის შემდგომი გაზრდისას დენით გამოსავალი მკვეთრად ეცემა. კერძოდ, 0,1 ა/სმ<sup>2</sup> - დან 2 ა/სმ<sup>2</sup> -მდე დენის სიმკვრივის გაზრდისას დენით გამოსავალი 62,54 - დან 10,13 %-მდე კლებულობს (ნახ.1).



**ნახ.1.** ელემენტური დარიშხანის დენით გამოსავლის დამოკიდებულება დენის სიმკვრივეზე  
კათოლიტი:  $\text{C Na}_3\text{AsO}_3$  - 71,20 გ/ლ;  $\text{C NaOH}$  - 400 გ/ლ; ანოლიტი -  $\text{C NaOH}$  - 120 გ/ლ; კათოდი - Ti; ანოდი - ORTA;  
 $t$  - 65°C;  $I$  - 0,4 ა.

ელექტროკრისტალიზაციის პროცესზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ელექტროლიტის ტემპერატურა და მასში შემავალი დარიშხანისა და ნატრიუმის ჰიდროქსიდის კონცენტრაცია.

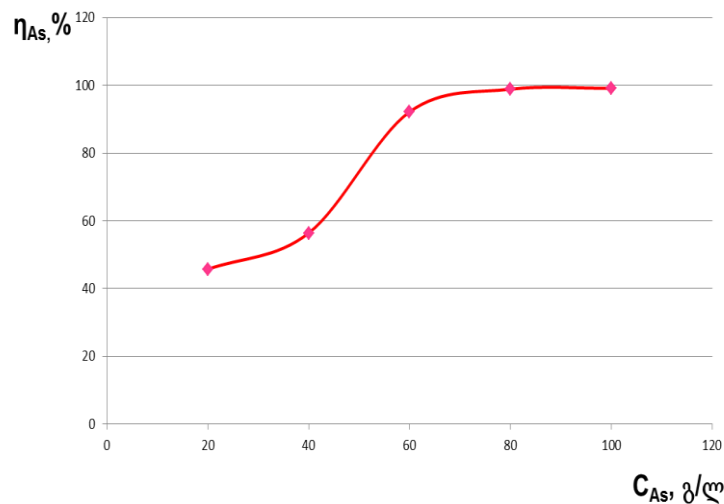
ტემპერატურის გაზრდა მკვეთრად ზრდის ელემენტური დარიშხანის დენით გამოსავალს. კერძოდ, მისი 20-დან 60°C-მდე გაზრდისას დარიშხანის დენით გამოსავალი 60-დან 92%-მდე იზრდება, ხოლო ტემპერატურას 80°C -მდე გაზრდით ელემენტური დარიშხანის დენით გამოსავალი აღწევს 98%-ს (ნახ.2), ტემპერატურის კიდევ უფრო გაზრდა ხელს უწყობს ელექტროლიტის აქროლებას.



**ნახ. 2.** ელემენტური დარიშხანის დენით გამოსავლის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე  
კათოლიტი: As- 71,20 გ/ლ, NaOH -400გ/ლ; ანოლიტი: NaOH- 80 გ/ლ; კათოდი - Ti; ანოდი - ORTA; t - 80 °C; t – 3 სთ; i - 0,1 ა/სმ<sup>2</sup>; I – 0,4 ა

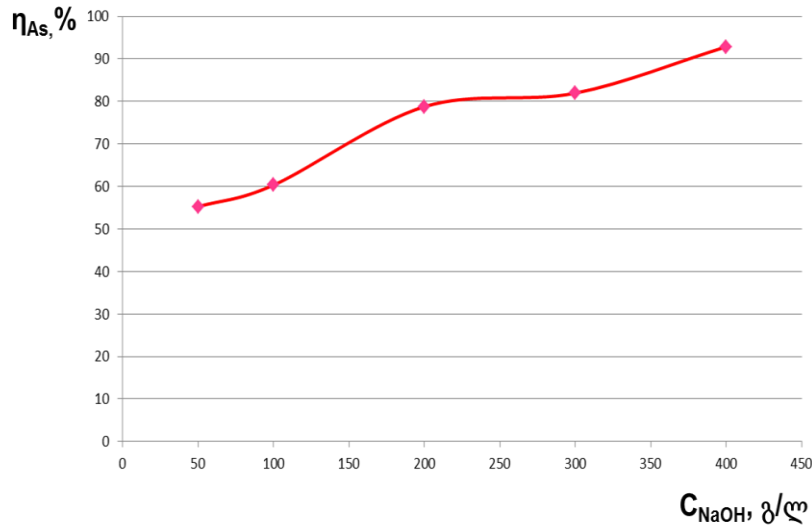
ექსპერიმენტის შედეგებიდან ჩანს, რომ ელემენტური დარიშხანის დენით გამოსავლი 60 %-ს აღემატება კათოლიტში დარიშხანის 25 გ/ლ - დან 100 გ/ლ - მდე და ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 50 გ/ლ-დან 400გ/ლ მდე შემცველობისას (ნახ. 3, 4).

ელემენტური დარიშხანი კარგი ელექტროგამტარობით არ გამოირჩევა, ამიტომ კათოდზე სქელი დანაფარის სახით მისი გამოლექვა დიდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული, დაბალი ელგამტარობის გამო ძაბვა სწრაფად იზრდება და დენი ეცემა პრაქტიკულად ნულამდე. ჩატარებული ექსპერიმენტის პირობებში კათოდზე ელემენტური დარიშხანი თხელი დანაფარის სახით კრისტალდება, რომელიც ხსნარში ცვივა, ხოლო კათოდის თავისუფალი ზედაპირი განაგრძობს მუშაობას.



**ნახ. 3.** ელემენტური დარიშხანის დენით გამოსავლის დამოკიდებულება დარიშხანის კონცენტრაციაზე

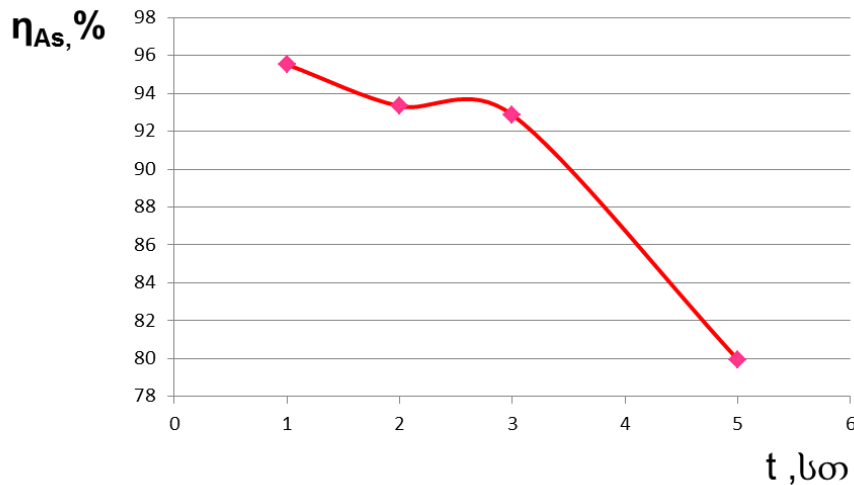
კათოლიტი: NaOH -400გ/ლ; ანოლიტი: NaOH- 80 გ/ლ; კათოდი - Ti; ანოდი - ORTA; t- 80 °C;  
t – 3სთ; i- 0,1 ა/სმ<sup>2</sup>; I – 0,4 ა



**ნახ. 4.** ელემენტური დარიშხანის დენით გამოსავლის დამოკიდებულება კათოლიტში NaOH კონცენტრაციაზე

კათოლიტი: As- 71,20 გ/ლ; ანოლიტი: NaOH- 80 გ/ლ; კათოდი - Ti; ანოდი - ORTA; t- 80 °C;  
t – 3სთ; i- 0,1 ა/სმ<sup>2</sup>; I – 0,4 ა

პროცესის ხანგრძლივობის ზრდასთან ერთად კათოდური დენით გამოსავალი მცირდება, კერძოდ, 1-დან 3 სთ - მდე პროცესის ხანგრძლივობისას კათოდური დენით გამოსავალი 96 -დან 93 % მცირდება, პროცესის კიდევ ორი საათით გაგრძელების შემთხვევაში გამოსავალი 80% -მდე ეცემა (ნახ.5).



**ნახ. 5.** ელემენტური დარიშხანის დენით გამოსავლის დამოკიდებულება ელექტროლიზის პროცესის ხანგრძლივობაზე

კათოლიტი: As- 71,20 გ/ლ, NaOH -400გ/ლ; ანოლიტი: NaOH- 80 გ/ლ; კათოდი - Ti; ანოდი - ORTA;  
t- 80 °C; i- 0,1 ა/სმ<sup>2</sup>

ამგვარად, ელექტროკრისტალიზაციის პროცესის კვლევის შედეგების საფუძველზე შერჩეულია საკათოდე მასალა, დადგენილია ცანის არსენოპირიტული მადნისა და მისი სამრეწველო გადამუშავების ნარჩენების გამოტუტვის შედეგად მიღებული ხსნარებიდან ელემენტური დარიშხანის გამოლექვის პროცესის ოპტიმალური პირობები: კათოდური დენის სიმკვრივე 0,05 – 0,1 ა/სმ<sup>2</sup>; ტემპერატურა - 65-80°C;

პროცესის ხანგრძლივობა - 3 სთ; დარიშხანის კონცენტრაცია კათოლიტში - 25-100 გ/ლ; ნატრიუმის ტუტის კონცენტრაცია კათოლიტში - 300- 400 გ/ლ.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Houlaci G. J. Arsenic Removal from Electrolytes with Application of periodic Reverse Current: Patent 4083761 USA, 1978.
2. В. В. Туригин, М.К. Смирнов, А.В. Сметанин, Э. Г. Жуков, В.А. Федоров, А.П. Томилов. Получение мышьяка из промышленных отходов цветных металлов электрохимическим методом. Неорганические материалы, 2008, том 44, №9, с.1065-1073.

### ELECTROCRYSTALIZATION OF ELEMENTAL ARSENIC FROM ALKALINE SOLUTIONS OBTAINED DURING OXIDATIVE LEACHING OF THE ARSENOPYRITE ORE

T.Tsilosani, I.Kakhniashvili  
*Georgian Technical Universiti*  
*I.Javakhishvili Tbilisi State University*  
*R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry*

#### SUMMARY

The process of electrocrystallization of elemental arsenic from alkaline solutions obtained after leaching of the Tsana arsenopyrite ore in a solution of sodium hydroxide with the addition of oxidants has been studied. On the basis of the results of the study, the cathode material was selected and optimal parameters of the cathodic deposition of elemental arsenic were established.

### ЭЛЕКТРОКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО МЫШЬЯКА ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРОВ ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ОКИСЛИТЕЛЬНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ АРСЕНОПИРИТНОЙ РУДЫ

Т.А.Цилосани, И.Б.Кахниашвили  
*Грузинский технический университет*  
*Тбилисский Государственный Университет им. И.Джавахишвили, Институт неорганической химии и электрохимии им. Р. Агладзе*

#### РЕЗЮМЕ

Изучен процесс электрокристаллизации элементного мышьяка из щелочных растворов, полученных после выщелачивания Цанской арсенопиритной руды в растворе гидроксида натрия с добавлением окислителей. На основе результатов исследования был подобран катодный материал и установлены оптимальные параметры процесса катодного осаждения элементного мышьяка.

## ფიზიკური ქიმია

## ჩამდინარე წყლების გაწმენდა მძიმე მეტალებისაგან ადგილობრივი თიხების და მინერალ ბრუსიტის გამოყენებით

ნელი ყალბეგაშვილი, დალი იოსელიანი, გულნარა ბალარჯიშვილი, ლია სამხარაძე,  
 რუსუდან ცისკარიშვილი, ავთანდილ დოლიძე  
*ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*  
*პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი*

შესწავლილი იქნა ადგილობრივი თიხების (გუმბრინი, ასკანთიხა) და მინერალ ბრუსიტის ბაზაზე დამზადებული აღსორბენტების აღსორბციის უნარი ბოლნისის სგკ-ს მძიმე მეტალებით დაბინძურებული კარიერული მჟავე წყლის და მდ. კაზრეთულას გაწმენდის პროცესში. ჩატარდა ცდები აღსორბენტების აღსორბციის უნარის დამოკიდებულების დასადგენად მათი შედგენილობის, ურთიერთთანაფარდობის და აღსორბციის დროისაგან. ნაჩვენებია იქნა, რომ აღნიშნულ პროცესში როგორც პრაქტიკული, ისე ეკონომიური ფაქტორების გათვალისწინებით საუკეთესო აღმოჩნდა აღსორბენტი ბრუსიტი + ასკანთიხა თანაფარდობით 1:1, რომელმაც აღნიშნული წყლები გაასუფთავა ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციამდე.

ჩამდინარე წყლები წარმოადგენენ გარემოს აქტიურ დამაბინძურებლებს. ისინი აზიანებენ არა მარტო წყალსატევებს, არამედ მათ გარშემო ტერიტორიების ბიოცენოზს. ამიტომ, ირღვევა რა წყლის სამყაროს ბიოცენოზი, ირღვევა მთლიანად ბიოგეოცენოზიც. წყალი ნებისმიერი ბიოგეოცენოზის აბიოტიკური ფაქტორია.

ჩვენს ინდუსტრიალურ საუკუნეში საწარმოო ნარჩენების რაოდენობის მნიშვნელოვანი ზრდის და მათი წყალში მოხვედრის გამო, აუცილებელი გახდა ჩამდინარე წყლების გასუფთავება და გაუვნებელყოფა.

სამთო გამამდიდრებელ წარმოებებში ჩამდინარე წყლების ძირითადი პრობლემა მათში მძიმე მეტალების შემცველობაა. ამ პრობლემის წინაშე დგას ბოლნისის რაიონში მოქმედი მადნეულის სამთო გამამდიდრებელი კომბინატიც (სგკ). ძირითადი ტექნოგენური დატვირთვა რეგიონის ჰიდროქსელზე და სარწყავ სისტემაზე მოდის, რის შედეგადაც ნიადაგი ბინძურდება მადნის ელემენტებით.

პრობლემის დაძლევის ერთერთ პერსპექტიულ მეთოდად ხელოვნური გეოქიმიური ბარიერები გამოიყენება, რომლებიც თავისებური „ფილტრის“ როლს ასრულებენ. ბარიერული ტექნოლოგიები, რომლებიც წარმოადგენენ დამცავი ღონისძიებების და ნაგებობების კომპლექსს, სხვადასხვა ტოქსიკური ნაერთების (რადიონუკლიდები, მძიმე მეტალები და სხვ.) მიგრაციის გზაზე სულ უფრო დიდ როლს ასრულებენ გარემოს დაბინძურებასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემის გადაწყვეტის საკითხში. ასეთ ტექნოლოგიებში განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს სხვადასხვა სორბენტების ბაზაზე შექმნილი სორბციული ბარიერები. ბარიერულ ტექნოლოგიებში გამოიყენებენ როგორც ბუნებრივ სორბენტებს (მაღალ დისპერსულ თიხებს), ასევე არათიხებსაც: ცეოლიტებს, დიატომიტს, ტორფს და ა.შ. უკანასკნელ წლებში გამოიყენებენ ბრუსიტს-მინერალს, რომელიც მიეკუთვნება ჰიდროქსიდების კლასს [1].

ბრუსიტის აღსორბციის უნარი მძიმე მეტალების მიმართ განსაკუთრებით მაღალია და შეადგენს 900-დან 1400მგ/გ-ს. ის ბევრად აღემატება მონტმორილონიტური თიხების აღსორბციის უნარს. ამიტომ არ არის გასაკვირი, რომ მრავალი სამუშაოა ჩატარებული ხსნარებიდან ბრუსიტით და ბრუსიტის თიხებთან ერთობლივად დამზადებული სორბენტებით მძიმე მეტალების სორბციის უნარის შესწავლის მიზნით [2-4]. სამუშაოებია ჩატარებული აგრეთვე საქართველოს ადგილობრივი თიხების აღსორბციის უნარის გამოსაკვლევად [5].

წარმოდგენილ ნაშრომში შესწავლილი იქნა ბრუსიტის და ადგილობრივი თიხების (ასკანთიხა, გუმბრინი) ბაზაზე დამზადებული სორბენტების მიერ სორბციის უნარი სგკ-ის კარიერული წყლის და მდინარე კაზრეთულას მძიმე მეტალებისაგან (Cu, Zn და Fe) გაწმენდის პროცესში.

ბრუსიტი ჰიდროთერმალურ-მეტასომატური ადგილმდებარეობის  $Mg(OH)_2$ -ის შემცველი ჰიდროქსიდების კლასის მინერალია. ასკანთიხა და გუმბრინი საქართველოს ტუტემიწათა ჯგუფის ბენტონიტური თიხებია. მათში ქანწარმოქმნილი მინერალი მონტმორილონიტია, რომელიც განსაზღვრავს მათ სპეციფიკურ თვისებებს: გაჯირჯევებას, აღსორბციას, კათიონების მიმოცვლას და ა.შ.

ბრუსიტისა და აღნიშნული თიხებისაგან დამზადებული იქნა ნარევეები – ბრუსიტი: ასკანთიხა და ბრუსიტი: გუმბრინი 1:1; 1:1,2 და 1:1,5 თანაფარდობებით. გარდა ფხვნილის ნიშუშებისა, ნარევიდან დამზადდა გრანულები, რომლებიც გახურებული იქნა 600 C<sup>0</sup>-მდე 1 სთ-ის განმავლობაში. 600C<sup>0</sup>-ზე ბრუსიტის



გამოწვისას იზრდება ბრუსიტის ჰიდრაულიკური აქტივობა, რაც საშუალებას იძლევა გამოყენებული იქნას ის როგორც შემკვრელი საშუალება[6].

მძიმე მეტალების აღსორბცია გამოსაკვლევი აღსორბენტებით ხორციელდებოდა როგორც სკკ-ის კარიერულ მჟავე წყალში, ასევე მდინარე კაზრეთულას (მდ.კაზრეთულაში ჩაედინება სკკ-ის კარიერული წყალი) წყალში. ამ უკანასკნელის ნიმუშები აღებული იქნა კარიერიდან დაახლოებით 2000 მ-ის მანძილზე. ცდები ტარდებოდა ოთახის ტემპერატურაზე. აღსორბენტის წონაკი: საკვლევი წყალი 1:10 თანაფარდობით, მუდმივი მორევის პირობებში 1 სთ-ის განმავლობაში. ცდის დასაწყისში და ცდის ბოლოს წყალში ისაზღვრებოდა Cu, Zn და Fe კონცენტრაციები ატომურაბსორბციული, ფოტომეტრული და ქიმიური მეთოდებით.

ცდების შედეგებმა გვიჩვენა, რომ მხოლოდ ბრუსიტმა 100%-ით გაასუფთავა მდ.კაზრეთულას წყალი მძიმე მეტალებისაგან, ხოლო კარიერული მჟავე წყალი - 99%-ით, მაშინ როცა ორივე წყლის ნიმუშის გაწმენდის ხარისხი სუფთა გუმბრინზე და ასკანთიხაზე ძალიან დაბალი იყო. ბრუსიტის ნარევა ასკანთიხასთან და გუმბრინთან მდინარის წყალი გაასუფთავა მძიმე მეტალების ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციამდე, ხოლო კარიერული მჟავე წყალი, შესაბამისად 94,5 და 80,0%-ით. მძიმე მეტალების კონცენტრაციები საკვლევი წყლებში სხვადასხვა სახის აღსორბენტებზე ცდამდე და ცდის შემდეგ მოცემულია ცხრილში.

აღსორბენტი	მდ. კაზრეთულას წყალი, მგ/ლ			კარიერული მჟავე წყალი, მგ/ლ		
	Cu	Zn	Fe	Cu	Zn	Fe
საანალიზო წყლის ნიმუშები						
აღსორბენტის გარეშე	2,5	2,0	11,2	966	650	1000
გუმბრინი				894		
ასკანთიხა				760		
ბრუსიტი	<0,2	<0,2	<1,0	7,2	12	25
ბრუსიტი და ასკანთიხა	0,05	0,3	1,25	91	60	75
ბრუსიტი და გუმბრინი	<0,2	<0,2	<0,5	190	067	90

როგორც ცნობილია, ჰეტეროგენულ გარემოში იონგაცვლითი პროცესები ხორციელდება ზუთ სტადიად: სორბირებული იონის გადაადგილება ხსნარიდან მარცვლის ზედაპირამდე, სორბირებული იონის გადაადგილება მარცვლის შიგნით იონგაცვლით წერტილამდე, ორმაგ იონთა გაცვლის ქიმიური რეაქცია, გამოძევებული იონის გადაადგილება მარცვლის შიგნიდან ზედაპირამდე და შემდგომ მისი გადაადგილება მარცვლის ზედაპირიდან ხსნარში [7,8].

იმის დასადგენად, არის თუ არა დიფუზიური მექანიზმი იონგაცვლითი კინეტიკის განმსაზღვრელი, შესწავლილი იქნა იონგაცვლითი პროცესის დამოკიდებულება სორბენტის მარცვლის ზომაზე. ამ მიზნით ცდები ჩატარებული იქნა როგორც ფხენილზე, ასევე გრანულის ფორმის ნიმუშებზე. ცდების ხანგრძლივობა შეადგენდა 1 სთ-ს. კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ გრანულის ფორმის აღსორბენტების აღსორბციული ტევადობა მნიშვნელოვნად ნაკლებია ფხენილის სახის აღსორბენტების აღსორბციულ ტევადობაზე.

ავტორების ვარაუდით [1], ბრუსიტზე სორბციის პროცესი განიხილება როგორც ჰეტეროგენული პროცესი, რომელიც შედგება ორი სტადიისაგან: მეტალის იონის გადაადგილება ხსნარიდან სორბენტის ზედაპირზე და იონის ურთიერთქმედება სორბენტის ზედაპირთან. თითოეული სტადია შეიძლება იქნას ლიმიტირებული - მოახდინოს მაქსიმალური გავლენა პროცესის სიჩქარეზე. მეტალის იონის გადაადგილება ფაზების ზედაპირამდე შეიძლება განხორციელდეს კონვექციით ან დიფუზიით. სორბცია მიმდინარეობს ძირითადად მინერალის ზედაპირზე OH-ჯგუფებთან მოცულობითი აქვა და OH- ჯგუფებთან ჰიდროკომპლექსების წარმოქმნით. მიმდინარეობს აგრეთვე სორბცია იონმიმოცვლის მექანიზმით  $Mg^{+2}$ -იონების ჩანაცვლებით სორბირებული მეტალით, რაც მტკიცდება ხსნარში უფრო მეტი რაოდენობის მაგნიუმის არსებობით, ვიდრე ბრუსიტის ხსნადობაა.

უნდა აღინიშნოს, რომ გახსნილი ბრუსიტის რაოდენობა მჟავე წყალში არ აღემატება საწყისი რაოდენობის 1/3-ს, რაც, სავარაუდოდ აიხსნება ნაწილაკების სხვადასხვა დისპერსიულობით. ამის გამო, ბრუსიტს აქვს თვისება შეცვალოს წყლის pH და იგი გამოყენებული იქნას მჟავე ჩამდინარე წყლების გასანივრებად. ჩვენს მიერ ჩატარებულ ცდებში წყლის წყალბადური მაჩვენებელი იცვლებოდა pH=3,0-დან pH=5,0-მდე.

შესწავლილი იქნა ბრუსიტის ასკანთიხასთან ნარევის აღსორბციული ტევადობის დამოკიდებულება დროისაგან. აღმოჩნდა, რომ აღსორბცია მიმდინარეობს ძირითადად პირველი 20 წთ-ის განმავლობაში: შემდეგ აღსორბციული ტევადობის ზრდა უმნიშვნელოა.

გარდა ამისა, მიღებული შედეგებიდან ცხადად ჩანს, რომ ბრუსიტს და მის ნარევს თიხებთან უფრო მაღალი აღსორბციული ტევადობა აქვთ  $\text{Cu}$ -ის მიმართ, რკინასთან და თუთიასთან შედარებით.

ბრუსიტის და თიხების ოპტიმალური თანაფარდობის დადგენის მიზნით (რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ეკონომიურობის თვალსაზრისით) და იმის გათვალისწინებით, რომ ბრუსიტის ნარევა ასკანთიხასთან გამოამჟღავნა უკეთესი შედეგი, ვიდრე ბრუსიტის და გუმბრინის ნარევა, ცდები ჩატარებული იქნა სხვადასხვა თანაფარდობის ბრუსიტის და ასკანთიხას ნარევისაგან დამზადებულ აღსორბენტებზე. ცდები ჩატარდა თანაფარდობით ბრუსიტი:ასკანთიხა = 1:1; 1:1,26 და 1:1,5. ყველაზე უკეთესი აღსორბციული ტევადობა გამოამჟღავნა 1:1 თანაფარდობის ნარევის აღსორბენტმა.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Королев В.А., Самарин Е.Н., Панфилов В.А., Романова И.В. Сорбционные свойства брусита и глинистых смесей на его основе. Экология и промышленность России, 2016, т. 20, №1, с. 18-24;
2. Складорова Г.Ф. Перспективы комплексного использования магнезитового сырья месторождений Дальнего Востока. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2012, №1, с. 302-309;
3. Бобылева С.А. Сорбционная очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с применением брусита. Автореферат дисс., Новосибирск, 2005, 21с.;
4. Коваленко К.А. Сорбционная очистка сточных вод горно-перерабатывающих предприятий от мышьяка с использованием природных минералов. Автореферат дисс., Пермь, 2013, 23 с.;
5. Цицишвили Г.В., Мерабишвили М.Е., Барнабишвили Д.Н. Изв АН ГССР, сер .хим., 1980, т. 6, 4, с. 314-322;
6. Гумарова Ю. А. Влияние температуры обжига на свойства брусита. 9-ая Международная конференция студентов и молодых ученых “Перспективы развития фундаментальных наук“, Томск, 2012, с. 345-347;
7. С.Перри, Р.Амос, П.Брюер, Практическое руководство по жидкостной хроматографии. Пер. с англ. под ред. В.К.Чмутова, М., Мир, 1974;
8. Шемякин Ф.М., Степин В.В., Ионообменный хроматографический анализ металлов. М., Металлургия, 1970.

### WASTE WATER PURIFICATION FROM HEAVY METALS WITH THE USE OF LOCAL CLAYS AND MINERAL BRUCITE

N.Kalabegashvili, D.Ioseliani, G.Balarjishvili, L.Samkharadze, R.Tsiskarishvili, A.Dolidze

*Iv. Javakhishvili Tbilisi State University*

*Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry*

### SUMMARY

Sorption properties of adsorbents prepared on the basis of natural clays (ascanclay, gumbrine) and mineral brucite in the process of waste water purification of mining and concentrating mill of Bolnisi district from heavy metal ions are studied. Tests on determination of ratio of adsorption properties of mentioned adsorbents to the composition, proportion of adsorbents and adsorption time are conducted. It is mentioned that adsorbent brucite + ascanclay at the ratio of 1:1, which has purified abovementioned waters to maximum allowable concentrations, turned out to be the best option both from economic and practical viewpoint in the process of adsorption.

### ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕСТНЫХ ГЛИН И МИНЕРАЛА БРУСИТА

Н.Г.Калабегашвили, Д.К.Иоселиани, Г.И.Баларджишвили, Л.О.Самхарадзе, Р.П.Цискаришвили,

А.В.Долидзе

*Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили,*

*Институт физической и органической химии им. П. Г. Меликишвили*

### РЕЗЮМЕ

Изучены сорбционные свойства адсорбентов, приготовленных на основе природных глинов (асканглина, гумбрин) и минерала брусита в процессе очистки сточных вод горно-обогажительного комбината болнисского района от ионов тяжелых металлов. Проведены опыты для определений отношений адсорбционных свойств указанных адсорбентов от состава, соотношений адсорбентов и времени адсорбции. Указано, что в процессе адсорбции наилучшим, как экономически так и практически, оказался адсорбент брусит + аскаглина в соотношении 1:1, который вышеуказанные воды очистил до предельно допустимых концентраций..

## ფიზიკური ქიმია

სტრონციუმის ფსევდოჰიდროაქეტატის დიჰიდრატის სინთეზი და მისი ქიმიური გარდაქმნის  
გამოკვლევა

ა.დ.ჩუბინიძე, ნ.ო.ენდელაძე, ნ.ლ.ბრეგაძე  
აკაკი წერეთლის სახელწიფო უნივერსიტეტი

ქიმიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემის II ჯგუფის S-მეტალებიდან სინთეზირებულია კალციუმისა და ბარიუმის ფსევდოჰიდროაქეტატები (ჰიდროაქეტატები), მაგრამ შესწავლილი არ არის მათი თერმული გარდაქმნები. ცნობები მითითებული მეტალების საშუალო აცეტატების თერმოლიზის შესახებ მოიპოვება ბარიუმის აცეტატების შესახებ [1]. წინამდებარე სამუშაოში წარმოდგენილია მცდელობა სტრონციუმის ჰიდროაქეტატის დიჰიდრატის თერმული გარდაქმნის გამოკვლევისა, ნიმუშის 1000°C-მდე გაცხელების შედეგად.

სტრონციუმის ჰიდროაქეტატის დიჰიდრატი მივიღეთ შესაბამისი მეტალის კარბონატის ურთიერთქმედებით ჭარბად აღებული ყინულოვან ძმარმჟავასთან სათანადო მეთოდის [2] მიხედვით. სტრონციუმის ჰიდროაქეტატის დიჰიდრატი ფირფიტასებრი კრისტალებია, რომლებიც ჰაერზე აქტიურად გამოიფიტებიან.

სინთეზირებულ კრისტალებს ვაცილებდით ხსნარს და ვუტარებდით ანალიზს: მეტალს წონითი მეთოდით-სულფატური ფორმით; აცეტატ-იონს ვტიტრავდით NaOH-ის 0,1 ნორმალური ხსნარით, მას შემდეგ, რაც საანალიზო ნაერთს გადავიყვანთ შესაბამის ფორმაში კათიონიტის KY-2-ს საშუალებით. ანალიზის შედეგები ასეთია:

ნაპოვნია (%): Sr - 28,8; CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> - 58,1; H<sub>2</sub>O - 13,1

გამოთვლილია (%): Sr - 29,1; CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> - 58,7; H<sub>2</sub>O - 12,2.

თერმული გარდაქმნის გამოკვლევის დაწყებამდე სინთეზირებული კრისტალები რამდენადმე ადრე შესწავლილი იქნა რენტგენოსტრუქტურულად დიფრაქტომეტრზე: CAD-4-SDP, რომლის შედეგად განისაზღვრა კრისტალოქიმიური ფორმულა Sr(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>COOH·2H<sub>2</sub>O ანუ SrH(CH<sub>3</sub>COO)<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O.

თერმოგრაფიმეტრულ გამოკვლევას ვატარებდით დერივატოგრაფზე „MOM“ ატმოსფერული წნევის პირობებში როგორც ჰაერზე, ასევე აზოტის ატმოსფეროში. ნიმუშის გაცხელებას ვახდენდით 1000°C-მდე სიჩქარით 5-15 გრად/წთ. ტემპერატურის გაზომვის სიზუსტე შეადგენდა 5°C. შედარების ეტალონი - ალუმინის ოქსიდი. ნიმუშის წონაკი შეადგენდა 150 მგ-ს.

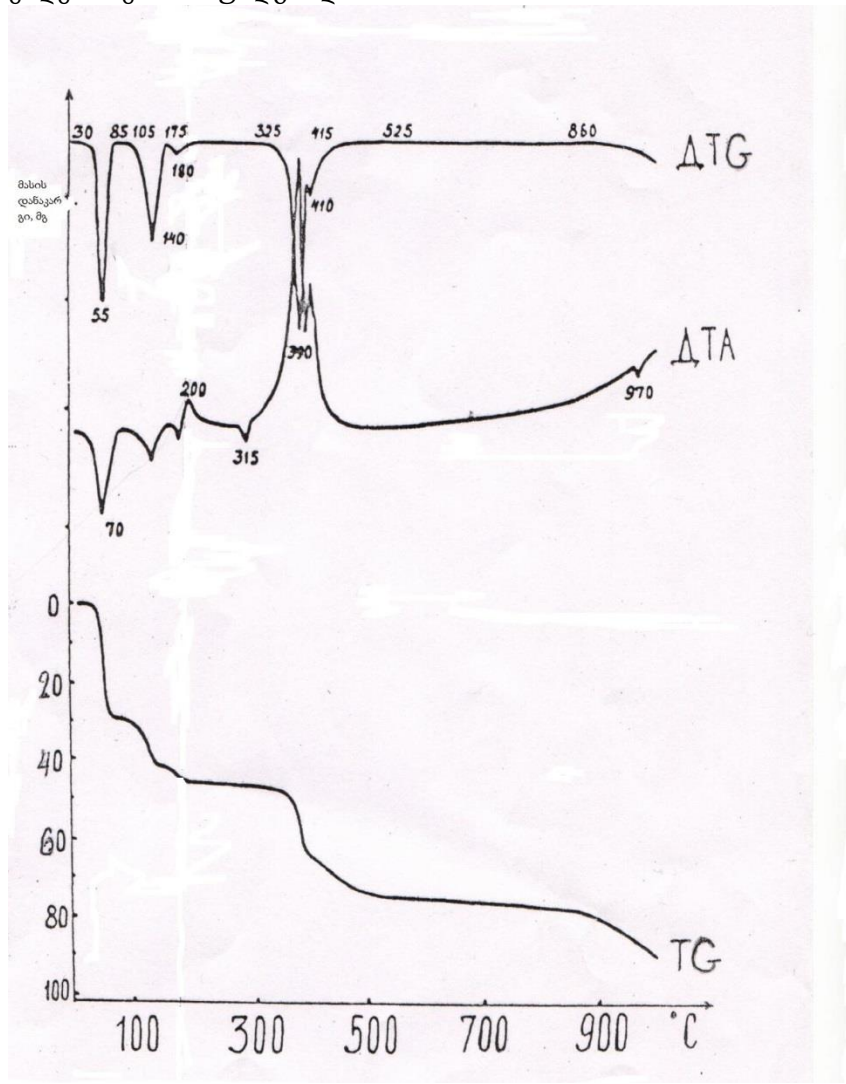
საკვლევი ნიმუშის გაცხელების დროს 30-85°C ტემპერატურის ინტერვალში იგი 500°C -ზე ენდოთერმული ეფექტით კარგავს მასის 19,2% (ნახაზი 1), რასაც შეესაბამება ძმარმჟავას ერთი მოლეკულის დაკარგვა სტრონციუმის საშუალო აცეტატის დიჰიდრატის წარმოქმნით: Sr(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (მასის თეორიული დანაკარგი შეადგენს 19,9%).

სტრონციუმის ნორმალური აცეტატის დიჰიდრატი თერმულად მდგრადია 105°C-მდე. 105-175°C-ის ინტერვალში გახურებისას ენდოთერმული ეფექტით იშლება 140°C-ზე მასის 10,8%-ის დანაკარგით, რასაც შეესაბამება წყლის 1,5 მოლეკულის დაკარგვა და შესაბამისი შედგენილობის ჰიდრატის წარმოქმნა: Sr(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>·0,5H<sub>2</sub>O (მასის თეორიული დანაკარგი 11,2%) თერმოლიზის შემდეგი გაგრძელება 175-200°C ტემპერატურის ინტერვალში დაკავშირებულია 180°C-ზე ენდოთერმულ ეფექტთან (მასის დანაკარგი 2,1%), ხოლო 200°C-მდე ეგზოთერმულ პროცესთან, რაც როგორც ჩანს, უნდა პასუხობდეს საშუალო აცეტატის ამორფული ფორმის კრისტალიზაციას.

წარმოქმნილი Sr(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> 325-425°C ტემპერატურულ ინტერვალში გახურების შედეგად გარდაიქმნება სტრონციუმის კარბონატად.

სტრონციუმის ფსევდოჰიდროაქეტატის დიჰიდრატის თერმოლიზის შედეგად გარდაქმნის სქემა შეიძლება აიხსნას ჩატარებული სტრუქტურული ანალიზის საფუძველზე. სტრუქტურაში - Sr(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>COOH·2H<sub>2</sub>O სოლვატირებული მჟავას მოლეკულა შედის აცეტატური ჯგუფებიდან წარმოქმნილი დიმერის შედგენილობაში, ეს უკანასკნელი კი, თავის მხრივ, ფორმირებულია ასიმეტრიული წყალბადური ბმის საშუალებით. მეორე წყალბადური ბმა განხორციელებულია სოლვატირებულ მჟავასა და კრისტალიზაციური წყლის მოლეკულასთან. ამდენად, წყლის მოლეკულათა კრისტალოგრაფიული არატოლოფასოვნება განაპირობებს თერმოლიზის შედეგად

შუალედური შედგენილობის ჰიდრატის წარმოქმნას, ვფიქრობთ, რომ სუსტი წყალბადური ბმები და სტრონციუმის ატომის რადიუსის შედარებით მაღალი სიდიდე (1,215 ნმ) მნიშვნელოვან წილად უნდა განპირობებდეს ნაერთის უმდგრადობას.



სურ. 1.  $SrH(CH_3COO)_3 \cdot 2H_2O$ -ის თერმოგრაფიკაჲმა ჰაერზე  $1000^{\circ}C$ -მდე გახურებისას

თერმოგრაფიკული გამოკვლევის მონაცემებზე დაყრდნობით და ფორმალური კინეტიკის მეთოდების [3] გამოყენებით გამოთვლილია სტრონციუმის ფსევდოჰიდროაქეტატის დიჰიდრატის თერმოლიზის პროცესების აქტივაციის ენერგია, ენთალპია და სიჩქარის მუდმივა (ცხრ.1).

ცხრილი 1. სტრონციუმის ფსევდოჰიდროაქეტატის თერმოლიზის აქტივაციის ენერგიის ( $E_a$ ), ენთალპიის ( $\Delta H$ ) და სიჩქარის მუდმივას ( $k$ ) მნიშვნელობები

კინეტიკური სტადია	ტემპერატურული ინტერვალი $^{\circ}C$	$E_a$ კკალ/მოლი	$\Delta H$ კკალ/მოლი	$k$
$SrH(CH_3COO)_3 \cdot 2H_2O \rightarrow Sr(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$	30-85	36,8	14,7	$6,477 \cdot 10^{24} \exp(-18520/T)$
$Sr(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O \rightarrow Sr(CH_3COO)_2 \cdot 0,5H_2O$	105-175	26,5	8,4	$11,15 \cdot 10^{14} \exp(-13337/T)$
$Sr(CH_3COO)_2 \cdot 0,5H_2O \rightarrow Sr(CH_3COO)_2$	175-200	53,8	22,6	$7,78 \cdot 10^{25} \exp(-27076/T)$
$Sr(CH_3COO)_2 \xrightarrow{N_2} SrCO_3$	415-525	80,6	22,1	$10,30 \cdot 10^{22} \exp(-40579/T)$

**დასკვნები**

სტრონციუმის ფსევდოჰიდროაცეტატის დიჰიდრატის  $\text{SrH}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  თერმულად არამდგრადია. სუსტი წყალბადური ზმების არსებობა ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზია თერმული გარდაქმნის შუალედური პროდუქტების არსებობისა. შენაერთის თერმოლიზი მრავალსაფეხურებრივი პროცესია, რომლის საბოლოო პროდუქტია სტრონციუმის კარბონატი.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. S.Gal, T.Meisel, Z. Halmos, *Magyaz kemikusok Lapja*, 26,97 (1971)
2. Б.М. Нирша, А.Д. Чубинидзе, Ю.А. Великодный, Б.В. Жаданов, В.А. Оликова *ИСОХ*, 51, 1441(1980)
3. Б.М. Нирша, А.А. Факеев, Г. Р. Аллахвердов, *ЖНХ*, 24,298,1979.

**SYNTHESIS AND CHEMICAL INVESTIGATION OF STRONTIUM PSEUDOHYDROACETATE DIHYDRATE**

A.D.Chubinidze, N.O.Endeladze, N.L.Bregadze  
*Akaki Tsereteli State University*

**SUMMARY**

It is formed compound -  $\text{Sr}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{CH}_3\text{COOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  - dihydrate of Strontium pseudohydroacetate from the triple system: Strontium carbonate – acetic acid – water. Thermolysis of pattern is studied for temperature  $1000^\circ\text{C}$ . (derivatograph, „ОД-103“). It is established, that the compound was thermally stable below the temperature  $105^\circ\text{C}$ . After this, thermal transformations goes in two stages: At first stage hydrate of normal acetate is formed and at the final stage of process Strontium carbonate is obtained. On based of derivatographic investigations and using methods of formal kinetics, some thermodynamical and kinetic parameters are calculated.

**СИНТЕЗ ДИГИДРАТА ПСЕВДОГИДРОАЦЕТАТА СТРОНЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ХИМИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ**

А.Д.Чубинидзе, Н.О.Енделадзе, Н.Л.Брегадзе  
*Государственный университет Ак. Церетели*

**РЕЗЮМЕ**

Из тройной системы: карбонат стронция-уксусная кислота-вода выделен соединения химического состава:  $\text{Sr}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{CH}_3\text{COOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – дигидрат псевдогидроацетата стронция. Изучен термолиз этого соединения при нагревании до  $1000^\circ\text{C}$  на дериватографе „ОД-103“. Установлено, что соединение термически устойчиво до  $105^\circ\text{C}$ . Последующее нагревание протекает многоступенчато, конечным продуктом которого является образование карбоната стронция. По данным термогравиметрического исследования, методом формальной кинетики рассчитаны некоторые термодинамические и кинетические параметры.

## PHYSICAL CHEMISTRY

## RECRYSTALLIZATION OF NATURAL ANALCIME IN LTA ZEOLITE

Vladimer Tsitsishvili, Nanuli Dolaberidze, Manana Nijaradze, Nato Mirdzveli  
*Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry*  
*of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, 0186, 31 Politkovskaia str., Tbilisi, Georgia*  
*v.tsitsishvili@gmail.com*

The synthesis of LTA zeolite by hydrothermal transformation of natural Georgian analcime from Gelati preliminary treated by HCl water solution and suspended in NaOH solution was investigated. Products were characterized by chemical, XRD, and FTIR analyses. Investigation demonstrated that zeolites with low silicon content are prepared at high basicity of reaction mixture, highly hydrated materials are created at low temperatures, morphology and sizes of crystallites generally depend on duration of crystallization.

**Introduction.** Today natural zeolites generally are used in construction works and agriculture, and the synthetic ones are used commercially more often due to the purity of crystalline products and the uniformity of particle sizes. The sources for early synthesized zeolites were standard chemical reagents, but today attention is paid to synthesis from low cost materials, such as clay minerals, natural zeolites, incineration ashes, etc. For example, hard water softener LTA zeolite (UPAC chemical formula  $[\text{Na}_{12}(\text{H}_2\text{O})_{27}]_8[\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}]_8$ -LTA) was synthesized from rice husk [1] and kaolin [2], recently we had prepared LTA by two-stage re-crystallization of Georgian natural clinoptilolite-heulandite-containing rock with intermediate sodalite product [3].

Analcime is rather widespread among the zeolites known on the territory of Georgia [4]: an abundance of analcime connected with volcanic-sedimentary rocks is observable in the Middle-Eocene rock masses of the Achara-Trialeti folded system, beginning with Mtskheta district, including the Borjomi valley and westward in Bagdadi and Vani districts; analcime-containing stratified rocks are known in Western Georgia in the deposits of Jurassic carbonaceous and colored suites of Kutaisi area, as well as analcime from a basaltic geode (environs of Tbilisi), analcime crystallized in the chemical way (sedimentary rocks from Kutaisi environs), and analcime of diagenetic origin in volcanic-sedimentary rocks from the Akhaltsikhe deposit, along with other zeolites (phillipsite, laumontite, mordenite, etc.).

The aim of present work was to demonstrate possibility to carry out synthesis of the LTA zeolite by hydrothermal re-crystallization of natural analcime and production of materials with different sizes of crystallites, as well as with suitable system of pores and channels.

**Experimental.** Preparation of synthetic zeolite material was carried out using yellow-grey Georgian natural analcime-containing rock from the Gelati deposit having comparatively high zeolite phase content (up to 90%) with chemical composition  $(\text{Na}_{10.8}\text{K}_{1.50}\text{Ca}_{0.65}\text{Mg}_{0.40})\text{Me}_{1.0}[\text{Al}_{15.4}\text{Si}_{33.0}\text{O}_{96}] \cdot 15.7\text{H}_2\text{O}$  (Me – impurity metals Fe, Cu, etc.), characterized by X-ray diffraction pattern, IR spectrum, water adsorption capacity and thermal analysis data, and belonging to the Na,K,Ca,Mg-form of the ANA (UPAC chemical formula  $[\text{Na}_{16}(\text{H}_2\text{O})_{16}][\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}]$ ) type natural zeolites.

As described in [3], processing of raw in target material includes steps of *acid treatment of raw material & preparation of suspension, gel formation & its aging*, followed by *crystallization* at different temperatures in water bath OLS26 Aqua Pro, *separation and cleaning* of prepared products.

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 Cu-K $\alpha$  line and scanning at 1° per minute, FTIR spectra in the wavenumber range 4000–400 cm<sup>-1</sup> were recorded on the Perkin-Elmer FTIR spectrometer (version 10.4.2) using the KBr pellet technique for sample preparation.

**Results & discussion.** LTA zeolite has been produced from the reaction mixture having following chemical composition: 3.4Na<sub>2</sub>O:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:1.1SiO<sub>2</sub>, in such case the chemical composition of prepared materials is 0.92Na<sub>2</sub>O:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:2.04SiO<sub>2</sub>:3.00H<sub>2</sub>O, that is in a good accordance with corresponding chemical formula for LTA. The framework type of prepared material is testified by X-ray powder diffraction patterns with peaks at 2 $\theta$  = 7.2° (100%, hkl – 200), 10.1° (70%, 220), 12.4° (44%, 222), 16.2° (42%, 420), and 21.1/21.2° (18/93%, 600/442), as compared with calculated XRPD pattern from the “Database of Zeolite Structures” of

the International Zeolite Association (<http://www.iza-structure.org/>). Developed zeolitic crystal microporous structure in synthesized samples is been confirmed by high averaged value ( $>13$  mmole/g) of water adsorption capacity under static conditions at the “plateau” pressure  $p/p_s=0.40$  and room temperature. Prepared materials represent nearly pure Na-forms, share of impurity metals in compensation of the negative charge is 8%, but in some cases this value reaches 15%. Generally, during recrystallization analcime remains more impurity metals in comparison with clinoptilolite [3].

Ratio of water molecules per compensating ion ( $H_2O:Na$ ) in ideal LTA structure is 9:4, in synthetic samples it is higher – hydrated materials ( $H_2O:Na=9:5.5$ ) are produced by analcime recrystallization at low temperatures, hydrothermal crystallization at high temperatures ( $>80^\circ C$ ) results in dehydration. Experiments also show, that increasing basicity of reaction mixture results in creation of LTA structure with high aluminium content ( $Si/Al \approx 1$ ), rapid crystallization gives nanoscale crystals and aggregates, while slow crystallization at comparatively low temperatures gives micrometric crystallites.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. M.Gougazeh, J.-Ch.Buhl. Synthesis and characterization of zeolite A by hydrothermal transformation of natural Jordanian kaolin. Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences, 2014, v. 15, p. 35-42.
3. V.Tsitsishvili, N.Dolaberidze, M.Alelishvili, M.Nijaradze, N.Mirdzveli. Synthesis of LTA Zeolite Materials. Proc. Georgian Nat. Acad. Sci., chem. Ser., 2016, v. 42, No 2, p. 133-137.
4. Skhirtladze, N. Genetic Groups of Georgian Zeolites, Their Main Deposits and Manifestations. Tbilisi State University: Tbilisi, 1997, 29 p.

### ბუნებრივი ანალციმის გადაკრისტალდება LTA ცეოლიტში

ვლადიმერ ციციშვილი, ნანული დოლაბერიძე, მანანა ნიჯარაძე, ნატო მირძველი  
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი  
საქართველო, თბილისი 0186, ა.პოლიტკოვსკაიას ქ. 31 v.tsitsishvili@gmail.com

### რეზიუმე

შესწავლილია LTA ცეოლიტში მარილმჟავით წინასწარ აქტივირებული გელათის ადგილმდებარეობის ბუნებრივი ანალციმის გადაკრისტალების პროცესი ნატრიუმის ჰიდროქსიდის თანაობისას. მიღებული პროდუქტები დახასიათებულია მასკანირებელი ელექტრონილი მიკროსკოპიის, რენტგენული დიფრაქტომეტრიისა და ფურიე-ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის მეთოდებით. ნაჩვენებია, რომ სილიციუმის დაბალი შემცველობის მასალები მიიღება სარეაქციო ნარევის მაღალი ტუტიალობის პირობებში, დაბალ ტემპერატურაზე მიიღება უფრო ჰიდრატირებული ცეოლიტები, ხოლო კრისტალიტების მორფოლოგია და ზომები ძირითადად განისაზღვრება კრისტალიზაციის ხანგრძლივობით.

### ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ПРИРОДНОГО АНАЛЬЦИМА В ЦЕОЛИТ LTA

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.Джавახишвили, 0186, ул. А.Политковской 31, Тбилиси, Грузия  
v.tsitsishvili@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

Исследовано гидротермальное превращение в цеолит LTA грузинского природного анальцима из Гелати, предварительно активированного соляной кислотой и затем суспендированного в щелочном растворе. Полученные продукты охарактеризованы методами сканирующей электронной микроскопии, рентгеновской диффрактометрии и Фурье-ИК-спектрального анализа. Показано, что повышение щелочности реакционной среды приводит к получению продуктов с низким содержанием кремния, при низкой температуре образуются более гидратированные цеолиты, а морфология и размеры кристаллитов в основном определяются временем кристаллизации.

## ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

И.Г.Бердзенишвили, С.В.Хиталишвили, К.Н.Камкамидзе  
*Грузинский технический университет*  
 i\_berdzenishvili@gtu.ge

Работа посвящена численному моделированию поведения элементов в водных растворах. Представлены алгоритмы решения данной задачи. Показано, что в водных растворах результате протекания реакций гидролиза изменяется рН раствора. Рассчитаны формы нахождения алюминия в разных средах. Установлено, что алюминий в растворе можно встретить в виде частиц  $Al^{3+}$ ,  $Al(OH)_2^+$ , ... ,  $Al(OH)_4^-$ . Выявлены доминирующие формы кальция в растворе в зависимости от величин рН.

В природе наиболее распространены водные растворы. Они распространены в живой и неживой природе и имеют огромное значение для жизнедеятельности людей, а состав этих растворов во многом контролирует ее безопасность. В водных растворах в силу протекания различных процессов и химических реакций (гидролиза, комплексообразования и т.д.), перешедшие в раствор элементы растворенного вещества, будут находиться в самых разных формах, т.е. довольно большие группы атомов химических элементов в каждый промежуток времени находятся в конкретных относительно устойчивых сочетаниях между собой [1–3].

Данные сочетания или формы нахождения химических элементов подчиняются различным физико-химическим закономерностям и возможны только при определенных внешних условиях. Как уже указывалось, формы нахождения элементов в растворе в значительной степени определяются реакциями гидролиза, в результате которых изменяется рН раствора, что приводит к зависимости форм нахождения элементов в растворе от концентрации ионов водорода  $[H^+]$  [1, 4-7].

Концентрация ионов водорода зависит от ионного произведения воды (константы диссоциации воды). При 25°C константа диссоциации воды ( $K_w$ ) равна:

$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14} \text{ моль}^2/\text{л}^2.$$

Если в растворе  $[H^+] > 10^{-7}$  моль/л, то такой раствор является кислым; при  $[H^+] < 10^{-7}$  моль/л – раствор щелочной, а для нейтральных растворов –  $[H^+] = 10^{-7}$  моль/л ( $T = 25^\circ C$ ). При анализе кислотности раствора часто вместо абсолютных значений молярной концентрации ионов водорода пользуются понятием рН раствора [1, 3, 8]. По определению

$$pH = \lg(1/[H^+]) = -\lg[H^+].$$

На рис. 1 кислотность раствора выражена через рН раствора.



Рис. 1. Шкала значений рН

Целью настоящей работы является прогноз поведения алюминия и кальция в водных растворах путем расчета форм нахождения данных элементов в природных водах при определенных значениях рН раствора и последующий анализ состава раствора при изменении этого параметра.

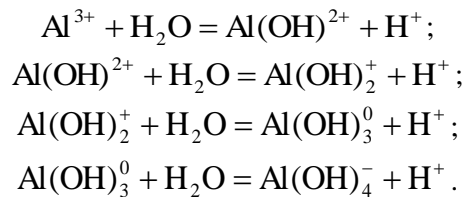


Алгоритмами для решения данной задачи могут служить [3, 5, 9, 10]:

- применение констант равновесия химических реакций, выраженных через равновесные концентрации компонентов;
- расчет равновесного состава исследуемой системы методом минимизации свободной энергии Гиббса.

Являясь одним из самых распространенных элементов в земной коре, алюминий содержится практически в любой природной воде [11] и равновесие между формами его нахождения в водном растворе устанавливается в результате протекания гидролитических процессов.

Исходя из вышеизложенного, в соответствии с первым алгоритмом в основе исследования лежит расчет термодинамических потенциалов для следующих реакций гидролиза:



Константы равновесия реакций (K) вычисляли по уравнению Вант-Гоффа:

$$\text{RTlgK} = -(\Delta G_{298}^0)/2,3.$$

Расчетные методы определения константы равновесия сводятся к вычислению стандартного изменения свободной энергии Гиббса ( $\Delta G_{298}^0$ ) в ходе реакции [3,8,12]. Исходные термодинамические данные ( $\Delta H_{298}^0$  и  $S_{298}^0$ ), которые необходимы для расчета  $\Delta G_{298}^0$  взяты из [8, 13].

Термодинамическая модель поведения алюминия в растворе в зависимости от pH реакционной среды показывает, что в сильноокислой среде алюминий в растворе присутствует в виде «простого» иона  $\text{Al}^{3+}$ . В слабоокислой среде концентрация ионов  $\text{Al}^{3+}$  уменьшается, а концентрация частиц  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$  возрастает и при условии pH = 3,75 имеет место следующее равенство концентраций:  $[\text{Al}^{3+}] = [\text{Al}(\text{OH})^{2+}]$ . В слабокислых условиях с pH выше 3,75 резко уменьшается  $[\text{Al}^{3+}]$ , также начинает уменьшаться концентрация активной формы  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ , а концентрация  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$  возрастает; при pH = 5,43 наблюдается равенство концентраций следующих форм алюминия:  $[\text{Al}(\text{OH})^{2+}] = [\text{Al}(\text{OH})_2^+]$ .

В нейтральных и близких к ним по кислотности водных растворах с pH в интервале 5,58–7,42 преобладающей формой алюминия является нерастворимый гидроксид алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3^0$ ; в щелочных (при pH > 7,42) –  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  (рис. 2).

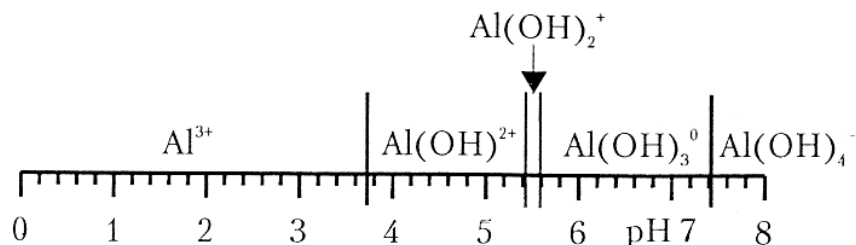
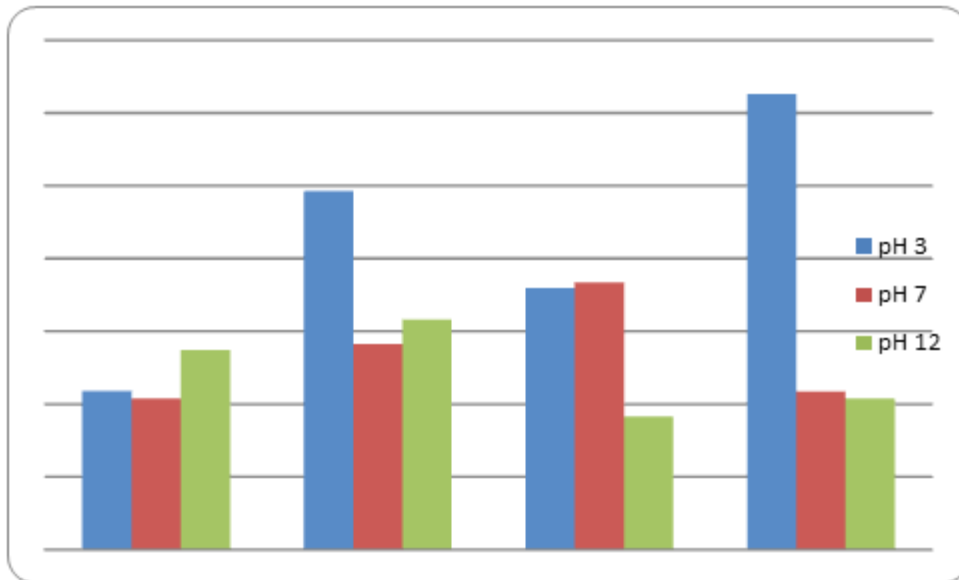


Рис. 2. Формы нахождения алюминия в растворе в зависимости от pH среды

Таким образом, алюминий, становится растворимым при низких и высоких значениях pH. Понимание контроля за растворимостью алюминия важно, поскольку его токсичность может вызвать гибель рыбы в подкисленных пресных водах. Так, при pH ниже 4,5 не обнаруживаются никакие

რაკობრანული, ულიტკი, მიდიი, ი პრი ეთომ ნე მოქეთ ნიკაკაი იმეოქიყი პრომილოვოე ზნიჩენიე პრესნოვოდნი რუბა [14].

ნა რის. 3 ვ დიე დიეგრამი დანა გრაფიჩესკაი ინტერპრეტაციე რეზულტოთ რასჩეთა  $[m]$  (მოლ/კგ) – კონცენტრაციე ჩატიც, ვ სოვოთ ვოდიტ კალციი ვ ზავისოქიტი იტ რიჟი რაწვოი. რასჩეთი ვოქონენი ს პრივლჩენიე მეთოდი კომპიუტეროი მოდელიროვანი დიე კონცენტრაციე ელემენტი  $10^{-3}$  (მოლ/კგ) ი  $p_{CO_2} = 3 \cdot 10^{-4}$  ბარ.



რის. 3. კომპონენტნი სოვოთ სისტემი ვ ზავისოქიტი იტ რიჟი რაწვოი დიე 25°C

ოტმეტი, ჩო ნაჩიენი ვ რაწვოი გიდროკარბონატი კალციი ვო მნოგო იტრედეტი ვრემენიუი ჯესტოქი რაწვოი. იტრედეტი კომპონენტნი სოვოთ რაწვოი ბასეინი იმეოთ ბოლშოე ზნიჩენიე პრი იტენიე პრიოდნი რაწვოი დიე რაზლიჩნი ქელიე რაწვოი რებლენიე.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ლიტერატურა

1. კალიბაბჩუკ ვ.ა., გრიშენკო ლ.ი., გალინსკაი ვ.ი., გოჯინსკიი ს.მ. ი დრ. მედიცინსკაი ხიმიე. – კ.: მედიცინა, 2008. – 399 ს.
2. Appelo C.A.J., Postma D. Geochemistry, Groundwater and Pollution. Rotterdam: A.A. Balkema, 1993. – 536 p.
3. ი. ბერძენიშვილი. ფიზიკური ქიმიის საფუძვლები. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2010. – 308 გვ.
4. Parkhurst, D.L., Revised chemical equilibrium data for major water-mineral reactions and their limitations, in Bassett, R.L. and Melchior, D. eds., Chemical modeling in aqueous systems II: Washington D.C., American Chemical Society Symposium Series 416, 1990, Chapt. 31, – p. 398-413.
5. ბორისოვ მ.ვ., შვაროვ ი.ვ. ტერმოდინამიკა გეოხიმიჩესკი რაწვოი. – მ.: იტ-ვო მგუ, 1992. – 256 ს.
6. შვაროვ ი.ვ. ი ტერმოდინამიჩესკი მოდელი რეალნი რაწვოი. გეოხიმიე, 2007, № 6. – ს. 670-679.
7. Glynn, P.D., Modeling solid-solution reactions in low-temperature aqueous systems, in Bassett, R.L. and Melchior, D. eds., Chemical modeling in aqueous systems II: Washington D.C., American Chemical Society Symposium Series 416, 1990, Chapt. 6, – p. 74-86.
8. გორშკოვ ვ.ი., კუზნეოვ ი.ა. ისოვნი ფიზიჩესკი ხიმიი. იტ. 3-ე, მ.: ბინომ. ლაბორატორიე ზნიჩენი, 2009. – 407 ს.
9. კარპოვ ი.კ. ფიზიკო-ხიმიჩესკოე მოდელიროვანი ნა ებმ ვ გეოხიმიი. ნოვოსიბირსკი: ნაუკა, 1981. – 247 ს.

10. Шваров Ю.В. Алгоритмизация численного равновесного моделирования динамических геохимических процессов. Геохимия, 1999, № 6. – с. 646-652.
11. <http://www.hydroluxe.ru/avtomatizatsiyaa/33>
12. Крайнов С.Р. Обзор термодинамических компьютерных программ, используемых в США при геохимическом изучении подземных вод. Система компьютеризации научных лабораторий США// Геохимия, 1993, № 5. – с. 685-695.
13. Nordstrom D.K., Munoz J.L. Geochemical Thermodynamics. Boston: Brackwell Scientific, 1994. – 367 p.
14. <http://www.ekol.oglib.ru/bgl/8155/292.html>

## DETERMINATION OF OCCURRING FORMS OF CHEMICAL ELEMENTS IN AQUEOUS SOLUTIONS

I.G.Berdzenishvili, S.V.Hitalishvili, K.N.Kamkamidze  
*Georgian Technical University*

### SUMMARY

The paper is devoted to the numerical modeling of the behavior of elements in aqueous solutions. The algorithms for solving this problem are presented. It is shown that in aqueous solutions as a result of hydrolysis reactions pH values have been changed. The occurring forms of aluminum in different environments are calculated. It is established that aluminum can be found in solution in the form of  $Al^{3+}$ ,  $Al(OH)_2^+$ , ... ,  $Al(OH)_4^-$  particles. The dominant forms of calcium depending on pH values of solution are revealed.

### წყალხსნარებში ქიმიური ელემენტების არსებობის ფორმების განსაზღვრა

ი.ბერძენიშვილი, ს.ხიტალიშვილი, კ.კამკამიძე  
*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

### რეზიუმე

ნაშრომი ეძღვნება წყალხსნარებში ქიმიური ელემენტების ქცევის რიცხობრივ მოდელირებას. წარმოდგენილია დასმული ამოცანის ამოხსნის ალგორითმები. ნაჩვენებია, რომ ჰიდროლიზის რეაქციების შედეგად ხსნარის pH იცვლება. გაანგარიშებულია ალუმინის არსებობის ფორმები სხვადასხვა გარემოში. დადგენილია, რომ ხსნარებში ალუმინი წარმოდგენილია შემდეგი  $Al^{3+}$ ,  $Al(OH)_2^+$ , ... ,  $Al(OH)_4^-$  ფორმების სახით. გამოვლენილია კალციუმის დომინანტური ფორმების სახეობები ხსნარის pH მნიშვნელობების მიხედვით.

## ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ БЕНТОНИТОВ И КИНЕТИКА ИЗМЕНЕНИЯ ИХ  
НАБУХАЕМОСТИ

К.К.Хачатурян, Н.А.Гегия, Г.Ш.Энукидзе, Р.Ю.Кваташидзе, Т.С.Гурули, Е.Н.Уклеба

*ЮЛПП ТГУ Кавказский институт минерального сырья им.А.А.Гвалчрелидзе*

Исследованы минералогический и химический состав, а также кинетика изменения набухающей способности бентонитовых глин различных месторождений Грузии (Арали, Паравани, Ванискеди – Мтиспири); для сравнения изучена также бентонитовая глина из Греции. Показано, что они представлены Са-монтмориллонитом, а в качестве примесных минералов в них присутствуют каолинит, Са-На-полевой шпат, слюда, кварц, СаСО<sub>3</sub> и α-кристобалит. Установлено, что при воздействии оптимальных комбинаций химических реагентов исследованные бентониты сохраняют высокую стабильность степени набухания в течение длительного промежутка времени.

Глины монтмориллонитового состава (бентониты), в силу присущих им важных специфических свойств, до сих пор привлекают внимание не только исследователей [1,2], но и непосредственных инвесторов, причем сфера и масштабы применения бентонитов весьма разнообразны, а потребность в них многих отраслей промышленности и сельского хозяйства непрерывно растет. Одной из областей применения бентонитовых глин является буровая техника, где для получения высококачественных промышленных глинистых растворов используются щелочные бентониты [3].

В Грузии наиболее высококачественные и хорошо изученные асканские бентониты являлись многопрофильными и использовались во многих направлениях, но в настоящее время их запасы весьма ограничены, а производительность действующего рудника значительно снизилась [4]; поэтому очень важной задачей является вовлечение в сферу использования бентонитов и других месторождений. Однако, как известно, большинство месторождений бентонитов Грузии представлены щелочноземельными формами, тогда как щелочные бентониты, как и во всем мире, имеют ограниченное распространение.

Одним из важнейших свойств бентонитов является их сильная набухаемость, причем степень внутрикристаллического разбухания в присутствии воды значительна для натриевых форм и в меньшей степени проявляется у кальциевых монтмориллонитов [3,5].

В Кавказском институте минерального сырья на протяжении многих десятилетий проводились комплексные поисково-оценочные, литологические и технологические исследования бентонитов различных месторождений, а настоящая работа является продолжением этих исследований.

Целью проведенного исследования являлось установление минералогического и химического состава бентонитов и изучение кинетики изменения их набухающей способности; объектами изучения были бентонитовые глины Грузии из месторождений Арали, Паравани, Ванискеди (Мтиспири), а для сравнения исследован бентонит месторождения Греции.

Рентгенодифрактометрическое изучение показало, что характеризуемые бентониты имеют полиминеральное сложение (табл.1). Во всех образцах идентифицируется Са-монтмориллонит, причем в бентонитах месторождений Ванискеди (Мтиспири 1) и Греции он является в высокой степени упорядоченным (на что указывает, в первую очередь, высокая интенсивность рефлекса d<sub>001</sub>), а в остальных трех образцах – он средне окристаллизованный. На дифрактограммах зафиксированы также межплоскостные расстояния каолинита, Са-На-полевого шпата, слюды, кварца, СаСО<sub>3</sub> и α-кристобалита. Они количественно подчинены монтмориллониту и присутствуют в переменных количествах.

По химическому составу бентонитовые глины различных месторождений, и даже из одного и того же месторождения, часто значительно отличаются друг от друга. Это объясняется как условиями их образования, так и тем, что они в природном виде почти всегда содержат другие типы глин и посторонние неглинистые включения, которые иногда составляют большой процент и, тем самым, сильно снижают качество бентонита. Поэтому весьма затруднительно дать более или менее

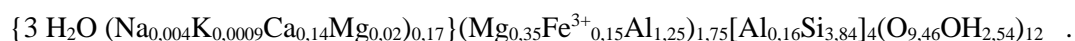
точную качественную характеристику природных бентонитов по одним только результатам их химического анализа [3,5].

Таблица 1. Минералогический состав бентонитов

№	Месторождение бентонита	Минералогический состав	Содержание монтмориллонита, (%)
1	Арали	1) Са-монтмориллонит средне окристаллизованный 2) Са-На-полево шпат 3) Каолинит 4) Следы слюды	25,0
2	Паравани	1) Са-монтмориллонит средне окристаллизованный 2) Кварц 3) Следы Са-На-полево шпата 4) Следы каолинита	41,9
3	Ванискеди (Мтиспири 1)	1) Са-монтмориллонит хорошо окристаллизованный 2) Следы слюды 3) Следы Са-На-полево шпата 4) Следы СаСО <sub>3</sub> 5) Следы SiO <sub>2</sub>	92,3
4	Ванискеди (Мтиспири 2)	1) Са-монтмориллонит 2) Следы Са-На-полево шпата	80,75
5	Греция	1) Са-монтмориллонит хорошо окристаллизованный 2) α-кристобалит 3) Следы Са-На-полево шпата 4) Следы кварца	95,8

Главной характеристикой минерала, как известно, является его химическая (структурная) формула, определяющая кристаллохимическую структуру и природу минерала, принадлежность к определенному минеральному виду и его химический состав. Химическая формула отражает отношения количеств атомов элементов, входящих в состав кристаллической элементарной ячейки. В отличие от меняющегося (от образца к образцу) весового процентного состава, тип формулы минерала является величиной постоянной. Для каждого отдельного образца формула имеет свой, отличный от других образцов, состав элементов, но не меняет своего типа и представляет собой по существу результат количественного химического анализа, выраженный не в весовых, а в атомных отношениях [5,6].

Исходя из вышеизложенного, для всех исследуемых бентонитов на основании результатов химического анализа (табл.2) были составлены структурные формулы; так, структурная формула бентонита Ванискеди (Мтиспири 1) имеет вид:



Для исследуемых бентонитов были определены такие показатели, как содержание минерала монтмориллонита, общая обменная емкость, обменные катионы, набухаемость, на основании которых обычно проводится их технологическая оценка. Результаты определения массовой доли монтмориллонита (табл.1) свидетельствуют о том, что бентониты месторождений Арали и Паравани характеризуются низким содержанием монтмориллонита, что может быть, вероятно, объяснено, в основном, засоренностью их различными включениями, а также – присутствием каолинита.

Таблица 2. Химический состав бентонитов

Оксидные компоненты, (% вес.)	Месторождение бентонита				
	Арали	Паравани	Ванискеди (Мтиспири1)	Ванискеди (Мтиспири2)	Греция
Влага	6,45	7,79	11,32	10,94	8,73
П.п.п.	7,64	7,99	8,20	7,96	7,29
SiO <sub>2</sub>	57,5	54,9	53,27	55,9	63,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,5	17,8	16,6	15,0	12,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,4	5,3	2,72	4,1	1,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04	0,05	-	0,05	0,03
TiO <sub>2</sub>	0,76	1,02	0,42	0,02	0,02
MnO	0,01	0,01	-	0,02	0,02
SO <sub>3</sub>	0,16	н.о.	0,49	0,07	0,19
CaO	1,5	1,6	1,91	1,7	1,0
MgO	1,3	1,15	3,27	2,4	3,05
Na <sub>2</sub> O	2,2	1,1	0,5	1,1	1,3
K <sub>2</sub> O	0,3	0,9	0,3	0,4	0,8

Данные химического анализа (табл.2) показывают, что во всех исследованных бентонитах содержание щелочноземельных катионов превалирует над щелочными:  $Ca^{2+} + Mg^{2+} > Na^{+} + K^{+}$ ; в образцах Мтиспири 1 и Греции отмечается относительно высокое содержание  $Mg^{2+}$ ; в грузинских бентонитах наблюдается также высокое содержание  $Fe^{3+}$  – до 5,4 % вес.

Результаты определения обменных катионов (табл.3) показали, что общая обменная емкость исследуемых бентонитов изменяется в пределах 56,2-76,3 мг·экв/100 г глины, что характерно для бентонитовых глин [3], хотя у бентонита месторождения Паравани она чуть ниже 60 мг·экв/100 г глины; это обусловлено, главным образом, значительной засоренностью различными минералами. В исследуемых бентонитах, включая бентонит Греции, обменный комплекс представлен щелочноземельными катионами: содержание обменного  $Ca^{2+}$  изменяется от 24,2 до 65,5 мг·экв/100 г глины, соответственно содержание обменных катионов  $Na^{+}$  и  $K^{+}$  относительно незначительное и изменяется от 0,2 до 2,5 мг·экв/100 г глины.

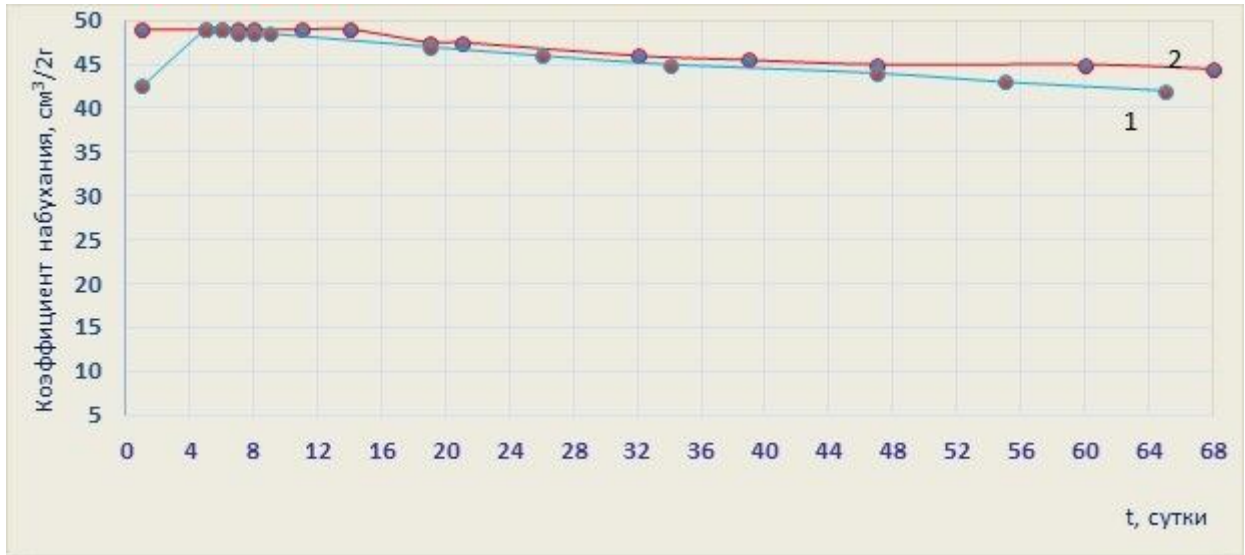
Таблица 3. Обменная емкость бентонитов

№	Месторождение Бентонита	Обменные катионы, мг·экв/100 г глины				Обменная емкость, мг·экв/100 г глины
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
1	Паравани	43,5	11,1	1,1	0,5	56,2
2	Ванискеди (Мтиспири 1)	65,5	9,5	1,0	0,3	76,3
3	Ванискеди (Мтиспири 2)	46,5	16,3	0,2	0,3	63,3
4	Греция	24,2	43,6	2,5	0,5	70,8

Изучение набухаемости показало, что исследуемые бентониты в природном виде проявляют очень низкую набухающую способность: их коэффициент набухания изменяется в пределах от 1,88 (Арали) до 5,0 см<sup>3</sup>/2г (Ванискеди - Мтиспири 1). Низкая набухающая способность объясняется тем, что в диффузном слое щелочноземельных бентонитов преобладают мало гидратированные обменные катионы  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ , прочно связывающие частицы глины в крупные агрегаты, которые не могут долго держаться в воде во взвешенном состоянии и быстро выпадают в осадок [3].

Модифицирование щелочноземельных бентонитов определенными комбинациями химических реагентов позволяет значительно повысить их набухаемость [7,8]. Изучение характера изменения во времени набухающей способности исследуемых бентонитовых глин при воздействии установленных нами оптимальных комбинаций химических реагентов показало высокую стабильность степени набухания (и соответственно высокую стабильность образовавшейся набухшей

массы), что наглядно представлено на рис.1 на примере бентонитов Ванискеди (Мтиспири 1) и Греции.



**Рис.1.** Кинетика изменения степени набухания бентонитовых глин:

- 1 - Греческий бентонит + (0,2г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + 0,05г CaO) ;
- 2 - Бентонит Ванискеди (Мтиспири 1) + (0,2г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + 0,1г CaO) .

Как видно из этого рисунка, для бентонита Ванискеди (Мтиспири 1) после добавления комбинации 0,2г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + 0,1г CaO значение коэффициента набухания (K<sub>наб.</sub>) через 14 суток не изменяется и остается таким же, как и через первые 24 часа (K<sub>наб.</sub>= 49,0 см<sup>3</sup>/2г); через 32 суток величина K<sub>наб.</sub> снижается ~ на 6% (K<sub>наб.</sub>=46,0 см<sup>3</sup>/2г), а через 68 суток – всего лишь ~ на 9% (K<sub>наб.</sub>= 44,5 см<sup>3</sup>/2г).

Для греческого бентонита значение K<sub>наб.</sub>=42,5см<sup>3</sup>/2г, полученное после добавления комбинации 0,2г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + 0,05г CaO , через 5 суток достигает величины K<sub>наб.</sub>=49,0 см<sup>3</sup>/2г, которое за последующие 29 суток снижается ~ на 8%, а через 65 суток от начала определения набухаемости оно составляет 42,0 см<sup>3</sup>/2г, т.е. оно такое же, как и после 24 часового стояния.

Для бентонита месторождения Паравани значение коэффициента набухания через 24 часа после добавления комбинации 0,1г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>+0,05г MgO , равное K<sub>наб.</sub>=15,0 см<sup>3</sup>/2г, через 8 суток стояния значительно повышается и составляет 48,0 см<sup>3</sup>/2г; еще через 12 суток это значение снижается ~ на 20% (K<sub>наб.</sub> =38,5 см<sup>3</sup>/2г); а за следующие 14 суток – K<sub>наб.</sub> =29,5 см<sup>3</sup>/2г.

Бентонит Ванискеди (Мтиспири 2) после добавления комбинации химических реагентов 0,1г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>+0,05г MgO через 24 часа проявляет низкую набухающую способность (K<sub>наб.</sub>= 10,5 см<sup>3</sup>/2г); через 8 суток значение K<sub>наб.</sub> увеличивается в 2,2 раза и достигает величины 23,5 см<sup>3</sup>/2г, а еще через 5 суток оно снижается ~ на 17% и составляет 19,5 см<sup>3</sup>/2г.

Бентонит месторождения Арали через 24 часа после добавления комбинации реагентов 0,2г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + 0,1г CaO характеризуется низким значением K<sub>наб.</sub>=10,5 см<sup>3</sup>/2г, которое через 14 суток достигает 19,25 см<sup>3</sup>/2г, а еще через 9 суток оно увеличивается, но всего лишь ~ на 2,6% (K<sub>наб.</sub>= 19,75 см<sup>3</sup>/2г). Значение K<sub>наб.</sub>= 1,88 см<sup>3</sup>/2г для природной формы, полученное через 24 часа, через 27 суток составляет 3,75 см<sup>3</sup>/2г.

В заключение следует отметить, что изучение минералогического и химического состава бентонитов месторождений Арали, Паравани, Ванискеди (Мтиспири 1 и 2), а также бентонита Греции, показало, что они представлены Са-монтмориллонитом; в качестве примесных минералов в них присутствуют каолинит, Са-Na-полевои шпат, слюда, кварц, СаСО<sub>3</sub> и α-кристобалит. При воздействии установленных нами оптимальных комбинаций химических реагентов исследованные

бентониты сохраняют высокую стабильность степени набухания в течение длительного промежутка времени.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Шахбазов Э., Гаджиев Г., Велиев Ф. Исследование процесса набухания нанобентонитовых систем. В сб.: Конференция по нефтехимии, посвященная 100-летию со дня рождения академика Л.Д.Меликадзе. Тбилиси, 2012, с.65-70.
2. Шахбазов Э., Велиев Ф. Разработка нанобентонита на основе природного ресурса Азербайджана. В сб.: Конференция по нефтехимии, посвященная 100-летию со дня рождения академика Л.Д.Меликадзе. Тбилиси, 2012, с.52-57.
3. Мерабишвили М.С. Бентонитовые глины. Тб.: Мецниереба, 1979, 310 с.
4. Твалчредидзе А.Г. Полезные ископаемые и минеральная ресурсная база Грузии. М.: Издательский дом “Руда и Металлы”, 2006, 320 с.
5. Овчаренко Ф.Д. Гидрофильность глин и глинистых минералов. Киев: Изд-во АН УССР, 1961, 292 с.
6. Буланов В.А., Сизых А.И. Кристаллохимизм породообразующих минералов. Иркутск, Иркут. Ун-т, 2005, 220с.
7. Хачатурян К.К., Гегия Н.А., Энукидзе Г.Ш., Уклеба Е.Н. Исследование некоторых технологических параметров бентонитовых глин. Изв. нац. АН Грузии, сер. хим., 2015, т.41, № 1-2, с.154-159.
8. Хачатурян К.К., Гегия Н.А., Энукидзе Г.Ш., Гурули Т.С. Зависимость набухания бентонитовых глин от природы химических реагентов. Изв. нац. АН Грузии, сер. хим., 2016, т.42, № 1, с.46-51.

**ბენტონიტების ნივთიერი შედგენილობა და მათი გაჯირჯევალობის ცვლილების კინეტიკა**  
კარინე ხაჩატურიანი, ნესტან გეგია, გულნაზი ენუქიძე, რევაზ კვატაშიძე, თამარ გურული,  
ეკატერინე უკლება

*სსიპ თსუ კავკასიის ათვალჭრელიძის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტი*  
**რეზიუმე**

გამოკვლეულია საქართველოს სხვადასხვა საბადოს ბენტონიტური თიხების (არალი, ფარავანი, ვანისქედი – მთისპირი) მინერალოგიური და ქიმიური შედგენილობა და მათი გაჯირჯევალობის უნარიანობის ცვლილების კინეტიკა. შესადარებლად შესწავლილ იქნა საბერძნეთის ბენტონიტური თიხა. ნაჩვენებია, რომ ბენტონიტები წარმოდგენილია Ca-მონტმორილონიტით, ხოლო მინარეგების სახით შეიცავენ კაოლინიტს, Ca-Na-მინდვრის შპატს, ქარსს, კვარცს, CaCO<sub>3</sub> და α-კრისტობალიტს. დადგენილია, რომ ქიმიური რეაგენტების ოპტიმალური კომბინაციის მოქმედებისას ბენტონიტები დროის ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში ინარჩუნებენ გაჯირჯევალობის მაღალ ხარისხსა და სტაბილურობას.

### MATERIAL COMPOSITION OF BENTONITES AND KINETICS OF THEIR SWELLING CHANGE

Karine Khachaturian, Nestan Gegia, Gulnazi Enuhidze, Revaz Kvatashidze,  
Tamar Guruli, Ekaterine Ukleba

*LEPL TSU Alexander Tvalchrelidze Caucasus Institute of Mineral Resources*

### SUMMARY

The mineralogical and chemical compositions, as well as the kinetics of the swelling capacity of bentonite clays of different deposits in Georgia (Arali, Paravani, Vaniskedi-Mtispiri) are studied; as a comparison, bentonite clay from Greece is studied too. It is shown that they are represented by Ca-montmorillonite, and as the impurity minerals, kaolinite, Ca-Na-feldspar, mica, silica, CaCO<sub>3</sub> and α-cristobalite are presented in them. It is found that on exposure to optimal combinations of chemicals the studied bentonites keep a high stability of swelling degree for a long period of time.



## ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## СВЕРХКРИТИЧЕСКИЕ СЛОИ СЕЛЕНИДА СВИНЦА ПРИ «ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ» ДАВЛЕНИЯХ

А.М.Пашаев<sup>1</sup>, О.И.Даварашвили<sup>2</sup>, М.И.Енукашвили<sup>2</sup>, З.Г.Ахвледиани<sup>2,3</sup>, Л.П.Бычкова<sup>2</sup>, Р.Г.Гуляев<sup>2</sup>,  
М.А.Дзаганя<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*

В настоящей работе рассмотрен ряд факторов, способствующих формированию сверхкритических слоев в широком диапазоне их толщин. Путем легирования примесями с меньшим атомным радиусом, чем у замещаемых компонентов в соединении и подбора скорости роста можно добиться расширения диапазона упругой деформации и реализации высоких «отрицательных» давлений. Это позволит управлять в большом интервале толщин шириной запрещенной зоны напряженного слоя. Появление нового уровня в запрещенной зоне или зоне проводимости селенида свинца при высокой деформации приводит к дополнительному поглощению в оптическом спектре. Такие особенности впервые обнаружены в физике и технологии полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  и открывают новые возможности для их применения.

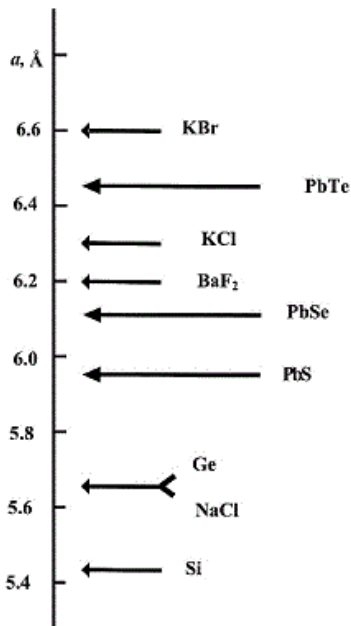
В предыдущих работах [1,2] приводились данные комплексного изучения напряженных слоев полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$ . Если в толстых слоях и объемных кристаллах состав – атомный номер или вес компонентов, входящих в соединение, определяют фундаментальные свойства материалов – цепочку взаимосвязанных физических и физико-химических свойств (ширину запрещенной зоны, эффективную массу и подвижность носителей, циклотронную частоту, температуру плавления и др.), то в тонких слоях уже толщина существенно регулирует степень релаксации упругих напряжений в условиях деформации и определяет ее остаточную величину, через которую и формируются новые свойства. Среди впервые исследованных в последние годы проблем по напряженным слоям в этом плане выделяются: сверхкритические слои при «отрицательных» давлениях, возрастание предела упругости при легировании примесями с переменной валентностью и с меньшим атомным радиусом, выявление особенностей в процессе роста слоев, обнаружение дополнительного поглощения при систематическом изучении оптических спектров.

Как указывалось в работах [1,2], деформации в слоях формировались при рассогласовании параметров кристаллических решеток между слоем и подложкой и определяются через экспериментально измеряемые тангенциальные параметры решеток напряженного и ненапряженного слоев. Установленные рентгеновским методом при использовании излучения кобальта и отражения по симметричной схеме от плоскости (400) значения тангенциальных параметров решеток соединений  $A^{IV}B^{VI}$  приведены на рис.1. Здесь же представлены параметры решеток используемых диэлектрических подложек KCl, NaCl, BaF<sub>2</sub> и др. В таблице 1 приведены значения тангенциальных параметров решеток для слоев PbSe разной толщины, выращенных на подложках KCl. При толщинах слоев 30-450нм тангенциальные параметры решеток выше их значения в ненапряженном слое (монокристалле) PbSe,  $a = 6,126\text{\AA}$ .

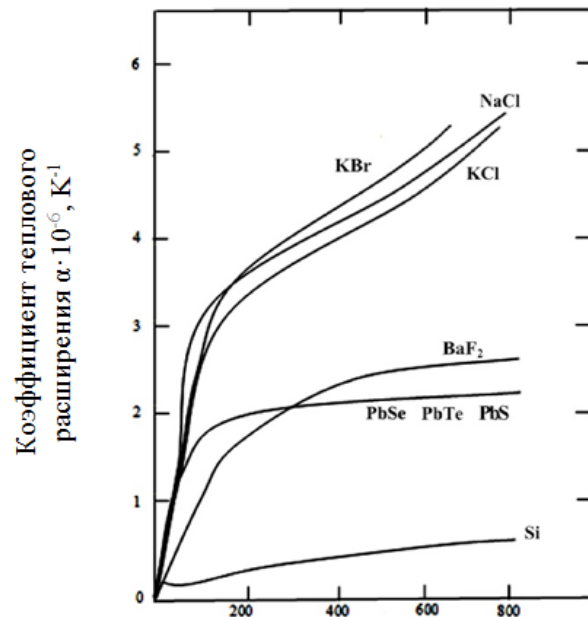
Однако, из-за различия в коэффициентах теплового расширения PbSe и KCl при температурах роста 240-300°C в диапазоне  $(10-15) \cdot 10^{-6} K^{-1}$  (рис.2) регистрируемый параметр решетки в среднем понижается на 0,010-0,15Å. Согласно оценкам, критическая толщина слоев PbSe при росте на подложках KCl, при которой упругая энергия слоя становится достаточной для зарождения дислокаций  $\leq 2\text{нм}$ . Поэтому все приведенные в таблице 1 слои являются сверхкритическими. Вместе с тем при  $a_{KCl} = 6,290\text{\AA}$ , большем  $a_{PbSe} = 6,126\text{\AA}$  слои PbSe являются растянутыми, т.е. сформированы при эффективных «отрицательных» давлениях. На рис.3а,б приведены зависимости тангенциального параметра решетки PbSe от толщины слоя при росте на подложках KCl и BaF<sub>2</sub> ( $a=6,200\text{\AA}$ ).

**Таблица 1.** Данные по условиям роста, тангенциальным параметрам решеток и деформациям в эпитаксиальных слоях PbSe на подложках KCl

№	Слой	Температура источника эпитаксии T°C	Температура подложки T°C	Длительность роста t, с	Толщина слоев d, нм	Полная скорость роста v <sub>0</sub> ,	Скорость роста на втором этапе v <sub>1</sub> , нм/с	Тангенциальный параметр решетки a, Å	Деформация ε · 10 <sup>2</sup>	Полуширина рентгенодифракционной линии Δ, мин
1	СЛ-537	470	280	90	159	1.8	5.0	6.142(1)	0.27	21
2	СЛ-541	470	300	80	95	1.2	4.3	6.162(0)	0.59	19
3	СЛ-555	470	300	75	73	1.0	4.9	6.177(4)	0,83	20
4	СЛ-562	470	300	67	56	0.8	6.0	6.188(5)	1.00	20
5	СЛ-577	470	240	30	182	6.0	7.8	6.149(9)	0.37	22
6	СЛ-581	470	240	10	35	3.5	12.5	6.210(1)	1.38	26
7	СЛ-602	510	240	12	226	19	22.6	6.139(2)	0.20	31
8	СЛ-605	510	240	20	440	22	23.9	6.132(6)	0.10	36



**Рис. 1.** Параметр кристаллических решеток полупроводников A<sup>IV</sup>B<sup>VI</sup> и различных подложек



**Рис. 2.** Коэффициент теплового расширения полупроводников A<sup>IV</sup>B<sup>VI</sup> и различных подложек

Как видно, при толщине слоев 25-30 нм максимальная деформация PbSe, выращенного на подложке KCl составляет  $1,5 \cdot 10^{-2}$ , а на подложке BaF<sub>2</sub> -  $0,6 \cdot 10^{-2}$ . В обоих случаях деформации на уровне  $0,1 \cdot 10^{-2}$  простираются до толщин, превышающих 200 нм. Для сравнения на рис. 3в дана подобная зависимость для слоя PbSe, выращенного на подложке NaCl ( $a = 5,640 \text{Å}$ ) [3]. В этом случае при той же толщине 25 нм деформация сжатия выше  $2 \cdot 10^{-2}$  из-за большего рассогласования, но деформация  $\sim 0,1 \cdot 10^{-2}$  соответствует уже меньшей толщине – 60 нм. При деформации сжатия диапазон сверхкритичности сокращается. Отметим, что сверхкритичность слоев есть результат создания барьеров для перемещения дислокаций нестехиометрическими дефектами, аннигилирующими в ядрах дислокаций [4].

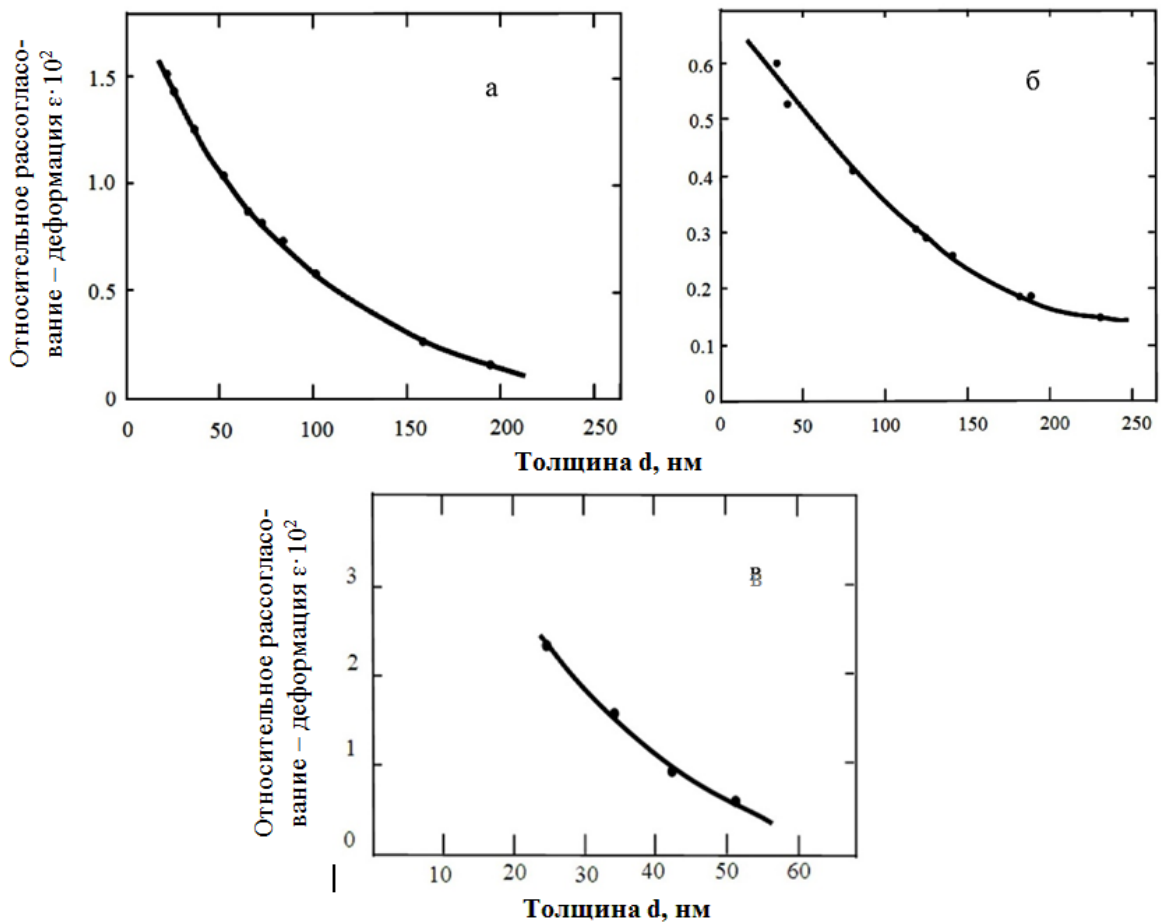


Рис. 3. Зависимость рассогласования – деформации (относительно монокристалла PbSe) в слоях PbSe, выращенных на подложках: KCl (а), BaF<sub>2</sub> (б), NaCl (в)

В таблице 2 приведены примеры слоев с высокими толщинами, выращенными на подложках KCl, NaCl и BaF<sub>2</sub> – уровень деформаций в этом случае не высок <0,001. Таким образом, сверхкритичность слоев определяется деформацией в них и часто количественно оценивается через давление (напряжение) в слоях.

Таблица 2. Данные по условиям роста, тангенциальным параметрам решеток и деформациям в эпитаксиальных слоях PbSe, выращенных на подложках KCl, BaF<sub>2</sub> и NaCl

№	Слой	Подложка	Температура источника эпитаксии T <sup>°C</sup>	Температура подложки T <sup>°C</sup>	Время роста t, с	Тангенциальный параметр решетки a, Å	Толщина слоев d, нм	Скорость роста слоев v, (нм/мин, нм/с)	Относительное рассогласование - деформация ε · 10 <sup>2</sup>
1	СЛ-169	KCl	240	450	20	6.130(4)	0.66	0.033/(0.55)	0.065
2	СЛ -67	KCl	300	510	40	6.127(2)	1.12	0.028/(0.47)	0.016
3	СЛ -69	KCl	240	510	60	6.126(4)	1.83	0.030/(0.50)	0
4	СЛ -98	BaF <sub>2</sub>	240	510	20	6.127(6)	0.76	0.038/(0.63)	0.019
5	СЛ -91	BaF <sub>2</sub>	240	510	40	6.126(8)	1.56	0.039/(0.65)	0.007
6	СЛ -61	BaF <sub>2</sub>	240	510	120	6.126(4)	3.84	0.032/(0.53)	0
7	СЛ -167	NaCl	240	450	20	6.119(4)	0.54	0.027/(0.45)	-0.114
8	СЛ -92	NaCl	240	510	40	6.122(6)	1.42	0.035/(0.58)	-0.062
9	СЛ -86	NaCl	240	510	75	6.126(3)	2.43	0.032/(0.53)	-0.002

В обоих случаях деформации на уровне  $0,1 \cdot 10^{-2}$  простираются до толщин, превышающих 200н. Из-за большого диапазона деформации растяжения весьма привлекательно подробное изучение эффективного «отрицательного» давления в слоях. Анализ показал, что дисперсность в слоях при больших критических размерах в них из-за невысокой разориентации между субзернами не приводит к понижению уровня деформаций [5]. Особенно интересно изучение «отрицательного» давления в связи с возможностью создания диэлектрического состояния при смещении уровня примеси с переменной валентностью глубоко в запрещенной зоне. Такие примеси компенсируют электрически активные нестехиометрические дефекты и переменные (разных знаков) состояния самих же примесей. Дополнительный ресурс здесь появляется при исследовании упругих свойств полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  с такими же примесями V, Cr, Mn и др.. В таблице 3 приведены данные по модулю упругости и критической деформации PbTe и PbSe, легированных этими примесями [6].

Таблица 3. Данные по упругим постоянным слоев PbTe и PbSe

Состав	Критическая деформация $\epsilon \cdot 10^4$	Модуль упругости $E \cdot 10^{11}$ , дин/см <sup>2</sup>	Напряжение в слое $\sigma \cdot 10^7$ , дин/см <sup>2</sup>
PbTe	27,9	3,8	106
PbTe: In	25,5	3,3	93
PbTe: Tl	37,5	4,1	153
PbTe: Bi	42,3	3,7	155
PbTe: Ca	59,5	5,6	332
PbTe: Mn	68,8	6,6	458
PbTe: V	71,3	6,9	494
PbTe: Cr	88,7	7,7	683
PbSe	28,2	4,3	120
PbSe:Cr	89,7	7,9	706

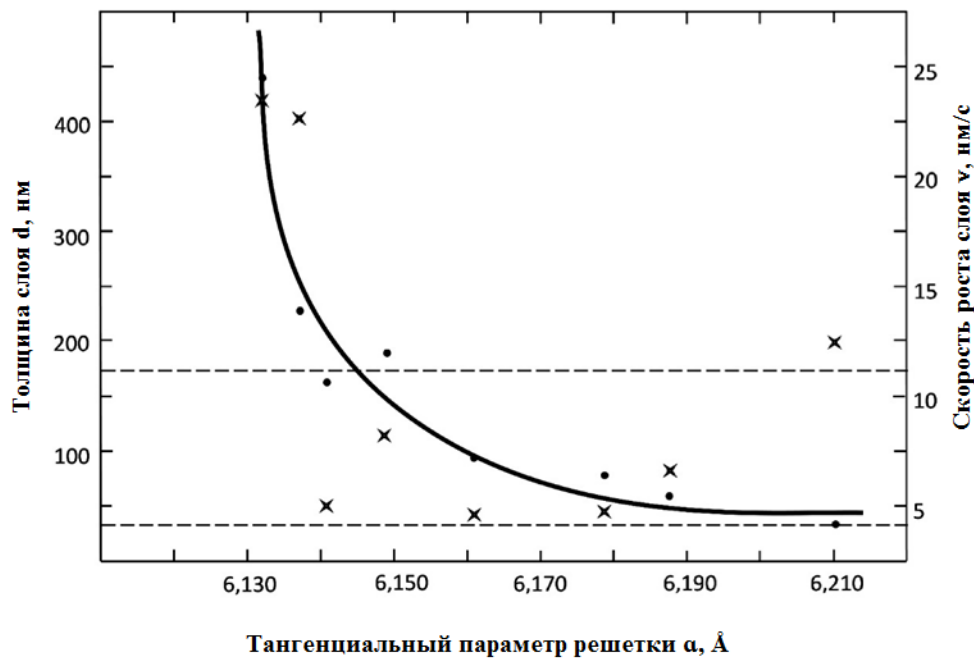
Из таблицы видно, что с уменьшением атомного веса примесей, в частности, в ряду Mn, Cr, V критическая деформация и модуль упругости PbTe и PbSe возрастают, соответственно и напряжение (давление в слоях). Возрастание модуля упругости и критической деформации при той же толщине слоя позволяет развивать большие «отрицательные» давления и соответственно реализовать большее углубление уровней примесей в запрещенной зоне, соответственно и более существенную компенсацию концентрации носителей заряда (не менее 7-8 порядков)

Можно заключить, что «отрицательное» давление является принципиально важным фактором при создании диэлектрического состояния в узкозонных полупроводниках  $A^{IV}B^{VI}$  [7].

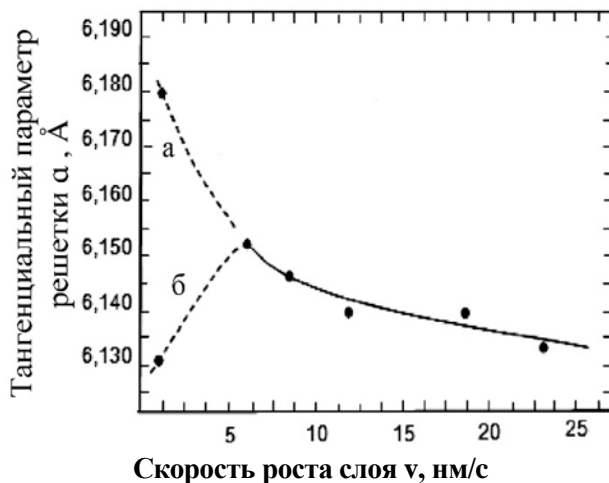
В работе [8] приводятся результаты по улучшению свойств лазеров, деформированных из-за взаимной диффузии компонентов на гетерогранице. Легирование активных слоев примесями, повышающим предел упругости слоя, предотвращает релаксацию создаваемых на гетерогранице напряжений.

Для формирования в слоях высоких деформаций (сверхкритичности и «отрицательного» давления) необходимо отслеживать условия роста с начальных стадий. В работах [1,2] отмечалось, что для быстрого сплошного зарастивания слоев высокая упругая энергия тонких слоев уже передается дислокациям (у границы раздела подложка - слой), диффундирующим из подложки или формирующимся в условиях заметного рассогласования. При этом слои расплющиваются или пространство между проросшими каналами после релаксации напряжений заполняется кристаллизующимся материалом. Этому способствует также то, что при рассогласовании  $\leq 2\%$  большинство атомов в слое быстро перестраивается, растет взаимодействие между атомами подложки и слоя при значительно меньших разорванных на дислокациях связях.

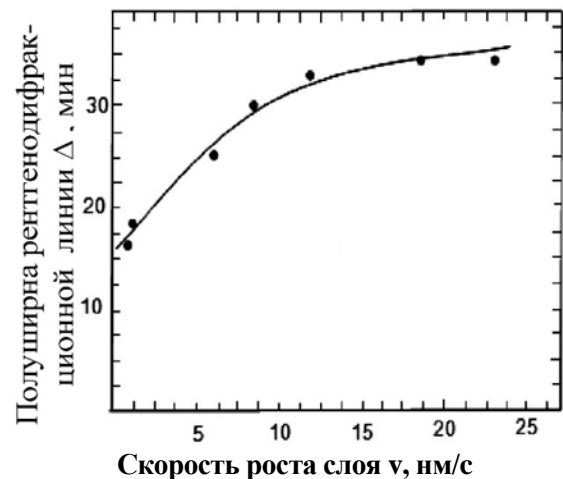
На рис.4 приводится зависимость тангенциального параметра решетки слоев селенида свинца от толщины и скорости роста слоев. В диапазоне толщин 55-180нм и скорости роста слоев 4-11нм/с тангенциальный параметр решетки меняется в пределах 6,140- 6,190Å. При толщинах 200-450нм и скорости роста 20-25нм/с тангенциальный параметр решетки меняется в пределах 6,126- 6,140Å. Для толщины слоя 25нм и скорости роста 12,5нм/с тангенциальный параметр решетки соответствует 6,210Å [9].



რის. 4. Взаимосвязь между толщиной, скоростью роста и тангенциальным параметром решетки в эпитаксиальных слоях PbSe : ● - толщина слоев, x – скорость роста



რის. 5. Зависимость тангенциального параметра решетки от скорости роста слоев: а)  $d \leq 100$  нм, б)  $d \sim 200$  нм



რის. 6. Зависимость полуширины рентгенодифракционной линии от скорости роста слоев

Подробнее особенности в зависимости тангенциального параметра решетки от скорости роста для слоев разной толщины представлены на рис. 5. Для слоев толщиной  $\sim 200$  нм тангенциальный параметр решетки проходит через максимум при скорости роста на втором этапе  $8$  нм/с, достигая значения  $6,150$  Å и при скорости роста слоев  $>25$  нм/с падает до уровня  $6,130$  Å. В то же время слои с толщиной  $<100$  нм при низких скоростях роста  $\sim 1$  нм/с принимают значение параметра решетки  $\sim 6,180$  Å, а с возрастанием скорости роста параметр решетки падает, сливаясь с зависимостью для более толстых слоев [10-12]. Для низких скоростей роста концентрация нестехиометрических дефектов достаточна для создания облаков-ограничителей для перемещения дислокаций и параметр решетки достигает  $6,180$  Å для слоев с толщинами  $<100$  нм, а для больших толщин плотность дислокаций возрастает и концентрация нестехиометрических дефектов уже мала и параметр решетки составляет  $\sim 6,130$  Å. С возрастанием скорости роста слоев, для конкретного слоя толщиной  $70$  нм до  $8$  нм/с дислокации у границы раздела подложка – слой формируются неравномерно – возникают сгустки дислокаций и то же количество дефектов достаточно для создания облаков, ограничивающих перемещение дислокаций. Соответственно, параметр решетки возрастает до значения  $6,150$  Å и

совпадает в конкретном случае со значением параметра в слое толщиной  $<100\text{нм}$ , т.е. при возрастании скорости роста миграция нестехиометрических дефектов не поспевает, чтобы ограничить перемещение дислокаций. При возрастании скорости роста также возрастает разориентация между субзернами и понижается критический размер вдоль плоскости слоя. Это приводит к уменьшению параметра решетки в обоих случаях до уровня  $\sim 6,130\text{\AA}$  [13]. Такой вывод подтверждается при исследовании зависимости полуширины рентгенодифракционных линий от скорости роста слоев. При скорости  $\geq 25\text{нм/с}$  полуширина возрастает до  $35'$  (рис.6).

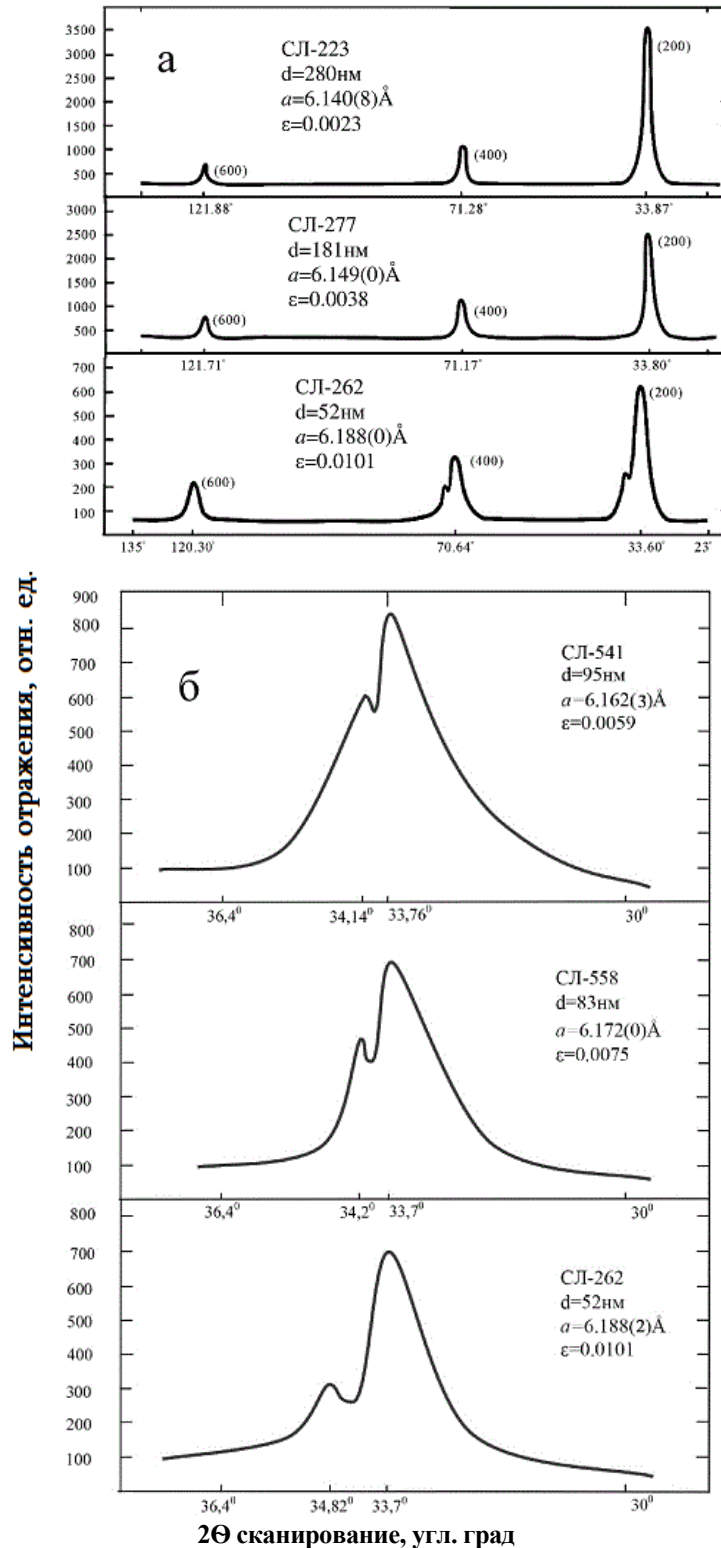


Рис. 7. Дифрактограмма  $\Theta$ - $2\Theta$  сканирования слоев PbSe на подложке KCl  
 а) Толщина слоев : 280-50нм , б) Толщина слоев: 100-50 нм плоскость отражения (200)

Помимо особой двойкой роли дислокаций в формировании тонких напряженных слоев [2] и установленного влияния скорости на характер их роста в большом диапазоне толщин важным этапом является обнаружение текстуры в слоях. При исследовании рентгеновских дифрактограмм  $\Theta$ - $2\Theta$  сканирования выявляется, что при толщинах от 300 до 100 нм при отражении от плоскостей (200), (400), (600) регистрируется одна полоса с понижающейся интенсивностью по мере возрастания индекса  $h$ . При толщинах слоев ниже 100 нм дополнительно появляется пик, выявляется расщепление рентгенодифракционных линий (рис. 7а, б) [14,15]. Появление такой текстуры связывается с формированием новой тетрагональной фазы при повышенных деформациях. Пик слева по угловому расположению соответствует плоскости (002). С повышением уровня деформации (с утоньшением слоев) расстояние между основным и дополнительным пиками возрастает. Такая особенность может служить калибровкой при достижении наибольших деформаций, т.е. высоких «отрицательных» давлений.

При систематическом исследовании спектров оптического пропускания слоев различной толщины разработаны методы последовательного определения спектральной зависимости показателей преломления, коэффициентов отражения и поглощения. Путем спрямления квадратов коэффициентов поглощения установленные ширины запрещенной зоны в слоях в интервале толщин от 4 мкм до 70 нм менялись от 0,286 эВ до 0,460 эВ [16]. Отметим, в последней работе уже учитывалось влияние деформации на оптические характеристики. На рис. 8 и 9 представлены спектральные зависимости показателя преломления слоя и коэффициента отражения, в том числе и для конкретного слоя с толщиной 70 нм [17]. Если показатель преломления для этого слоя по всему спектру возрастал на единицу, то коэффициент отражения возрастал лишь в пределах 0,05. С учетом влияния деформации на оптические параметры ширины запрещенной зоны менялись лишь в интервале 0,010-0,015 эВ.

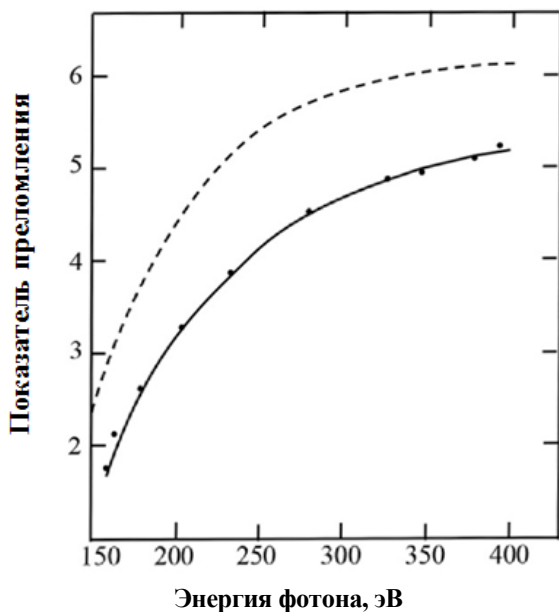


Рис. 8. Зависимость показателя преломления PbSe от энергии фотона, пунктир для слоя толщиной 70 нм

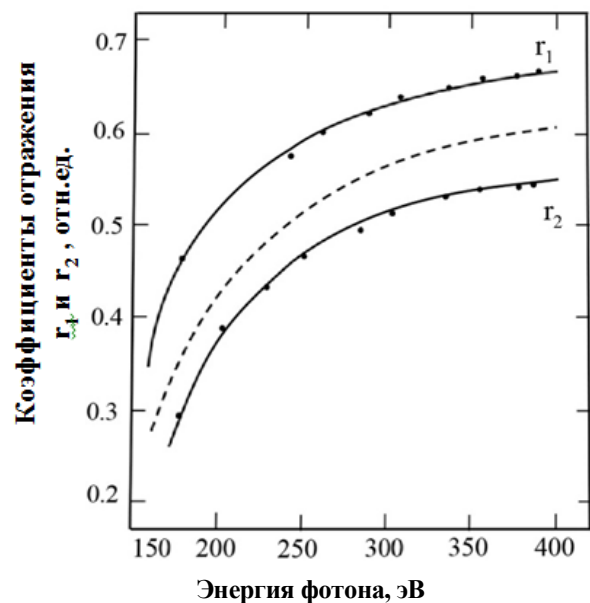


Рис. 9. Зависимость коэффициентов отражения слоя PbSe от энергии фотона ( $\Gamma_1$ - на границе слоя PbSe с воздухом,  $\Gamma_2$  – на границе слоя PbSe с подложкой KCl, пунктир для слоя толщиной 70 нм)

На примере слоя также толщиной 70 нм показано, что при появлении в рентгеновском спектре текстуры тетрагональной фазы, распределенной в основной кубической фазе, в запрещенной зоне или в зоне проводимости возникает новый уровень и в спектре поглощения появляется пик вблизи 0,3 эВ [16]. Это один из вариантов дополнительного поглощения – в другом случае при возникновении полосы поглощения вблизи края зоны проводимости переходы электронов связываются с виртуальными перескоками носителей заряда на вышележащий минимум в зоне проводимости.

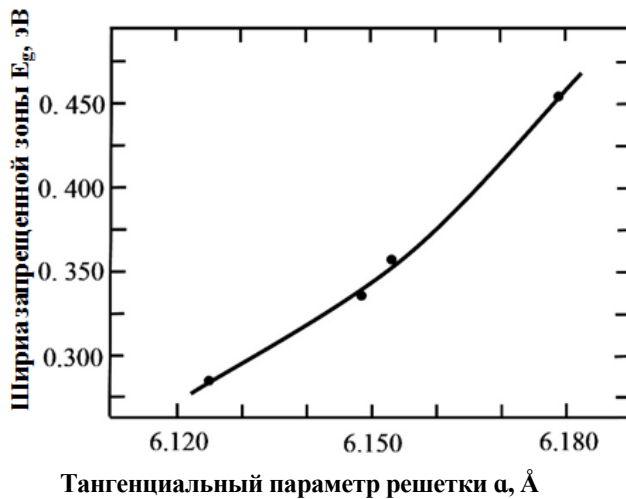


Рис. 10. Зависимость ширины запрещенной зоны слоев PbSe от тангенциального параметра решетки

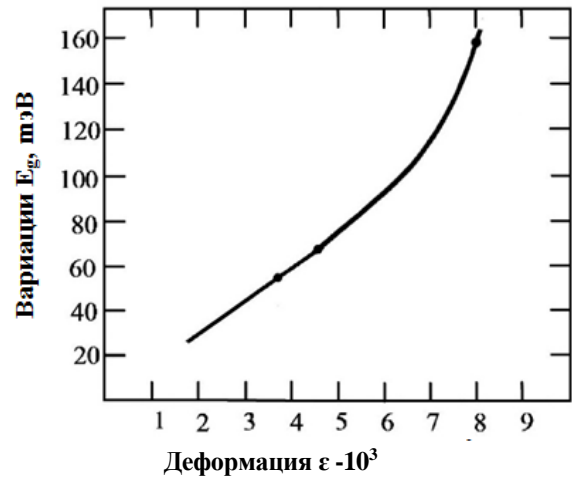


Рис. 11. Коэффициент теплового расширения полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  и различных подложек

На рис. 10 для слоев с толщинами от 70 нм до 1830 нм сведены данные по ширине запрещенной зоны и тангенциальным параметрам решеток [18], а на рис. 11 приведены данные по ширине запрещенной зоны в зависимости от деформации. Возрастание тангенциального параметра решетки и ширины запрещенной зоны на 0,055 Å и 0,160 эВ соответственно является важной иллюстрацией достижения высоких деформаций, т.е. сверхкритичности и высоких «отрицательных» давлений в слоях до уровня ~10 кбар (при модуле упругости  $\sim 5 \cdot 10^{11}$  дин/см<sup>2</sup>).

Таблица 4. Смещение спектра для слоев разной толщины на длине волны 2,632 мкм

Слой	Толщина слоев $d$ , нм	Длина волны $\lambda = 2,632$ мкм		
		Полное поглощение $\alpha$ , см <sup>-1</sup>	Поглощение на свободных носителях $\alpha_{св.н.}$ , см <sup>-1</sup>	Разность коэффициентов поглощения $\alpha - \alpha_{св.н.}$ , см <sup>-1</sup>
СЛ-277	181	41,452	8,005	33,447
СЛ-304	119	37,235	17,488	19,747
СЛ-251	72	39,828	32,385	7,443

Помимо возрастания тангенциального параметра решетки и ширины запрещенной зоны с утоньшением слоев сверхкритичность и «отрицательное» давление дополнительно подтверждаются изменением цвета слоев от металлического, серебряного до прозрачного и смещением спектра при одной и той же энергии вблизи края поглощения (табл.4) [19].

Таким образом, заметные деформации в слоях PbSe реализуются при толщинах вплоть до нескольких сотен нанометров в условиях их растяжения, т.е. при «отрицательном» давлении. В условиях легирования примесями с переменной валентностью и меньшим атомным радиусом в слоях из-за роста модуля упругости и критической деформации их уровень глубже опускается в запрещенной зоне, значительно компенсируя концентрацию носителя заряда. Благодаря особой роли дислокаций в зарождении слоев ускоряется их сплошное зарождение и реализуется больший уровень деформации. С повышением деформаций в слоях выявляется текстура тетрагональной фазы, приводящая к появлению нового уровня в запрещенной зоне или зоне проводимости, с которым связывается дополнительное поглощение в оптическом спектре. Такие возможности впервые обнаружены в полупроводниках  $A^{IV}B^{VI}$  и открывают новые перспективы их практического применения.



## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледиани, Л.П.Бычкова, Р.Г.Гуляев, М.А.Дзаганя, 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.Дзаганя, В.П.Зломанов. Исследование напряженных нанослоев полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  на диэлектрических подложках. Известия НАН Грузии, 2017, 4, 3, 1, 57-69.
3. А.М.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, M.A.Dzagania. Supercritical Epitaxial Nanolayers of Lead Selenide. Book of Abstracts of the 3<sup>rd</sup> International Conference of the Physics of Optical Materials and Devices (ICOM 2012), Belgrade, 2012, 217.  
А.М.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, L.P.Bychkova. Epitaxial Lead Selenide Layers over a Wide Range of Their Thickness on Dielectric Substrates. Journal of Materials Science and Engineering, 2013, B3(2), 97-103.
4. А.М.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I. Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev. On the Contribution of Point Defects to the Formation of Supercritical Nanostructures Based on Lead Selenide. Book of Abstracts of the 16<sup>th</sup> International Conference on Radiation Effects in Insulators, Beijing, 2011, 216.
5. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледиани, Р.Г.Гуляев, М.А.Дзаганя. Анализ условий роста и свойств эпитаксиальных слоев селенида свинца в связи с реализацией в них высоких «отрицательных» давлений. Известия НАН Грузии, 2010, 38, 1, 31-35.
6. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, В.А.Алиев, Г.Ш.Дарсавелидзе, М.И.Енукашвили, В.П.Зломанов. Экспериментальное моделирование упругих свойств бинарных соединений  $A^{IV}B^{VI}$ . Вести Академии Наук Азербайджана, 2008, 5, 96-100.
7. 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.
8. А.М.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, L.P.Bychkova, M.A.Dzagania. The possibilities for improving of radiation in heterostructures based on IV-VI semiconductors. Book of Abstracts of the International Conference on Functional Materials and Nanotechnologies, Tartu, 2013, PO-79.
9. А.М.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I. Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, M.A.Dzagania, V.P.Zlomanov. Peculiarities of experimental conditions for adjustment of characteristics of lead selenide nanolayers. Nano Studies, 2014, 129-134.
10. Arif M.Pashaev, Omar I.Davarashvili, Megi I.Enukashvili, Zaira G.Akhvlediani, Revaz G.Gulyaev, Vladimir P.Zlomanov. New Opportunities in Lead Selenide Layers. Advanced Materials Research, 2013, 855, 473-477.
11. А.М.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, L.P.Bychkova, V.P.Zlomanov. Modification of the properties of lead selenide layers at their nanothickness. Nano Studies, 2013, 7, 233-240.
12. А.М.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, M.A.Dzagania. Control of Thickness and Residual Deformation in Lead Selenide Nanolayers. Book of Abstracts of Joint 12<sup>th</sup> Russia/CIS/Baltic/ Japan Symposium on Ferroelectricity and 9<sup>th</sup> International Conference on Functional Materials and Nanotechnologies, Riga, 2014, 322.
13. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, Р.Г.Гуляев, М.А.Дзаганя, В.П.Зломанов. Особенности создания эффективного «отрицательного» давления в нанослоях селенида свинца. Georgian Engineering News, 2012, 2, 109-112.
14. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, Р.Г.Гуляев, М.А.Дзаганя, В.П.Зломанов. О тангенциальных и нормальных параметрах решетки эпитаксиальных слоев селенида свинца. Вести Инженерной Академии Азербайджана, 2011, 3, 4, 13-21.
15. Arif Pashaev, Omar Davarashvili, Zaira Akhvlediani, Megi Enukashvili, Revaz Gulyaev, Vladimir Zlomanov. Unrelaxed State in Epitaxial Heterostructures Based on Lead Selenide. Journal of Modern Physics, 2012, 3, 6, 502-510.
16. А.М.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 (GIESRM), 2016, 3(6), 56-64.

17. A.M.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, Л.П.Бычкова, В.П.Зломанов. Анализ спектров оптического пропускания эпитаксиальных слоев селенида свинца. Ученые записки НАА Азербайджана, 2011, 13, 3, 3-12.
18. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, L.P.Bychkova, V.P.Zlomanov. Stretching strain –effective “negative” pressure in lead selenide nanolayers. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT).
19. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, Z.G.Akhvlediani, M.I.Enukashvili, L.P.Bychkova, M.A.Dzaganian. Study on the Forbidden Gap Width of Strained Epitaxial Lead Selenide Layers by Optical Transmission. Journal of Materials Science and Engineering, 2012, B2(2), 142-150.

### ტყვია სელენიდის ზეკრიტიკული ფენები „უარყოფითი“ წნევებისას

არიფ ფაშაევი<sup>1</sup>, ომარ დავარაშვილი<sup>2</sup>, მეგი ენუქაშვილი<sup>2</sup>, ზაირა ახვლედიანი<sup>2,3</sup>, რევაზ გულიაევი<sup>2</sup>, ლარისა ბიჩკოვა<sup>2</sup>, მაია ძაგანია<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

ნაშრომში განხილულია ფაქტორები, რომლებიც ხელს უწყობენ ტყვია სელენიდში ზეკრიტიკული ფენების ფორმირებას მათი სისქეების დიდ ინტერვალში. დაბალი ატომური რადიუსის მქონე მინარევეებით ლეგირებისას და ზრდის სიჩქარის შერჩევით შესაძლებელია ფენებში დრეკადი დეფორმაციის გაზრდა და მაღალი „უარყოფითი“ წნევის მიღება. ეს იძლევა საშუალებას აკრძალული ზონის სიგანის მართვისა და დაბალი ფენების სისქის დიდ დიაპაზონში ცვლილებებისას. ახალი დონის გამოვლინება ტყვია სელენიდის აკრძალული ან გამტარულ ზონებში მაღალი დეფორმაციის პირობებში იწვევს დამატებითი შთანთქმის გამოვლენას ოპტიკურ სპექტრში. ასეთი თავისებურებანი პირველად არის აღმოჩენილი  $A^{IV}B^{VI}$  ნახევარგამტარების ფიზიკასა და ტექნოლოგიაში და მათი გამოყენების ახალ შესაძლებლობას იძლევა.

### SUPERCRITICAL LEAD SELENIDE LAYERS AT “NEGATIVE” PRESSURES

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>, R.G.Gulyaev<sup>2</sup>, L.P.Bychkova<sup>2</sup>, M.A.Dzaganian<sup>2,4</sup>, 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

There are considered some factors for the formation of supercritical lead selenide layers with thicknesses in the large diapason. By doped with impurities with less atomic radius than for the components of composition and choice of the rate of layer's growth may reach high deformation and “negative” pressure. At these conditions the width of the forbidden gap of the strained layers maybe realized in a wide interval. When under high deformation a new level appeared in the forbidden or in the conductive gap an additional absorption at the optical spectra revealed. These peculiarities were established in IV-VI semiconductors for the first time and new of their applications are appeared.

## კოორდინაციულ ნაერთთა ქიმია

## Mn (II), Co (II) და Ni (II) სულფატების დიმეთილსულფოქსიდთან კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და ინფრაწითელი სპექტრები

მაია ცინცაძე, გივი ცინცაძე, აივენგო მამულაშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ეთანოლ-წყალხსნარებიდან სინთეზირებულია Mn(II), Co(II) და Ni(II)-ის სულფატების კოორდინაციული ნაერთები დიმეთილსულფოქსიდთან (დმსო). შესწავლილია სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრები, დადგენილია კომპლექსწარმოქმნელთან დიმეთილსულფოქსიდის კოორდინირების წესი.

დიმეთილსულფოქსიდის შემცველი ნაერთების მიმართ ინტერესი საკმაოდ დიდია.

დიმეთილსულფოქსიდი (დმსო) მნიშვნელოვანია არა მარტო თეორიული, არამედ პრაქტიკული თვალსაზრისითაც. დმსო წარმოადგენს როგორც არაორგანული, ისე ორგანული ნივთიერებების საუკეთესო გამხსნელს. იგი შედის მრავალი კოსმეტიკური და სამედიცინო პრეპარატების შემადგენლობაში. სხვადასხვა მასალებთან მისი მდგრადობა განაპირობებს მის ფართო გამოყენებას [1, 2].

დმსო-ს შემცველი კოორდინაციული ნაერთები დღევანდლამდე სრულყოფილად არ არის შესწავლილი [3-6]. ამიტომ მიზნად დავისახეთ ზოგიერთი 3d-გარდამავალი ლითონის კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლა.

სინთეზისთვის ვიყენებდით Mn(II), Co(II) და Ni(II)-ის სულფატებს მარკით „ა. დ. ა.“. მარილებს წინასწარ ვასუფთავებდით გადაკრისტალებით. აღნიშნულ მარილებს გაცხელებით ვხსნიდით ეთანოლ-სპირტხსნარში. მიღებულ ხსნარს ვუმატებდით დმსო-ს ცხელ ეთანოლ-წყალხსნარს მოლური თანაფარდობით  $\text{MeSO}_4$  (Me = Mn(II), Co(II) და Ni(II)) და დმსო 1:4. მიღებულ ხსნარებს ვაყოვნებდით ნალექის გამოყოფამდე.

რამდენიმე დღის შემდეგ ხსნარებიდან გამოიყო ნალექი - Mn(II)-ის შემთხვევაში ღია-ყავისფერი, Co(II)-ის ვარდისფერი, ხოლო Ni(II)-ის ღია-მწვანე. ნალექებს ვფილტრავდით, ვრეცხავდით ეთანოლით და ვაშრობდით ექსიკატორში  $\text{CaCl}_2$ -ის თანაობისას.

მიღებული კოორდინაციული ნაერთების შედგენილობა დავადგინეთ ელემენტური ანალიზით [7, 8]. მიღებულია შემდეგი შედგენილობის კოორდინაციული ნაერთები:  $\text{MeSO}_4 \cdot 4$  დმსო (Me = Mn(II), Co(II) და Ni(II)).

$\text{MnSO}_4 \cdot 4$  დმსო – ღია-ვარდისფერი წვრილი კრისტალებია. ჰაერზე მდგრადია, დახურულ ჭურჭელში ინახება ღიდხანს. კარგად იხსნება წყალში, ეთანოლში, აცეტონში.

$\text{CoSO}_4 \cdot 4$  დმსო – ვარდისფერი წვრილი ნემსისებური კრისტალებია. ჰაერზე მდგრადია. კარგად იხსნება წყალში, ეთანოლში, აცეტონში.

$\text{NiSO}_4 \cdot 4$  დმსო – ღია-მწვანე ფერის ფხვნილია. ჰაერზე მდგრადია. კარგად იხსნება წყალში, ეთანოლში, აცეტონში.

ზემოთ აღნიშნული კოორდინაციული ნაერთები არ იხსნებიან ეთერში.

დმსო-ს კომპლექსწარმოქმნელთან (ლითონებთან) კოორდინირების წესის გასარკვევად შევისწავლეთ შესაბამისი ნაერთების შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრები.

დმსო კომპლექსწარმოქმნელ ლითონებთან კოორდინირებს როგორც გოგირდის, ისე ჟანგბადის ატომებით. ასევე შეუძლია გამოვიდეს ხიდური ლიგანდის როლში (ჟანგბადის და გოგირდის ატომების მეშვეობით) [7-8].

დმსო-ს კომპლექსწარმოქმნელთან კოორდინირების წესის დასადგენად საკმაოდ საიმედო კრიტერიუმს წარმოადგენს შთანთქმის ინფრაწითელი (O $\nu$ ) სპექტრები. ჟანგბადის ატომებით კოორდინირებისას ყოველთვის ხდება S – O სავალენტო ბმის შესაბამისი რხევების ზოლების გადანაცვლება დაბალი სიხშირეებისკენ, ხოლო გოგირდის ატომებით კოორდინირებისას – მაღალი სიხშირეებისკენ თავისუფალ დიმეთილსულფოქსიდის მოლეკულების  $\nu(\text{SO})$  რხევით სიხშირეებთან შედარებით, რომლებიც მდებარეობს 1045-1055  $\text{cm}^{-1}$  უბანში [9].

შთანთქმის ინფრაწითელი სპექტრების ჩაწერა ხდებოდა 400-4000 $\text{cm}^{-1}$  უბანში. ვიყენებდით ვაზელინში გასრესის მეთოდს. შედეგები მოცემულია ცხრილში.

ნაერთები	$V(CH_3)$	$V(SO)$	$V(CS)$
$MnSO_4 \cdot 4$ დმსო	956,57	1018,28	709,71
$CoSO_4 \cdot 4$ დმსო	879,42	1087,71	725,14
$NiSO_4 \cdot 4$ დმსო	871,42	1095,42	725,14
მსო	954	1055	698

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მოცემული კოორდინაციული ნაერთების ინფრაწითელ სპექტრებში შეინიშნება დმსო-ს მოლეკულებისთვის დამახასიათებელი ვალენტური რხევის სიხშირეები.  $MnSO_4 \cdot 4$  დმსო -ს შემთხვევაში  $S - O$   $\nu(SO)$  სავალენტო ბმის შესაბამისი რხევის ზოლი მდებარეობს 1018,28  $cm^{-1}$  უბანში, რომელიც გადანაცვლებულია დაბალი სიხშირეებისკენ არაკოორდინირებული დმსო-მოლეკულების  $V(SO)$  რხევის სიხშირეებთან შედარებით, რომელიც მდებარეობს 1045-1055  $cm^{-1}$  უბანში [9], შემცირებულია 33,28  $cm^{-1}$ -ით. ამიტომ შეიძლება დავასკვნათ, რომ დმსო-ს მოლეკულები  $Mn(II)$ -ის ატომებთან კოორდინირებულია უანგბადის ატომებით.  $Co(II)$ -ის და  $Ni(II)$ -ის ნაერთებში  $S - O$   $\nu(SO)$  სავალენტო ბმის სიხშირეები მდებარეობს შესაბამისად 1087  $cm^{-1}$  და 1095  $cm^{-1}$  უბანში, რომელიც არაკოორდინირებული დმსო-მოლეკულების  $\nu(SO)$  რხევის სიხშირეებთან შედარებით გადაწეულია მაღალი სიხშირეებისკენ, შესაბამისად, 32  $cm^{-1}$ -ით და 45  $cm^{-1}$ -ით. ამიტომ შეიძლება დავასკვნათ, რომ დმსო-ს მოლეკულები  $Co(II)$ -ის და  $Ni(II)$ -ის ატომებთან დაკავშირებულია გოგირდის ატომებით.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ  $SO_4^{2-}$  იონები აღნიშნულ კოორდინაციულ ნაერთებში შეიძლება იყოს ბი-დენტატური და გავითვალისწინებთ ოთხივე დმსო-ს მოლეკულების და ბი-დენტატური  $SO_4^{2-}$ -ის კოორდინაციულ ნაერთებში მდებარეობას, მაშინ შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ სამივე კოორდინაციულ ნაერთს აქვს ოქტაედრული აღნაგობა.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. D. Martu, A. Neise, U. Niclas. *Angew.Chem.*, 79, p. 340, 1970.
2. U.I. Schafer, W. Schaffernicht. *Angew. Chem.*, 65, p. 1534, 1960.
3. W.F. Currier, I.H. Weber. *Inorgan. Chem.*, 6, p. 1559, 1967.
4. H.L. Schlafer, H.P. Opitz. *Z. Electroche.* 65, p. 372, 1961.
5. H.I. Benett, F.A. Cotton, D.L. Weaver, R.T. Williams, W.H. Watson. *Acta crystallogr.*, 23, p. 788, 1967.
6. M.I. Benett, F.A. Cotton, D.L. Weaver. *Nature*, 212, p. 286, 1966.
7. Arvanitis G.M., Holmes C.E., Jonson D.G. and Berardini M. *Acta Cryst*, 200, c. 56, p. 1332-1333.
8. Benjamin I. Coe, Thomas I., Mayer and S. White. *I. Inorg. Chem.*, 1993, 32, p. 4012-4020.
9. Цинцадзе Г.В. *Ж. Неорг. химии*, 1971, т. XVI, №4, с. 1160-1161.

#### SINTESES AND IR-SPECTRA OF COORDINATION COMPOUNDS OF $Mn(II)$ , $Co(II)$ AND $Ni(II)$ SULFATES WITH DIMETHYLSULFOXUDE

Maia Tsintsadze, Givi Tsintsadze, Aivengo Mamulashvili  
Georgian Technical University

#### SUMMARY

Coordination compounds of  $Mn(II)$ ,  $Co(II)$ , and  $Ni(II)$  sulfates with Dimethylsulfoxide are synthesized from ethanol-water solutions. Some physical-chemical properties and IR-absorption spectra of synthesized coordination compounds are studied. The order of coordination of Dimethylsulfoxide with complex formers is established.

#### СИНТЕЗ И ИК-СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ СУЛЬФАТНЫХ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ $Mn(II)$ , $Co(II)$ И $Ni(II)$ С ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДОМ

М.Г.Цинцадзе, Г.В.Цинцадзе, А.М.Мамулашвили  
Грузинский технический университет

#### РЕЗЮМЕ

Из водно-этанольных растворов сульфатов  $Mn(II)$ ,  $Co(II)$  и  $Ni(II)$  были синтезированы координационные соединения с диметилсульфоксидом. Изучены некоторые физико-химические свойства и ИК-спектры поглощения синтезированных комплексов. Установлен способ координирования диметилсульфоксида с металлами комплексобразователями.

## კოორდინაციულ ნაერთთა ქიმია

## ლითონკომპლექსების შედგენილობის კვლევა ლითონინდიკატორული მეთოდის მიხედვით

ლეილა ჯაფარიძე, ციალა გაბელია, ეთერ სალუქვაძე, ნანა ოსიპოვა, თამარ კვერნაძე, ომარ ლომთაძე  
*ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის*  
*პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი*

ოპტიკური - ლითონინდიკატორული მეთოდის გამოყენებით გამოკვლეულია გარდამავალი ლითონების-  
 Fe(III), Zn(II), Mn(II), Cu(II), Co(II) კომპლექსწარმოქმნა D-ფრუქტოზასთან. დადგინდა, რომ წარმოქმნილი  
 კომპლექსები ხასიათდებიან შედგენილობით - ლითონი : ლიგანდი = 1:1

სპექტროფოტომეტრულ - ლითონინდიკატორული მეთოდი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს  
 საკვლევი ნაერთის თვისებითი ან რაოდენობითი შედგენილობა სინათლის შთანთქმის ინტენსივობის  
 მიხედვით. აღნიშნული მეთოდის გამოყენებით ჩატარებული რაოდენობრივი კვლევები დამყარებულია  
 ბუგერ - ლამბერტ - ბერის კანონზე, რომლის თანახმად ტალღის სიგრძის გაზომვისას მთავარ  
 განმსაზღვრელ ფაქტორს ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივე და საკვლევი შეფერილი ხსნარის კონცენტრაცია  
 წარმოადგენს [1].

ჩატარებული სამუშაოს მიზანს შეადგენდა ლითონინდიკატორული მეთოდის გამოყენებით  
 კომპლექსწარმოქმნილი ლითონისა და ლიგანდის თანაფარდობის განსაზღვრა Fe(III)- D-ფრუქტოზის,  
 აგრეთვე Mn(II), Zn(II), Cu(II), Co(II)-D-ფრუქტოზის კომპლექსებში. კვლევის პროცესში გამოყენებული იყო  
 იზომოლარული სერიების და წონასწორობის ძვრის მეთოდები. ბენტ - ბრენჩის მეთოდზე დაყრდნობით  
 გამოითვალა ლოგარითმული დამოკიდებულება ხსნარში ლითონების იონების კონცენტრაციასა და  
 ოპტიკურ სიმკვრივეს შორის [1-5]. კომპლექსის ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივეები იზომებოდა Pacard-  
 ის სისტემის სპექტროფოტომეტრზე UV-VIS. Fe(III)- ფრუქტოზის კომპლექსის ოპტიკური თვისებების  
 კვლევის პროცესში ინდიკატორად გამოყენებული იყო პიროკატეხინ იისფერი (პკი)- რკინის იონების  
 კოლორიმეტრული რეაქტივი, ხოლო სტანდარტულ ნაერთად სამვალენტური რკინის ნიტრატი.  
 ოპტიკური სიმკვრივის კვლევის ოპტიმალური პირობების დასადგენად გადაღებული იყო  
 სტანდარტული ნაერთის- Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>- ის, პკი- ის და მათი კომპლექსის შთანთქმის სპექტრები  
 (შეფარდებით 1:1, PH=6), რათა ერთი მხრივ საკვლევი რკინა ფრუქტოზისათვის შერჩეულიყო ტალღის  
 სიგრძის ისეთი მნიშვნელობა, რომელიც მაქსიმალურად განსხვავდება რკინა- ინდიკატორის კომპლექსის  
 და სუფთა ინდიკატორის შთანთქმის ანალოგიური მაჩვენებლებისაგან, მეორე მხრივ კი  
 განსაზღვრულიყო ხსნარების ოპტიმალური კონცენტრაციები იზომოლარული სერიებისათვის.  
 დადგინდა, რომ მაქსიმალური სხვაობა რკინა- ინდიკატორის კომპლექსისა და სუფთა ინდიკატორის  
 შთანთქმას შორის ( PH= 6 ) მდებარეობს 520 ნმ უბანში, რაც გამორიცხავს ამ უბანში აღნიშნული  
 ნაერთების შთანთქმის ზოლების ურთიერთგადაფარვას.

ძირითადი ხსნარების მოსამზადებლად მზომ კოლბებში (მოცულობა 25 მლ) მოთავსებული  
 იყო 5 მლ 2.10<sup>-4</sup> მოლ /ლ Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> და 5 მლ 2.10<sup>-4</sup> მოლ /ლ პკი, მიღებულ ხსნარებს დაემატა სხვადასხვა  
 რაოდენობის D- ფრუქტოზის (Fru) ხსნარები და NaOH PH=6 მდე. ხსნარების მოცულობა ჭედმდე შეივსო  
 წყლით. წონასწორობის დამყარების შემდეგ 48სთ),- გაიზომა ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივეები.  
 ლითონ- ინდიკატორული სისტემის ოპტიკური სიმკვრივის დამოკიდებულება დამატებული  
 ფრუქტოზის კონცენტრაციაზე გრაფიკული სახით წარმოდგენილია ნახ. 1.

რკინა - ფრუქტოზის კომპლექსის შედგენილობა გამოთვლილი იყო წონასწორობის ძვრის  
 მეთოდის საშუალებით [2,3]. წონასწორობა სისტემაში Fe(III)- პკი - ფრუქტოზა გამოისახება  
 განტოლებით:

Fe- პკი + n Fru <-> Fe- (Fru)<sub>n</sub> + პკი ამ განტოლების მუდმივა

$$K = \frac{[Fe - (Fru)_n] \times [პკი]}{[Fe-პკი] \times [Fru]^n}$$

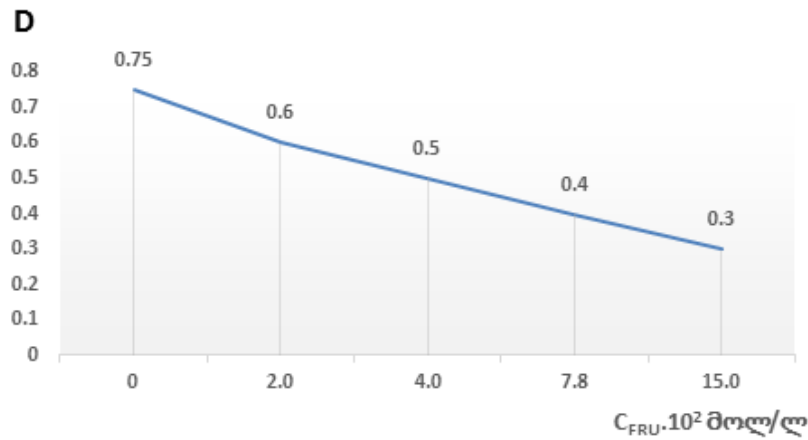
გალოგარითმების და ჩვეულებრივი გარდაქმნების შემდეგ მიიღება:

$$\lg[Fe - (Fru)_n] \times [პკი] / [Fe-პკი] - n \lg [Fru] + const = 0$$

კომპლექსში ლითონინდიკატორთან შეკავშირებული ლითონის კონცენტრაცია განისაზღვრა  
 წინასწარ აგებული საკალიბრო გრაფიკის საშუალებით [1], რომელიც ამყარებს დამოკიდებულებას  
 ლითონ - ინდიკატორული სისტემის ოპტიკურ სიმკვრივესა და განზავებას შორის. აქედან გამოითვლება

$$[\text{Fe} - (\text{Fru})_n] = [\text{Fe}]_{\text{საერთო}} - [\text{Fe} - \text{ჰკი}] .$$

$$[\text{Fe}]_{\text{თავისუფალი}} \times [\text{ჰკი}]_{\text{თავისუფალი}} = [\text{ჰკი}]_{\text{საერთო}} - [\text{Fe} - \text{ჰკი}]$$



**ნახ. 1.** Fe(III)- ჰკი- ფრუქტოზის სისტემის სინათლის შთანთქმის მრუდი, PH = 6,0;  $\lambda = 520$  ნმ

გრაფიკული დამოკიდებულებიდან

$$-\lg = [\text{Fe} - (\text{Fru})_n] \times [\text{ჰკი}] / [\text{Fe} - \text{ჰკი}] \quad \text{და} \quad -\lg [\text{Fru}]$$

სიდიდებს შორის თანაბარ მასშტაბში ისაზღვრებოდა წრფის დახრის კუთხის ტანგენსი ( $\text{tg } \alpha = n$ ), რაც წონასწორობის მონაწილე ფრუქტოზის იონების რიცხვს შეესაბამება [5]. ექსპერიმენტის პირობები და შუალედური გამოთვლები მოტანილია ცხრილში 1. ნახ. 2 - დან ჩანს, რომ ფრუქტოზის ხსნარებისათვის  $\alpha \approx 45$ , ხოლო  $\text{tg } \alpha = 1$ .

**ცხრილი 1.** Fe(III)-ჰკი-ფრუქტოზის სისტემის კვლევის შედეგები წონასწორობის ძვრის მეთოდის მიხედვით

D	[Fe-ჰკი]x10 <sup>5</sup> მოლ/ლ	[ჰკი]x 10 <sup>5</sup> მოლ/ლ	[Fe(Fru) <sub>n</sub> ]x10 <sup>5</sup> მოლ/ლ	[Fe(Fru) <sub>n</sub> x[ჰკი] -lg [Fe.ჰკი]	[Fru]x10 <sup>5</sup> მოლ/ლ	-lg[Fru]
0, 30	1,55	2,25	2,30 1,70	4,40 4,80	13890,30	0,80
0, 40	2,00 2,50	1,75	1,25 0,65	5,00 5,70	7475,20	1,10
0, 50	3,10 3,65	1,25	0,20	6,79	4170,55	1,35
0,60		0,65			1588,15	1,70
0,70		0,20			145,60	2,80

$$-\lg[\text{Fe} - \text{Fru}] \times [\text{ჰკი}] / [\text{Fe} - \text{ჰკი}]$$



**ნახ. 2.** გრაფიკული დამოკიდებულება  $-\lg [\text{Fe} - \text{Fru}] \times [\text{ჰკი}] / [\text{Fe} - \text{ჰკი}]$  და  $-\lg[\text{Fru}]$ -ს შორის ( PH=6).

ამრიგად, ოპტიკური მეთოდის საშუალებით გამოკვლეულია კომპლექსწარმოქმნა Fe- ის სამვალენტთან იონებსა და ფრუქტოზას შორის (PH= 6). დადგინდა, რომ მოცემულ პირობებში Fe(III) - ფრუქტოზა კომპლექსში კომპონენტთა თანაფარდობა - Fe : Fru შეადგენს 1:1.

ანალოგიური შედეგები იყო მიღებული ლითონინდიკატორული მეთოდის გამოყენებით Co(II), Zn(II), Mn(II), Cu(II)- D- ფრუქტოზის კომპლექსების ხსნარების კვლევის შედეგად. Cu(II)- Fru- კომპლექსის შემთხვევაში სტანდარტული სერიის მოსამზადებლად გამოყენებული იყო სპილენძის სულფატი. საკვლევ ხსნარებზე ამიაკის დამატების შემდეგ წარმოქმნილი მუქი ლურჯი ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივეები გაიზომა 590 ნანომეტრ ტალღის სიგრძეზე.

Zn(II)-Fru კომპლექსის ხსნარების კოლორიმეტრულ რეაქტივად გამოყენებული იყო დითიზონი, გახსნილი ოთხქლორიან ნახშირბადში. გაზომვები ჩატარებული იყო ტუტე არეში, 530 ნანომეტრ ტალღის სიგრძეზე.

Co(II)- Fru- კომპლექსის ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივეები იზომებოდა ტუტე არეში 630 ნმ ტალღის სიგრძეზე (კოლორიმეტრული ნაერთი- ნიტროზო R -მარილი, 0,1% ხსნარი).

Mn(II)- Fru კომპლექსების ოპტიკური სიმკვრივე განისაზღვრა მჟავა არეში, 540 ნმ პირობებში.

დადგინდა, რომ Co,Zn,Cu,Mn - Fru კომპლექსებში ლითონის და ლიგანდის თანაფარდობა შეადგენს 1:1.

ამრიგად ოპტიკური მეთოდით გამოკვლეულია ხსნარებში გარდაამავალი ლითონების- რკინის, კობალტის, თუთიის, სპილენძისა და მანგანუმის D-ფრუქტოზასთან კომპლექსწარმოქმნის სტექიომეტრული მახასიათებლები. დადგინდა, რომ აღნიშნული ლითონები ფრუქტოზასთან ქმნიან კომპლექსებს კომპონენტების თანაფარდობით - ლითონი : ლიგანდი = 1:1.

ავტორები მადლობას უცხადებენ შოთა რუსთაველის სახელობის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდს გრანტის პროექტის #FR / 436/ 6- 480/ 14 დაფინანსებისათვის, რის ფარგლებშიც ჩატარდა ეს კვლევები.

#### ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. Шемякин Ф. М., Карпов А. Н., Брусиллов Н. К. Аналитическая химия, Медгиз, 1960, Москва, 389 с.
2. Бабко А. К., Пятницкий И. В., Количественный анализ. Изд. "Высшая школа : Москва, 1968, 494 с.
3. Булатов Н. М., Калинин И. П., Практическое руководство по фотометрическим методам анализа . Ленинград, " Химия", 1986 с.
4. Panhwar O. K. Sintesis, characterization, spectroscopic and antioxidation studies of Cu (II) –Morin komplex /Jornal of molekular structure. – 2010 . v . 967 – P. 47 – 53.
5. Malesav D. Investigation of metal – Flamenoid chelates and determination of via Flamenoid complexing reactions ( rewiews ) / Serb. Chem. Soc. – 2001 - vol. 72,# 10, - P. 931 - 939

#### INVESTIGATION OF METAL-COMPLEX COMPOSITION BY THE METAL INDICATOR METHOD

Leila Japaridze, Tsiala Gabelia, Eter Saluqvadze, Nana Osipova, Tamar Kvernadze, Omar Lomtadze  
Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

#### SUMMARY

Ration of the components has been investigated by metal indicator method. It has been established that at pH 6 the ration of metal/ D-fructose is 1/1 for the soluble salts of transition metals Fe (III), Zn(II), Cu(II), Mn(II) and Co(II) to D-Fructose.

#### ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА МЕТАЛКОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛИНДИКАТОРНЫМ МЕТОДОМ

Л.Джапаридзе, Ц.Габелиа, Э.Салуквадзе, Н.Осипова, Т.Квернадзе, О.Ломтадзе  
Институт физической и органической химии им. П. Г. Меликишвили Тбилисского государственного университета им. Ив. Джавахишвили

#### РЕЗЮМЕ

С помощью оптически-металлиндикаторного метода исследовано комплексообразование переходных металлов- Fe(III),Zn(II),Cu(II),Mn(II),Co(II) с D-фруктозой в растворе. Установлено, что образующиеся комплексные соединения имеют состав металл : лиганд = 1 : 1.

**კოორდინაციულ ნაერთთა ქიმია**  
**ნიკელის (II) და კობალტის (III) ტეტრათიოანტიმონატების (V) ამიაკატური კომპლექსების სინთეზი**  
**და კვლევა**

მადონა სამხარაძე

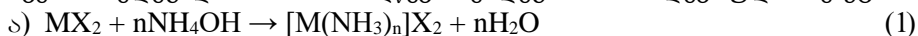
*აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*

გარდამავალ მეტალთა ამიაკატების აბსოლუტური უმრავლესობა წყალში ხსნად კომპლექსებს წარმოადგენს [1]. ამიტომ ამ უკანასკნელთა ინდივიდუალურ მდგომარეობაში გამოყოფა მოითხოვს დედახსნარის დაკონცენტრირებას, რაც მნიშვნელოვან სიძნელესთანაა დაკავშირებული

**ექსპერიმენტული ნაწილი.**

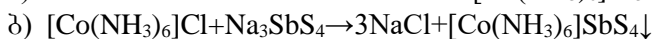
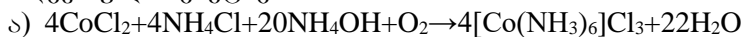
გამოსავალ ნივთიერებებად გამოვიყენეთ: ნიკელისა (II) და კობალტის (II) ქლორიდები, ხოლო სტიბიუმმეცველ ნაერთად კი ნატრიუმის ტეტრათიოანტიმონატი  $\text{Na}_3\text{SbS}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , ეს უკანასკნელი მიიღებოდა [2] მეთოდის მიხედვით, ყოველი ცდის წინ.

ექსპერიმენტით დადგენილ იქნა, რომ ნიკელის (II) ტეტრათიოანტიმონატის (V) ამიაკატური კომპლექსი შეიძლება მიღებული იქნას მეტალის შესაბამისი მარილის წყალხსნარზე ჭარბი ამონიუმის ჰიდროქსიდის მოქმედებით და მიღებული პროდუქტის, ქიმიურად სუფთა მდგომარეობაში გამოყოფის გარეშე, ექვივალენტური რაოდენობა ნატრიუმის ტეტრათიოანტიმონატის წყალხსნარით დამუშავების შედეგად. მიზანი მიიღწევა შემდეგი თანმიმდევრული რეაქციათა ერთობლიობით:



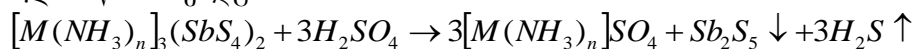
სადაც  $\text{M}=\text{Ni}$ , ხოლო  $n=6$ .

ანალოგიურად ვერ მივიღეთ, კობალტის (III) ტეტრათიოანტიმონატის ამიაკატი. შემდეგში, სინთეზირებულ იქნა კობალტის (III) ტეტრათიოანტიმონატის ამიაკატი შემდეგი თანმიმდევრულ რეაქციებით:



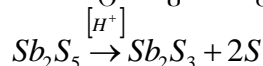
დადგენილია, სინთეზირებულ ნივთიერებათა ელემენტური ანალიზის შედეგები და ზოგიერთი ფიზიკური კონსტანტა.

სინთეზირებული კოორდინაციული ნაერთები წარმოადგენენ სხვადასხვა შეფერილობის წვრილკრისტალურ ნივთიერებებს, რომლებიც არ იხსნებიან წყალში და ჩვეულებრივ ორგანულ გამხსნელებში. მუავებით ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ) დამუშავებისას განიცდიან გარდაქმნას, ნალექის სახით გამოიყოფა  $\text{Sb}_2\text{S}_5$  ეს პროცესი, ზოგადად, ასე შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ:



გოგირდწყალბადის გამოყოფა ფიქსირდება სუნითა და ტყვიის (II) ნიტრატის ხსნარში გატარებით, - შედეგად მიიღება შავი ფერის წყალში უხსნადი ნალექი ( $\text{PbS}$ ).

ნარევიში გოგირდის თანამყოფობა მტკიცდება იმით, რომ  $\text{Sb}_2\text{S}_5$ -ის ბენზოლით დავამუშავებთ, გაუხსნელ ნაწილში სტიბიუმის შემცველობა მატულობს 1-2%-ით, რაც უნდა აიხსნას სტიბიუმის (III) სულფიდის მთლიანი წილის გაზრდით. როგორც ჩანს, მუავა გარემოში სტიბიუმის პენტასულფიდი ნაწილობრივ იშლება:



გაცილებით რთულად მიმდინარეობს რეაქცია  $\text{Co(III)}$ -ის და  $\text{Ni(II)}$ -ის ტეტრათიოანტიმონატების ამიაკატების კონცენტრირებული აზოტმუავეთ დამუშავებისას. როგორც ირკვევა, ამ შემთხვევაში სტიბიუმის სულფიდური ფორმებიც განიცდიან გარდაქმნას.

საკვლევი კოორდინაციული ნაერთები არ იხსნებიან ტუტეებშიც ( $\text{NaOH}$  და  $\text{KOH}$ ) და თუმცა ამიაკის გამოყოფა აშკარად შეინიშნება და სათანადოდ ფიქსირდება (დასველებული ლაკმუსის ქაღალდს აღურჯებს).



რენტგენოგრაფიული მონაცემები (დიფრაქტოგრამები) მიღებულია ДРОН 3M რენტგენულ აპარატზე. ინფრაწითელი სპექტრები ჩაწერილ იქნა SPECORD-IR75 ტიპის სპექტროფოტომეტრზე. გამოყენებულ იქნა ვახელინის ზეთში საკვლევი ნიმუშების პოლიკრისტალების ემულსიების დამზადების მეთოდი. თერმოგრაფიმეტრული კვლევები ჩატარდა უნგრული ფირმა MOM-ის წარმოების F. Paulik, J. Paulik, L. Endey-ის ტიპის დერივატოგრაფზე Q-1500. დანადგარის მუშაობის პრინციპი და დეტალური აღწერა მოცემულია [3]. საკვლევი ნიმუშები ხურდებოდა ჰაერის ატმოსფეროში  $1000^{\circ}\text{C}$  -მდე  $10^{\circ}/\text{წთ}$ -ში სიჩქარით. სასწორის მგრძობიარობა - 100 მკ. ეტალონური ნივთიერება - კორუნდი. ექსპერიმენტი ტარდებოდა - 0,3 მლ ტევადობის ცილინდრული ფორმის პლატინის ტიგელში. ნიმუშების მასა - 100 მკ. კალორიმეტრული კვლევები ჩატარდა ფრანგული ფირმა Setaram-ის დიფერენციალურ-სკანირების კალორიმეტრ DSC-111-ზე.

### მიღებული შედეგების განხილვა.

მეტალთა ტეტრათიონათიონატების (V) კვლევის პროცესში მიღებული მონაცემები შევსებული და დადასტურებულ იქნა იწ სპექტროსკოპიით. სინთეზირებულ ნაერთებში ბმა ლიგანდსა ( $\text{NH}_3$ ) და მეტალურ იონს შორის (კომპლექსწარმოქმნელი)  $\text{H}_3\text{N}-\text{M}$  დასტურდება იწ სპექტროსკოპიის მონაცემებითაც. ნაერთების სპექტრებში შეიმჩნევა შთანქობის ზოლები 3300, 1600, 1300 და 825  $\text{მ}^{-1}$  უბნებში, რაც დამახასიათებელია  $>\text{N}-\text{H}$  ბმების ვალენტური რხევებისათვის[4].

ჩვენს შემთხვევებში შთანქობის ზოლები განლაგებულია ინტერვალში: 3350-3290 $\text{სმ}^{-1}$  და 3170-3150 $\text{სმ}^{-1}$   $\nu(\text{NH}_3)$ , 1650-1590 $\text{სმ}^{-1}$   $\delta_a(\text{NH}_3)$ , -1300 $\text{სმ}^{-1}$   $\delta_s(\text{NH}_3)$ , 847-840 $\text{სმ}^{-1}$   $\rho_r(\text{NH}_3)$ , რაც მიანიშნებს  $\text{NH}_3$ -ის კოორდინირებაზე კომპლექსწარმოქმნელთან აზოტის ატომის მეშვეობით.

ჩატარებული რენტგენოგრაფიული კვლევა ნათელყოფს, რომ ხელოვნურად ჩვენს მიერ სინთეზირებული ნაერთები ხასიათდებიან წვრილდისპერსიულობითა და ყველანი კრისტალდებიან რომბულ სინგონიაში. აქაც, ისევე როგორც d-მეტალთა ტეტრათიონათიონატების (V) შემთხვევაში, შესწავლისათვის გამოყენებულ იქნა ე.წ. ჰომოლოგიის მეთოდი.

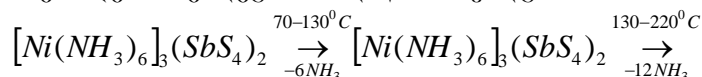
შესწავლილ იქნა სინთეზირებულ მეტალთა ტეტრათიონათიონატების (V) ამიკატური კომპლექსების ქიმიური ქცევა გახურებისას. ამიკატების თერმოლიზმა აჩვენა, რომ კომპლექსების დაშლა-დესტრუქცია იწყება ამიკის მოხლეჩვა-მოცილებით[5,6]. თერმოლიზის შედეგი მოტანილია სურათი 1-ზე.

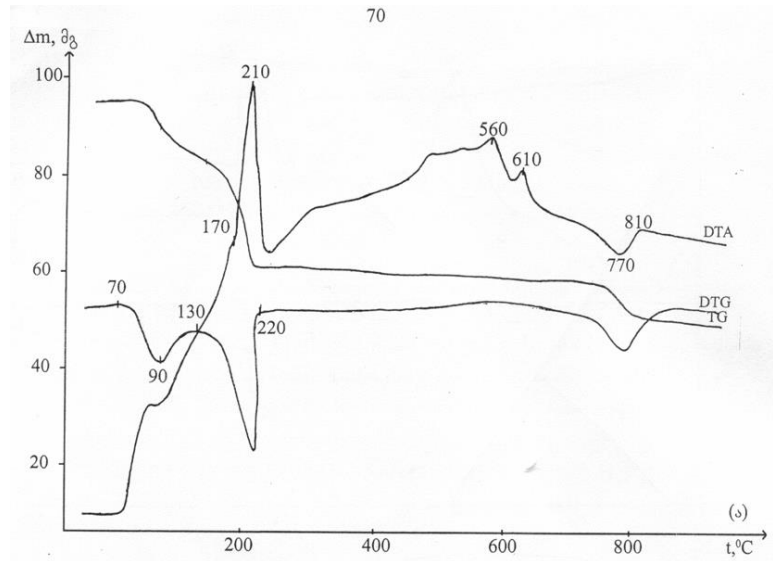
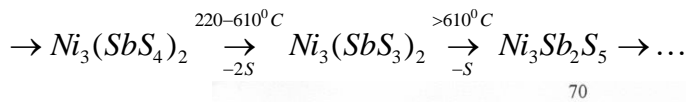
ნიმუშად განვიხილოთ ჰექსამინნიკელის (II) ტეტრათიონათიონატის თერმოლიზი (სურ.1).  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]_3(\text{SbS}_4)_2$ -ის თერმული დაშლა იწყება  $70^{\circ}\text{C}$ -დან ლიგანდის-ამიკის მოწყვეტით, პროცესი მიმდინარეობს ორ ეტაპად. პირველი ენდოთერმული ეფექტი შეინიშნება DTA მრუდზე  $70$ - $130^{\circ}\text{C}$ -ის ინტერვალში, პიკით  $90^{\circ}\text{C}$ -ზე. ამ ეტაპზე მასის კლება შეადგენს 11,39%-ს, რაც შეესაბამება 6 მოლი  $\text{NH}_3$ -ის მოწყვეტას (თეორიული - 10,38%).

შემდგომი მასის კლება მიმდინარეობს  $130$ - $220^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ ინტერვალში, პიკით  $210^{\circ}\text{C}$ -ზე. მასა ამ შემთხვევაში მცირდება 21,51%-ით, რაც შეესაბამება დარჩენილი 12 მოლი ამიკის მოცილებას (20,77%-თეორიული).

შედარებით რთული პროცესი მიმდინარეობს  $220$ - $810^{\circ}\text{C}$ -ის ტემპერატურულ ინტერვალში. DTA მრუდზე შეინიშნება ორი ეგზოთერმული ეფექტი, პიკით  $770^{\circ}\text{C}$ -ზე. მასის კლება  $220$ - $610^{\circ}\text{C}$  ინტერვალში შეადგენს 6,32%-ს (პრაქტიკული), რაც შეესაბამება 2 მოლი გოგირდის მოცილებას (თეორიული - 6,51%). შემდგომ,  $610^{\circ}\text{C}$ -ზე ზემოთ კვლავ აქვს ადგილი მასის ცვლილებას, კერძოდ, მასა მცირდება 3,81%-ით (პრაქტიკული), რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს ერთი მოლი გოგირდის მოცილებით (თეორიული - 6,51%).

ზემოთნათქვამიდან გამომდინარე,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]_3(\text{SbS}_4)_2$ -ის თერმოლიზის სავარაუდო სქემა შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ:





სურ. 1. სინთეზირებული  $[Ni(NH_3)_6]_3(SbS_4)_2$ -ის თერმოგრამა

განხილული მაგალითის მსგავსად  $[Co(NH_3)_6]SbS_4$ -ის თერმული დაშლაც, რაც უპირველესად ლინგანდის-ამიაკის მოწყვეტაში და შემდგომ დეთიონირებაში გამოიხატება.

ჩატარებული ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური კვლევები საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ სინთეზირებული ნაერთები წარმოადგენენ შესაბამის მეტალთა ტეტრათიონანთიმონატების ამიაკატებს.

#### ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Didbaridze, G. Khelashvili A. Chubinidze, R. Gigauri. Synthesis and Study of Tetrathioarsenates of d<sup>10</sup>-Metals.// Bulletin of the Georgian of Sciences, 157, #1, 1998. -p. 56-59.
2. Руководство по неорганическому синтезу (под ред. Б. Брауер), т. 2. -М.: Мир, 1985. -с. 640-641.
3. Paulik F., Paulik J., Erdey L., Talanta Review, 1966, 13, 1405-1430.
4. Накамото К., Инафракрасные спектры неорганических и координационных соединений. М.: Мир, 1966, 411 с.
5. თ. მანაღაძე, თერმული ანალიზი, გამომცემლობა, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2006 წ.
6. Логвиненко В. А. Термический анализ координационных соединений и клатратов. Ижевск: Наука, 1982, 125 с.

#### SYNTHESIS AND CONVERSION OF TETRATHIOANTIMONATE AMMONIATES OF Ni(II) AND Co(III)

M.G.Samkharadze

A. Tseretesi Kutaisi State University

#### SUMMARY

Ammoniate complexes of Ni(II) и Co(III) tetrathioantimonates. The composition and the structure of the synthesized compounds were studied by chemical and X-ray-phase analyses, and IR spectroscopy.

#### СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АММИКАТОВ ТЕТРАТИОАНТИМОНАТОВ Ni(II) И Co(III)

М.Г.Самхарадзе

Государственный университет им А.Церетели

#### РЕЗЮМЕ

Синтезированы аммиакаты тетрадиоантимонатов(V), Ni(II) и Co(III). Их исследование проведено методами рентгенографии, ИК-спектроскопии и термографии.

## მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ქიმია

## პოლიურეთანის ელასტომერების აგებულებასა და თვისებებს შორის კავშირი

ნ.ლომთაძე, მ.ქარქაშაძე, მ.შალამბერიძე  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში მოკლედ არის აღწერილი პოლიურეთანის ქაფის აგებულება და ცალკეულ თვისებებს შორის კავშირი. განხილულია პოლიურეთანის თვისებების დამოკიდებულება ძირითადი მოლეკულური ჯაჭვის ტიპზე, აგებულებაზე და იზოციონატური ინდექსის  $j_{\text{NCO/OH}}$ -ის მნიშვნელობის ცვლილებაზე. განხილულია აგრეთვე პოლიურეთანის ქაფის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების დამოკიდებულება ოლიგომერის მოლეკულურ მასაზე.

პოლიურეთანი თავისი ბუნებით წარმოადგენს ბლოკთანაპოლიმერს, რომელთა მაკრომოლეკულები შესდგება ერთმანეთის მონაცვლე ორი ტიპის ბლოკისაგან: ხისტი – დიოლურეთანი, ფორმირებული დიიზოციონატის დაბალმოლეკულურ დიოლთან რეაქციის შედეგად და მოქნილი, ელასტიური – ოლიგომერი.

საბოლოო მასალის თვისების აღმნიშვნელ ძირითად ფაქტორს წარმოადგენს ეგრეთ წოდებული დომინირებული სტრუქტურის ფორმირება, როცა მიკროფაზური დაყოფის შედეგად მოქნილ უწყვეტ ფაზაში წარმოიქმნება დისკრეტული ხისტი ფაზა, ხისტი ბლოკის სახით.

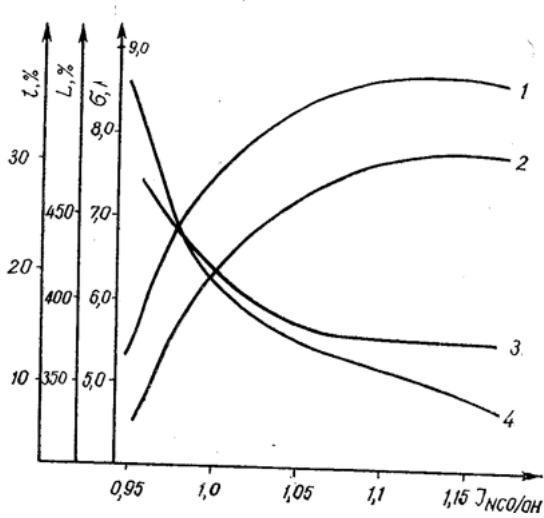
დაკავშირებული წყალბადური კავშირებით, რომლებიც გამოდიან მოქნილი ბლოკების გაკერილი კვანძების სახით. [1]. თანამედროვე წარმოდგენებიდან ბლოკ-თანაპოლიმერის აგებულებაზე ცნობილია, რომ პოლიურეთანებს აქვთ მთლიანად ორფაზური სტრუქტურა, ეს გამომდინარეობს ნაწილობრივ ხისტი და მოქნილი ბლოკების შეუთავსებლობით; ხისტი და მოქნილი ბლოკები შეიძლება შეერთებული იყოს წყალბადური კავშირებით, თუმცა მისი გავლენის ხარისხი ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე რჩება განუსაზღვრელი; წყალბადური კავშირი არსებობს ცალკეულ ხისტ ბლოკებს შორის, მათი შეერთება ხდება სივრცული ბრძმედით; სტრუქტურა მგრძნობიარეა ტემპერატურის ცვლილების. ოლიგომერების გარემო და მოლეკულური თვისებები განსაზღვრავენ განკურნების მექანიზმს. წარმოქმნილი ელასტომერის სტრუქტურას და თვისებებს.

პოლიურეთანის ქაფის დამზადების პროცესი წარმოადგენს ერთდროულად გამდინარე ქიმიური პროცესების კომპლექსს, რომელსაც თან ახლავს ფიზიკო-მექანიკური ცვლილებები: პოლიმერული ფუძის ფორმირებისას ხდება რეაქციული ნარევის აქაფება, ამასთან ერთად იწყება მისი სტრუქტურირება. პოლიურეთანის ქაფი წარმოიქმნება მრავალკომპონენტური სისტემისაგან, თითოეულ ინგრედიენტს აქვს სპეციფიკური გავლენა მის თვისებებზე, ამიტომ მიზანმიმართული გამოყენება რეცეპტურის დამუშავებისას ზოგიერთ ასპექტში სტრუქტურის ურთიერთკავშირი და პოლიურეთანის ქაფის თვისებები საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ მოცემული თვისებების საბოლოო პროდუქტი. კომპოზიციაში დაბალმოლეკულური დიოლის (მაგ. 1.4-ბუთანდიოლი) არსებობა განაპირობებს პოლიმერული ჯაჭვის სიხისტისა და სიმტკიცის გაზრდას. პოლარული ურეთანული ჯგუფის კონცენტრაციის გაზრდასთან კავშირში, რაც უზრუნველყოფს მოლეკულათა შორის ურთიერთქმედებას წყალბადური კავშირების დახმარებით და შედეგად იზრდება სიმტკიცის მაჩვენებელი და რამდენადმე მცირდება ელასტიურობა. ხისტი ბლოკების შემცველობის გავლენა ანალოგიურია ვულკანიზაციის ხარისხის გავლენისა. ელასტომერების დანიშნულებიდან გამომდინარე მიიღება ხისტი ბლოკის განსაზღვრული შემადგენლობა, მაგ. საფეხსაცმელე მასალებისათვის დაახლოებით 35% 1 მასურ ნაწილში [2].

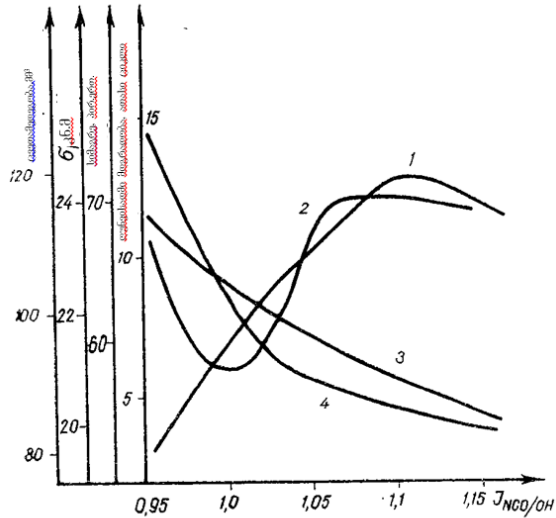
პოლიურეთანის თვისებები დამოკიდებულია ძირითადი მოლეკულური ჯაჭვის ტიპზე და აგებულებაზე, აგრეთვე იზოციონატური ინდექსის  $j_{\text{NCO/OH}}$ -ის მნიშვნელობაზე – იზოციონატური ჯგუფის პოლიოლური კომპონენტების ფუნქციონალურ ჯგუფთან თანაფარდობაზე. ასე, რომ პოლიურეთანის ქაფის მოლეკულური მასის მომატებისას, ე.ი. როცა  $j_{\text{NCO/OH}} < 1$ , მცირდება კვანძის სიმკვრივე და ამასთან იზრდება პოლიურეთანის ელასტიურობა და ფარდობითი წაგრძელება, მაგრამ მცირდება მისი სიმაგრე და სიმტკიცე გაჭიმვისას. (ნახ.1, 2).

როცა  $j_{\text{NCO/OH}} > 1$ , იზრდება კვანძის სიმაგრე და სიმტკიცე, ელასტიურობა მცირდება, იზოციონატური ინდექსის გაზრდასა 1,0-დან 1,15-მდე მცირდება პოლიურეთანის  $M_c$ -ს (საშუალო მოლეკულური მასა)

მნიშვნელობა, რაც თანხლებია, როგორც წესი სიმტკიცის გაზრდისა გაჭიმვის დროს 100 და 300%-მდე წაგრძელებისას, სიმაგრე და ფარდობითი წაგრძელება მცირდება.



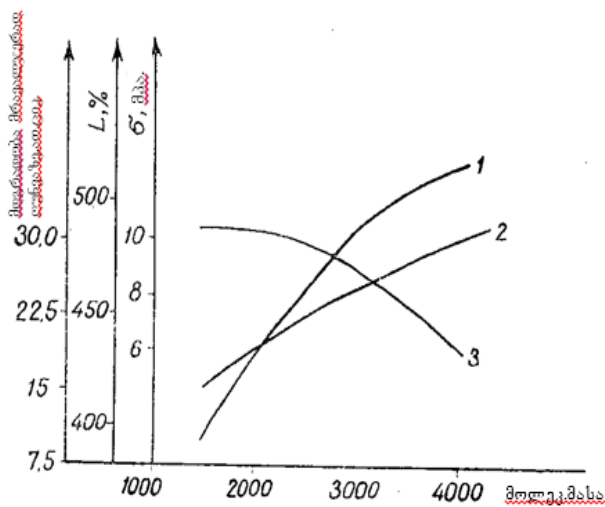
**ნახ.1.** პოლიურეთანის ქაფის პირობითი სიმტკიცის  $\sigma$  (1), ძაბვის 300%, წაგრძელების  $M_{300}$ , ფარდობითი წაგრძელების  $L$  (3) და ნარჩენი წაგრძელების  $l$  (4) იზოციონატურ ინდექსზე  $j_{NCO/OH}$  დამოკიდებულების გრაფიკი



**ნახ. 2.** იზოციონატური ინდექსის  $j_{NCO/OH}$ -ის პოლიურეთანის ქაფის სიმაგრეზე (1), ცვეთამდედგობაზე (2), გაგლეჯვის წინააღმდეგობაზე (3) და წინააღმდეგობა ლუნვაზე (4) დამოკიდებულების გრაფიკი

მომავალში დამოკიდებულების გაზრდისათვის ე.ი. როცა  $j_{NCO/OH} > 1,15$ , მცირდება დამაბულობა მოცემული წაგრძელებისას, აგრეთვე მცირდება გახლეჩვისა და გაგლეჯვის წინააღმდეგობა. რაც დაკავშირებულია განივი ქიმიური კავშირების სიმკვრივის ზრდასთან და ფიზიკური კავშირების როლის შემცირებასთან.

პოლიურეთანის ქაფის ფიზიკო-მექანიკური თვისებები დამოკიდებულია ოლიგოეთერის მოლეკულურ მასაზე. ოლიგოეთერის მოლეკულური მასის ზრდას მიყვავართ გახლეჩვის წინააღმდეგობის შემცირებასთან (ნახ.3), მაგრამ ამასთან ერთად იზრდება პოლიურეთანის ქაფის გაჭიმვის შექცევადი დეფორმაციის შესაძლებლობა, რაც განპირობებულია პოლიმერული ჯაჭვის უბნის დიდი სიგრძით განივ კავშირებს შორის და პოლარული ჯაჭვის კონცენტრაციის შემცირებით.



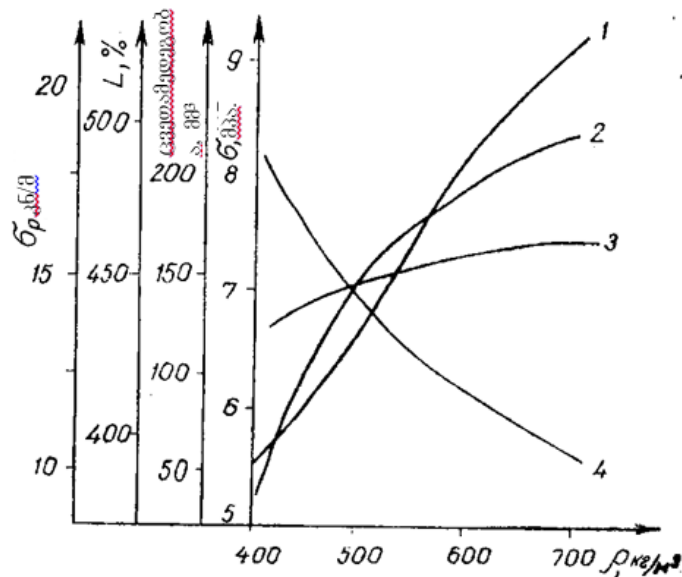
**ნახ.3.** პოლიურეთანის ქაფის ფარდობითი წაგრძელების (1), მრავალჯერად ლუნვის დეფორმაციის წინააღმდეგობის (2) და პირობითი სიმტკიცის (3) ოლიგოეთერის მოლეკულურ მასაზე დამოკიდებულების გრაფიკი

ჯაჭვის ღუნვადობის გაზრდას მიეყვართ მრავალჯერადი დეფორმაციისას ამტანიანობის გაზრდასთან და ელასტომერების თოწარმოქმნის შემცირებასთან.

ტემპერატურის შემცირებისას გაგლეჯვის წინააღმდეგობა იზრდება, ხოლო ფარდობითი წაგრძელება მცირდება, ამასთან უფრო დიდი ხარისხით, რაც უფრო მცირეა პოლიეთერის მოლეკულური მასა.

ერთ-ერთი გზა პოლიურეთანის ქაფის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების ცვლილებისა არის მოჩვენებითი სიმკვრივის რეგულირება – ამასთან ერთად ფეხსაცმლის ცალკეული სახეობებისათვის მიზანშეწონილია ორიენტი ავილოთ ლანჩის განსაზღვრულ სიმკვრივეზე.

პოლიურეთანის ქაფის რამდენიმე ფიზიკო-მექანიკური თვისების მოჩვენებით სიმკვრივეზე დამოკიდებულების გრაფიკი ნახ.4.



ნახ.4. პოლიურეთანის ქაფის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების მოჩვენებით სიმკვრივეზე დამოკიდებულების გრაფიკი

#### ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

1. Д.М. Бюиста -.Композиционные материалы на основе полиуретанов . М.Химия – 1982.
2. Ю.Л.Марозов – Научно-технические проблемы в области химического формования эластомерных изделий из реактоспособных олигомеров- Каучук и резина – 1987 №12.

#### COMMUNICATION BETWEEN A STRUCTURE AND PROPERTIES OF POLYURETHANE ELASTOMERS

N.Z.Lomtadze, M.I.Karkashadze, M.M.Shalamberidze  
State University Of Akaki Tsereteli

#### SUMMARY

The article described the relationship of structure and properties of polyurethane foam. The properties of polyurethane depend on the type and structure of the main molecular chains, and the importance isocyanates index -  $j_{\text{NCO/OH}}$ , the ratio isocyanate groups and functional components. and also proved that the physico-mechanical properties of polyurethane depend on the molecular weight of the starting oligoether.

#### СВЯЗЬ МЕЖДУ СТРОЕНИЕМ И СВОЙСТВАМИ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Н.З.Ломтадзе, М.И.Каркашадзе, М.М.Шаламберидзе  
Государственный Университет Акакия Церетели

#### РЕЗЮМЕ

В статье описанно взаимосвязи структуры и свойств пенополиуретана. Исследованна, что свойства полиуретана зависят от типа и строения основных молекулярных цепей, а также значение изоционатного индекса  $j_{\text{NCO/OH}}$  - соотношения изоционатных групп и функционального компонента. а также доказано, что физико-механические свойства пенополиуретана зависят от молекулярной массы исходного олигоэфира.

## მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ქიმია

## პოლიურეთანის ქაფის ჰიდროლიზური მდგრადობის კვლევა

ნ.ლომთაძე, მ.ქარქაშაძე, მ.შალამბერიძე  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ზოგიერთი სახის სპეციალური დანიშნულების ფეხსაცმლისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ლანჩის ჰიდროლიზურ მდგრადობას. სტატიაში ნაჩვენებია სხვადასხვა ოლიგომერის ფუძეზე დამზადებული პოლიურეთანის ქაფის მდგრადობა ჰიდროლიზური დაბერების მიმართ და დადგენილია, რომ პოლიურეთანული სისტემა პოლიკარპროლაკტონდიოლის ფუძეზე უზრუნველყოფს პოლიურეთანის ქაფის ლანჩების მიღებას მაღალი ჰიდროლიზური მდგრადობით, რაც უზრუნველყოფს მათ გამოყენებას სპეციალური დანიშნულების ფეხსაცმელში, რომელთაც მუშაობა უხდებიათ მძიმე პირობებში.

მასალები, რომლებიც განკუთვნილია სპეციალური დანიშნულების ფეხსაცმლის ძირისათვის, უნდა ხასიათდებოდნენ ელასტიურობით, სიმტკიცით, მაღალი ადჰეზიით იუფტასთან, ცხიმის მაღალი შემცველობით, გარემო და ყინვამდგრადობით, ატმოსფერული ნალექისადმი მდგრადობით და სამუშაო პირობებისადმი მოქმედებით. ფეხსაცმლის საექსპლუატაციო თვისებებისადმი მრავალმხრივი მოთხოვნები ახლანდელ პირობებში შეუძლებელს ხდის დაკმაყოფილდეთ არსებული კლასიკური მასალებით.

ელასტომერები რეაქციული შესაძლებლობის ოლიგომერების ფუძეზე, სინთეზში ახალ ჩამოსხმით ტექნოლოგიებთან ფართოდ გამოიყენებიან. განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევენ მიკროვკვვევ პოლიურეთანები, რომლებიც დღევანდელ დროში თავიანთი თვისებებიდ წარმოადგენენ შედარებით უნივერსალურ მასალებს ფეხსაცმლის ლანჩის დამზადების პროცესში.

საუკეთესო ფიზიკო-მექანიკური თვისებების მაჩვენებლებით, მასალის ფარდობითი სიმკვრივის არც ისე მაღალი მაჩვენებლის დროსაც კი, ლანჩის დამზადების ავტომატიზაციის შესაძლებლობა აძლევს მასალას იყოს უნივერსალური. მითითებული ელასტომერების ფიზიკო-მექანიკური თვისებების ფართოდ ვარირება კვლევისას საშვალებას იძლევა მათგან დამზადდეს სხვადასხვა სახის ფეხსაცმელი.

სპეციალური დანიშნულების ფეხსაცმელი უნდა პასუხობდეს უსაფრთხოების ტექნიკურ მოთხოვნებს, ამის აუცილებლობით ხდება ტექნიკური ნორმატივების სრულყოფა. ასე რომ სპეციალური ფეხსაცმლის ლანჩა უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ აუცილებელ პირობებს: მაღალი მექანიკური ამტანობა; ფორმამდგრადობა; მექანიკური თვისებების მაჩვენებლების შენარჩუნება დამველების შემდეგ; ჰიდროლიზური მდგრადობა დამველებისას; ელექტროსტატიკური მდგრადობა; ტუტედა ქიმიური გარემოსადმი მდგრადობა; ყინვამდგრადობა; მაღალი თერმოიზოლიაციის შესაძლებლობა; მაღალი ჰიგიენური თვისებები.

ზოგიერთი სახის სპეციალური დანიშნულების ფეხსაცმლისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ლანჩის ჰიდროლიზურ მდგრადობას.

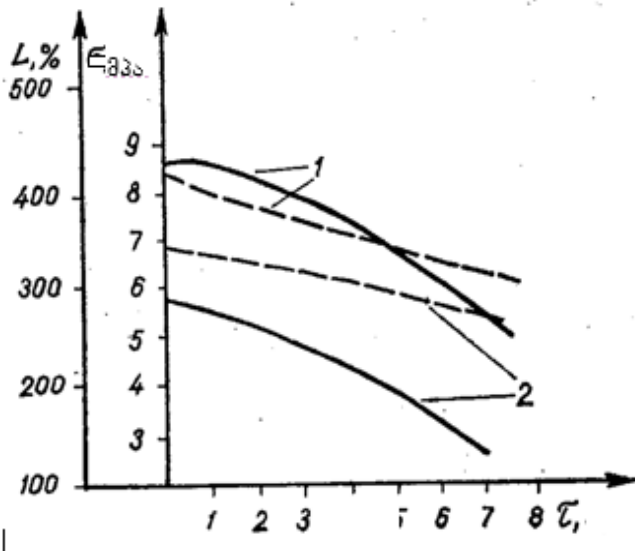
სტატიაში ნაჩვენებია სხვადასხვა ოლიგომერის ფუძეზე დამზადებული პოლიურეთანის ქაფის მდგრადობა ჰიდროლიზური დაბერების მიმართ. ამისათვის გამოყენებული იქნა ფირმა “ზაიერის” მეთოდის: პოლიურეთანის ქაფის ნიმუშები 168 სთ-ის განმავლობაში ჩატვირთული იყო 70°C ტემპერატურის წყალში, შრობა ხდებოდა დაკიდებულ მდგომარეობაში 70°C ტემპერატურაზე 24-სთ-ის განმავლობაში და კიდევ პლიუს 24-სთ-ის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე. როგორც კვლევამ აჩვენა, პოლიურეთანის ქაფისაგან დამზადებული ლანჩები, რომლებიც მიღებული იყო სხვადასხვა სისტემის ფუძეზე: ოლიგოეთილენგლიკოლადიპინატის, ოლიგოკარპროლაკტონდიოლის, უბრალო ოლიგოეთერის – აქვთ სხვადასხვა მდგრადობა ჰიდროლიზური დაბერებისადმი [19] (ცხრილი 1). ამასთან პოლიურეთანის ქაფის ფიზიკო-მექანიკური თვისებები დამოკიდებულია ჰიდროლიზური დაბერების ხანგრძლივობაზე (ნახ.1).

როგორც ცხრილიდან და ნახაზიდან ჩანს პოლიურეთანული სისტემა პოლიკარპროლაკტონდიოლის ფუძეზე უზრუნველყოფს პოლიურეთანის ქაფის ლანჩების მიღებას მაღალი ჰიდროლიზური მდგრადობით, რაც უზრუნველყოფს მათ გამოყენებას სპეციალური დანიშნულების ფეხსაცმელში, რომელთაც მუშაობა უხდებიათ მძიმე პირობებში.

**ცხრილი 1.** პოლიურეთანის ქაფის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების ცვლილება ჰიდროლიზური დაბერების შემდეგ

მაჩვენებლები	პოლიურეთანის ქაფი ფუძეზე		
	ოლიგოეთილენგლიკოლ-ადიპინატი	ოლიგოკარპროლაკტონ-დიოლი	უბრალო ოლიგოეთერი
პირობითი სიმტკიცე, მგპ.	5,8/2,3	7,1/5,8	4,5/3,8
ფარდობითი წაგრძელება, %	440/270	450/370	440/340
ფარდობითი ნარჩენი წაგრძელება, %	22/16	25/22	23/18
სიმკვრივე, კგ/მ <sup>3</sup>	580/580	620/620	600/600
სიმაგრე, პირ.ერთ.	66/66	74/72	70/66
მდგრადობა მრავალჯერად ღუნვაზე, ათასი ციკლი	45/7	45/20	45/30
ცვეთამდეგობა, სმ <sup>3</sup> /კვტს	120/346	145/223	350/430

შენიშვნა: მრიცხველში მოცემულია მონაცემები დაბერებამდე, ხოლო მნიშვნელში დაბერების შემდეგ.



**ნახ. 1.** სხვადასხვა ფუძეზე დამზადებული პოლიურეთანის ფარდობითი წაგრძელების (1), და სიმტკიცის ზღვარის გახლეჩვისას  $\sigma$  (2) ჰიდროლიზური დაბერების ხანგრძლივობაზე დამოკიდებულების გრაფიკი

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Д.М. Бюиста -.Композиционные материалы на основе полиуретанов . М.Химия – 1982.
2. Ю.Л.Марозов – Научно-технические проблемы в области химического формования эластомерных изделий из реакцоспособных олигомеров- Каучук и резина – 1987 №12.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА**

Н.З.Ломтадзе, М.И.Каркашадзе, М.М.Шаламберидзе  
Государственный университет Акакия Церетели

**РЕЗЮМЕ**

Для подошв специальной обуви очень важное значение имеет их гидролитическая стойкость. В статье показано исследование гидролитической стойкости пенополиуретана на основе различных олигомеров и доказано, что полиуретановая система на основе поликапролактондиола обеспечивает получение пенополиуретановых подошв с высокой гидролитической стойкостью, что обуславливает их применение для низа специальной обуви.

**RESEARCH OF HYDROLYTIC FIRMNESS OF POLYURETHANE FOAM**

N.Z.Lomtadze, M.I.Karkashadze, M.M.Shalamberidze  
State university of Acacius Tsereteli

**SUMMARY**

Their hydrolytic firmness very much is important for soles of special footwear. The research hydrolytic firmness of polyurethane foam on the basis of various oligomer is shown in article and proved that the polyurethane system on the basis of a polikaprolaktondiols provides polyurethane foam soles with high hydrolytic resistance that causes their application for a bottom of special footwear.

## НЕФТЕХИМИЯ

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ ГРУЗИИ

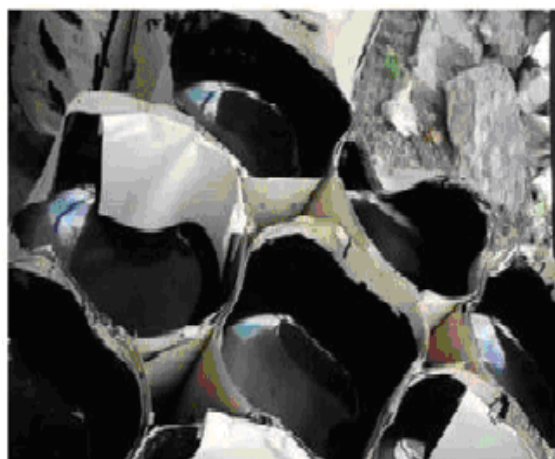
Н.Т.Хецуриани, Е.А.Ушараули, К.Г.Годердзишвили, И.Дж.Мchedlishvili, М.Н.Копалеишвили  
*ТГУ, Институт физической и органической химии им.П.Г.Меликишвили*

Проявления природных битумов зафиксированы почти во всех регионах Грузии. Были исследованы битумы: Переход Кари, Байда 2(кахетинский регион) и Чибреви (Рачинский регион). Определялись физико-химические характеристики элементный состав и распределение микроэлементов их органических экстрактов. Выявлены ароматические структуры молекул исследуемых битумов. Соотношение  $V/Ni < 1$  битумов Переход Кари и Байда 2 указывает, что стратиграфической корреляции битумов они относятся третичному возрасту, а битум Чибреви соотношением  $V/Ni > 1$  является более древнего возраста и принадлежит палеозойскому типу. По количественному содержанию масел, смол и асфальтенов исследуемые битумы являются асфальтами.

По мере истощения запасов легких и средних нефтей важным сырьевым источником для удовлетворения растущих потребностей в топливе и продуктах нефтехимии становятся тяжелые высоковязкие нефти и природные битумы. Мировые ресурсы тяжелых и битуминозных нефтей значительно превышают запасы легких нефтей и оцениваются в количестве 750 млрд. т. Наиболее крупными запасами располагают Канада (386 млрд. т) и Венесуэла (335 млрд. т), значительные запасы также имеют Мексика, США, Россия, Кувейт и Китай. Вопрос освоения природных битумов особенно актуален сейчас, в связи со снижением в последнее время объемов запасов кондиционных нефтей.

Природные битумы характеризуются высоким содержанием ароматических углеводородов, смолисто-асфальтеновых веществ, высокой концентрацией металлов и сернистых соединений, высокими показателями плотности и вязкости, повышенной коксуемостью. Переработка природных битумов экономически целесообразной представляется только благодаря применению эффективных технологий их переработки с получением товарных нефтепродуктов [1-3].

Природные битумы распространены по всей земной коре, стратиграфически относятся к осадочным породам и в большинстве случаев сопутствуют промышленным скоплениям нефти. Они являются продуктами окислительной поликонденсации, физико-химической дифференциации, биодegradации нефти и других процессов. Природный битум, образовавшийся в естественных условиях, в чистом виде встречается редко и обычно он пропитывает пористые горные породы.



Природные битумы

Органическая часть природных битумов по своим физико-химическим свойствам приближаются к нефтяным битумам. Битумоносные породы занимают значительное место в общем балансе ископаемых и являются многокомпонентным и многоцелевым сырьем, комплексной переработкой



которого можно получить моторные топлива, масла различного назначения, битумные материалы и многое другое. Отдельно взятые природные битумы также имеют широкий спектр применения. Они используются в электрической промышленности в качестве электроизоляционного материала, для гидротехнических сооружений и фундаментов зданий, в дорожной и строительной промышленности и т.д.

По степени окисленности и физико-химических свойств, которая проявляется в консистенции органической части, различают следующие виды природных битумов: мальты – вязкие жидкости, содержащие 40–65% масел, асфальты – полутвердые битумы с концентрацией масел 25–40% и асфальтиты – твердые битумы, содержащие <25% масел.

Почти во всех регионах Грузии обнаружены проявления природных битумов, изучение которых имеет большое теоретическое и практическое значение как с точки зрения геохимии нефти, так и для выявления возможностей их целесообразного освоения. Хотя мощности и геологическое размещение природных битумов пока еще не определены.

Нами было исследованы некоторые природные битумы Грузии: Чибреви (Рачинский регион), Переход Кари и Байда 2 (Кахетинский регион). Площадь Чибреви расположена на Местийско - Тианшетской зоне (в районе Они). В геологическом разрезе площади участвуют верхнемеловые известняки и третичные отложения, непосредственно налегающие на меловые осадки и состоящие из глинистых сланцев и песчанистых глин темно-серого цвета. Площади Байда и Переход Кари, расположены в пределах Прииорской подзоны поднятия, которая в виде узкой полосы вытягивается вдоль реки Иори в северном направлении, ограничиваясь с севера Хашми-Эльдарским глубинным разломом, а с юга – Эрикдарским региональным разломом. В разрезе площади Байда участвуют породы, начиная с верхнего сармата вплоть до олигоцена.

Для выделения органической части природных битумов экстракцию хлороформом проводили в аппарате Сокслета в продолжение 50 часов. Экстракты фильтровали, отгоняли растворитель, а его следы удаляли выдерживанием образцов на водяной бане и в вакуум - термостате до постоянного веса. Были определены физико-химические характеристики, элементный состав органического экстракта и распределение в нем масел, смол и асфальтенов. Результаты приведены в таблице 1.

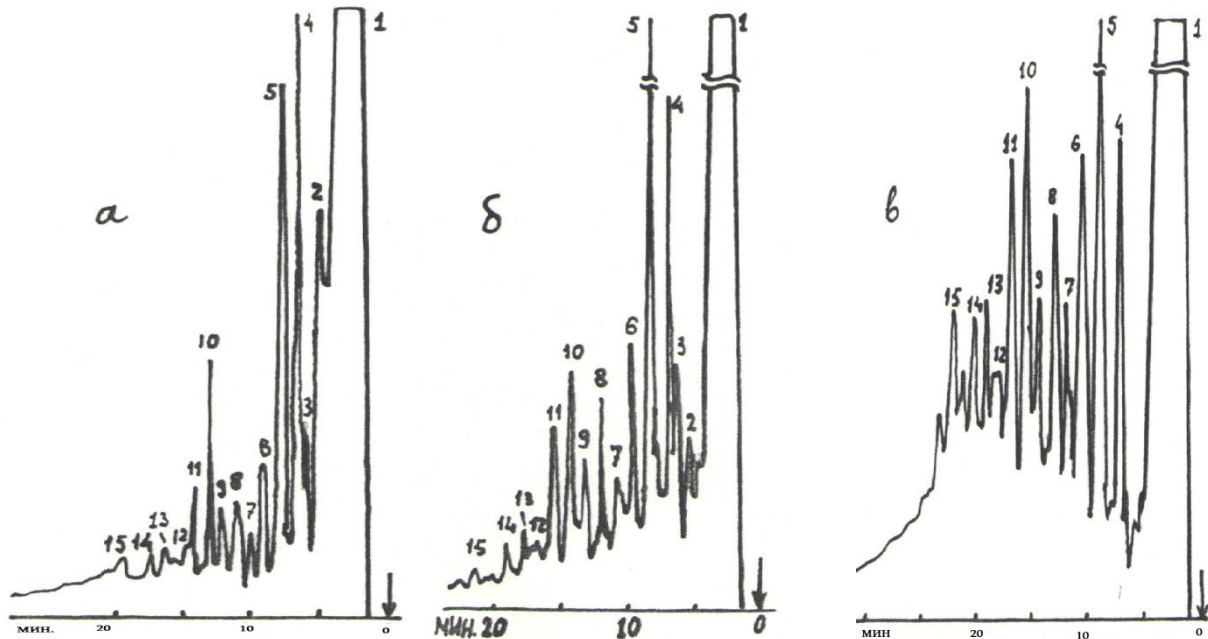
**Таблица 1.** Характеристика органической части природных битумов

№	Показатели	Чибреви	Переход Кари	Байда 2
1	Выход масс. %	38,1	14,2	34,0
2	Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,07	1,17	1,03
3	Молекулярная масса	500	695	500
4	Температура размягчения, °C	9,5	73,5	40,8
5	Зольность, масс. %	0,154	1,750	0,219
Состав, масс. %				
6	Масла	37,2	28,3	37,0
7	Смола	37,6	49,5	41,0
8	Асфальтены	25,2	22,2	22,0
Элементный состав, %				
9	C - углерод	85,90	82,62	85,40
10	H - водород	9,82	9,32	9,65
11	S - сера	0,62	1,18	1,25
12	N - азот	0,48	0,44	0,45
13	O - кислород	3,18	6,44	3,25

Как видно из таблицы, все природные битумы малосернистые, имеют близкие значения плотности и элементного состава. Что касается зольности битумов площади Переход Кари имеет более высокий показатель (1,750%), которое, по-видимому, обусловлена большей степенью окисленности, что проявляется в значениях содержания кислорода (более 6%). По данным таблицы природные битумы Переход Кари, Чибреви и Байда 2 содержанием масла (28,3% , 37,2% и 37,0% соответственно) принадлежат к асфальтовому виду битумов.

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию различных углеводородных структурных фрагментов в нефтях и природных битумах [4]. К ним относится конденсированные ароматические системы. С целью определения ароматических структур, входящих в молекулы

исследуемых природных битумов, их органические экстракты были подвергнуты гидропиrolитической фрагментации по разработанной в лаборатории химии нефти методике [5]. Процесс гидропиrolиза проводился при температуре 450°C и продолжительности процесса 4 часа. Растворы гидропиrolизатов в диоксане анализировали методом газо-жидкостной хроматографии на трехметровой колонке с хромосорбом W (жидкая фаза OV-1017%). Результаты газо-жидкостной хроматографии иллюстрируются на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Хроматограммы гидропиrolизатов хлороформных экстрактов природных битумов Грузии: Переход Кари (а), Чибреви (б), Байда-2 (в), 1 – диоксан, 4 – нафталин, 5 – метилнафталин, 6 – дифенил, 8 – флуорен, 10 – фенантрен, 11 – метилфенантрен, 13 – пирен, 15 – хризен. Остальные пики не идентифицированы. Температура анализа 100°C → 10<sup>0</sup> мин. → 325°C.

Сравнение хроматограмм битумов Чибреви, Переход Кари и Байда 2, показывает, что они почти одинаковы и состоят из одних и тех же пиков, среди которых были идентифицированы: нафталин, метилнафталин, фенантрен, метилфенантрен, дифенил, флуорен, пирен и хризен. Превалируют структуры нафталина и фенантрена.

Таким образом, подытоживая результаты исследования гидропиrolизатов органической части природных битумов, приходим к выводу, что основными ароматическими фрагментами высокомолекулярных соединений природных битумов являются одни и те же ароматические структуры. Этими структурами, как уже отмечалось выше, в основном являются нафталины, флуорены, фенантрены, пирены, хризены и др.

Проводилось также исследование микроэлементного состава исследуемых битумов озолением их органических экстрактов методом прямого сжигания. Зольные экстракты анализировались на эмиссионном спектрометре. Результаты приведены в таблице 2.

**Таблица 2.** Количественно-спектральный анализ природных битумов

Битумозная площадь	Содержание элементов в золе, %													
	Sr	Ba	V	Cr	Ni	Ti	Cu	Mn	Co	Pb	Mo	Be	Zr	V/Ni
Чибреви	0,1	0,1	1,0	0,2	0,8	0,1	0,2	0,3	0,01	0,16	0,31	0,1	0,1	1,2
Переход Кари	0,4	0,2	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0,01	0,01	0,003	0,1	0,1	0,7
Байда 2	0,7	0,1	0,6	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,04	0,02	0,002	0,2	0,1	0,3

Из данных таблицы 2 видно, что в исследуемых битумах содержатся все элементы, характерные для нефтяной золы, но в более высоких концентрациях. Намечается возможность расширения сферы

использования природных битумов путем извлечения из их ряда ценных и дефицитных металлов [6]. Следует отметить, что отношение  $V/Ni$  в битуме Переход Кари и Байда 2, меньше единицы, т.е. по стратиграфической корреляции битумов они относятся третичному возрасту. Что касается битума Чибреви - соотношение  $V/Ni > 1$  указывает на более древнее происхождение битума, относящемуся палеозойскому типу.

В итоге можно подчеркнуть, что существование в Грузии проявлений природных битумов, являющихся, главным альтернативным источником целого ряда нефтепродуктов и битумных материалов определяет важность работ, посвященных исследованию этого ископаемого. Однако для оценки органической части битумоносных песков весьма важно знать мощности и размещение битумонакоплений и проявлений. К сожалению, закономерности размещения, формирования месторождений и проявлений природных битумов, а также прогнозируемых и промышленных запасов по ним, фактически не изучены. Приходится констатировать необходимость развития геологоразведочных и научно-исследовательских работ в этом направлении.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Муслимов Р.Х., Г.В. Романов, Г.П. Каюкова и др. Комплексное освоение тяжелых нефтей и природных битумов пермской системы Республики Татарстан. ФЭН, Казань, 2012, 396 с.
2. Муслимов Р.Х., Романов Г.В., Каюкова Г.П. и др. *Нефть. Газ. Новации.*, 2, 21-29 (2012)
3. Муслимов Р.Х., Романов Г.В., Каюкова Г.П., и др. *ЭКО*, 1, 35-40 (2012).
4. Антипенко В.Р., Петренко Т.В., Баканова О.С., Огородников В.Д. Взаимосвязь удельного показателя поглощения нефтей, природных битумов и их компонентов. Известия Томского Политехнического университета, 2016, №6, с.45-54.
5. Ушараули Е.А., Меликадзе Л.Д., Кортава Л.М., Бродский Е.С. Гидропиролитическое определение ароматических фрагментов высококипящих соединения нефти. Нефтехимия, 1987, XXVII, №4, с.481-488.
6. Годердзишвили К.Г., Ткемаладзе М.Т., Лобжанидзе Р.В., Габуния Т.И. Распределение микроэлементов в некоторых природных битумах Грузии. Сообщение Академии Наук СССР, 1990, 137, №3, с.535-536.

### INVESTIGATION OF CERTAIN NATURAL BITUMEN OF GEORGIA

N.Khetsuriani, E.Usharauli, K.Goderdzishvili, I.Mchedlishvili, M.Kopaleishvili  
TSU, Petre Melikishvili Institut Physical and Organic Chemistry

#### SUMMARY

Manifestations of natural bitumen are recorded in almost all regions of Georgia. The bitumen of Kari Crossing, Baida 2 (Kakheti region) and Chibrevi (Racha region) were studied. The main aromatic structures contained in organic extracts obtained from bitumen under investigation are identified, and physical and chemical characteristics, elemental composition and distribution of microelements in these organic extracts are determined. The study of microelements distribution showed that bitumen of the Kari Crossing and the Baida 2, in which the ratio  $V/Ni < 1$  stratigraphically belong to the third-generation bitumen, and the Chibrevi bitumen with the ratio  $V/Ni > 1$  is of older origin and belongs to Paleozoic period. By content of oils, tars and asphaltes the bitumen under investigation belong to the asphalt type bitumen.

### საქართველოს ზოგიერთი ბუნებრივი ბიტუმის კვლევა

ნათელა ხეცურაიანი, ესმა უშარაული, ქეთევან გოდერძიშვილი, ირინა მჭედლიშვილი,  
მაკა კოპალეიშვილი

თსუ, პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი  
რეზიუმე

ბუნებრივი ბიტუმების გამოვლინებები საქართველოს თითქმის ყველა რეგიონშია დაფიქსირებული. შესწავლილია კარის გადასასვლელის, ბაიდა 2 (კახეთი) და ჭიბრევის (რაჭა) ბიტუმები. გამოვლენილია ბიტუმების ორგანული ექსტრაქტებში არსებული ძირითადი არომატული სტრუქტურები და განსაზღვრულია ექსტრაქტების ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები, ელემენტური შედგენილობა და მიკროელემენტების განაწილება. მიკროელემენტების განაწილების შესწავლამ აჩვენა, რომ კარის გადასასვლელის და ბაიდა 2-ის ბიტუმები, რომლებშიც  $V/Ni < 1$  სტრატиграფიულად განეკუთვნებიან მესამეულ ასაკის ბიტუმებს, ხოლო ჭიბრევის ბიტუმი  $V/Ni > 1$  - უფრო ძველი წარმოშობისაა და მიეკუთვნება პალეოზოურ ტიპს. ზეთების, ფისების და ასფალტენების შემცველობით საკვლევი ბიტუმები განეკუთვნებიან ასფალტის ტიპის ბიტუმებს.

## ბუნებრივ ნაერთთა ქიმია

ახალი ფენილეთანოიდი *Digitalis ferrugenea* L. - დან

თამარ კოპალიანი<sup>1</sup>, ვაჟა ნებიერიძე<sup>1,2</sup>, ალექსანდრე სხირტლაძე<sup>2</sup>, ნათია საყვარელიძე<sup>2</sup>, ეთერ ქემერტელიძე<sup>2</sup>, მარკუს განცერა<sup>3</sup>

<sup>1</sup> საქართველოს საპატრიარქოს წმიდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტი, 0179 თბილისი, ი. ჭავჭავაძის 52, საქართველო

<sup>2</sup> თსსუ იოველ ქუთათელაძის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტი, 0159 თბილისი, პ. სარაჯიშვილის 36, საქართველო

<sup>3</sup> ფარმაციის ინსტიტუტი, ფარმაცოგნოზის დეპარტამენტი, ინსბრუკის უნივერსიტეტი, ინრაინის 80-82, ინსბრუკი, ავსტრია

[Ether\\_kemertelidze@yahoo.com](mailto:Ether_kemertelidze@yahoo.com)

*Digitalis ferrugenea* L. - ჟანგოვანა სათითურას პერიკარპიუმიდან გამოყოფილი და იდენტიფიცირებულია სამი ფენილეთანოიდური გლიკოზიდი. ნივთიერებათა სტრუქტურები დადგენილია კლასიკური ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით და თანამედროვე სპექტრული ანალიზების - ერთ- და ორგანოზომილებიანი ბმრ (<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, HSQC, HMBC, COSY) და მას-სპექტროსკოპიის (ESI/MS) გამოყენებით. ერთი მათგანი ახალი ორგანული ნივთიერებაა შემდეგი სტრუქტურით: 2-(3-მეთოქსი,4-ჰიდროქსიფენილ)ეთილ O-β-D-გლუკოპირანოზილ-(1→3)-O-[α-L-რამნოპირანოზილ-(1→6)]-[α-L-არაბინოპირანოზილ-(1→2)]-4-O-(E)-ფერულოილ-β-D-გლუკოპირანოზიდი.

გულის უკმარისობისათვის შეუცვლელ სამკურნალო საშუალებებს საგულე გლიკოზიდები და მათ შორის უმნიშვნელოვანესს *Digitalis* - სათითურას კარდენოლიდები წარმოადგენენ, რომლებიც თითქმის 2,5 საუკუნის განმავლობაში წარმატებით გამოიყენებინ მემდიცინაში. *Digitalis* გვარის (ოჯახი Scrophulariaceae) 40-მდე მცენარიდან საქართველოში იზრდება კავკასიის ენდემური სახეობა *Digitalis ciliata* Trautv. - წამწამოვანი სათითურა, *D. ferrugenea* L. - ჟანგოვანა სათითურა, მცირე რაოდენობით *D. nervosa* Steud et Hochst და *D. schischkinii* Ivanina. [1]. წამწამოვანი სათითურა კავკასიის ქედსა და მის განედებზე დიდ მასივებს ქმნის, იგი საუკეთესო სამკურნალწამლო ნედლეული აღმოჩნდა და გამოყენება ჰპოვა სამედიცინო პრაქტიკაში [2].

*D. ferrugenea* L. - ჟანგოვანა სათითურა მრავალწლოვანი ბალახოვანი მცენარეა, სწორი მარტივი 40-150 სმ სიმაღლის ღეროთი და მორიგეობით გაწყობილი 15-30 სმ სიგრძის ლანცეტისებრი ფოთლებით, ხშირად ჟანგისფერი ლაქებით, მტევნად შეკრული ხშირი ყვავილით. გავრცელებულია ხმელთაშუა ზღვის მხარეში, მცირე აზიაში, ბალკანეთის ნახევარკუნძულზე, კავკასიაში. საქართველოში იზრდება შუა ქართლში, მთიანეთში, გარე კახეთში, მესხეთ-ჯავახეთში, აჭარაში, აფხაზეთში, სამაჩაბლოში, სუბალპურ ზონაში, უმეტესწილად წიფლნარ და მუხნარ ღია და დაჩრდილულ ტყეებში [1].

გასული საუკუნის 30-40 წლებში ფრმაცოქიმიის ინსტიტუტში პროფესორ ნიკოლოზ მასხელიამ *D. ferrugenea*-ს ფოთლებიდან შეიმუშავა შვეიცარიული ფირმა Hoffman La Roch-ის მიერ წარმოებული Digalen-ის ანალოგიური პრეპარატი და მისგან განსხვავებით Digalen-neo უწოდა [3]. Digalen-neo-ს თბილისის ქიმიურ-ფარმაცევტული ქარხანა აწარმოებდა და პროდუქცია მთელ საბჭოთა კავშირს აკმაყოფილებდა [4,5].

*D. ferrugenea* L. კარდენოლიდები პირველად 1952 წელს Stoll და Renz-მა შეისწავლეს [6]. *D. Ferrugenea*-დან 45-მდე სხვადასხვა აგლიკონის წარმოებული გლიკოზიდი იქნა გამოყოფილი და დახასიათებული [7]. ნაჩვენები იყო, რომ სხვადასხვა რეგიონში მოზარდი მცენარე ქიმიური შედგენლობით განსხვავდება ერთმანეთისგან.

ჩვენს მიზანს საქართველოში მოზარდი *D. ferrugenea*-ს ქიმიური შედგენილობის შესწავლა შეადგენდა. მცენარე დიდი რაოდენობით ინვითარებს თესლებს, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას შეუცვლელი ბიოქიმიური რეაქტივის დიგიტონინის მისაღებად. თესლებიდან დიგიტონინის წარმოების დროს გამოუყენებელი რჩება ნაყოფსაფარის - პერიკარპიუმის დიდი მასა.

კვლევის პირველი ეტაპი *D. ferrugenea* L. - პერიკარპიუმის შესწავლას ეძღვნება. ნაყოფები შეგროვებულ იქნა დაბა ბაკურიანში 2015 წლის სექტემბერში.

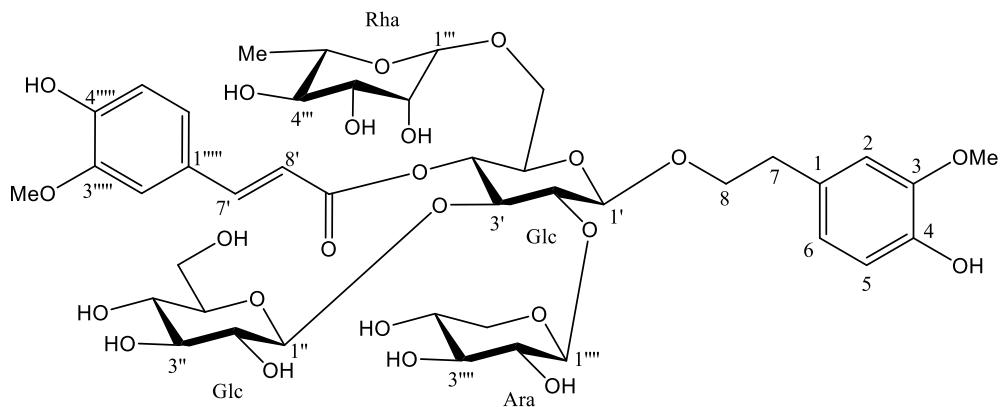
200 გ ჰ/მ დაწვრილმანებულ პერიკარპიუმს სამჯერადად ვწლილავდით 80% მეთანოლით თანაფარდობით 1:5 წყლის აბაზანაზე გათბობით. სპირტის მოცილების შემდეგ წყლიან ხსნარს

ვასუფთავებდით ქლოროფორმით და გადაგვექონდა Diaion HP-20 სვეტზე. ელუირებას ვახდენდით H<sub>2</sub>O-MeOH - 10:0→0:10 სისტემით. შედეგად, მიღებულ იქნა 4 ფრაქცია ამორფული ფხვნილის სახით: წყლიანი (46.2 გ), 30% MeOH (2.4 გ), 80% MeOH (7.2 გ) და MeOH (0.8 გ). 30% მეთანოლიანი ელუატის ქრომატოგრაფირებით ჯერ Sephadex LH-20-ის, ხოლო შემდეგ სილიკაგელის სვეტებზე მივიღეთ 3 ინდივიდუალური ნივთიერება - **1** (2.3 მგ), **2** (16.7 მგ), **3** (11.4 მგ).

ნივთიერებათა სტრუქტურები დადგინდა ერთ- და ორგანზომილებიანი NMR (<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, HSQC, HMBC, COSY) და მას-სპექტროსკოპიის (ESI/MS) გამოყენებით. ერთი მათგანი (**1**) ახალი ორგანული ნივთიერებაა, ხოლო ორი დანარჩენი იდენტიფიცირებულ იქნენ, როგორც მაქსოზიდი (**2**) [8] და პურპურეაზიდი E (**3**) [9].

ნივთიერება **1** ყვითელი ამორფული ფხვნილია. ლდ. ტ. 150-152°C, [α]<sub>D</sub><sup>25</sup> = -19° (c 0.50, MeOH). ემპირიული ფორმულა C<sub>42</sub>H<sub>58</sub>O<sub>24</sub> დადგინდა HR-TOF-MS მას-სპექტრით, რომელიც უჩვენებს იონურ პიკს *m/z* 947.5 [M+H]<sup>+</sup>. ნივთიერება **1**-ის <sup>1</sup>H-NMR სპექტრში აღინიშნება 1,3,4-ჩანაცვლებული ბენზოლის ბირთვის δ 7.21 (*d*, *J*=2.0 Hz, H-C(2'''')), 7.10 (*dd*, *J*=8.0, 2.0 Hz, H-C(6'''')), 6.80 (*d*, *J*=8.0 Hz, H-C(5'''')) ტრანს-ორჩანაცვლებული ორმაგი ბმის δ 7.67 (*d*, *J*=16.0 Hz, H-C(7')) და 6.42 (*d*, *J*=16.0 Hz, H-C(8')) სიგნალები, რომლებიც მიუთითებენ 3-მეთოქსი, 4-ოქსიფენილეთილენის - ფერულის მჟავის ნაშთის არსებობაზე. <sup>1</sup>H-NMR სპექტრის სიგნალები δ 6.73 (*d*, *J*=2.0 Hz, H-C(2)), 6.83 (*d*, *J*=8.0 Hz, H-C(5)) და 6.70 (*dd*, *J*=8.0, 2.0 Hz, H-C(6)) 1,3,4-ჩანაცვლებული ბენზოლის ბირთვის, ხოლო ორი მეთილენის პროტონის δ 4.00-3.75 (*m*, CH<sub>2</sub>(8)) და 2.83 (*t*, *J*=7.5 Hz, CH<sub>2</sub>(7)) კი ფენილეთილის ნაშთის არსებობის მაჩვენებელია. მეთოქსი ჯგუფების მდებარეობა აცილურ - და აგლიკონის ნაშთების C(3''''') და C(3) ნახშირბად ატომებთან დადგინდა HMBC სპექტრის კორელაციური პიკებით (δ 3.89 (MeO-C(3'''''))/δ 149.1 C(3''''') და δ 3.82 (MeO-C(3))/δ 147.0 C(3)). შაქროვანი ნაწილის <sup>1</sup>H-NMR სპექტრში, აღინიშნება ოთხი ანომერული პროტონის δ 4.65 (*d*, *J*=7.9 Hz, H-C(1''')), 4.64 (*d*, *J*=1.5 Hz, H-C(1''')), 4.54 (*d*, *J*=7.2 Hz, H-C(1'''')) და ერთი მეთილის ჯგუფის δ 1.21 (*d*, *J*=6.5 Hz, CH<sub>3</sub>(6'''')) სიგნალები. <sup>13</sup>C-NMR სპექტრში ჩანს 41 ნახშირბადის სიგნალი, რომლებიც მიეკუთვნებიან - ფერულის მჟავას, ორი β-D-გლუკოპირანოზის, α-L-რამნოპირანოზის და α-L-არაბინოპირანოზის ნაშთებს [10]. <sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H COSY, HSQC და HMBC სპექტრებით შესაძლებელი გახდა ნივთიერება **1**-ის ყველა პროტონის და ნახშირბადის ქიმიური ძვრადობის აღწერა (ცხრილი 1). HMBC სპექტრში აღინიშნება კორელაციური პიკები δ 4.51 (H-C(1'''))/δ 71.9 C(8) და δ 4.99 (H-C(4'''))/δ 167.5 C(9'), რომლებიც მიუთითებენ 3-მეთოქსი,4-ოქსიფენილეთილის და ფერულის მჟავას ჩანაცვლებას ცენტრალური გლუკოზის C(1') და C(4') მდგომარეობაში, შესაბამისად. ამასთან, კორელაციური პიკები ანომერულ პროტონებსა და გლიკოზირებულ ნახშირბადებს შორის δ 4.65 (H-C(1'''))/δ 81.1 C(3'), δ 4.64 (H-C(1''''))/δ 67.2 C(6') და δ 4.54 (H-C(1''''))/δ 82.3 C(2') ადასტურებენ მონოსაქარიდების რაოდენობას და ჩანაცვლების პოზიციას.

ამგვარად, ნივთიერება **1**-ისთვის დადგინდა სტრუქტურა: 2-(3-მეთოქსი,4-ჰიდროქსიფენილ)ეთილ O-β-D-გლუკოპირანოზილ-(1→3)-O-[α-L-რამნოპირანოზილ-(1→6)]-[α-L-არაბინოპირანოზილ-(1→2)]-4-O-(E)-ფერულოილ-β-D-გლუკოპირანოზიდი. იგი ლიტერატურაში არ არის აღწერილი, ახალი ორგანული ნივთიერება გახლავთ და **ფერუგოზიდი A** ეწოდა.



ფერუგოზიდი A

ცხრილი 1. ნივთიერება 1-ის  $^1H$ -და  $^{13}C$ -NMR ( $CD_3OD$ , 600 MHz) სპექტრების მონაცემები ( $\delta$  ppm-ში,  $J$  Hz-ში)

აგლიკონი:	C(1)	132.2	-
	C(2)	116.7	6.73 ( <i>d</i> , $J=2.0$ )
	C(3)	147.0	-
	C(4)	146.8	-
	C(5)	112.5	6.83 ( <i>d</i> , $J=8.0$ )
	C(6)	120.8	6.70 ( <i>dd</i> , $J=8.0, 2.0$ )
	C(7)	36.5	2.83 ( <i>t</i> , $J=7.5$ )
	C(8)	71.9	3.75-4.00 ( <i>m</i> )
	MeO-C(3)	56.2	3.82 ( <i>s</i> )
ცენტრალური გლუკოზა:	C(1')	103.2	4.51( <i>d</i> , $J=8.0$ )
	C(2')	82.3	3.70 ( <i>dd</i> , $J=9.4, 8.0$ )
	C(3')	81.1	4.10 ( <i>t</i> , $J=9.4$ )
	C(4')	70.2	4.99( <i>t</i> , $J=9.4$ )
	C(5')	74.1	3.71 ( <i>m</i> )
	C(6')	67.2	3.77 ( <i>m</i> ), 3.50 ( <i>m</i> )
გლუკოზა (1→3):	C(1'')	104.1	4.65 ( <i>d</i> , $J=7.9$ )
	C(2'')	75.2	3.10 ( <i>dd</i> , $J=9.3, 7.9$ )
	C(3'')	77.7	3.29 ( <i>t</i> , $J=9.3$ )
	C(4'')	71.7	3.02 ( <i>t</i> , $J=9.4$ )
	C(5'')	77.8	3.23 ( <i>ddd</i> , 9.4, 6.5, 2.5)
	C(6'')	63.0	3.79 ( <i>dd</i> , $J=11.8, 2.5$ ) 3.44 ( <i>dd</i> , $J=12.0, 6.4$ )
რამნოზა (1→6):	C(1''')	101.8	4.64 ( <i>d</i> , $J=1.5$ )
	C(2''')	71.8	3.84 ( <i>m</i> )
	C(3''')	72.1	3.65 ( <i>m</i> )
	C(4''')	73.7	3.34 ( <i>t</i> , $J=9.5$ )
	C(5''')	69.6	3.61 ( <i>m</i> )
	C(6''')	17.8	1.21 ( <i>d</i> , $J=6.5$ )
არაბინოზა (1→2):	C(1''''')	105.1	4.54 ( <i>d</i> , $J=7.2$ )
	C(2''''')	72.9	3.57 ( <i>obsc</i> )
	C(3''''')	74.8	3.49 ( <i>dd</i> , $J=9.0, 3.4$ )
	C(4''''')	69.5	3.73 ( <i>m</i> )
	C(5''''')	67.0	3.77 ( <i>br d</i> , $J=12.0$ ) 3.20 ( <i>dd</i> , $J=12.5, 1.0$ )
ფერულის მუკავა	C(1''''''')	127.3	-
	C(2''''''')	111.5	7.21 ( <i>d</i> , $J=2.0$ )
	C(3''''''')	149.1	-
	C(4''''''')	150.2	-
	C(5''''''')	116.1	6.80 ( <i>d</i> , $J=8.0$ )
	C(6''''''')	124.0	7.10 ( <i>dd</i> , $J=8.0, 2.0$ )
	C(7')	147.1	7.67 ( <i>d</i> , $J=16.0$ )
	C(8')	115.3	6.42 ( <i>d</i> , $J=16.0$ )
	C(9')	167.5	-
MeO-C(3''''''')	56.3	3.89 ( <i>s</i> )	

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. საქართველოს ფლორა XII. თბ. „მეცნიერება“, მეორე გამოცემა, 1999, 398 გვ.
2. Э. П. Кемертелидзе. Химическое исследование наперстянки реснитчаиой. Тб. «Мецნიერება», 1977, 177 с.

3. ნ. მასხულია. Digalen-neo. თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი ქიმიურ-ფარმაცევტული ინსტიტუტის შრომათა კრებული, **1941**, IV, 7-9,
4. К. П. Косман. Digalen-neo, как сердечное средство. Клиническая медицина, **1960**, 15(12), 1460
5. Э. П. Кемертелидзе. Новый метод приготовления сердечного средства Digalen-neo. Сообщ. АН ГССР, **1960**, 25(3), 285-288.
6. A. Sloll, J. Renz. Herzglykoside der Digitalis ferruginea L. 29. Mitteilung über Herzglykoside. Helvetica Chimica Acta, **1952**, 35(4), 1310-1318
7. И.Ф. Макаревич, Н.В Ковганко, И.С Чекман, Г.В Загорий, Кардиотоническое стероиды, Харьков, „Оригинал“, **2009**, 688 с.
8. Q. Jin, H. G. Jin, J.E. Shin, J. Hong, E. R. Woo. Phenylethanoid glycosides from Digitalis purpurea L. *Bull. Korean Chem. Soc.*, **2011**, 32, 1721-1724
9. Н. Kirmizibekmez, E. Celep, M. Masullo, C. Bassarello, E. Yesilada, S. Piacente. Phenylethyl glycosides from *Digitalis lanata*. Helvetica Chimica Acta, **2009**, 92(9), 1845-1852
10. A. Skhirtladze, E. Kemertelidze, V. Nebieridze, M. Ganzera. Phenylethanoid glycosides from the roots of *Digitalis ciliata* Trautv. Helvetica Chimica Acta, **2016**, 99, 3, 241-245.

### NEW PHENYLETHANOID FROM *Digitalis ferruginea* L.

T.Kopaliani<sup>1</sup>, V.Nebieridze<sup>1,2</sup>, A.Skhirtladze<sup>2</sup>, N.Sakvarelidze<sup>2</sup>, E.Kemertelidze<sup>2</sup>, M.Ganzera<sup>3</sup>

<sup>1</sup> St. Andrew the First-Called Georgian University of the Patriarchate of Georgia, 52<sup>a</sup> I. Chavchavadze ave., 0179 Tbilisi, Georgia

<sup>2</sup> Iovel Kutateladze Institute of Pharmacochimistry, 36 P. Sarajishvili st., 0159 Tbilisi, Georgia

<sup>3</sup> Institute of Pharmacy, Pharmacognosy, University of Innsbruck, Innrain 80 - 82, 6020 Innsbruck, Austria

### SUMMARY

From the pericarp of *Digitalis ferruginea* L. are isolated and identified three phenylethanoid glycosides. The structures of isolated compounds were established by classical physical, chemical methods and modern spectral analysis mono- and bidimensional NMR (<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, HSQC, HMBC, COSY) and mass-spectroscopy (ESI/MS) data. One of them new compound with following structure: 2-(3-methoxy,4-hydroxyphenyl)ethyl O-β-D-glucopyranosyl-(1→3)-O-[α-L-rhamnopyranosyl-(1→6)]-[α-L-arabinopyranosyl-(1→2)]-4-O-(E)-feruloil-β-D-glucopyranoside.

### НОВЫЙ ФЕНИЛЭТАНОИД ИЗ *Digitalis ferruginea* L.

Т.Копалиани<sup>1</sup>, В.Небиеридзе<sup>1,2</sup>, А.Схиртладзе<sup>2</sup>, Э.Кемертелидзе<sup>2</sup>, Н.Сакварелидзе<sup>2</sup>, М.Ганцера<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Грузинский Университет Св. Андрия Первозванного Патриархата Грузии, 0179 Тбилиси, просп. И. Чавчавадзе 52<sup>а</sup>, Грузия

<sup>2</sup> ТГМУ Институт Фармакохимии им. И. Г. Кутателадзе, 0159 Тбилиси, ул. П. Сарадживили 36, Грузия

<sup>3</sup> Институт Фармации, Департамент Фармакогнозии, Университет Иннсбрука, Иннраин 80-82, Иннсбрук, Австрия

### РЕЗЮМЕ

Из перикарпия *Digitalis ferruginea* L. – наперстянки ржавой выделены и идентифицированы три фенилетанойдные гликозиды. Структуры выделенных веществ были установлены классическими физико-химическими методами и современным спектральным анализом с помощью моно- и двухмерным ЯМР (<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, HSQC, HMBC, COSY) и масс-спектропии (ESI/MS). Один из них новое соединение с структурой: 2-(3-метокси,4-гидроксифенил)этил О-β-D-глюкопиранозил-(1→3)-О-[α-L-рамнопиранозил-(1→6)]-[α-L-арабинопиранозил-(1→2)]-4-O-(E)-ферулоил-β-D-глюкопиранозид.

## ХИМИЯ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ФЕНОЛОКАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ФЛАВОНОИДЫ ЦВЕТКОВ *Yucca gloriosa* L.М.М.Бенидзе<sup>1</sup>, В.Г.Небиеридзе<sup>1</sup>, А.В.Схиртладзе<sup>1</sup>, Э.П.Кемертелидзе<sup>1</sup>, М.Ганцера<sup>2</sup><sup>1</sup> ТГМУ Институт Фармакохимии им. И. Г. Кутателадзе,  
0159 Тбилиси, ул. П. Сарадживили 36, Грузия<sup>2</sup> Институт Фармации, Департамент Фармакогнозии, университет Иннсбрука,  
Иннраин 80-82, Иннсбрук, Австрия  
[ether\\_kemertelidze@yahoo.com](mailto:ether_kemertelidze@yahoo.com)

Из цветков *Yucca gloriosa* L. – юкки славной, интродуцированной в Грузии в промышленном масштабе, изолированы и идентифицированы 3 фенолокарбонные кислоты: п-оксибензойная, феруловая и п-кумаровая и 3 флавоноидные гликозиды: рутин, кемпферол-3-О-рутинозид и изорамнетин-3-О-рутинозид. Выделенные вещества были идентифицированы с помощью физико-химическими показателями и современных спектральных методов анализа – моно- и двухмерным ЯМР (<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, HSQC, COSY, HMBC) и масс-спектропии (ESI/MS). Все вещества из *Yucca gloriosa* L. выделены впервые.

Изучение химического состава *Yucca gloriosa* L. – юкки славной интродуцированной в Грузии в промышленном масштабе предмет наших многолетних исследований [1]. Из отдельных органов растения выделены несколько десятков стероидных сапогенинов и гликозидов. Юкка славная обильно цветет, образует крупные с большим числом цветков соцветия. У растений, цветущих впервые развивается одно, а в последующие годы чаще по 3-4 соцветия. Цветет дважды в год – весной и осенью, причем массовое цветение растения наблюдается весной [2]. В предыдущие годы на основе стероидных гликозидов цветков юкки славной разработан препарат под названием «Алексин» - эффективный стимулятор роста и развития сельскохозяйственных культур [3].

Продолжая изучение химического состава цветков 200 г воздушно-сухой растительный материал, собранный на тбилисском опытном участке лекарственных растений института Фармакохимии им И. Г. Кутателадзе в июне 2014 г., извлекали 70%-ным метанолом при температуре кипения растворителя. После отгонки спирта, водную жидкость очищали хлороформом, переносили на колонке Diaion HP-20 и элюировали градиентной системой H<sub>2</sub>O-MeOH (10:0-7:3), собирали 2 фракции по 500 мл. Из водного элюата после отгонки растворителя остался твердый остаток в количестве 61 г, из 30% MeOH – 2.5 г. Последний хроматографировали последовательно на колонке Sephadex LH-20 и на силикагеле, были изолированы 6 индивидуальных соединений - вещества **1** (2.3 мг), **2** (1.9 мг), **3** (2.7 мг), **4** (6.3 мг), **5** (4.2 мг), **6** (4.1 мг).

Структуры полученных веществ установлены по физико-химическим показателям, данными УФ и ЯМР (<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, HSQC, COSY, HMBC) спектроскопии.

Вещество **1**. Белый порошок, C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>, т.пл. 208-210°C. УФ-спектр: λ<sub>max</sub> (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) 230, 315 нм. <sup>1</sup>H ЯМР (CD<sub>3</sub>OD, 600 МГц, δ в м.д): 7.87 (д, J=8.7, H-2 и H-6), 6.81 (д, J=8.7, H-3 и H-5). <sup>13</sup>C ЯМР (CD<sub>3</sub>OD, 600 МГц, δ в м.д): 123.5 (C-1), 133.0 (C-2, C-6), 115.7 (C-3, C-5), 163.1 (C-4), 170.5 (C-7). Полученными данными и сравнением с достоверным образцом и с литературными сведениями его идентифицировали с п-оксибензойной кислотой [4].

Вещество **2**. Белый порошок с желтоватым оттенком, C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>, т.пл. 166-168°C. УФ-спектр: λ<sub>max</sub> (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) 235, 320 нм. <sup>1</sup>H ЯМР (CD<sub>3</sub>OD, 600 МГц, δ в м.д): 7.12 (д, J=2.0, H-2), 6.80 (д, J=8.0, H-5), 7.03 (дд, J=2.0, 8.0, H-6), 7.44 (д, J=16.0, H-7), 6.40 (д, J=16.0, H-8), 3.89 (с, OMe). <sup>13</sup>C ЯМР (CD<sub>3</sub>OD, 600 МГц, δ в м.д): 127.8 (C-1), 112.0 (C-2), 149.2 (C-3), 148.0 (C-4), 116.0 (C-5), 122.8 (C-6), 144.7 (C-7), 116.5 (C-8), 171.5 (C-9), 56.2 (OMe). Сравнением с литературными данными достоверным образцом он охарактеризован как феруловая кислота [4].

Вещество **3**. Белый порошок, C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>, т.пл. 206-209°C. УФ-спектр: λ<sub>max</sub> (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) 228, 310 нм. <sup>1</sup>H ЯМР (CD<sub>3</sub>OD, 600 МГц, δ в м.д): 7.43 (д, J=8.7, H-2 и H-6), 6.80 (д, J=8.7, H-3 и H-5). 7.56 (д, J=16.0, H-7), 6.29 (д, J=16.0, H-8). <sup>13</sup>C ЯМР (CD<sub>3</sub>OD, 600 МГц, δ в м.д): 127.6 (C-1), 130.6 (C-2, C-6), 116.1 (C-3, C-5), 161.0 (C-4), 145.3 (C-7), 116.7 (C-8), 172.0 (C-9). Вещество **3** оказалось п-кумаровой кислотой [4].



Вещество 4. Желтый порошок,  $C_{27}H_{30}O_{16} \cdot 2H_2O$ , т.пл. 187-190°C,  $[\alpha]_D^{20} - 35.9^\circ$  (с 0.3 метанол), УФ-спектр:  $\lambda_{max}$  ( $C_2H_5OH$ ) 260, 360 нм.  $^1H$  ЯМР ( $CD_3OD$ , 600 МГц,  $\delta$  в м.д): 6.21 (д, J=2.0, H-6), 6.40 (д, J=2.0, H-8), 7.67 (д, J=2.0, H-2'), 6.88 (д, J=8.0, H-5'), 7.63 (дд, J=2.0, 8.0, H-6'), 5.22 (д, J=7.8, H-1 Glc), 4.52 (д, J=1.8, H-1 Rha).  $^{13}C$  ЯМР ( $CD_3OD$ , 600 МГц,  $\delta$  в м.д): 158.4 (C-2), 135.0 (C-3), 179.3 (C-4), 162.7 (C-5), 99.8 (C-6), 164.9 (C-7), 94.6 (C-8), 158.5 (C-9), 105.1 (C-10), 123.0 (C-1'), 117.1 (C-2'), 149.7 (C-3'), 145.6 (C-4'), 115.7 (C-5'), 123.2 (C-6'), 104.4 (C-1 Glc), 102.1 (C-1 Rha). Вещество 4 идентифицировано как кверцетин 3-О-рутинозид – рутин [5].

Вещество 5. Желтый порошок,  $C_{27}H_{30}O_{15}$ , т.пл. 206-208°C,  $[\alpha]_D^{20} - 29^\circ$  (с 0.15 этанол), УФ-спектр:  $\lambda_{max}$  ( $C_2H_5OH$ ) 267, 353 нм.  $^1H$  ЯМР ( $CD_3OD$ , 600 МГц,  $\delta$  в м.д): 6.13 (д, J=2.0, H-6), 6.31 (д, J=2.0, H-8), 7.99 (д, J=8.5, H-2' и H-6'), 6.82 (д, J=8.5, H-3' и H-5'), 5.23 (д, J=7.8, H-1 Glc), 4.52 (д, J=1.8, H-1 Rha).  $^{13}C$  ЯМР ( $CD_3OD$ , 600 МГц,  $\delta$  в м.д): 159.0 (C-2), 134.2 (C-3), 175.5 (C-4), 161.9 (C-5), 100.0 (C-6), 165.2 (C-7), 94.8 (C-8), 157.5 (C-9), 104.5 (C-10), 122.7 (C-1'), 132.1 (C-2', C-6'), 116.0 (C-3', C-5'), 161.5 (C-4'), 104.4 (C-1 Glc), 102.2 (C-1 Rha). Вещество оказалось кемпферол 3-О-рутинозидом [5].

Вещество 6. Желтый порошок,  $C_{28}H_{32}O_{16} \cdot 2H_2O$ , т.пл. 179-181°C,  $[\alpha]_D^{20} - 31.5^\circ$  (с 0.3 диметил-формамид), УФ-спектр:  $\lambda_{max}$  ( $C_2H_5OH$ ) 254, 356 нм.  $^1H$  ЯМР ( $CD_3OD$ , 600 МГц,  $\delta$  в м.д): 6.20 (д, J=2.0, H-6), 6.40 (д, J=2.0, H-8), 7.94 (д, J=2.0, H-2'), 6.91 (д, J=8.0, H-5'), 7.62 (дд, J=2.0, 8.0, H-6'), 5.23 (д, J=7.8, H-1 Glc), 4.53 (д, J=1.8, H-1 Rha), 3.94 (с, OMe).  $^{13}C$  ЯМР ( $CD_3OD$ , 600 МГц,  $\delta$  в м.д): 158.8 (C-2), 135.4 (C-3), 179.3 (C-4), 163.0 (C-5), 99.7 (C-6), 166.0 (C-7), 94.5 (C-8), 158.5 (C-9), 105.6 (C-10), 122.9 (C-1'), 114.2 (C-2'), 148.2 (C-3'), 150.6 (C-4'), 115.8 (C-5'), 123.6 (C-6'), 104.4 (C-1 Glc), 102.4 (C-1 Rha), 56.6 (OMe). Вещество 6 охарактеризовано как изорамнетин 3-О-рутинозид [5].

Все описанные вещества из *Yucca gloriosa* L. выделены и идентифицированы впервые.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Э. П. Кемертелидзе, Т. А. Пхеидзе. Стероидные соединения некоторых растений произрастающих в Грузии. Тбилиси «Мецნიერება» 1993, 183 с.
2. А. Я. Штротберг, А. С. Мурадбекова. Структура соцветия и биология цветения *Yucca gloriosa* L. Растительные ресурсы, 1976, 12, 1, 15-24
3. E. Kemertelidze, M. Benidze. Steroidal glycosides of *Yucca gloriosa* and their influence on plant growth. Bull. Georg. Acad. Sci. 2001, 164, 91-93
4. П. Хожамбергенова, К. Ф. Блинова. Фенолкарбонные кислоты *Astragalus flexus*. Хим. природ. соед., 1980, 4, 571
5. Д. Ю. Корюлькин, Ж. А. Абилов, Р. А. Музычкина, Г. А. Толстикова. Природные флавоноиды, Новосибирск, Академическое издательство, «Гео», 2007, 232 с.

#### *Yucca gloriosa* L. ყვავილების ფენოლკარბონმჟავები და ფლავონოიდები

მ.ბენიძე<sup>1</sup>, ვ.ნებერიძე<sup>1</sup>, ა.სხირტლაძე<sup>1</sup>, ე.ქემერტელიძე<sup>1</sup>, მ.განჯერა<sup>2</sup>

<sup>1</sup> თსუ იოვლ კუთათელაძის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტი, 0159 თბილისი, პ. სარაჯიშვილის 36, საქართველო

<sup>2</sup> ფარმაციის ინსტიტუტი, ფარმაცოგნოზის დეპარტამენტი, ინსბრუკის უნივერსიტეტი, ინრაინის 80-82, ინსბრუკი, ავსტრია

#### რეზიუმე

საქართველოში სამრეწველო მასშტაბით ინტროდუცირებული *Yucca gloriosa* L. - იუკა დიდებულის ყვავილებიდან იზოლირებული და იდენტიფიცირებულია 3 ფენოლკარბონმჟავა: პ-ოქსიბენზოის, ფერულის და პ-კუმარის, ასევე 3 ფლავონოიდური გლიკოზიდი: რუტინი, კემპეროლის-3-О-რუტინოზიდი და იზორამნეტინის-3-О-რუტინოზიდი. ნივთიერებები იდენტიფიცირებულია ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლებით და თანამედროვე სპექტრალური ანალიზის მეთოდების - ერთ- და ორგანოზომილეთიანი ზმრ ( $^1H$ ,  $^{13}C$ , HSQC, COSY, HMBC) და მას-სპექტროსკოპიის (ESI/MS) გამოყენებით, რომლებიც *Yucca gloriosa*-დან პირველად გამოყოფილი.

#### PHENYLCARBOXYLIC ACIDS AND FLAVONOIDS FROM FLOWERS OF *Yucca gloriosa* L.

M. Benidze<sup>1</sup>, V. Nebieridze<sup>1</sup>, A. Skhirtladze<sup>1</sup>, E. Kemertelidze<sup>1</sup>, M. Ganzera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> TSMU Iovel Kutateladze Institute of Pharmacochemistry, 36 P. Sarajishvili st., 0159 Tbilisi, Georgia

<sup>2</sup> Institute of Pharmacy, Pharmacognosy, University of Innsbruck, Innrain 80 - 82, 6020 Innsbruck, Austria

#### SUMMARY

From the flowers of *Yucca gloriosa* L., Introduced in the Georgia in the industrial scale, are isolated and identified 3 phenylcarboxylic acids: p-oxybenzoic, ferulic and p-coumaric acids, as well as 3 flavonoid glycosides: rutin, kaempferol 3-O-rutinoside and isorhamnetin 3-O-rutinoside. The compounds were identified by physical and chemical characteristics and modern spectral analysis mono- and bidimensional NMR ( $^1H$ ,  $^{13}C$ , HSQC, HMBC, COSY) and mass-spectroscopy (ESI/MS) data. These compounds were isolated for the first time from *Yucca gloriosa*.

## ФАРМАКОХИМИЯ

### ИЗУЧЕНИЕ СЫПУЧЕСТИ ПОРОШКОВ НЕКОТОРЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

П.А.Явич, Л.И.Чурадзе, М.З.Кахетелидзе, М.А.Габелая

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

На примере 14 видов измельченных до состояния порошка растений, отличающихся морфологическим строением и химическим составом, изучены некоторые физико-химические параметры – величина сыпучести, насыпная и объемная массы, угол естественного откоса. Исследование проводилось как для отдельных растений, для отдельных растений в присутствии различного количества инертного наполнителя, так и для смеси различных растений с наполнителем и без. Полученные данные позволяют прогнозировать изменение технологических характеристик подобных систем в конкретных технологических процессах.

Сыпучесть порошков лекарственных растений является одной из основных характеристик при осуществлении их капсулирования, таблетирования, получения порошкообразных субстанций и т.п. [ 1,2 ]. Методика ее изучения включает нахождение величин угла естественного откоса<sup>0</sup>, насыпной массы  $г/см^3$ , объемной плотности  $г/см^3$ . В данном сообщении описывается определение значений этих параметров для отдельных видов порошкообразно измельченного сырья без наличия инертного наполнителя и в его присутствии, а также влияние наличия в порошке смеси разных растений, различающихся как по анатомическому строению, так и по химическому составу.

При определении величины сыпучести использовалась формула  $W=M / 0,785 \cdot d^2 \cdot S$ , где W- величина сыпучести, M- масса порошка, d- диаметр отверстия из которого высыпается порошок в мм., S- время высыпания порошка, сек. Остальные параметры определялись, руководствуясь Фармакопеями разных выпусков.

Данные по величинам некоторых физико-химических параметров в отсутствие инертного наполнителя приводятся в табл.1.

**Таблица 1.** Физико- химические параметры порошкообразного растительного материала в отсутствие инертного наполнителя. (Размер частиц порошка менее 0,2мм).

№	Наименование растения	Сыпучесть $г/см^2/мин$	Угол естественного откоса <sup>0</sup>	Насыпная массы, $г/см^3$	Объемная плотность $г/см^3$
1	Листья лавра благородного	Wm=0,78	50-60	P=0,50	Q=1,3
2	Листья шалфея	Wm=0,46	60-70	P=0,36	Q=0,52
3	Листья скумпии	Wm=1,07	50-60	P=0,40	Q=0,55
4	Цветки ромашки аптечной	Wm=0,64	60-70	P=0,26	Q=0,38
5	Листья эвкалипта ланцевидного	Wm=1,36	60-70	P=0,42	Q=0,59
6	Листья мяты	Wm=0,54	50-60	P=0,34	Q=0,49
7	Листья эвкалипта	Wm=1,17	50-60	P=0,32	Q=0,49
8	Листья мелисы	Wm=1,14	50-60	P=0,32	Q=0,57
9	Листья крапивы	Wm=0,89	60-70	P=0,38	Q=0,56
10	Листья подорожника	Wm=0,62	60-70	P=0,88	Q=0,58
11	Трава зверобоя	Wm=2,27	50-60	P=0,44	Q=0,59
12	Листья лимона	Wm=2,08	50-60	P=0,40	Q=0,50
13	Листья мандарина	Wm=3,2	40-50	P=0,40	Q=0,52
14	Трава чабреца	Wm=0,82	60-70	P=0,32	Q=0,44
15	Листья сумаха	Wm=1,2	60-70	P=0,42	Q=0,6

Значительная разброс величины сыпучести объясняется, как геометрической разницей в частицах сырья после измельчения( наличием в нем частиц не только листьев и цветков, но и остатков стеблей, прожилок листа различной конфигурации), так и химическим составом растения. Исходя из полученных результатов, наибольшей величиной сыпучести обладают листья лимона, мандарина, скумпии, сумаха, эвкалипта, зверобоя- растений, содержащих в большем количестве

эфирные масла. Очевидно, они создают вокруг измельченного материала своеобразную подушку, способствующую увеличению коэффициента скольжения. Следует отметить, что по литературным данным, при измельчении различных веществ они могут приобретать разноименные заряды на своей поверхности, что так же может влиять на величину сыпучести.

Во второй части исследования изучалось влияние введения инертного наполнителя с малым размером частиц на изменение физико-химических характеристик порошкообразного растительного материала (табл. 2). В качестве наполнителя использован карбонат кальция с дисперсностью частиц 20 и менее микрон.

**Таблица 2.** Влияние концентрации инертного наполнителя на физико-химические параметры получаемых порошков.

№	Наименование растения	Содержание инертного наполнителя %	Сыпучесть г/см <sup>2</sup> /мин	Угол откоса <sup>0</sup> (усредненные данные)	Насыпная масса, г/см <sup>3</sup>	Объемная плотность, г/см <sup>3</sup> .
1	2	3	4	5	6	7
1	Листья шалфея	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0 45,5	W <sub>1</sub> =0,47 W <sub>2</sub> =0,65 W <sub>3</sub> =0,93 W <sub>4</sub> =1,09 W <sub>5</sub> =1,18 W <sub>6</sub> =1,40	50-60	P <sub>1</sub> =0,66 P <sub>2</sub> =0,62 P <sub>3</sub> =0,56 P <sub>4</sub> =0,49 P <sub>5</sub> =0,48 P <sub>6</sub> =0,46	Q <sub>1</sub> =1,0 Q <sub>2</sub> =0,98 Q <sub>3</sub> =0,89 Q <sub>4</sub> =0,85 Q <sub>5</sub> =0,80 Q <sub>6</sub> =0,79
2	Листья лавра благородного	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0 45,5	W <sub>1</sub> =0,49 W <sub>2</sub> =0,61 W <sub>3</sub> =0,63 W <sub>4</sub> =0,81 W <sub>5</sub> =0,80 W <sub>6</sub> =0,90	50-60	P <sub>1</sub> =0,70 P <sub>2</sub> =0,68 P <sub>3</sub> =0,64 P <sub>4</sub> =0,62 P <sub>5</sub> =0,60 P <sub>6</sub> =0,55	Q <sub>1</sub> =1,30 Q <sub>2</sub> =1,20 Q <sub>3</sub> =1,04 Q <sub>4</sub> =0,97 Q <sub>5</sub> =0,91 Q <sub>6</sub> =0,88
3	Листья скуппии	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0 45,5	W <sub>1</sub> =0,98 W <sub>2</sub> =0,92 W <sub>3</sub> =0,97 W <sub>4</sub> =1,30 W <sub>5</sub> =1,00 W <sub>6</sub> =1,04	50-60	P <sub>1</sub> =0,68 P <sub>2</sub> =0,65 P <sub>3</sub> =0,62 P <sub>4</sub> =0,60 P <sub>5</sub> =0,60 P <sub>6</sub> =0,50	Q <sub>1</sub> =1,10 Q <sub>2</sub> =0,98 Q <sub>3</sub> =0,93 Q <sub>4</sub> =1,93 Q <sub>5</sub> =0,91 Q <sub>6</sub> =0,75
4	Цветки ромашки аптечной	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0 45,5	W <sub>1</sub> =0,62 W <sub>2</sub> =0,78 W <sub>3</sub> =1,08 W <sub>4</sub> =1,32 W <sub>5</sub> =1,56 W <sub>6</sub> =1,60	60-70	P <sub>1</sub> =0,75 P <sub>2</sub> =0,70 P <sub>3</sub> =0,68 P <sub>4</sub> =0,60 P <sub>5</sub> =0,55 P <sub>6</sub> =0,50	Q <sub>1</sub> =1,30 Q <sub>2</sub> =0,89 Q <sub>3</sub> =0,89 Q <sub>4</sub> =0,84 Q <sub>5</sub> =0,80 Q <sub>6</sub> =0,75
5	Листья эвкалипта	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0 45,5	W <sub>1</sub> =2,76 W <sub>2</sub> =1,92 W <sub>3</sub> =2,01 W <sub>4</sub> =1,87 W <sub>5</sub> =1,41 W <sub>6</sub> =1,30	40-50	P <sub>1</sub> =0,72 P <sub>2</sub> =0,70 P <sub>3</sub> =0,68 P <sub>4</sub> =0,64 P <sub>5</sub> =0,62 P <sub>6</sub> =0,60	Q <sub>1</sub> =1,25 Q <sub>2</sub> =1,20 Q <sub>3</sub> =1,10 Q <sub>4</sub> =1,07 Q <sub>5</sub> =1,03 Q <sub>6</sub> =0,97
6	Листья мяты	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0 45,5	W <sub>1</sub> =1,07 W <sub>2</sub> =1,15 W <sub>3</sub> =1,44 W <sub>4</sub> =1,49 W <sub>5</sub> =1,16 W <sub>6</sub> =1,07	60-70	P <sub>1</sub> =0,68 P <sub>2</sub> =0,60 P <sub>3</sub> =0,58 P <sub>4</sub> =0,58 P <sub>5</sub> =0,50 P <sub>6</sub> =0,50	Q <sub>1</sub> =1,14 Q <sub>2</sub> =1,05 Q <sub>3</sub> =1,00 Q <sub>4</sub> =0,97 Q <sub>5</sub> =0,90 Q <sub>6</sub> =0,86
7	Листья мяты	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0 45,5	W <sub>1</sub> =1,30 W <sub>2</sub> =1,27 W <sub>3</sub> =1,41 W <sub>4</sub> =1,37 W <sub>5</sub> =1,49 W <sub>6</sub> =1,49	60-70	P <sub>1</sub> =0,70 P <sub>2</sub> =0,68 P <sub>3</sub> =0,60 P <sub>4</sub> =0,58 P <sub>5</sub> =0,54 P <sub>6</sub> =0,48	Q <sub>1</sub> =1,20 Q <sub>2</sub> =1,15 Q <sub>3</sub> =1,10 Q <sub>4</sub> =0,90 Q <sub>5</sub> =0,88 Q <sub>6</sub> =0,83
8	Листья крапивы	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0 45,5	W <sub>1</sub> =1,31 W <sub>2</sub> =1,59 W <sub>3</sub> =1,95 W <sub>4</sub> =1,82 W <sub>5</sub> =1,53 W <sub>6</sub> =1,21	50-60	P <sub>1</sub> =0,70 P <sub>2</sub> =0,68 P <sub>3</sub> =0,66 P <sub>4</sub> =0,62 P <sub>5</sub> =0,58 P <sub>6</sub> =0,54	Q <sub>1</sub> =1,16 Q <sub>2</sub> =1,10 Q <sub>3</sub> =1,03 Q <sub>4</sub> =0,97 Q <sub>5</sub> =0,94 Q <sub>6</sub> =0,88

9	Листья подорожника	83,0	$W_1=1,53$	50-60	$P_1=0,70$	$Q_1=1,20$
		71,0	$W_2=2,18$		$P_2=0,68$	$Q_2=1,10$
		62,5	$W_3=1,98$		$P_3=0,64$	$Q_3=1,03$
		55,5	$W_4=1,19$		$P_4=0,62$	$Q_4=0,97$
		50,0	$W_5=1,32$		$P_5=0,62$	$Q_5=0,91$
		45,5	$W_6=0,94$		$P_6=0,60$	$Q_6=0,86$
10	Трава зверобоя	83,0	$W_1=1,55$	60-70	$P_1=0,72$	$Q_1=1,25$
		71,0	$W_2=1,03$		$P_2=0,70$	$Q_2=1,20$
		62,5	$W_3=2,65$		$P_3=0,68$	$Q_3=1,08$
		55,5	$W_4=1,75$		$P_4=0,68$	$Q_4=1,03$
		50,0	$W_5=1,38$		$P_5=0,66$	$Q_5=1,00$
		45,5	$W_6=1,57$		$P_6=0,64$	$Q_6=0,97$
11	Листья лимона	83,0	$W_1=1,02$	50-60	$P_1=0,70$	$Q_1=1,16$
		71,0	$W_2=0,99$		$P_2=0,68$	$Q_2=1,00$
		62,5	$W_3=1,35$		$P_3=0,64$	$Q_3=1,07$
		55,5	$W_4=1,38$		$P_4=0,66$	$Q_4=1,03$
		50,0	$W_5=1,33$		$P_5=0,66$	$Q_5=0,97$
		45,5	$W_6=1,25$		$P_6=0,64$	$Q_6=0,88$
12	Трава чабреца	83,0	$W_1=1,29$	40-50	$P_1=0,72$	$Q_1=1,20$
		71,0	$W_2=1,34$		$P_2=0,70$	$Q_2=1,10$
		62,5	$W_3=1,16$		$P_3=0,68$	$Q_3=1,00$
		55,5	$W_4=1,08$		$P_4=0,66$	$Q_4=0,94$
		50,0	$W_5=1,41$		$P_5=0,64$	$Q_5=0,81$
		45,5	$W_6=1,45$		$P_6=0,56$	$Q_6=0,78$
13	Листья мандарина	83,0	$W_1=2,08$	50-60	$P_1=0,88$	$Q_1=1,22$
		71,0	$W_2=1,47$		$P_2=0,80$	$Q_2=1,10$
		62,5	$W_3=1,26$		$P_3=0,80$	$Q_3=1,00$
		55,5	$W_4=1,49$		$P_4=0,74$	$Q_4=1,00$
		50,0	$W_5=1,47$		$P_5=0,70$	$Q_5=0,94$
		45,5	$W_6=1,41$		$P_6=0,70$	$Q_6=0,91$
14	Листья эвкалипта	83,0	$W_1=1,96$	50-60	$P_1=0,75$	$Q_1=1,25$
		71,0	$W_2=1,41$		$P_2=0,70$	$Q_2=1,15$
		62,5	$W_3=1,79$		$P_3=0,70$	$Q_3=1,07$
		55,5	$W_4=1,51$		$P_4=0,68$	$Q_4=1,00$
		50,0	$W_5=1,26$		$P_5=0,66$	$Q_5=0,94$
		45,5	$W_6=1,20$		$P_6=0,60$	$Q_6=0,90$

Исходя из данных приведенных в табл.2, введение инертного наполнителя и его концентрация оказывают определенное влияние на величину сыпучести. Причем, в случае растений, содержащих эфирные масла ( за исключением листьев эвкалипта ), при значительном количестве в смеси инертного наполнителя наблюдается снижение величины сыпучести, что может быть связано со снижением эффекта поляризации и , как следствие, уменьшением толщины своеобразной подушки. Одной из возможных вероятностей этого предположения является не монотонное изменение величины сыпучести при изменении соотношения инертного наполнителя и лекарственного сырья в смеси. Однако, во всех случаях при содержании в смеси 45-50 % инертного наполнителя величина сыпучести находится на приемлемом уровне и не снижается ниже 0,8-1,0 г/см<sup>2</sup>/мин.

Исходя из данных табл.3 ,при смешивании порошкообразных масс разных растений величины сыпучести практически остаются на том же уровне, как и для отдельных растений из смесей, учитывая влияние отдельных ингредиентов. В присутствии инертного наполнителя величина сыпучести при большем соотношении количества  $S_{aO_2}$  и порошка растений , резко увеличивается . Как следствие происходит увеличение величин насыпной массы и объемной плотности. В дальнейшем при снижении этого соотношения величина сыпучести уменьшается и уже при равном количестве в смеси  $S_{aO_2}$  и порошка растений приближается к уровню 1,0-1,5 г/см<sup>2</sup>/мин, т.е до приемлемого предела. Аналогично изменяется и величина угла естественного откоса.

Полученные данные дают возможность прогнозировать изменение ряда технологических характеристик порошкообразного растительного сырья в присутствии минеральных инертных наполнителей.

**Таблица 3.** Физико-химические параметры смесей порошкообразного растительного материала в отсутствии инертного наполнителя и его наличии (Размер частиц растительного материала менее 0,2мм, размер частиц наполнителя – карбоната кальция – менее 20 мк)

№	Наименование растения и условия проведения эксперимента			Сыпучесть г/см <sup>2</sup> /мин (при использо- вании наполни- теля)	Угол естественн ого откоса <sup>0</sup> (при использов ании наполни- теля)	Насыпн. масса, г/см <sup>3</sup> (при исполь- зовании напо- лнителя)	Объемная плотность ,г/см <sup>3</sup> . (при использо- вании наполни- теля)
	Наименование растения соотношение (1:1:1)	Парамет- ры в отсутст- вие наполни- теля	% содержа- ния апол- нителя СаСО <sub>3</sub>				
1	Листья шалфея, листья лавра благородного, листья крапивы	W=1,06 P =0,26 Q =0,46	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =1,85 W <sub>2</sub> =1,82 W <sub>3</sub> =1,77 W <sub>4</sub> =1,39 W <sub>5</sub> =1,39	30-40 30-40 45-50 50-60 50-60	P <sub>1</sub> =0,74 P <sub>2</sub> =0,64 P <sub>3</sub> =0,64 P <sub>4</sub> =0,54 P <sub>5</sub> =0,56	Q <sub>1</sub> =1,20 Q <sub>2</sub> =1,15 Q <sub>3</sub> =1,03 Q <sub>4</sub> =0,97 Q <sub>5</sub> =0,91
2	Листья шалфея , листья мяты, листья крапивы	W=0,82 P =0,26 Q =0,47	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =2,41 W <sub>2</sub> =1,33 W <sub>3</sub> =1,21 W <sub>4</sub> =1,09 W <sub>5</sub> =1,01	30-40 30-40 45-50 50-60 50-60	P <sub>1</sub> =0,66 P <sub>2</sub> =0,66 P <sub>3</sub> =0,62 P <sub>4</sub> =0,58 P <sub>5</sub> =0,58	Q <sub>1</sub> =1,15 Q <sub>2</sub> =1,10 Q <sub>3</sub> =1,07 Q <sub>4</sub> =0,91 Q <sub>5</sub> =0,88
3	Листья мяты ,листья лавра благородного, цветки ромашки аптечной	W=0,85 P =0,26 Q =0,42	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =2,65 W <sub>2</sub> =1,89 W <sub>3</sub> =1,53 W <sub>4</sub> =0,96 W <sub>5</sub> =0,94	30-40 30-40 45-50 50-60 50-60	P <sub>1</sub> =0,60 P <sub>2</sub> =0,62 P <sub>3</sub> =0,66 P <sub>4</sub> =0,58 P <sub>5</sub> =0,58	Q <sub>1</sub> =1,20 Q <sub>2</sub> =1,07 Q <sub>3</sub> =0,97 Q <sub>4</sub> =0,91 Q <sub>5</sub> =0,86
4	Листья эвкалипта ,листья шалфея ,листья крапивы	W=1,33 P =0,3 Q =0,46	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =2,50 W <sub>2</sub> =2,15 W <sub>3</sub> =1,66 W <sub>4</sub> =1,63 W <sub>5</sub> =1,56	40-50 40-50 40-50 60-70 60-70	P <sub>1</sub> =0,80 P <sub>2</sub> =0,66 P <sub>3</sub> =0,62 P <sub>4</sub> =0,60 P <sub>5</sub> =0,60	Q <sub>1</sub> =1,15 Q <sub>2</sub> =1,07 Q <sub>3</sub> =1,00 Q <sub>4</sub> =0,91 Q <sub>5</sub> =0,86
5	Листья эвкалипта ,листья лавра благородного, листья крапивы	W=1,1 P =0,3 Q =0,45	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =2,26 W <sub>2</sub> =1,36 W <sub>3</sub> =1,33 W <sub>4</sub> =1,33 W <sub>5</sub> =1,29	30-40 30-40 40-50 40-50 50-60	P <sub>1</sub> =0,72 P <sub>2</sub> =0,70 P <sub>3</sub> =0,66 P <sub>4</sub> =0,88 P <sub>5</sub> =0,60	Q <sub>1</sub> =1,07 Q <sub>2</sub> =1,00 Q <sub>3</sub> =0,97 Q <sub>4</sub> =0,94 Q <sub>5</sub> =0,88
6	Листья эвкалипта , листья лавра бла- городного, листья шалфея	W=1,63 P =0,36 Q =0,5	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =2,03 W <sub>2</sub> =1,95 W <sub>3</sub> =1,23 W <sub>4</sub> =2,29 W <sub>5</sub> =1,19	20-30 25-30 40-50 50-60 60-70	P <sub>1</sub> =0,74 P <sub>2</sub> =0,76 P <sub>3</sub> =0,66 P <sub>4</sub> =0,64 P <sub>5</sub> =0,6	Q <sub>1</sub> =1,15 Q <sub>2</sub> =1,07 Q <sub>3</sub> =1,04 Q <sub>4</sub> =1,00 Q <sub>5</sub> =0,94
7	Листья шалфея, листья скумпии, листья мяты	W=0,89 P =0,42 Q =0,60	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =2,03 W <sub>2</sub> =1,35 W <sub>3</sub> =1,35 W <sub>4</sub> =1,26 W <sub>5</sub> =1,08	50-60 60-70 60-70 60-70 60-70	P <sub>1</sub> =0,72 P <sub>2</sub> =0,66 P <sub>3</sub> =0,68 P <sub>4</sub> =0,68 P <sub>5</sub> =0,64	Q <sub>1</sub> =1,20 Q <sub>2</sub> =1,15 Q <sub>3</sub> =1,07 Q <sub>4</sub> =1,00 Q <sub>5</sub> =0,94
8	Листья скумпии, листья мяты, листья подорож- ника	W=0,80 P = 0,34 Q = 0,55	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =2,07 W <sub>2</sub> =1,81 W <sub>3</sub> =1,73 W <sub>4</sub> =1,63 W <sub>5</sub> =1,16	40-50 40-50 40-50 50-60 60-70	P <sub>1</sub> =0,68 P <sub>2</sub> =0,68 P <sub>3</sub> =0,66 P <sub>4</sub> =0,62 P <sub>5</sub> =0,58	Q <sub>1</sub> =1,20 Q <sub>2</sub> =1,10 Q <sub>3</sub> =1,03 Q <sub>4</sub> =0,94 Q <sub>5</sub> =0,91
9	Листья скумпии, листья шалфея, листья лавра благородного	W=0,80 P =0,34 Q =0,55	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =2,50 W <sub>2</sub> =2,76 W <sub>3</sub> =2,04 W <sub>4</sub> =1,45 W <sub>5</sub> =1,71	30-40 30-40 50-60 50-60 60-70	P <sub>1</sub> =0,76 P <sub>2</sub> =0,72 P <sub>3</sub> =0,68 P <sub>4</sub> =0,64 P <sub>5</sub> =0,58	Q <sub>1</sub> =1,15 Q <sub>2</sub> =1,07 Q <sub>3</sub> =1,00 Q <sub>4</sub> =0,97 Q <sub>5</sub> =0,91

10	Листья скумпии, листья крапивы , листья эвкалипта	W= 1,59 P = 0,38 Q =0,48	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =2,99 W <sub>2</sub> =2,65 W <sub>3</sub> =2,15 W <sub>4</sub> =1,61 W <sub>5</sub> =1,29	30-40 30-40 30-40 30-40 30-40	P <sub>1</sub> =0,72 P <sub>2</sub> =0,72 P <sub>3</sub> =0,70 P <sub>4</sub> =0,64 P <sub>5</sub> =0,62	Q <sub>1</sub> =1,10 Q <sub>2</sub> =1,03 Q <sub>3</sub> =1,00 Q <sub>4</sub> =0,97 Q <sub>5</sub> =0,91
11	Листья скумпии, листья подорожника, листья эвкалипта	W=0,90 P =0,38 Q =0,55	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =2,57 W <sub>2</sub> =2,76 W <sub>3</sub> =1,69 W <sub>4</sub> =1,43 W <sub>5</sub> =1,76	30-40 30-40 30-40 50-60 50-60	P <sub>1</sub> =0,70 P <sub>2</sub> =0,68 P <sub>3</sub> =0,66 P <sub>4</sub> =0,64 P <sub>5</sub> =0,58	Q <sub>1</sub> =1,15 Q <sub>2</sub> =1,10 Q <sub>3</sub> =1,03 Q <sub>4</sub> =1,00 Q <sub>5</sub> =0,94
12	Листья скумпии, листья крапивы, листья лавра благородного	W=0,90 P =0,36 Q = 0,44	83,0 71,0 62,5 55,5 50,0	W <sub>1</sub> =2,76 W <sub>2</sub> =2,35 W <sub>3</sub> =1,99 W <sub>4</sub> =1,50 W <sub>5</sub> =1,07	30-40 30-40 30-40 50-60 50-60	P <sub>1</sub> =0,66 P <sub>2</sub> =0,66 P <sub>3</sub> =0,62 P <sub>4</sub> =0,58 P <sub>5</sub> =0,54	Q <sub>1</sub> =1,11 Q <sub>2</sub> =1,10 Q <sub>3</sub> =0,97 Q <sub>4</sub> =0,90 Q <sub>5</sub> =0,86

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Хишова, О. М. Сыпучесть и когезионные свойства тонко измельченных растительных субстанций . Вестн. фармации.2015. № 1. - С. 43-51.
2. Хишова, О.М. Технологические свойства тонко измельченных растительных субстанций и научные основы их таблетирования .Вестн. ВГМУ. 2014. № 3. - С. 68-76.

### ზოგიერთი სამკურნალო მცენარის ფხვნილების სიფხვიერის შესწავლა

პ.იავიჩი, ლ.ჭურაძე, მ.კახეთელიძე, მ.გაბელაია  
თსსუ ი. ქუთათელაძის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტი

#### რეზიუმე

სხვადასხვა მორფოლოგიური აღნაგობის და ქიმიური შემადგენლობით განსხვავებულ 14 მცენარეზე შესწავლილია ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრი – სიფხვიერე, ჩაყრითი და მოცულობითი მასა, ბუნებრივი გადახრის კუთხე. გამოკვლევა ტარდებოდა ცალკეულ მცენარეებზე და მათი სხვადასხვა რაოდენობით ინერტული შემავსებლის შემცველობისას, ასევე ცალკეული მცენარეების ნარეგებზე ინერტული შემავსებლის თანაობისას ან მის გარეშე. მიღებული შედეგები, კონკრეტულ ტექნოლოგიურ პროცესებში, მსგავსი სისტემების ტექნოლოგიური მახასიათებლების ცვლილებების პროგნოზირების საშუალებას იძლევა.

### STUDY OF FLOWABILITY OF POWDERS OF CERTAIN MEDICAL PLANTS

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

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

#### SUMMARY

On example of 14 species of plants different in their morphological structure and chemical composition that were segregated to the state of powder some physicochemical parameters (value of flowability, bulk and bulk weight, angle of repose) were studied. Studies were carried out for individual plants, for individual plants in the presence of different amounts of inactive filler, as well as for mixture of different plants with and without filler. Acquired data allows to predict the change of technological characteristics of similar systems in specific technological processes.

## ФАРМАКОХИМИЯ

## ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕЧЕБНО- КОСМЕТИЧЕСКОГО КРЕМА, СОДЕРЖАЩЕГО ЛИПОФИЛЬНУЮ ФРАКЦИЮ ИЗ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ГРЯЗИ АХТАЛА

П.А.Явич, М.А.Габелая, М.З.Кахетелидзе, Л.И.Чурадзе

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

Изучены некоторые реологические свойства лечебно- профилактического крема, содержащего, наряду с другими компонентами, экстракт липофильных веществ из лечебной грязи Ахтала. Крем возможно отнести к неньтоновским жидкостям, его динамическая вязкость снижается по мере возрастания величины крутящего момента. Изучение влияния скорости вращения ротора на величину динамической и пластической вязкости показало, что полученные кривые кинетики деформации мазей имеют форму петель гистерезиса, что позволяет предположить возможность тиксотропной структуры исследуемого объекта. Рассчитаны величины основных реологических показателей, предположительно свидетельствующие о лёгкости нанесения крема, его хорошей впитываемости и свободной выдавливаемости из туб.

Мягкие лекарственные средства со стандартными свойствами могут быть получены только при условии применения современной высокомеханизированной технологии, соблюдении правил надлежащей производственной практики, наличия и использования объективных методов определения их основных реологических параметров. Изучение структурно-механических свойств мазей необходимо при разработке и совершенствовании технологических процессов производства, определении оптимальных условий их хранения. Реологические свойства мазей влияют на терапевтические и потребительские показатели, такие, как высвобождаемость лекарственных веществ, дозируемость и экструзия из туб, удобство и лёгкость нанесения на кожу.

В соответствии с современными положениями реологии к основным реологическим свойствам мазей относятся пластичность, структурная вязкость, тиксотропность и др., определение которых, наряду с другими химико-аналитическими и физико- химическими показателями, является средством наиболее объективной оценки их качества. Мази и кремы представляют собой 2-х фазную систему типа масло- вода либо вода-масло, которая может быть представлена как упругое тело, способное под влиянием механических нагрузок обладать обратимой деформацией. При приложении силы большей величины предела текучести, оно способно деформироваться или течь, причем вязкость может изменяться в широких пределах с изменением деформирующей силы (напряжение сдвига), скорости течения (градиент скорости сдвига), степени гомогенизации и других переменных факторов.

Замеры реологических характеристик производились на ротационном вискозиметре типа NDJ-8SDigitalRotaryViscometer. Расчет полного диапазона вязкостей (ПДВ) проводился по формуле - ПДВ (сПз) = ТК x SMC x 1000 об/мин (1), где ТК – константа крутящего момента для DV2T, взята из прилагаемой к прибору таблицы инструкции и равна 0,09373; SMC – константа множителя шпинделя. При выполнении исследования измерения проводились при помощи ротора №4. Расчет напряжения сдвига D проводился по формуле: напряжение сдвига (D) = числовое значение крутящего момента x SMC (2), где полный крутящий момент пружины – 67.3 нм (табличные данные). Скорость сдвига T рассчитывается по формуле  $T(c^{-1}) = \text{Величина тахдиапозона/величина напряжения сдвига}$ . Величина текучести  $f(c^{-1})$  рассчитывается по формуле:  $f = 1/\eta (c^{-1})$  (3), где  $\eta$  – величина динамической вязкости. Для вычисления величины пластической вязкости  $\eta$  используется кривая зависимости величины крутящего момента от скорости вращения ротора  $\omega$ . По программе находим точку пересечения кривой с осью абсцисс ( $y = 0$ ). Значение X при этом соответствует величине  $Q_1$  – началу пластического течения. Определение динамического предела текучести Q проводилось по формуле:  $Q = Q_1 \times K \times 0.1$  (Па) (4), где K – коэффициент приложенной силы (табличные данные). Пластическая вязкости  $\eta$  рассчитывается по формуле:  $\eta = 0.1 \times K_1 \times [(Q - Q_1)/\omega (c^{-1})]$  (5), где  $K_1$  – коэффициент прибора 0.09373 (табличные данные); Q - крутящий

момент, вызывающий вращение ротора при данной скорости  $\omega$  ( $\text{с}^{-1}$ ) –угловой скорости вращения ротора в об/с.

После перевода значения начальных крутящих моментов при различных скоростях вращения ротора из % в числовое значение, по вышеприведенной формуле рассчитывается пластическая вязкость  $\eta$  при различных скоростях  $\omega$  ( $\eta(0.3)$ ,  $\eta(0.6)$ ,  $\eta(1.5)$  ...) и находится среднее арифметическое значение  $\eta = \Sigma\eta/n$ . Используя величину  $\eta$ , коэффициент пластичности  $\psi$  рассчитывается по формуле (6), где:  $\Psi = Q/\eta$  ( $\text{с}^{-1}$ ), т.е. величина динамического предела текучести / величину пластической вязкости.

В настоящем сообщении описываются реологические свойства крема, в состав которого входят моноглицериды дистиллированные; воски; цетилпальмитат; жирное масло, содержащее липофильную фракцию из лечебной грязи Ахтала; воду.

Судя по полученным данным (рис.1) исследуемые косметические кремы относятся к неньтоновским жидкостям, что связано с 2-х фазностью системы, содержащей сумму веществ с различной степенью полярности. Форма полученных кривых позволяет отнести кремы к типу веществ с псевдопластичным течением, причем нелинейного пластического поведения с предельным напряжением сдвига [1].

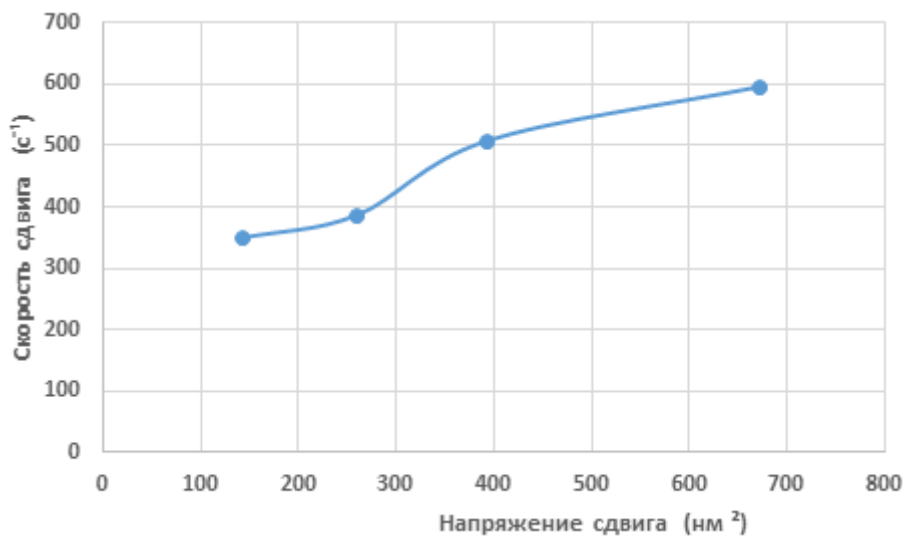


Рис. 1. Зависимость скорости сдвига ( $\text{с}^{-1}$ ) от напряжения сдвига ( $\text{нм}^2$ ).

Дополнительным доказательством этого факта является изменение величины динамической вязкости в зависимости от величины крутящего момента, т.е фактически от скорости вращения ротора (рис. 2).

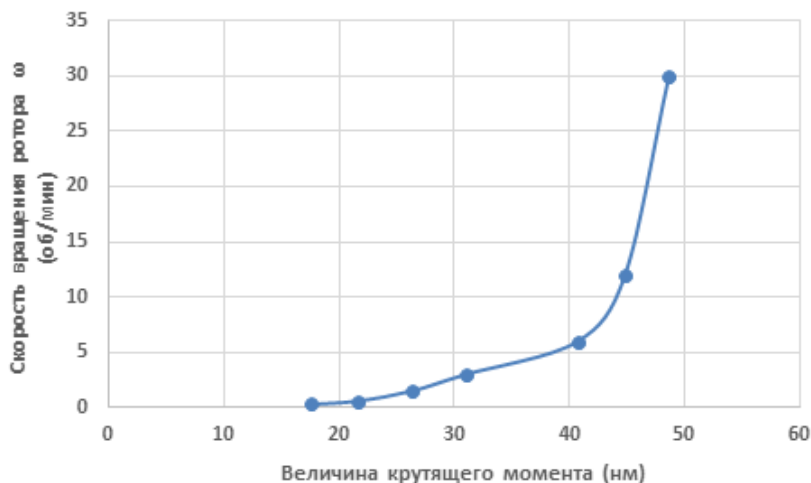
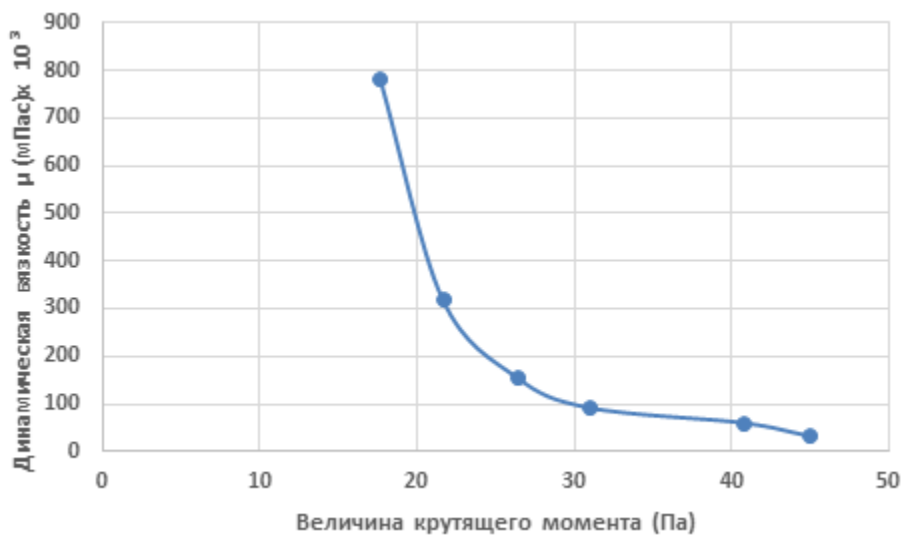


Рис. 2. Зависимость величины крутящего момента (нм) от скорости сдвига.



Увеличение скорости вращения ротора связано с увеличением величины крутящего момента, причем характер приводимого графика соответствует нелинейному пластическому поведению. Необходимо отметить, что степень снижения динамической вязкости при возрастании величины крутящего момента скорости в случае псевдопластичных жидкостей непостоянна во всем интервале скоростей сдвига. При низкой скорости вращения ротора изменение структурных свойств незначительно и возрастает при переходе к величинам порядка 30 Па, молекулы или частицы в образцах совершают хаотическое броуновское движение. При очень низких значениях (ниже предела текучести) такие мази и кремы могут вести себя как ньютоновские жидкости, с вязкостью, не зависящей от скорости сдвига, то есть «вязкостью при нулевой скорости сдвига». Когда же превышаетя предел текучести образцов, происходит дезориентирующее влияние броуновского движения на ориентацию молекул, и вязкость образцов начинает уменьшаться [2].

С увеличением величины крутящего момента происходит процесс увеличения и текучести. Причем этот процесс фактически 2-х стадийный, что характерно для веществ с псевдопластичным течением нелинейного пластического поведения. Так, при величинах крутящего момента порядка 15-25 Па возрастание текучести системы незначительное и только при его увеличении возрастает практически в линейном порядке по восходящей линии (рис.3).



**Рис. 3.** Зависимость динамической вязкости  $\mu$  (мПа·с) от величины крутящего момента (Па).

При изучение влияния скорости вращения ротора на величину динамической вязкости полученные кривые кинетики деформации мазей имеют форму петель гистерезиса, что позволяет предположить возможность тиксотропной структуры исследуемого объекта (рис.4).

При этом «нисходящая» кривая, характеризующая разрушение системы, отличается от «восходящей» кривой, характеризующей восстановление системы, что объясняется сохранением определенной остаточной деформации после, в достаточной мере, ослабления структуры под влиянием ранее приложенного напряжения. Аналогичной формы кривые получены при исследовании влияния изменения скорости вращения ротора на величины текучести и пластической вязкости (рис. 5,6). Наличие тиксотропных свойств у исследуемых мазей характеризует хорошую намазываемость и способность к выдавливанию из туб.

Следует отметить, что коэффициент пластичности возрастает с увеличением скорости вращения ротора (рис. 7). Это может быть связано с повышением степени текучести мази при механическом воздействии, что так же способствует лёгкости процесса нанесения мази на кожу при приложении определенной силы и дальнейшей её впитываемости.

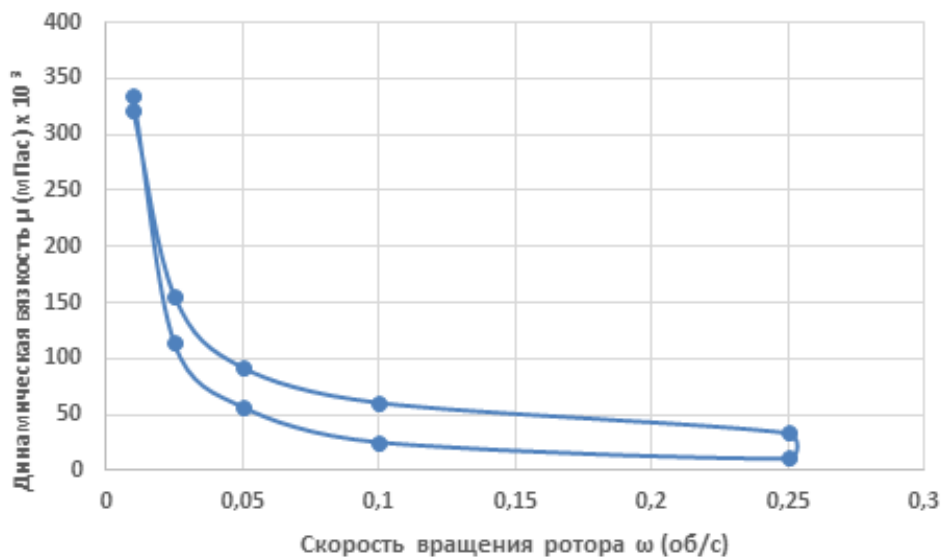


Рис. 4. Зависимость динамической вязкости  $\mu$  от скорости вращения ротора

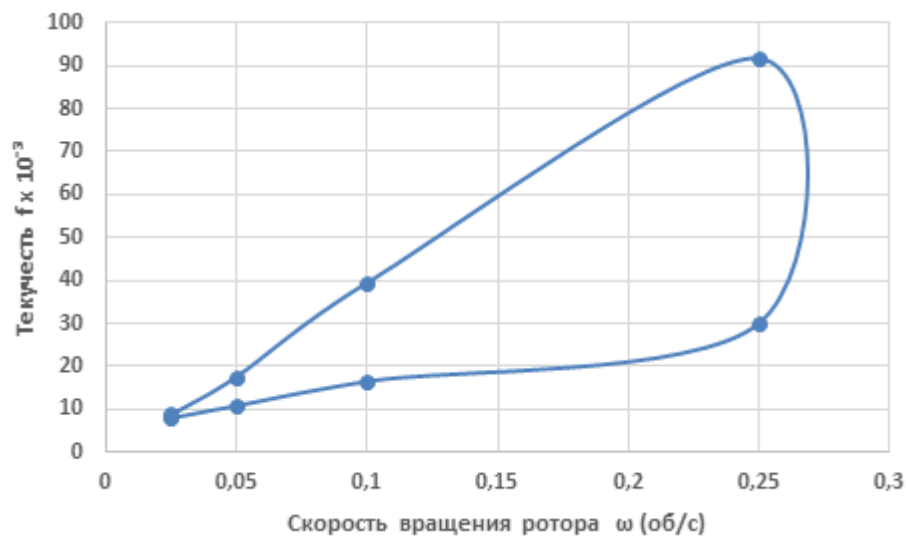


Рис. 5. Зависимость текучести  $f$  от скорости вращения ротора (об/с).

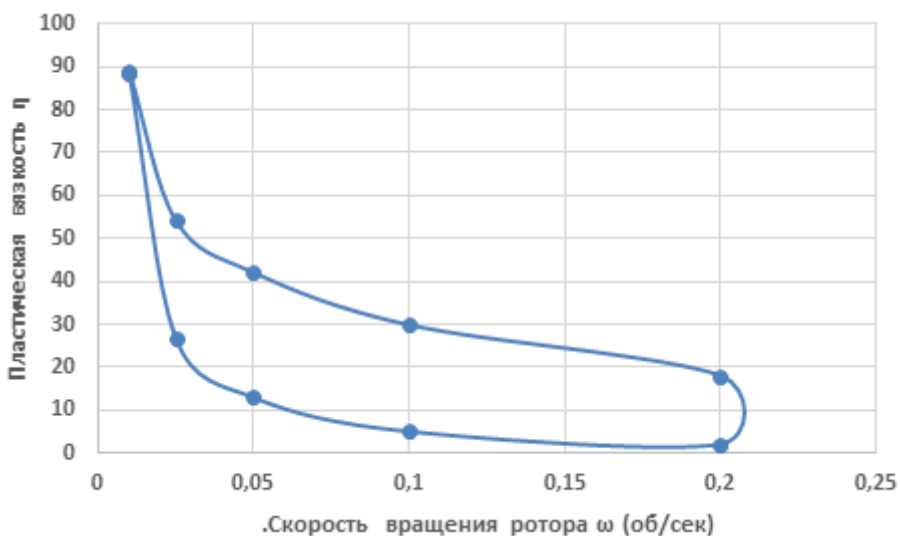


Рис. 6. Зависимость пластической вязкости  $\eta$  от скорости вращения ротора (об/с).

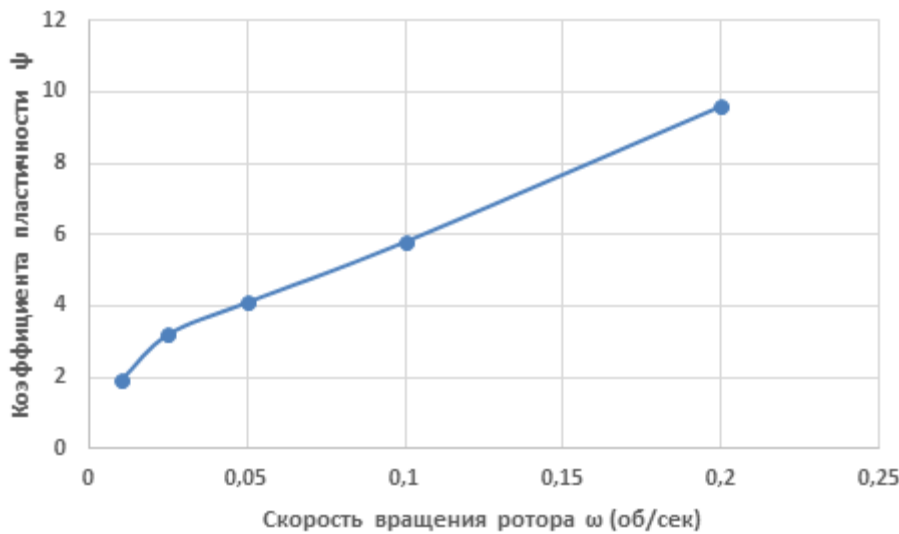


Рис. 7. Динамика коэффициента пластичности  $\psi$ .

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеевко В.Н. , Кирсанов Е.А. Вязкость и строение дисперсных систем. Вестник Моск. ун-та, сер.2, химия ,2011, т. 52, №4, с.243-247.
2. Малкин А.Я., Исаев А.Н. Реология. Концепция , методы, приложения (перевод с английского). СПб,2010, с.5- 73.

### ახტალას სამკურნალო ტალახის ლიპოფილური ფრაქციის შემცველი სამკურნალო-პროფილაქტიკური მალამოს რეოლოგიური თვისებების შესწავლა

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

შესწავლილ იქნა ახტალის სამკურნალო ტალახის ლიპოფილური ნივთიერებების ექსტრაქტის შემცველი სამკურნალო-პროფილაქტიკური მალამოს ზოგიერთი რეოლოგიური თვისება. მალამო შეიძლება მივაკუთვნოთ არანიუტონურ სითხეებს. კვლევის შედეგად აღმოჩნდა, რომ მისი დინამიური სიბლანტე მცირდება ბრუნვის მომენტის ზრდასთან ერთად. დინამიური და პლასტიკური სიბლანტის სიდიდეზე როტორის ბრუნვის სიჩქარის გავლენის შესწავლამ აჩვენა, რომ მალამოს დეფორმაციის კინეტიკის აღმწერ მრუდებს გააჩნიათ ჰისტერეზისის მარყუჟის ფორმა, რაც გვაფიქრებინებს გამოსაკვლევი ობიექტის ტიქსოტროპული სტრუქტურის არსებობის შესაძლებლობას. გაანგარიშებულ იქნა ძირითადი რეოლოგიური მაჩვენებლების სიდიდეები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს ვივარაუდოთ კრემის კანზე დატანის სიმარტივის, კარგი შეღწევადობისა და ტუბიდან ადვილად გადმოსვლის შესაძლებლობა.

### STUDY OF SOME RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THERAPEUTIC AND COSMETIC OINTMENT, CONTAINING LIPOPHILIC FRACTION FROM THE MEDICAL MUD

#### AKHTALA

P.Yavich, M.Gabelaiia, M.Kakhetelidze, L.Churadze

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

#### SUMMARY

Some rheological properties of therapeutic and prophylactic ointment have been studied, containing extracts of lipophilic compounds from the medical mud Akhtala, along with other components. The ointment can be attributed to the non-Newtonian fluids, the dynamic viscosity of which declines depending the values of torque. The study of rotational viscometer rotation speed influence on the dynamic and plastic viscosity value has shown, that the obtained kinetic curves of ointment deformation have the forms of hysteresis loop, what allows to suppose the thixotropic structure possibility of investigated object. The values of principal rheological indexes have been calculated, presumably testifying the ease of applying the ointment to the skin, its good absorbance and free extrusion from the tubes.

## გარემოს ქიმია

შიდაუჯრედული დაცვის სისტემის თავისებურებები *Arthrobacter oxydans*-ის კულტურაზე ქრომ(VI)-ის მოქმედებისას

ნინო ასათიანი, ნელი საპოჟნიკოვა, თამარ ქართველიშვილი, მარინა აბულაძე, ლალი ასანიშვილი

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,  
ელეფტერ ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტი

უჯრედში Cr(VI) ტრანსფორმირდება Cr(V/IV/III)-მდე, რაც გავლენას ახდენს არამარტო უჯრედის მემბრანის, ზირთვის, ასევე ცილებისა და ფერმენტების სტრუქტურასა და ფუნქციებზე. შიდა და გარე სასიცოცხლო პირობების მიმართ ორგანიზმის ადაპტაციური მექანიზმები მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, მათ შორის აგენტის მოქმედების დროზე. მოცემულ სამუშაოში შესწავლილი იქნა Cr(VI) ზღვრული არატოქსიკური კონცენტრაციის (35 მკგ/მლ) გავლენა თხევად არეში ხანგრძლივი დროის (144 სთ) განმავლობაში მზარდ *A. oxydans*-ზე. მიღებული მონაცემები მეტყველებს იმაზე, რომ შიდაუჯრედული გლუტათიონი, როგორც არასპეციფიური დაბალმოლეკულური ანტიოქსიდანტი, მონაწილეობას იღებს ჟანგვითი სტრესის საწყის სტადიებზე Cr(VI)-ით ინდუცირებული მოქმედების პასუხად. Cr(VI) ხანგრძლივი მოქმედება (48 სთ ზევით) კი იწვევს *A. oxydans*-ის სპეციფიური ქრომის აღმდგენელი სისტემის აქტივაციას, რასაც თავის მხრივ მოჰყვება Cr(III)-ის კოლოიდური ხსნარის ფორმირება და ეფლუქსი ბაქტერიის უჯრედის კედლის ზედაპირზე.

მსოფლიოს სხვადასხვა კუთხეში მკვლევართა მიერ ჩატარებული ანალიზებით დადგენილია, რომ ანტროპოლოგიური ზემოქმედების შედეგად არსებული ტოქსიკური ლითონები გარემოს დაბინძურებაში განსაკუთრებულ როლს თამაშობენ [1]. ერთის მხრივ, მეტალები ხელს უწყობენ შინაგანი არის შენარჩუნებას და აუცილებელ კომპონენტს წარმოადგენენ უჯრედში მიმდინარე ფერმენტაციული რეაქციების წარმართვაში, მეორეს მხრივ, მათი ჭარბი რაოდენობა ხელს უშლის იმ შიდაუჯრედულ პროცესებს, რომლებიც ამა თუ იმ მეტალის მკაცრად განსაზღვრული იონების მონაწილეობით მიმდინარეობს.

თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემების თავიდან ასაცილებლად გარემოში მოხვედრილი მძიმე მეტალების დეტოქსიფიკაცია აუცილებელი პროცესია. ამავე დროს, მაშინაც კი, როცა არის დეტოქსიფიკაცია ჩატარებულია, მცირე კონცენტრაციები მაინც შენარჩუნებულია გარემოში და გრძელვადიანი გავლენის შეფასება განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს [2,3].

კანცეროგენული დაავადებების კვლევის საერთაშორისო სააგენტოს (International Agency for Research on Cancer, European Union) მიერ წარმოდგენილი მონაცემების მიხედვით ქრომი განსაზღვრულია როგორც კანცეროგენული ელემენტი.

ქრომ(VI)-ის უჯრედში სწრაფი შეღწევის უნარი არასპეციფიკური ანიონური ( $\text{HPO}_4^{2-}$  და  $\text{SO}_4^{2-}$ ) სატრანსპორტო გზების საშუალებით განაპირობებს მის გენოტოქსიკურ და ციტოტოქსიკურ გავლენას. შედეგად, ქრომი ჩართულია უჯრედშიდა ჟანგვა-აღდგენით პროცესებში ისეთი მეტაბოლიტების წარმოქმნით, როგორცაა Cr(V/IV/III), რომელნიც მოქმედებენ შიდაუჯრედულ ბიოპოლიმერებზე (ცილებზე, ცხიმებზე და დნმ-ზე) და სხვადასხვა დონის და ტიპის დაზიანებებს იწვევენ [4-9]. მეორეს მხრივ უნდა აღინიშნოს, რომ გარემოში მოხვედრილი Cr(VI)-ის დეტოქსიფიკაცია საკმაოდ რთული პროცესია, რომელშიც მნიშვნელოვან როლს ზოგიერთი ლითონრეზისტენტული ბაქტერია ასრულებს [10]. ასეთი ტიპის ბაქტერიებს აქვთ უნარი შეინაჩუნონ ცხოველქმედება მეტალებით ძლიერ გაჭუჭყიანებულ წყალში, ნიადაგსა და სამრეწველო ნარჩენებში არსებობისას. შესაბამისად, მათზე Cr(VI)-ის მოქმედებით გამოწვეული შიდაუჯრედული რეაქცია ასახავს იმ ცვლილებებს, რომელიც მიმდინარეობს უჯრედში დეტოქსიფიკაციის პროცესის დროს [9,11-13].

განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს, რომ უჯრედის შეგუებითი მექანიზმები გარე და შიდა ახალი სასიცოცხლო პირობების მიმართ, მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული აგენტის მოქმედების დროზე. ამიტომ Cr(VI)-ით გამოწვეული ოქსიდაციური სტრესის შესწავლისას, მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული უჯრედის დამცავი სისტემის ამოქმედების მოსალოდნელი ორი საფეხური.

საწყის ეტაპზე სავარაუდოა უჯრედის არასპეციფიური რეაქცია, შემდგომი სპეციფიური ადაპტაციის მექანიზმის ჩართვით [10,14].

ჩვენი ადრინდელი კვლევების შედეგებით ნაჩვენებია იყო, რომ Cr(VI) -ის გრძელვადიანი მოქმედებისას (144 სთ) ადგილი ჰქონდა *A. oxydans*-ის ექსტრაქტივი ცილოვანი კომპოზიციის ცვლილებას ქრომის მოქმედებიდან 48 სთ-ის შემდეგ, რაც უფრო ნათლად მჟღავნდებოდა შედარებით მოგვიანებით (72-144 სთ). ცვლილებები შესწავლილი იყო ქრომის არატოქსიკური ზღვრული კონცენტრაციის პირობებში (35 მკგ/მლ) ბაქტერიალური კულტურის ზრდისას თხევად არეში. შესაბამისად, ჩვენი შემდგომი კვლევა ჩატარებულია იმ მონაცემების გათვალისწინებით, რომ ქრომის მოქმედების საწყის სტადიებზე უჯრედის კომპენსაციური რეაქცია მდგომარეობს არასპეციფიკური, მაგრამ მნიშვნელოვანი შიდაუჯრედული ფიზიოლოგიური მექანიზმების აქტივაციაში. უჯრედის ანტიოქსიდანტური სისტემის ცვლილება კი, როგორც ცნობილია ითვლება რეზისტენტობის არასპეციფიკურ მექანიზმად, რომელიც უჯრედს გარემოს ტოქსიკური მოქმედებისაგან იცავს [11].

ამ თვალსაზრისით აღსანიშნავია, რომ დაბალმოლეკულური ტრიპეპტიდი გლუტათიონი (GSH), ცოცხალ უჯრედში არსებული, ყველაზე მეტად გავრცელებული არაფერმენტული წარმოშობის ტრიოლია. გლუტათიონსა და გლუტათიონდამოკიდებულ ფერმენტებს შესწევთ უნარი განახორციელონ დაცვის მისიერი პასუხი ჟანგვითი პროცესების მიმართ [10, 15].

ჩვენს მიერ ექსპერიმენტში გამოყენებული *A. oxydans*-ის ბაქტერიალური კულტურა გამოყოფილია კოლუმბიის შტატის (აშშ) გაჭუჭყიანებული ტერიტორიის ბაზალტებიდან, კულტივირებულია ლოურენს ბერკლის ნაციონალურ ლაბორატორიაში და დახასიათებულია, როგორც გრამ-დადებითი ბაქტერია.

ლაბორატორიულ პირობებში ბაქტერიალური უჯრედები იყო შენარჩუნებული კულტურის სახით სტანდარტულ არეში, რომელიც რეკომენდირებულია *Arthrobacter*-ის ოჯახისათვის [16]. კულტურის ზრდის კონტროლი 21°C ტემპერატურის პირობებში წარმოებდა ოპტიკური სიმკვრივის განსაზღვრით 490 და 590 ნანომეტრზე (ნმ). ყველა შემთხვევაში ბაქტერიალური კულტურა ზრდის არის შეუცვლელად იზრდებოდა (35 მკგ/მლ Cr(VI)-სა და მის გარეშე).

უჯრედების შეგროვება ხდებოდა ცენტრიფუგირებით 10000 ბრუნ/წუთში (ბრ/წთ) 10 წთ განმავლობაში (4°C) და ორჯერ ირეცხებოდა 0,15 M ნატრიუმის ქლორიდით. ნალექს, რომელიც შეადგენდა 2x10<sup>9</sup> უჯრედებს ემატებოდა 500 მკლ ბუფერი -B-PER, pH 7,5 (Pierce, აშშ) და 4°C რჩებოდა მთელი ღამით. ლიზატის ცენტრიფუგირების პირობები იყო 15000 ბრ/წთ 20 წუთის განმავლობაში (4°C).

გლუტათიონის კონცენტრაცია განისაზღვრებოდა BIOXYTECH GSH/GSSG-412<sup>TM</sup> (Oxis, USA) სინჯის საშუალებით. მეთოდი იყენებს ელმანის ქრომოგენულ რეაგენტს 5'-დიითიობის-2-ნიტრობენზოის მჟავას (DTNB), რომელიც GSH -თან რეაგირებისას წარმოქმნის სპექტრომეტრულად 412 ნმ-ზე დეტექტირებად პროდუქტს. ნიმუშში არსებული დაჟანგული გლუტათიონი (GSSG) აღდგება GSH -მდე გლუტათიონრედუქტაზით (GR), რომელსაც მოჰყვება ელმანის რეაქცია. მეთოდი იძლევა ტოტალური გლუტათიონის (GSHt) განსაზღვრის საშუალებას. მეორე რეაგენტი მეთილ-2-ვინილპირიდინიუმ ტრიფტორმეთანსულფონატი (M2VP) იჭერს გლუტათიონს, მაგრამ არ ინტერფერირებს GR სინჯთან. დარჩენილი GSSG ფასდება ზემოთ აღწერილი პროცედურით. მეთოდი ასევე იძლევა საშუალებას განისაზღვროს საწყისი GSSG შემცველობა ნიმუშში.

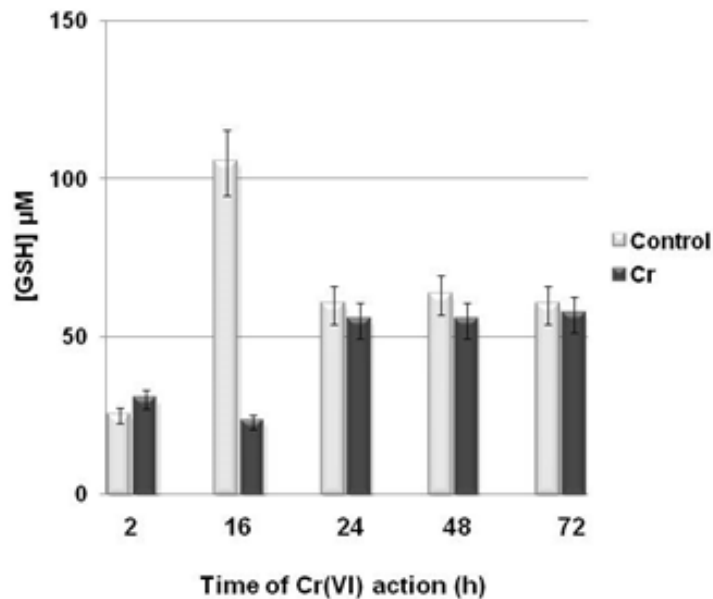
ბაქტერიალურ ლიზატში ცილების კომპოზიციის შესაფასებლად გამოიყენებოდა 10% პოლიაკრილამიდის გელი ნატრიუმის დოდეცილსულფატის (SDS-PAGE) თანაობისას (Laemmli-ის მეთოდი) [17]. ცილების ფრაქციების მოლეკულური მასების განსაზღვრისათვის გამოიყენებოდა შემდეგი მარკერები: ფრუქტოზო-6-ფოსფატ კინაზა (84 კილოდალტონი(კდა)), ხარის შრატის ალბუმინი (66,3 კდა), გლუტამატდეჰიდროგენაზა (55 კდა) და ოვალბუმინი (45 კდა). გელი იღებებოდა Commassie Blue R-250-ის მეშვეობით.

ცნობილია, რომ ბაქტერიის უჯრედის მეტაბოლიზმის თანმხლები პროცესი ჟანგბადის აქტიური ფორმების ცვლილებაა, რომელთა სტაბილური მდგომარეობა მიიღწევა საბოლოოდ კულტურის ზრდის სტაციონალურ ფაზაში [18]. ამის გათვალისწინებით, ბაქტერიალური კულტურის სასიცოცხლო არეში Cr(VI)-ის შეტანის შემდგომ განვითარებული ქრომის აღდგენის პროცესის დროს GSH-ის დონის შიდაუჯრედული ცვლილება უჯრედის დამცავი სისტემის პირველად პასუხად უნდა მივიჩნიოთ.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ოქსიდაციური სტრესის დროს, შიდაუჯრედული ბუფერული მოცულობის შესანარჩუნებლად პასუხისმგებლობა პირველ რიგში დაბალმოლეკულურ ანტიოქსიდანტებს ენიჭებათ, რომელთაგან გლუტათიონი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია. GSH-ის

უშუალო მონაწილეობა Cr(VI) -ის შიდაუჯრედულ აღდგენაში და ასევე მისი უშუალო ურთიერთქმედება ჟანგბადის აქტიურ ფორმებთან ქრომის აღდგენის შიდაუჯრედულ პროცესთანაა დაკავშირებული.

ჩვენი მიზანი იყო შეგვეფასებინა დროში *A. oxydans*-ზე Cr(VI) -ის არატოქსიკური ზღვრული დოზის (35 მკგრ/მლ Cr(VI)) მოქმედების შედეგები. ამისათვის ინოკულატს ზრდისას სასიცოცხლო არეში ემატებოდა Cr(VI), კალიუმის ქრომატის სახით და GSH დონე ფასდებოდა ბაქტერიალური კულტურის ზრდის ყველა ფაზაში (ნახ.1).



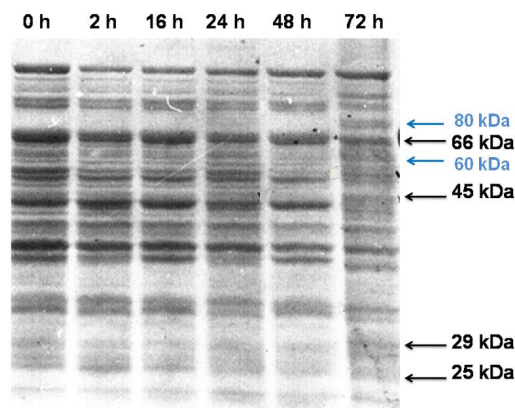
**ნახ. 1.** გლუტათიონის შემცველობა *A. oxydans* ბაქტერიალურ კულტურაზე 35 მკგრ/მლ Cr(VI) მოქმედებისას. მონაცემების წარდგენისა და სტატისტიკური ანალიზისათვის გამოყენებულ იქნა პროგრამული უზრუნველყოფის Microsoft Excel-ის ვერსია 6.0.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, GSH-ის რაოდენობა განსაზღვრული იყო ქრომის მოქმედებიდან 2, 16, 24, 48 და 72 სთ ინტერვალებში, ამავე ინტერვალებში იყო აღებული საკონტროლო ნიმუშებიც, რომლებიც Cr(VI) -ის მოქმედების გარეშე იზრდებოდნენ. აღსანიშნავია, რომ ქრომის გარეშე გაზრდილ ინოკულატში GSH კონცენტრაცია მაქსიმუმს აღწევს შუა ექსპონენციალურ ფაზაში (16 სთ) და მცირდება სტაციონალური ფაზის დასაწყისში (24 სთ). გლუტათიონის ეს რაოდენობა მიჩნეული იქნა ზღვრულად, იმის საფუძველზე, რომ ეს დონე შენარჩუნებულია როგორც შუა (48 სთ), ასევე გვიან (72 სთ) სტაციონალურ ფაზაში.

საკონტროლო ნიმუშებისაგან განსხვავებით, რაც შეეხება ქრომის თანაობისას გაზრდილ ბაქტერიალურ კულტურას, GSH კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად მცირდება სწორედ 16 სთ-ზე, ხოლო 24 სთ-დან დაწყებული იზრდება და აღწევს იგივე ზღვრულ დონეს რაც ჩანს საკონტროლო ნიმუშებში.

მოცემულ ექსპერიმენტში იგივე სქემით განისაზღვრა *A. oxydans*-ის თხევად კულტურიდან გამოყოფილი ცილების საერთო კომპოზიციაზე ექსვალენტური ქრომის მოქმედება დროში. შედეგები წარმოდგენილია ნახ. 2.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ცილის ზოგადი კომპოზიცია ძირითადად სტაბილურია 48 საათის განმავლობაში (35 მკგრ/მლ Cr(VI)-ის არეში გაზრდისას,) ხოლო 72 სთ-იდან აღინიშნება ზოგადი ცილოვანი კომპოზიციის გაღარიბების ფონზე უჯრედის კედლის (მოლ მასა 60,5 კდტ) ცილის ფრაქციის მნიშვნელოვანი რაოდენობრივი ზრდა. რაც გვამღევეს საფუძველს ვივარაუდოთ სპეციფიკური დამცავი სისტემის ჩართვა ქრომის გრძელვადიანი მოქმედებისას ბაქტერიის სასიცოცხლო ფუნქციების შენარჩუნების პროცესში.



**ნახ. 2.** დროში ქრომის მოქმედება ცილის საერთო კომპოზიციის ცვლილებაზე. ხაზი 1 – 0 სთ – შესაბამება ცილის საერთო კომპოზიციის სურათს *A. oxydans*-ზე ქრომის მოქმედების გარეშე.

მიღებული მონაცემები გვადლევს შესაძლებლობას დავასკვნათ, რომ შიდაუჯრედული გლუტათიონი, როგორც არასპეციფიკური დაბალმოლეკულური ანტიოქსიდანტი, აქტიურად მონაწილეობს Cr(VI) –ის მოქმედებით გამოწვეული ჟანგვითი სტრესის საწყის ეტაპებზე შიდაუჯრედული არის ნორმალიზაციის პროცესში, ხოლო რაც შეეხება Cr(VI) –ის რმელვადიან მოქმედებას (48 სთ და მეტი), მიღებული მონაცემები მიუთითებენ ქრომის სპეციფიური აღმდგენითი სისტემის გააქტიურებაზე დროთა განმავლობაში, რასაც საბოლოოდ მოჰყვება Cr(III)-ის ბაქტერიის უჯრედის კედლის გარე ზედაპირზე Cr(III)-ის კოლოიდური ხსნარის ფორმირება.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Fishbein L. 1981. Sources, transport and alteration of metal compounds: an overview. 1. Arsenic, beryllium, cadmium, chromium and nickel. *Environ Health Perspect.* 40, pp. 43-65.
2. Pascal LE., Tessier DM., 2004. Cytotoxicity of chromium and manganese to lung epithelial cells. *Toxicology Letters*, 147(2), pp.143-151.
3. Patlolla A., Barnes C., Field J., Hackett D., Tchnounwou P.B. 2009, Potassium Dichromate-induced cytotoxicity, genotoxicity and oxidative stress in human liver carcinoma (Hep G<sub>2</sub>) cells. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 6, pp.643-653.
4. Nickens K.P., Patierno S. R., Ceryak S. 2010. Chromium genotoxicity: A double-edged sword. *Chem-Biol. Inter.*, 188(2), pp.276–288.
5. Ahmad MK., Syma S., Mahmood R. 2011. Cr(VI) induces lipid peroxidation, protein oxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in human erythrocytes. *Biol. Trace Elem Res*, 144 (1-3), pp.426-435)
6. Conett P.U., Wetterhahn K.E. 1983, Metabolism of the carcinogen chromate by cellular constituents. *Struct Bonding* 54, pp. 93-12.
7. Wang S., Shi X. 2001. Molecular mechanism of metal toxicity and carcinogenesis. *Mol. Cell. Biochem.*, 222(1-2), pp. 3-9.
8. Arakawa H., Weng M., Chen W., Tang M. 2012, Chromium (VI) induces both bulky DNA adducts and oxidative DNA damage at adenins and guanines in the p53 gene of human lung cells. *Carcinogenesis*, 33(10), pp. 1993-2000.
9. Zhitkovich A., Shrager S., Messer J. 2000. Reduction metabolism of Cr (VI) by cystein leads to the formation of binary and ternary Cr-DNA adducts in the absence of oxidation DNA damage. *Chem. Res. Toxicol.*, 13(11). pp. 1114-1124.
10. Asatiani N.V., Abuladze M.K., Kartvelishvili T.M., Bakradze N.G., Sapojnikova N.A., Tsibakhashvili N.Y., Tabatadze L.V., Lejava L.V., Asanishvili L.L., Holman H-Y. (2004) Effect of Chromium (VI) action on *Arthrobacter oxydans*. *Current Microbiology*, 49:321-326.

11. Riccillo P.M., Muglia C.I., de Bruijn F.J., Roe A.J., Booth I.R., Agular O.M. 2000. Glutathione is involved in Environmental stress responses in *Rhizobium tropici*, including acid tolerance. *J Bacteriology*, 182(6). pp. 1748-1753.
12. Dlugosz A., Rembacz K.P., Pruss A., Durlak M., Lembas-Bogaczyk J. 2012, Influence of chromium on the Natural Antioxidant Barrier. *Pol. J. Environ. Stud.* 21(2), pp.331-335.
13. Kotuzova D., Hodkova A., Bludovska M., Eybl V. 2015. Effect of chromium (VI) exposure on antioxidant defense status and trace element homeostasis in acute experiment in rat. *Toxicology and Industrial Health*, 31(11), pp. 1044-1050.
14. Gonzalez-Flencha B., Demple B. 1995. Metabolic sources of hydrogen peroxide in aerobically growing *Esherichia coli*. *J. Biol. Chem.*, 270(23). pp.13681-13687.
15. Girard B., Snell E. 1983. Biochemical factors. In Gerhardt P (ed) *Manual of methods for general bacteriology*. Moscow. Mir. P.198.
16. Kortenkamp A., Casadevall M., Fanx S.P., Jenner A., Shayer R.O.J., Woodbridge N., O'Brien P. 1996. A role for molecular oxygen in the formation of DNA damage during the reduction of the carcinogen chromium (VI) by glutathione. *Arch. Biochem. Biophys.*, 329(2). pp. 199-207.
17. Laemmli. 1970, Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227, pp. 680-685.
18. Liu K.J., Shi X., Dalal N.S. 1997. Synthesis of Cr(IV)-GSH, its identification and its free hydroxyl radical generation. A model compound for Cr(VI) carcinogenicity. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 235(1), pp. 54-58.

#### **SPECIFICITY OF INTRACELLULAR DEFENSE SYSTEM OF *Arthrobacter oxydans* AT CHROMIUM(VI) ACTION**

Nino Asatiani, Nelly Sapojnikova, Tamar Kartvelisvili, Marina Abuladze, Lali Asanishvili  
*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Andronikashvili Institute of Physics*

##### **SUMMARY**

In the cells Cr(VI) transforms up to Cr(V/IV/III), that influences on structure and functions of cell membrane, nucleus, and proteins and enzymes as well. Adaptation mechanisms of the organism to the new internal and external living conditions depend on many factors, including time of the agent action. The action of Cr(VI) threshold concentration (35 µg/ml) on the *A. oxydans* culture growing in the liquid area has been investigated in the present study. The data suggest that intracellular GSH as non-specific low-molecular antioxidant participates in the early stages of oxidative stress in response to Cr(VI)-induced action. Cr(VI) long-term action (more than 48 h) causes the activation of more specific chromium reducing systems of *A. oxydans*, for its part and as the result formation and efflux of Cr(III) colloid solution on the cell wall surface takes place.

#### **ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИКЛЕТОЧНОЙ ЗАЩИТНОЙ СИСТЕМЫ *Arthrobacter oxydans* ПРИ ДЕЙСТВИИ ХРОМ (VI)**

Н.В.Асатиани, Н.А.Сапожникова, Т.М.Картвелишвили, М.К.Абуладзе, Л.Л.Асанишвили  
*Тбилисский Государственный Университет им. И. Джавахишвили,  
Институт физики им. Э. Андроникашвили*

##### **РЕЗЮМЕ**

В клетках метаболизм Cr(VI) состоит в его трансформации до Cr(V/IV/III), что влияет на структуру и функции клеточной мембраны, ядра, а также белков и ферментов. Адаптационные механизмы организма к новым внешним и внутренним условиям жизни зависят от многих факторов, в том числе и времени воздействия агента. В представленной работе было исследовано действие нетоксичной пороговой концентрации (35 мкг/мл) Cr(VI) на культуру *A. oxydans* растущую в жидкой среде. Полученные данные свидетельствуют о том, что внутриклеточный глутатион, как неспецифический низкомолекулярный антиоксидант, участвует на начальных этапах окислительного стресса в ответ на Cr(VI)-индуцированное действие. Длительное действие Cr(VI) (более 48 ч) приводит к активации более специфичных хром-восстанавливающих систем *A. oxydans*, что в свою очередь приводит к формированию и эффлюксу коллоидного раствора Cr(III) на поверхности клеточной стенки бактерий.



## გარემოს ქიმია

## პალიასტომის ტბის ეკოსისტემის დახასიათება

გრიგოლ აბრამია, ლეილა გვერდწითელი, დიმიტრი ერისთავი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განხილულია საერთაშორისო დაცული ტერიტორიის ფარგლებში შემავალი პალიასტომის ტბის ეკოლოგიურ მდგომარეობა, იქ ბინადარი გადამფრენი ფრინველები, ასევე ბაქტერიული ფლორა და მათ მიერ შესაძლო ინფექციური დაავადებების გავრცელების რისკები და პალიასტომის ტბაში წყლისმიერი ბაქტერიული დაავადებათა შესწავლის აუცილებლობა.

რამსარის კონვენციის თანახმად ჭარბტენიანი ტერიტორიების ფუნდამენტური ეკოლოგიური ფუნქციები წარმოადგენენ წყლის რეჟიმის მარეგულირებლებს და დამახასიათებელი ფლორისა და ფაუნის, განსაკუთრებით, წყლის ფრინველთა არსებობის უზრუნველყოფის საბინადრო ადგილებს. ჭარბტენიანი ტერიტორიები წარმოადგენენ დიდი ეკონომიკური, კულტურული, მეცნიერული და რეკრეაციული მნიშვნელობის რესურსს, რომლის დაკარგვას გამოუსწორებელი შედეგები მოყვება. ჭარბტენიან ტერიტორიებად ითვლება: ჭაობები, ჭანჭრობები, ტორფიანი ადგილები, წყალსატევები: ბუნებრივი თუ ხელოვნური, მუდმივი თუ დროებითი, გამდინარი ან გაუდინარი, მტკნარი, ნაკლებად მარილიანი ან მარილიანი, ზღვის აკვატორიის ჩათვლით, რომლის სიღრმე უკუქცევის დროს არ აღემატება 6 მეტრს.

კონვენციის მიხედვით, წყლის ფრინველებად ითვლებიან ჭარბტენიან ტერიტორიებზე ეკოლოგიურად დამოკიდებული ფრინველები. წყლის ფრინველები მათი სეზონური მიგრაციების დროს შეიძლება გასცდნენ კონკრეტული არეალის საზღვრებს და ამდენად ისინი უნდა ჩაითვალოს საერთაშორისო რესურსებად. ჭარბტენიანი ტერიტორიების, მათი ფლორისა და ფაუნის დაცვა გათვლილია ეროვნული პოლიტიკისა და კოორდინირებულ საერთაშორისო ქმედებათა ურთიერთშეთანხმების საფუძველზე.

1996 წელს საქართველო შეუერთდა რამსარის კონვენციას „საერთაშორისო მნიშვნელობის წყალჭარბი, განსაკუთრებით წყლის ფრინველთა საბინადროდ ვარგისი, ტერიტორიების შესახებ“ [1]. რამსარის კონვენციის ობიექტად გამოცხადდა კოლხეთის დაბლობის წყალჭარბი სავარგულები: კერძოდ ჭურის ჭაობები, ნადარის ჭაობები, ფიჩორა-პალიასტომის ჭაობები, პალიასტომის ტბა და შავი ზღვის აკვატორია, ასევე ისპანის ჭაობები ქობულეთთან [2]. კონვენცია ხელმომწერ მხარეებს ანიჭებს ვალდებულებებს უზრუნველყონ წყალჭარბი ტერიტორიების დაცვა და მდგრადი გამოყენება ქვეყნის მთელ ტერიტორიაზე. მთავრობებმა მიწათსარგებლობის სახელმწიფო დაგეგმვისას უნდა გაითვალისწინონ წყალჭარბი ტერიტორიების დაცვის აუცილებლობა [3].

საერთაშორისო მნიშვნელობის ჭაობების კრიტერიუმები, რომელსაც პასუხობს ობიექტი, შემდეგია: კრიტერიუმების ჯგუფი-ა, ობიექტი მოიცავს იშვიათ და უნიკალურ ჭაობის ტიპებს და პასუხობს 9 კრიტერიუმს, მათ შორის: ობიექტს გააჩნია საერთაშორისო მნიშვნელობა ბიოლოგიური მრავალფეროვნების კონსერვაციისათვის; ხელს უწყობდეს ბიომრავალფეროვნების ცხოველთა სახეობებს, აძლევდეს თავშესაფარს წყლის ბინადარ ფრინველებს და რეგულარულად უზრუნველყოფდეს 20 000 ფრინველის მიღებას [4].

ჭაობებს საქართველოში განსაკუთრებით დიდი ფართობი – 627 კმ<sup>2</sup> უკავია და მდებარეობენ კოლხეთის დაბლობზე [5]. კოლხეთის დაბლობზე წარმოდგენილია ჭარბტენიანი ტერიტორიები, რომლის ნაწილი კოლხეთის ეროვნულ პარკს უჭირავს. კოლხეთის დაბლობის წლიური ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 1200-2800 მმ-ის ფარგლებში მერყეობს, ხოლო წნევიანი წყლების მიწისქვეშა ჩამონადენის მოდული 4 ლ/წმ-ს შეადგენს 1 კმ<sup>2</sup>-დან, მაშინ, როდესაც ალაზნის ველზე, სადაც 500-600 მმ ნალექი მოდის, და წნევიანი წყლების მიწისქვეშა ჩამონადენის მოდული შეადგენს 10-13 ლ/წმ-ს 1 კმ<sup>2</sup>-დან [6].

პალიასტომის ტბა შედის კოლხეთის ეროვნული პარკის შემადგენლობაში, რომლის საერთო ფართობი არის 44599,8 ჰექტარი. აქედან ხმელეთის ფართობია 29323,8 ჰექტარი, ხოლო ზღვის აკვატორიისა – 15276 ჰექტარი. კოლხეთის ეროვნული პარკი იყოფა შემდეგ უბნებად: ა) ზღვის აკვატორიის უბანი; ბ) ანაკლია-ჭურის უბანი; გ) ნაბადას უბანი; დ) იმნათის უბანი [7].

პალიასტომის დიდი ტბა, რომელიც ადრე ყურე იყო, განლაგებულია მდ. რიონის ესტუარიის სამხრეთ სანაპიროზე [16]. პალიასტომის ტბა მდებარეობს კოლხეთის დაბლობის ჭარბტენიანი ტერიტორიის ცენტრალურ ნაწილში და უნიკალურ წყალსაცავს წარმოადგენს [10]. პალიასტომის ტბის ზედაპირის ფართობი - 18 კმ<sup>2</sup>, წყლის ოდენობა - 40 მილიონი მ<sup>3</sup>, საშუალო სიღრმე - 2.2 მ, მაქსიმალური სიღრმე - 4 მ, წყალსაკრები ფართობი - 547 კმ<sup>2</sup> [8, 9].

პალიასტომის ტბა გამოყოფილია ზღვიდან 300-400 მეტრი სიგანის 2 მ სიმაღლის წყალგამყოფი ქვიშაყრილით. ტბა განიცდის ნალექების ინტენსიურ ზრდას და ვეგეტაციას.

კოლხეთის ეროვნული პარკი, პალიასტომის ტბასთან ერთად, აღიარებულია საერთაშორისო მნიშვნელობის დაცული ტერიტორიად [3, 4, 5].

კოლხეთის ეროვნულ პარკში და მის მიმდებარედ აღწერილია 300 სახეობის, ხოლო ჯავახეთის ზეგანზე - 91 სახეობის ფრინველი [14], რომელთაგან ნახევარი მიგრირებად სახეობებს წარმოადგენენ. მათ დასასვენებელ და დასაზამთრებელ ადგილს წარმოადგენს კოლხეთის დაბლობი შავი ზღვის სანაპირო ზოლის, პალიასტომის ტბისა და ჯავახეთის ზეგნის ტბების სისტემის ჩათვლით. სავარაუდოა, რომ მიგრაციის დროს ამ მიდამოებში 100-ზე მეტი სახეობის ფრინველი მოფრინავს. მრავალი მიგრირებადი სახეობა შეტანილია მიგრირებადი სახეობების დაცვის კონვენციის (CMS - ბონის კონვენცია) I და II დანართში და აფრო-ევრაზიული მიგრირებადი წყლის ფრინველების დაცვის (AEWA) შეთანხმებაში [12].



სურათი 1. პალიასტომის ტბის ფრინველები

კოლხეთის ეროვნული პარკის ტერიტორია, უხერხემლოთა გავრცელების თვალსაზრისით, შეიძლება პირობითად სამ ჯგუფად დაიყოს: 1) სანაპირო ზოლი, სადაც მრავლადაა დეტრიტოფაგები (Olygochaeta, Crustacea); 2) წყლის ხაზს შედარებით დაშორებული ზოლი (10 - 20 მ-ით და მეტით), სადაც ბინადრობს დეტრიტოფაგების (Talitridae, Amphypoda) ოჯახიდან და მტაცებელი ხოჭოები "Cicindellidae"-ს ოჯახიდან; 3) უფრო ღრმად, ქვიშებში გვხვდება "Ophelia bicornis" (Polichaeta), "Orchestia bottae" (Polichaeta) და "Donacilla cornea". საკვლევ ტერიტორიაზე სავარაუდოა უხერხემლო ცხოველთა შემდეგი ჯგუფების არსებობა: ნემატოდები (Nematodes), წურბელები (Hirudinea), მოლუსკები (Mollusca), კიბოსნაირები (Crustacea), ობობასნაირები (Arachnoidea), მორიელები (Scorpionidea) და ორფრთიანები (Diptera) [13].



სურათი 2. ა

პალიასტომის ტბის აეროფოტო



სურათი 2. ბ

რუხი ყანჩა



სურათი 2. გ

პალიასტომის ტბა

პალიასტომის ტბა ითვლებოდა ერთ-ერთ უდიდეს წყალსატევად და მაღალპროდუქტიულ აუზად, როგორც თევზის, ასევე ბუნებრივი საკვების რესურსების შემცველი. თუმცა ეკოლოგიურმა ფაქტორებმა განაპირობა ტბის გამლაშება, რამაც გამოიწვია ზეგავლენა ტბის სახეობათა შემადგენლობაზე. 1940 წელს თევზების სახეობათა რაოდენობა შეადგენდა 40-ს. თუმცა, მათი რაოდენობა შემცირდა 24-მდე ჰიდროლოგიური რეჟიმის შეცვლის შემდეგ, რაც გამოწვეული იყო მარილიანობის გაზრდით.

მიუხედავად ამისა ფიტოპლანქტონის ოდენობის ზრდის დინამიკა მერყეობს სეზონიდან სეზონამდე და აღინიშნება მტკნარი წყლის ფიტოპლანქტონის ცვლილება ზღვის ფიტოპლანქტონზე.

დაფიქსირებულ სახეობათა შორისაა არა მარტო ადგილობრივად მოზუდარი, არამედ გადამფრენი ფრინველებიც. ტორფისა და ჭილის ჭაობებში გადაფრენის დროს, გვხვდება რუხი წერო (*Grus grus*). აქ ისვენებენ და ბუდობენ მშრალ ნაკვეთებზე დალლა (*Crex crex*) და ჩვეულებრივი მწყერი (*Coturnix coturnix*). აქვე ჭაობებში იკვებება ზოგიერთი მტაცებელი ფრინველი, კერძოდ ჭაობის ბოლობეჭედა (*Circus aeruginosus*) [13].

2010 წლის შემოდგომაზე (9/10/2010) ჩატარებული ფრინველთა აღნუსხვის შედეგად დაფიქსირდა 1,114 ფრინველი, 18 სახეობა, მათ შორის "*Phalacrocorax carbo*"-დიდი ჩვამა (522), "*Anas platyrhynchos*" (172), "*Sterna hirundo*"-ჩვეულებრივი იხვი (115), "*Anas crecca*"-ჭიკვარა (66), "*Larus michahellis*"-ხმელთაშუა ზღვის თოლია (64) და სხვა [25].

ფრინველებისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ზღვის სანაპირო ზოლს. მდ. რიონის შესართავი განლაგებულია გადამფრენი ფრინველების სამიგრაციო გზებზე ევროპიდან და რუსეთიდან გადმოფრენილი სახეობებისათვის. მდ. რიონის დელტიდან სოფ. ყულევის მონაკვეთამდე თებერვლის თვეში ყოველდღიურად ცურავს 10 ათასამდე ეგზემპლარი სხვა და სხვა იხვისნაირი და რამდენიმე ასეული ბატისნაირი [22].

პალიასტომის ტბაზე დაფიქსირებულია წყლის ბინადარ ფრინველთა სხვადასხვა სახეობები [21]: დიდი მურტალა (*Podiceps cristatus*), რუხლოყება კოკონა (*Podiceps grisegena*), მცირე მურტალა (*Tachybaptus ruficollis*).



სურათი 3. ა  
წითელთავა ყვინთია  
(*Aythya ferina*)



სურათი 3. ბ  
მცირე თეთრი ყანჩა  
(*Egretta garzetta*)



სურათი 3. გ  
ალკუნი  
(*Alcedo atthis*)

კოლხეთის ეროვნული პარკის თანამშრომლების ცნობით, კოლხეთის ეროვნული პარკის ტერიტორიაზე, პალიასტომის, მდ. თხოზინას, გურინკასა და მალთაყვას შორის განლაგებულ ტერიტორიაზე ბინადრობს 50-200 შველი, 20-30 გარეული ღორი, 6-7 წავი. პალიასტომის, დიდ და პატარა ნარიონალის, დიდი შემკრები არხების პირას მტაცებლებიდან და ჩლიქოსნებიდან დაფიქსირებულია ტურა (*Canis aureus*), მელა (*Vulpes vulpes*), წავი (*Lutra lutra*), მაჩვი (*Meles meles*), დედოფალა (*Mustela nivalis*), შველი (*Capreolus capreolus*) ასევე მღრღნელი ნუტრია (*Myocator coypus*) [20].

ამგვარად, ტბა საერთაშორისო მნიშვნელობის, მრავალმხრივი გამოყენების წყლის ობიექტია და საჭიროებს სისტემატურ მონიტორინგს.

1924 წლამდე ტბა მტკნარ წყალსატევად ითვლებოდა. ამჟამად პალიასტომის ტბის არსებული ძირითადი ჰიდროქიმიური კვლევის მონაცემების საფუძველზე ტბის წყლის pH=7.64; გახსნილი ჟანგბადი - 5.2 მგ/ლ; მინერალიზაცია - 4973.0-მგ/ლ; სიმღვრივე - 4.91 FTU; SiO<sub>2</sub> - 0.64. მგ/ლ [10].

ცხრილი 1. ძირითადი იონების შემცველობა პალიასტომის ტბის წყალში, მგ/ლ [10].

რეგისტრ. №	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Si
ზღვ	-	300	180	40	120	50	100	-
RW-08-13	123.2	2698	80	162	1500	67.5	336	4967
RW-09-13	186.7	4408	120	288	2200	88.0	240	7530
RW-10-13	119.5	2623	78	189	1507	55.0	328	4900

პალიასტომის ტბაში ჩაედინება მდინარე ფიჩორი. მისი სიგრძეა 57 კმ, აუზის ფართობია 406 კვ.კმ. სათავე აქვს გურიის სერის ჩრდილოეთ კალთაზე, ზღვის დონიდან 245 მ სიმაღლეზე. საზრდოობს

ძირითადად წვიმის წყლით, უმნიშვნელოდ – მიწისქვეშა და თოვლის წყლით. ახასიათებს წვიმებით გამოწვეული წყალმომარაგების, საშუალო წლიური ხარჯია 8,2 მ<sup>3</sup>/წმ [6].

მდ. მალთაყვა პალიასტომის ტბას აკავშირებს ზღვასთან. მისი სიგრძე 1.5 კმ-ს შეადგენს, თუმცა საკმაოდ განიერია (200 მ-დან 300 მ-მდე) და მდორე დინება აქვს. ეს სწორედ ის არხია, რომელიც აიგო პალიასტომის ტბისა და ზღვის დასაკავშირებლად 1924 წელს [10].

ტბის წყლის სიმღვრივე შედარებით დაბალია, ვიდრე მდინარის. ასევე განსხვავდება ჟანგბადის შემცველობაც. აღინიშნა გახსნილი ჟანგბადის ანომალურად მაღალი შემცველობა - 11.0 მგ/ლ, გაჯერება 133 %, რაც გამოწვეულია წყალმცენარეების ინტენსიური განვითარებით და ფოტოსინთეზის შედეგად გამოყოფილი ჟანგბადით. მკვეთრად მაღალი მარილიანობის ფონზე გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ნორმის ფარგლებშია – 9.0 და 9.6 მგ/ლ, თუმცა მოცემულ ტემპერატურაზე გაჯერება 114 და 120 %-ს შეადგენს.

პალიასტომის ტბა წარმოადგენს საერთაშორისო მნიშვნელობის მქონე დაცულ ტერიტორიას. ამასთანავე ის წარმოადგენს მნიშვნელოვან ტურისტული და სარეკრეაციო ობიექტს, რომლის რესურსებით სარგებლობს ასევე ადგილობრივი მოსახლეობა.

ტბა, როგორც საყოფაცხოვრებო და ბიომრავალფეროვნების დაცვის ობიექტი, მნიშვნელოვანია განსაკუთრებით მოწყვლადი ჰაბიტატით. ყოველი სეზონური მიგრირებისას მნიშვნელოვნად იცვლება ტბის ბაქტერიული ფლორა, რამაც შესაძლოა შექმნას პათოგენური ბაქტერიული ფონის გაზრდა.

ზოონოზები ცხოველთა ინფექციური დაავადებებია, რომლებიც გადამდებია ადამიანებისათვის. ინფექციური აგენტები შეიძლება იყონ უმარტივესნი, სოკოვანი, ბაქტერიული ქლამიდიული ან ვირუსული. ამ სხვადასხვა მიკრობული ინფექციების ინდივიდუალური მგრძობელობა იცვლება ასაკისა და ჯანმრთელობის მდგომარეობის მიხედვით.

მიკროორგანიზმებით ადამიანთა დაავადება იცვლება ორგანიზმის ვირულენტურობასთან დამოკიდებულებით, პიროვნებაზე ზემოქმედების დოზით, ასევე ინფექციის წარმომავლობით. ქლამიდიოზი, სალმონელოზი, არიზონოსი\*, კოლიბაცილოზი†, არის ყველაზე გავრცელებული დაავადებები. ქლამიდიოზი, სალმონელოზი, არიზონოსი, კოლიბაცილოზი, ენცეფალიტი, და ფრინველების ტუბერკულოზი სიცოცხლისათვის საფრთხის პოტენციური რისკის შესაძლო მატარებლები არიან [6].

ბაქტერიული დაბინძურება შესაძლოა გამოწვეული იყოს, აგრეთვე, ტბაზე მიგრირებადი ფრინველთა სახეობების მიერაც. გადამფრენ გარეულ ფრინველთა ხშირი დაცემა გამოწვეულია სხვადასხვა სახის ბაქტერიული დაავადებებით, რომლებიც საგრძნობლად გაიზარდა ბოლო ათწლეულების განმავლობაში. ჯანმრთელობისთვის დიდი რისკის გამოწვევია ისეთი დაავადებები, როგორცაა: ფრინველთა ქოლერა, სალმონელოზი, ფრინველთა ბოტულიზმი, ფრინველთა ტუბერკულოზი, ფრინველთა გრიპი და სხვა [24].

ბაქტერიული დაავადებებით გამოწვეული დაცემა გარეულ ფრინველთა ვირუსულ დაავადებებთან შედარებით უფრო მაღალია. ინფექციასთან ერთად ზოგიერთი ბაქტერიების მიერ გამოწვეულ დაავადებას თან ახლავს მათ მიერ წარმოქმნილ პოტენციურ ტოქსინთა ზემოქმედება [24]. ციანობაქტერია შედის ფოტოაუტოტროფულ ბაქტერიათა ჯგუფში. იგი ფართოდ ვრცელდება წყალსა და ხმელეთზე. ციანობაქტერიის რამოდენიმე წყლის მზარდი სახეობა იწვევს მეორად ტოქსიკურ მეტაბოლიტებს, რაც სახიფათოა ადამიანებისა და ცხოველებისათვის [23].

წყლისმიერი დაავადებები (მაგ. დიარეა, გასტროინტესტინალური დაავადებები), რომელიც გამოწვეულია სხვა და სხვა ბაქტერიებით იწვევენ ეპიდემიებს [24].

მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის (WHO) მონაცემებით ყოველწლიურად 3.4 მილიონი ადამიანი, უმეტესად ბავშვი, იღუპება წყლისმიერი დაავადებებით [25].

წყალსატევების წყლისმიერი პათოგენებით დაბინძურება და მათ მიერ გამოწვეული დაავადებები დღევანდელი მსოფლიოს მნიშვნელოვანი პრობლემაა. "გაერო" აღიარებს წყლის ხარისხის გაუმჯობესებას, როგორც საუკუნის მდგრადი განვითარების ერთ-ერთ მთავარ მიზანს.

ამგვარად, პალიასტომის ტბის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური ბაქტერიების ზემოქმედების შესწავლა, მოდელირება და მისი აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებების გატარება მეტად მნიშვნელოვანი და აქტუალური პრობლემაა.

\* ფრინველების დაავადება რომელსაც იწვევს სალმონელოზური ბაქტერია - *Salmonella arizonae*

† პათოგენური ეშერიხია კოლი (*Escherichia coli*)

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ნინო ბენაშვილი, შავი ზღვის საქართველოს სექტორის ეკოგეოქიმიის საკითხები, 2012
2. “საერთაშორისო მნიშვნელობის ჭარბტენიანი, განსაკუთრებით, წყლის ფრინველთა საბინადროდ ვარგისი, ტერიტორიების შესახებ” რამსარი, 02.02.1971
3. Зенкевич Л.А. Побережье Черного и Азовских МореЙ, Москва. Наука, 1968 .ст. 210
4. Tvalchrelidze M. Geological history of the Sokhumi peninsula in Late Pleistocene and Holocene. Bull. of the Georgian Acad. of Sci. 1998, V 157, N 4, p. 437-442.
5. Колхидская низменность. Природные условия и социально-экономические аспекты. Ленинград, Гидрометеиздат, 1989, ст. 373.
6. საქართველოს გეოგრაფია. ფიზიკური გეოგრაფია, ნაწილი 1. თბილისი, მეცნიერება, 2000, გვ. 344.
7. ბენაშვილი ნ., გვახარია ვ., მაჩიტაძე ნ., ხუბუნია ც., ადამია ტ. მანგანუმისა და დარიშხანის შემცველობა მდ. რონის მყარ ნატანში და შესართავისპირა ზონის ზღვის ფსკერულ ნალექებში . საერთაშორისო კონფერენცია “გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება”. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომები, 2010, გვ. 311-213.
8. Avian Diseases Transmissible to Humans I Jacqueline P. Jacob, Jack M. Gaskin, Henry R. Wilson, and F. Ben Mather University of Florida IFAX Extension
9. ი. მაჭარაშვილი. გ. არაბული. გ. დარჩიაშვილი. გ. გორგაძე. ჯავახეთის წყალჭარბი ეკოსისტემები: ბიომრავალფეროვნება და კონსერვაცია,- [სახეობათა კონსერვაციის სამეცნიერო-კვლევით ცენტრი NECRES], თბილისი .2004.
10. ვარშანიძე მადონა ასლანის ას .შავი ზღვის საქართველოს შეღვის ჰიდრობიონტის Mytilaster lineatus -ის მორფო-ბიოლოგიური თავისებურებანი, 2006
11. ზოოლოგიის ინსტიტუტის შრომები, XXIV ტომი, გამომცემლობა „უსტარი“ ,Tbilisi, 2015
12. Results of the Autumn 2010 Migratory Waterbird Counts in the Azov-Black Sea Coastal Wetlands of Ukraine, Georgia and Turkey Wetlands International Black Sea programme, Kiev – 2011
13. Materials towards a Fauna of Georgia Issue VI Alexander Abuladze, Birds of Prey of Georgia Tbilisi 2013
14. Guranda bagrationi Water Quality, Cyanobacteria and Cyanotoxins in Two Freshwater Reservoirs on the Coast of Georgia Master’s Thesis in Environmental and Health Studies, 2015
15. Bacterial Diseases (Field Manual of Wildlife Diseases) Milton Friend, 1999
16. Cyanobacteria-Bryophyte Symbioses, Journal of Experimental Botany, David G. Adams, Paula S. Duggan, 2007
17. Komakhidze, A., (2006) Treatment of fisheries system of the Lake Paliastomi and the River
18. Phichori for the Kolkheti National Park. Water Ecology and Fisheries Research Institute 55pp. (In Georgian)
19. Jaiani, E., Kokashvili, T., Mitiashvili, N., Elbakidze, T., Janelidze, N., Lashkhi, N., Kalandadze, R., Mikashavidze, E., Natroshvili, G., Whitehouse, Ch. A., Huq, A., Tediashvili, M. (2013) Microbial water quality of recreational lakes near Tbilisi, Georgia. *Journal of Water and Health* IWA Publishing 333-345.
20. Mikashavidze, E., Diasamidze, R., Kalandadze, R., Itskireveli, M., (2006) Bio-ecological condition of the Lake Paliastomi. Works XV, The Ministry of Education of Georgia, Shota Rustaveli State University.
21. Puzanov, I. I., (1940) Materials on the knowledge of the fauna and fishing in Lake Paliastomi, scientific works on fish industry of Georgia, (3) 273-310 (In Russian).
22. Kalandadze, R., & Geradze, K., (2009) The Evaluation of ecological status of Lake Nurigeli, Report for „Black Sea Flora and Fauna Scientific Research Centre“(In Georgian).
23. Bacterial Diseases (Field Manual of Wildlife Diseases) Milton Friend University of Nebraska – Lincoln DigitalCommons@University of Nebraska – Lincoln, 1999
24. Craun GF, Fraun MF, Calderon RL, Beach MJ. Waterborne outbreaks reported in the United States. *J Water Health.* 2006;4:19–30. [PubMed]
25. Fenwick A. Waterborne Infectious Diseases-Could they be consigned to History? *Science.*2006;4:1077–1081. [PubMed].

## DESCRIPTION OF THE ECOSYSTEM OF THE LAKE PALIASTOMI

Grigol Abramia, Leila Gverdtsiteli, Dimitri Eristavi  
Georgian Technical University

## SUMMARY

Has been reviewed ecological state of the lake Paliastomi, internationally protected area, as well as its migratory birds, bacterial flora and possible dissemination of infectious diseases in the lake Paliastomi and the need of the study of water born bacterial diseases.

## ОПИСАНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА ПАЛИАСТОМИ

Григол Абрамия, Лейла Гвердцители, Димитрий Эристави  
Грузинский технический университет

## РЕЗЮМЕ

Рассматривается экологический статус озера Палиастоми, как международной охраняемой территории, а также обитающие виды мигрирующих птиц, бактериальная флора, возможность распространения ими инфекционных заболеваний в озере Палиастоми и необходимость проведения исследования водных бактериальных заболеваний.

## გარემოს ქიმია

წყალმცენარესთან *Spirulina platensis* ქიმიური ელემენტის სელენის (Se) ურთიერთქმედება

ნანა კუჭავა

*ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
ელეფთერ ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი*

სამუშაოში შესწავლილ იქნა წყალმცენარის *Spirulina platensis* (*S. platensis*) უჯრედული ზრდის დინამიკაში მკვებავ *Zarrouk* გარემოში ქიმიური ელემენტის სელენის (Se) ქცევის თავისებურებანი, როცა აღნიშნულ გარემოში ჩატვირთულია მისი ცნობილი რაოდენობა. გამოყენებულ იყო ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრიის მეთოდი.

ცნობილია, რომ ცოცხალ ორგანიზმებში ქიმიური ელემენტების მოქმედება დამოკიდებულია მათ კონცენტრაციაზე. თითოეული ელემენტისათვის შეიძლება მოიძებნოს გარკვეული რაოდენობა, რომლითაც ის წარმოგვიდგება ფარმაკოლოგიურად აქტიურ ან ტოქსიკურ მდგომარეობაში.

ჩვენს ექსპერიმენტებში ცოცხალ ორგანიზმად განხილულია წყალმცენარე *S. platensis*, რომელიც წარმოადგენს ბიოტექნოლოგიის მნიშვნელოვან ობიექტს. ის არის საკვების, სამკურნალო პრეპარატების და დიეტური პროდუქტების აუცილებელი დანამატი, ამავე დროს აკმაყოფილებს ცოცხალი ორგანიზმების მოთხოვნილებას ბევრ ვიტამინზე.

ლიტერატურაში წარმოდგენილია სხვადასხვა სამეცნიერო ლაბორატორიაში ჩატარებული სამუშაოები *S. platensis* პრაქტიკული გამოყენების შესახებ. ერთერთ მაგალითად დავასახელებთ, რომ შესწავლილია აღნიშნული წყალმცენარის მეშვეობით ტყვიის (Pb) შემცველობისაგან ჩამდინარე წყლების გასუფთავების საკითხი. ამას გარდა, გამოკვლეულია სპირულინას კულტურაში ტყვიის ტოქსიკურობის საკითხიც [1]. მკვლევარების ყურადღება დაიმსახურა *S. platensis* ბიომასის საშუალებით მკვებავი გარემოდან ქიმიური ელემენტის ვანადიუმის (V) აკუმულირების შესაძლებლობამ [2]. ექსპერიმენტებით დადასტურდა, რომ ზემოთაღნიშნულ ციანობაქტერიას *S. platensis* გააჩნია ოქროსა და ვერცხლის ნანონაწილაკების წარმოქმნის უნარი [3]. წყალმცენარის ბიომასა ამ ორი ქიმიური ელემენტის ნანონაწილაკებთან ერთად შეიძლება გამოყენებული იქნეს ფარმაცევტული და სამედიცინო მიზნებისათვის. უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთი მოქმედების მიკროორგანიზმების რაოდენობა ჯერჯერობით მცირეა შესწავლილი.

დამტკიცებულია, რომ ცოცხალი ორგანიზმების შემადგენლობაში მოიპოვება ქიმიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემის თითქმის ყველა ელემენტი. ამჯერად ყურადღებას შევაჩერებთ სიცოცხლისათვის ერთერთ აუცილებელ ელემენტზე სელენზე (Se), რომელსაც შეიცავს ადამიანის ქსოვილები და ორგანოები [4] და რომლის რაოდენობაც იცვლება ცალკეულ ცხოველთა, მათ ორგანოთა, აგრეთვე, გარემო პირობებისაგან დამოკიდებულებით. ის შედის ფერმენტების, ცილებისა და ამინომჟავების შემადგენლობაში. ადგილი აქვს სელენის გამოყენებას პირუტყვის საჭმლის დანამატად. როგორც ვარაუდობენ, მას გააჩნია ბიოლოგიური როლი. იგი გვხვდება ორგანულ ნაერთებში, რომლებშიც თამაშობს გოგირდის ანალოგიურ როლს. ის წარმოადგენს ანტაგონისტს As, Zn, Cd, Te, Hg ქიმიური ელემენტებისათვის და იცავს ადამიანის ორგანიზმს ამ ელემენტებით მოწამვლისაგან [5].

ნეიტრონული აქტივაციური ანალიზის (ნაა) მეთოდით შესწავლილია სელენის შემცველობა ჯანმრთელი თავგების სისხლსა, ორგანოების ქსოვილებსა და ღვიძლიდან გამოყოფილ უჯრედოვან კომპონენტებში: ბირთვებში, მიტოქონდრიებში, მიკროსომებსა და ციტოპლაზმაში [6].

არსებობს ადამიანის, ცხოველთა და ფრინველთა ზოგიერთი დაავადება, გამოწვეული სელენის დეფიციტით საკვებ პროდუქტებში და სასმელ წყალში. უნდა აღინიშნოს, რომ წყაროს, მდინარეთა და მადაროთა წყლები შეიცავს სელენს უფრო დიდი რაოდენობით, ვიდრე ზღვების და ოკეანეებისა. აორთქლების მაღალი უნარის გამო სელენი სწრაფად შეიწოვება ატმოსფეროში.

როგორც [7] სამუშაოშია აღნიშნული, რუსეთის ზოგიერთი რეგიონისათვის აქტუალურია სელენის შემცველი პრეპარატების მიღების პრობლემა, რადგან კვების ზოგ ტრადიციულ პროდუქტში მისი უკმარისობა წარმოადგენს გულ - სისხლძარღვთა, ონკოლოგიურ დაავადებათა და კატარაქტის გამომწვევ მიზეზს.

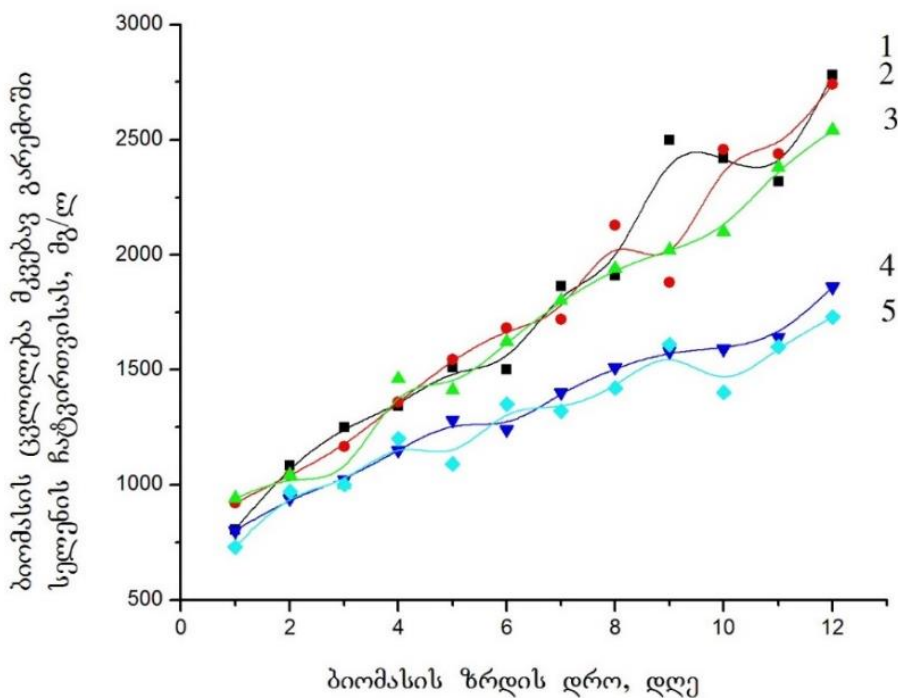
ნაშრომი [8] წარმოადგენს კომპლექსურ გამოკვლევას სელენის მიკრორაოდენობის განაწილებისა ადამიანისა და ცხოველთა ორგანიზმში და სხვადასხვა ორგანოში(სისხლი, ღვიძლი, თირკმელი, გული, ფილტი, ტვინი, კუნთი, ძვალი) ნორმასა და პათოლოგიაში. აღნიშნულია, რომ სელენის აკუმულირება და მისი უკმარისობაც იწვევს რიგი ორგანიზმების როგორც ტოქსიკურ მდგომარეობას, ასევე სხვადასხვა დაავადებასაც. აღნიშნული საკითხები შესწავლილია ნაა მეთოდის გამოყენებით.

სელენის, აგრეთვე ზოგიერთი ტოქსიკური ელემენტის ურთიერთქმედება *S. platensis* ბიომასიდან გამოყოფილ გლობულარულ ცილა C - ფიკოციანინთან დეტალურადაა შესწავლილი [9] სამუშაოში. [10] სამუშაოში, სხვა მიკროელემენტებთან ერთად, განსაზღვრულია სელენის რაოდენობა ორი სახის ნიმუშში: კუნძულ კუბის მახლობლად კარიბის ზღვაში აღებულ *S. platensis* ნატურალურ და კომერციისათვის განკუთვნილ ნიმუშებში. გამოყენებულ იყო ორი მეთოდი: ატომური აბსორბციული სპექტრომეტრია და პლაზმური ატომურ - ემისიური სპექტროსკოპია.

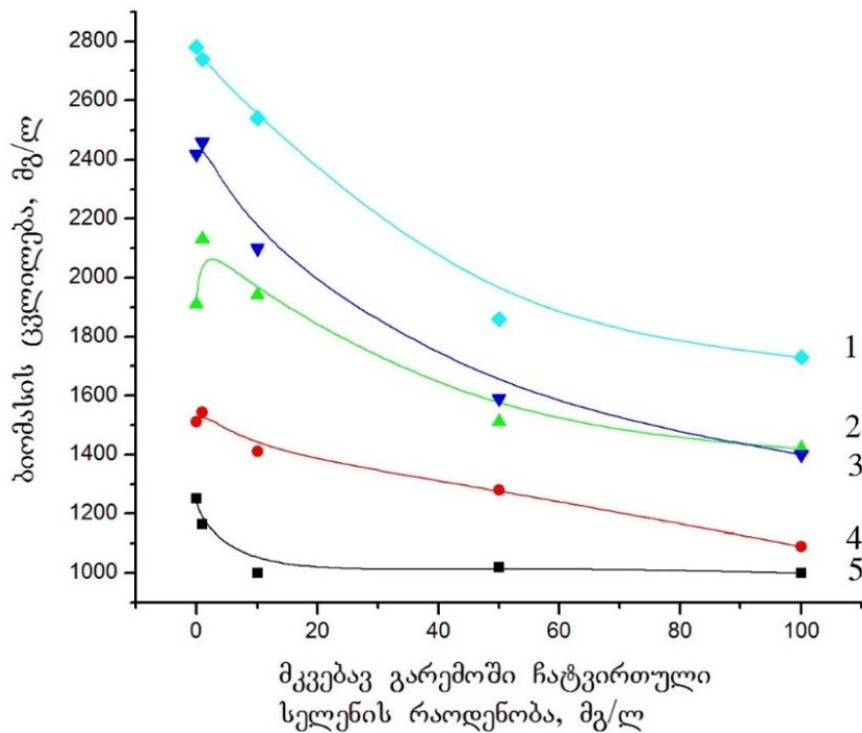
როგორც სხვა შრომებში მაქვს აღნიშნული, ე.ლ.ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტში წყალმცენარის *S. platensis* ბიომასის გამოკვლევები შესრულდა რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის კ.ა.ტიმირიაზევის სახელობის ფიზიოლოგიის ინსტიტუტიდან მიღებული ნიმუშების საშუალებით. ექსპერიმენტების მიმდინარეობისას დაცული იყო პირობები: pH > 8; 3500 ლუქსი განათება; 30 – 34° C ტემპერატურა; უწყვეტი ბარბატირება; მიკროსკოპული კონტროლი; წყალმცენარის ბიომასის დაბალტემპერატურული გამოშრობა. მუდმივმა მიკროსროპულმა კონტროლმა დაამტკიცა, რომ ექსპერიმენტებში გამოყენებული *S. platensis* ბიომასის უჯრედები ციტოლოგიურად არ განცხვავდება კონტროლისაგან.

ჩვენი მიზანი იყო მკვებავ Zarrouk გარემოში ჩატვირთული სელენის სხვადასხვა კონცენტრაციის ზეგავლენის შესწავლა *S. platensis* ბიომასის ცვლილების პროცესზე, რისთვისაც გამოყენებულ იქნა სელენის მარილის  $H_2SeO_3$  7.9 მკგ/მლ 0. 1 M ხსნარი. წყალმცენარის კულტივაცია მოხდა 12 დღის განმავლობაში.

როგორც 1 ნახაზიდან ჩანს, 2 და 3 შემთხვევაში წყალმცენარის ბიომასის ზრდა ახლოსაა ერთმანეთთან - ორივე შემთხვევაში ბიომასა იზრდება, მაგრამ ნორმაზე ცოტათი ნაკლებად. რაც შეეხება 4 და 5 შემთხვევებს, მკვებავ Zarrouk გარემოში სელენის ზემოთაღნიშნულ რაოდენობათა ჩატვირთვა, წინა შემთხვევებთან შედარებით დამორგუნველად მოქმედებს *S. platensis* ბიომასის ზრდაზე.



**ნახ. 1.** *S. platensis* ბიომასის ცვლილება 12 დღის განმავლობაში, როცა მკვებავ გარემოში ჩატვირთულია სელენის სხვადასხვა რაოდენობა: 1 მრუდი შეესაბამება ნორმას - მკვებავ გარემოში სელენი არ არის ჩატვირთული, 2 - ჩატვირთულია 1 მგ/ლ, 3 - 10 მგ/ლ, 4 - 50 მგ/ლ, 5 - ჩატვირთულია 100 მგ/ლ სელენი.



**ნახ. 2.** წყალმცენარის ბიომასის ცვლილების დამოკიდებულება მკვებავ გარემოში ჩატვირთული სელენის რაოდენობისაგან.

2 ნახაზზე გამოსახულია წყალმცენარის ბიომასის ცვლილების დამოკიდებულება მკვებავ გარემოში ჩატვირთული სელენის რაოდენობისაგან 5 დღის განმავლობაში.

თვალსაჩინოებისათვის 12 - დღიანი ექსპერიმენტის დროს შერჩეულ იქნა ის დღეები, რომლებშიც უფრო მკაფიოდ ჩანს მკვებავ გარემოში სელენის სხვადასხვა რაოდენობათა ჩატვირთვით გამოწვეული განსხვავება. მრუდების ნომრებისა და დღეების შესაბამისობა ასეთია: 1 – 12 დღე, 2 - 10 დღე, 3 – 8 დღე, 4 – 5 დღე, 5 – 3 დღე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ბიომასის ყველაზე ნაკლები ზრდა შესამჩნევია მკვებავ გარემოში 100 მგ/ლ სელენის ჩატვირთვიდან 3 დღეს, ხოლო მაქსიმალური ზრდა შეიმჩნევა 12 დღეს სელენის 1 მგ/ლ რაოდენობის ჩატვირთვის დროს, რაც ნორმის მდგომარეობასთან დიდადაა დაახლოებული.

საინტერესოდ ჩავთვალედ შეგვესწავლა მკვებავ გარემოში ჩატვირთული სელენის დიდი ინტერვალით განსხვავებული კონცენტრაციის ზეგავლენა *S. platensis* ბიომასის ზრდის პროცესზე. შედეგები წარმოდგენილია 1 ცხრილში.

ცხრილი 1. *S. platensis* ბიომასაში სელენის აკუმულაცია მკვებავ გარემოში მისი სხვადასხვა რაოდენობით ჩატვირთვისას. შედეგები მიღებულია აას მეთოდის საშუალებით.

მკვებავ გარემოში ჩატვირთული სელენის რაოდენობა მკგ/ლ	სელენის რაოდენობა <i>S. platensis</i> ნიმუშებში, მკგ /გ
500	მნიშვნელობა არ გვაქვს ტექნიკურ მიზეზთა გამო
1000	4. 4
2000	11
3000	14
4000	18. 5
5000	20. 7
6000	22. 6
8000	23. 3
10000	30. 0
12000	43. 5



15000	40.4
-------	------

როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, გამოვიყენეთ სელენის ჩატვირთული რაოდენობის საკმაოდ დიდი შუალედი: (500 – 15000) მკგ/ლ. მიღებული შედეგების შესახებ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ სელენის მაქსიმალური რაოდენობა წარმოდგენილია მკვებავ გარემოში სელენის 12000 მკგ/ლ რაოდენობის ჩატვირთვისას, ხოლო 15000 მკგ/ლ რაოდენობის ჩატვირთვისას შედეგი ცოტათი შემცირებულია. უმცირეს და უდიდეს მნიშვნელობათა შორის განსხვავება დაახლოებით ერთი რიგის ტოლია.

ამრიგად, შესაძლებლობის მიხედვით, გავარკვიეთ *S. platensis* ბიომასაში სელენის აკუმულაციის საკითხი. ვთვლით, რომ ჩვენს მიერ დასახული მიზანი, ძირითადად, შესრულებულია.

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

### ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

1. CHEN Hong, PAN Shan-shan. J. Zhejiang Univ SCI 6B(3), 171- 174, 2005.
2. Vasilieva S.G., et. al., J. Trace Elem. Med. Biol. 25(2), 109 – 112, 2011.
3. წიბახაშვილი ნ. და სხვ., ნანოქიმია - ნანოტექნოლოგიები. პირველი საერთაშორისო კონფერენციის თეზისების კრებული, 37 – 38, 2010.
4. Iyengar C.V., Kolmer W. E., Boven H. J. M. Verlag Chemie. Weinheim. New York. 1978.
5. Мосулишвили Л. М. и др. Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, P18 – 2008 – 8, 11 стр.
6. Ткешелашვილი Л. К. и др. Сборник статей „ Радиационные исследования“, Изд. „Мецნიერება“, г. Тбилиси, 2, 25-32, 1975
7. Пронина Н. А. И др. Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. Специальный выпуск. 5, 1-3. 2001.
8. Шония Н. И. Диссертация на соискание ученой степени кандидата Ф. М. Н., 1988.
9. Хизанишвили А. И. Диссертация на соискание ученой степени кандидата Ф. М. Н. 2001.
10. Campanella L, et. al. Analusis, 26, 210 – 214, 1998

### ON INTERACTION OF CHEMICAL ELEMENT SELEN (Se) WITH ALGAE SPIRULINA PLATENSIS

Nana Kuchava

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

#### SUMMARY

The peculiarities of the behaviour chemical element selen (Se) in the dynamics of cell growth of cyanobacteria *Spirulina platensis* (*S. platensis*) in Zarroyk nutrient medium when certain quantity is introduced into the mentioned medium has been studied in the work. The Method of Atom – absorption spectrometry (AAS) was used.

### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА СЕЛЕНА (Se) С ВОДОРОСЛЬЮ SPIRULINA PLATENSIS

Нана Кучава

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

#### РЕЗЮМЕ

В работе были изучены свойства химического элемента селена (Se) в динамике клеточного роста цианобактерии *Spirulina platensis* (*S. platensis*), когда в питательной среде Zarroyk загружено его известное количество. Использован метод атомно-абсорбционной спектрометрии.

## ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

## STUDIES OF THE UPTAKE AND DISTRIBUTION OF Cs FROM SOIL IN FOOD CROPS GROWN IN FIELD AND LABORATORY CONDITIONS

Olia Rcheulishvili, Lela Tugushi, Eter Ginturi, Elene Kirkesali, Alexandre Rcheulishvili, Timo Korpela

*E. Andronikashvili Institute of Physics, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University*

The ability to uptake cesium from soil was studied in Georgian endemic wheat [doli (*Triticum georgicum*)] and barley [*Hordeum sativum Lessen (Hordeum L.)*], and also in garlic in field and laboratory conditions. The content of elements in different organs of plants such as roots, stalks and leaves was studied at different stages of plant growth and development. The concentrations of elements were measured by using an atomic absorption spectrometer. In the leaves of wheat and barley, as well as of garlic, accumulation of Cs was much higher than in the roots, and in the roots – higher than in the stalks.

With the development of nuclear technologies, humanity faces the threat of radioactive contamination, which is confirmed by the events of recent decades (Chernobyl, Fukushima and other). Radioactive elements (Cs, I, Ce, La, Ru, Ba, Zr, Nb, etc.) spread from the disaster site (contamination center) over long distances in different ways and contaminate the environment. The plants growing on contaminated areas uptake and accumulate radioactive elements during the period of their growth and development [1-3]. The plants that are eaten by people and animals represent particular danger, as the radioactive elements accumulated in plants get into human organisms with food and exert an adverse impact on the human health. In this regard, special attention should be paid to the elements with long half-lives (long-lived ones). Such elements (Se, Co, Fe, Sb, Cr, Cs, Zn, Mn, Hg, As, Ag, Mo and W) are more dangerous for the environment. They are produced in the result of nuclear reactions proceeding in nuclear reactors.

As a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant in 1986, the environment in Georgia was contaminated. The following radionuclides were found:  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$  ( $^{132}\text{I}$ ),  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{140}\text{La}$  ( $^{140}\text{La}$ ),  $^{90}\text{Sr}$  ( $^{90}\text{Y}$ ) and  $^{95}\text{Zr}$  ( $^{95}\text{Nb}$ ). Subtropical agricultural crops in Western Georgia, in particular Georgian tea, were seriously contaminated. The milk was also contaminated with radioactive iodine [4, 5].

Thus, it is topical to study the uptake of potentially radioactive elements (the elements easily acquiring radioactivity) by plants, including edible and medicinal ones. [6] This will enable us to assess the potential hazard in the event of radioactive contamination of the environment (accidents at nuclear power stations, dirty nuclear bombs, etc.). It is essential to study the uptake of those elements in edible and medicinal plants that could cause the radioactive contamination of the environment. Plants uptake radioactive elements from soil and accumulate them during their growth and development.

Contamination of soil with cesium became topical after the Chernobyl disaster happened in 1986 [1-5]. After the Fukushima disaster happened in 2011, the importance of studying the contamination of soil increased even more. It was revealed that, after accidents at nuclear power stations, radioactive  $^{137}\text{Cs}$  spreads in the environment, which causes the contamination of the environment with this isotope. Plants, including food crops, assimilate  $^{137}\text{Cs}$  from the contaminated soil. Therefore, the experimental study of accumulation of cesium in various plants is of great importance [7]. In this work, we investigate the uptake of potentially radioactive element Cs in plants at different stages of their growth and development. For this purpose, we chose wheat cultivar doli (*Triticum georgicum*), barley cultivar [*Hordeum sativum Lessen (Hordeum L.)*] and garlic.

The experiments were carried out in field and laboratory conditions.

For cultivation of the crops, we selected a plot (the village of Naniani, Sagarejo Region), the soil productivity, humidity and light exposure of which satisfy the requirements necessary for cultivation of grain cultures. The soil taken from the plot was studied for the mechanical composition and the quality of humus according to acidity (pH), total nitrogen and nitrogen hydrolysate, phosphorus, mobile potassium, carbonates, total salts, and the mobile forms of microelements (Cr, Ni, Cd, Pb, Cu, Zn and Mn).

For the experiments, the soil was cleaned from stones and impurities, and then sifted. For field experiments, the selected plot (with the area of  $15\text{ m}^2$ ) was preliminarily fenced, and then containers with the dimensions of  $75 \times 20 \times 19\text{ cm}^3$  were placed on it. For laboratory experiments, the containers with the dimensions of  $53 \times 17.5 \times 20\text{ cm}^3$  were placed in the glass and organic glass with the dimensions of  $100 \times 60 \times 100$

cm<sup>2</sup>, which was illuminated by 12 14 W fluorescent tubes. In the greenhouse, the crops were cultivated at constant temperature, which was controlled.

The element Cs chosen for studying was introduced in soil in the form of a cesium chloride (CsCl) solution with the concentration of 5 g/l. The solution was introduced in soil so that, after its homogenization, that the concentration of cesium in soil in each container made up 40 mg/l. In containers so prepared, we sowed the selected cultivars of wheat, barley and garlic (garlic was seeded only in field conditions).

In laboratory experiments, the crops were watered every day for maintaining the required humidity level (3%). The pH value of the soil also controlled (pH7.5). The crops were picked from the containers at intervals of 28-30 days. The plants were washed with distilled water, divided into separate organs: roots, stalks and leaves. The samples were dried in a drying cabinet (80°C) to a constant weight. Then they were ground with a mechanical mill.

We weighed the samples (each sample weighed about 30 mg), placed them in appropriately labeled test tubes, added concentrated nitric acid and heated up until the formation of a homogeneous solution. Then we diluted the solution with bidistillate to the desirable volume. The concentration of Cs was measured by the method of atomic absorption spectrometry.

The Laboratory of Atomic Absorption Spectrometry at E. Andronikashvili Institute of Physics is equipped with spectrometers Aanalyst 800, Beckman-495 and C-115. Spectrometer Aanalyst 800 is a modern atomic absorption instrument that ensures measuring of the concentration of elements both in absorption and emission modes over the spectral range from 190 to 900 nm.

For the analysis, the preliminarily prepared sample solution is introduced into acetone-air flame. The spectrometer automatically chooses the optimal mode for measurement of each element: resonance wavelength  $\lambda$  characteristic of the element, acetone and air consumption (l/min), the distance between the atomizer slot and the atomic absorption zone (the zone of penetration of a light beam into the flame), the width of the monochromatic slot, and the current of the spectral lamp. As reference solutions, we used standard solutions with concentration of 1 mg/ml, Perkin Elmer. We prepared working solutions by diluting the standard ones. The relative error of the analytical method made up 5-10%.

In field experiments, the crops were sowed in the autumn wheat sowing period. Four samples of wheat, barley and garlic sowed in field conditions, and five samples of the same crops sowed in laboratory conditions were taken for the analysis. The measurement results are given in Tables 1 and 2.

**Table 1.** Concentration of Cs in wheat, barley and garlic crops grown in field conditions ( $\mu\text{g/g}$ )

Sample picking day	Field conditions													
	Wheat				Barley				Garlic					
	roots	stalks	Leaves	ears	roots	stalks	leaves	ears	roots	stalks	leaves	cloves	Blossoms	
88th day	744.3	481.3	836.5	-	779.7	829.5	1486.5	-	2	1.03	1.01	-	-	
116th day	297.2	388.9	651.7	-	860.5	424.1	692.5	-	0.82	0.84	0.72	-	-	
150th day	246.3	260	447.7	184.3	227	189	428.3	200.3	0.54	0.63	1.08	0.18	-	
171st day	337.1	214.4	417.5	207.1	400.8	309.4	598.8	109.8	0.71	0.47	0.86	0.24	0.36	

**Table 2.** Concentration of Cs in wheat, barley and garlic crops grown in laboratory conditions ( $\mu\text{g/g}$ )

Sample picking day	Laboratory conditions					
	wheat			Barley		
	roots	stalks	leaves	roots	stalks	leaves
26th day	3695	5425	8210	1844.2	4750.5	7331.8
47th day	4986.8	3166.4	5063.1	136.2	2446.1	4146.3
70th day	3937.9	1522.7	4223	1645.6	807	1935.7
103rd day	2337.9	1216.9	1397.4	1171.7	831.4	2028.9
126th day	2977.3	1564.4	1677.1	1222.5	1161.1	1337.2

As is seen from the table, in field conditions, the uptake of Cs was much higher in wheat and barley leaves than in roots and stalks, while in roots it was higher than in stalks. The uptake of Cs in barley and

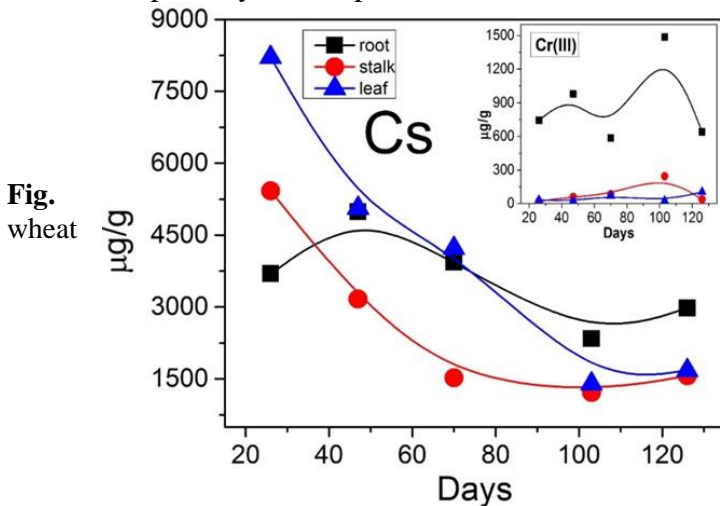
wheat ears formed was the lowest. The uptake of Cs was also higher in the leaves of garlic than in roots and stalks. The uptake of Cs in cloves and blossoms of garlic was much lower

In the crops grown in laboratory conditions, the uptake of Cs was also much higher leaves than in roots and stalks, while in roots it was higher than in stalks. Only in the roots of wheat samples 4 and 5, the uptake of Cs was higher than in leaves and stalks.

The results of experiments showed that, in the crops grown both in field and laboratory conditions, the intensity of uptake of Cs gradually decreased. At the beginning, the uptake of Cs was high in all organs of plants, then it decreased with time. Generally, we can represent the results of experiments obtained for the crops grown in both field and laboratory conditions in the following way: leaves>roots>stalks.

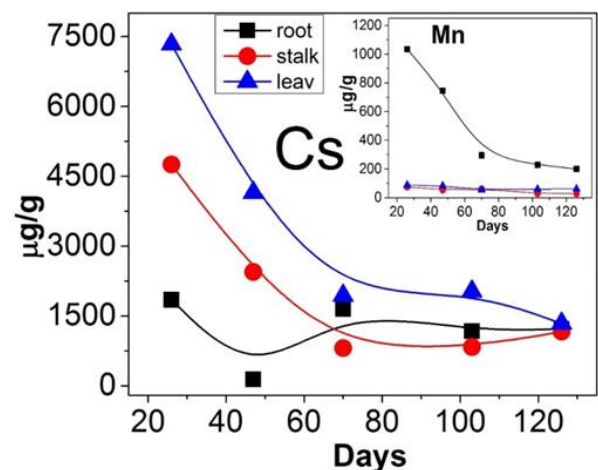
In field conditions, the uptake of Cs in both grain crops was similarly much lower than in those grown in laboratory conditions. In laboratory conditions, along with Cs, the ability of uptake of the following elements in wheat and barley was studied: Pb, Cd, Zn, Cr(III), Cr(VI), Mn and Cu. It is noteworthy that, in the containers with the soil containing Cs, the crops (even weeds) rose earlier and grew faster [8, 9, 10]. From the above-listed elements, only the amount of assimilated Cs in leaves was higher than in roots and stalks. The concentrations of other elements were much higher in roots than in leaves and stalks. For instance, as for the uptake of Cr(III) and Mn in wheat and barley, it was higher in roots than in stalks and leaves.

Graphically, this dependence looks as shown in Figs. 1 and 2.



1. Concentrations of Cs and Cr(III) in the crops grown in laboratory conditions

Fig. 2. Concentrations of Cs and Mn in the barley crops grown in laboratory conditions



Our study shows that cesium in the soluble state at first easily enters plants. In this case, cesium competes with potassium and rubidium in its sorption sites. Then cesium reacts with various compounds contained in soil and its bioactivity decreases [10].

**This work was supported by a grant #STCU-SRNSF 5635 (09/14) from the Ukrainian Science and Technology Centre (STCU) „Studying the accumulation and distribution of toxic elements by some Georgian feed plants“.**

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. L.Mosulishvili, N. Katamadze, N. Shonia, E.Ginturi. "Distribution of radio nuclides in objects of environment in Georgia after Chernobyl accident". J. Analytical chemistry. 49(1), 135-140. 1994.
2. ლ. მ. მოსულიშვილი, ნ. ი. შონია, ნ. მ. კატამაძე, ე. ნ. გინტური. "Радионуклиды Чернобыльской этиологии на территории Грузии: Кинетика их аккумуляции и миграции". В. Сб. Радиационные исследования, под ред. К. Надареишвили, изд. "Мецниереба", 7, 252-262 (1994).
3. ლ. მ. მოსულიშვილი, ნ. ი. შონია, ნ. მ. კატამაძე, ე. ნ. გინტური. "Некоторые данные по мониторингу радионуклидов в Грузии после Чернобыльской катастрофы". В. Сб. Радиационные исследования, под ред. К. Надареишвили, изд. "Мецниереба", 6, 221-240 (1991).
4. ლ. მ. მოსულიშვილი, ნ. ი. შონია, ნ. მ. კატამაძე, ე. ნ. გინტური. „Кинетические закономерности изменения концентрации радионуклидов в составе Грузинского чая”. Медицинская радиология. (Радиационная физика и техника). N1, 1990, Москва, С.42-45.
5. L.Mosulishvili, N.Katamadze, N.Shonia, E.Ginturi. „Kinetic laws of change of concentration of radio nuclides of the Georgian tea”. J. Med. Radiol., N1, 42-45. 1990.
6. S. Razic, S. Djogo, L. Slavkovic, A. Popovic. Inorganic analysis of herbal drugs. Part I. "Metal determination in herbal drugs originating from medicinal plants of the family Lamiaceae". *Journal of the Serbian Chemical Society*, **70(11)**, 1347-1355 (2005).
7. ნ. კუჭავა, ნ. ლობჯანიძე, პ. იმნაძე. „დაუსხივებელი ხავსის ნიმუშებში  $^{137}\text{Cs}$  რადიაქტივობის შეფასების საკითხის შესახებ“, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2016, ტ. 42, №1, გვ. 87-91.
8. O.A. Rcheulishvili, N.O. Metreveli, T. Kalabegishvili, A.N. Rcheulishvili, N.A. Rcheulishvili, T. Korpela, L.S. Tugushi and A.I. Abashidze. Accumulation and Distribution of Cd, Zn, Cu and Mn in Barley. *Georgian Engineering News*, N 3, 2014, 7 – 12.
9. ა. რჩელიშვილი, ე. გინტური, თ. რჩელიშვილი, ლ. ტულუში, ნ. რჩელიშვილი, ე. დელალუტაშვილი. სპილენძისა და თუთიის აკუმულაცია ხორბლისა (*Triticum*) და ქერის (*Hordeum*) მიერ. *Nano Studies*, 2014, **10**, 107-110.
10. თ. რჩელიშვილი, ლ. ტულუში, ე. გინტური, ე. კირკესალი, ა. რჩელიშვილი. ნიადაგიდან Cu, Mn, Cd, Zn-ის შეთვისებისა და განაწილების შესწავლა ხორბალსა და ქერში. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2017, ტ. 43, №1, გვ. 88-92.
11. A. Wallace, E. M. Romney, R. A. Wood. "The Role of Stable Cesium on Plant Uptake of Cesium-137". *Soil Science*, 134 (1), 79, July 1982, Williams & Wilkins.

**ნიადაგიდან Cs შეთვისებისა და განაწილების შესწავლა საკვებ მცენარეებში ბუნებრივ და ლაბორატორიულ პირობებში**

ოლია რჩელიშვილი, ლელა ტულუში, ეთერ გინტური, ელენე კირკესალი, ალექსანდრე რჩელიშვილი, ტიმო კორპელა

*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
ელეფთერ ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი*

**რეზიუმე**

მოცემულ ნაშრომში შესწავლილია ბუნებრივ და ლაბორატორიულ პირობებში საქართველოს ენდემური ჯიშის მარცვლეულებში - ხორბალსა [დოლი (*Triticum georgicum*)] და ქერში [*Hordeum sativum* Lessen (*Hordeum L.*)] ასევე ნიორში ნიადაგიდან Cs-ის შეთვისების უნარი. მცენარეთა ზრდა-განვითარების სხვადასხვა პერიოდში ელემენტების შემცველობის შესწავლა ხდებოდა მცენარეების ცალკეულ ორგანოებში - ფესვებში, ღეროებში და ფოთლებში. ელემენტთა კონცენტრაციები განისაზღვრა ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრის საშუალებით. ხორბალში და ქერში, ასევე ნიორში Cs-ის დაგროვება სავარაუდოდ მეტია ფოთლებში, ვიდრე ფესვებსა და ღეროებში, ხოლო ფესვებში მეტია ვიდრე ღეროებში.

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСВОЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТА Cs В ПИЩЕВЫХ РАСТЕНИЯХ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

О.А.Рчеулишвили, Л.С.Тугуши, Э.Н.Гинтури, Е.И.Киркесали, А.Н.Рчеулишвили

*Тбилиский государственный университет им. И. Джавахишвили,*

*Институт физики им. Э. Андроникашвили*

**РЕЗЮМЕ**

Исследована способность усвоения элемента Cs грузинскими эндемичными зерновыми культурами пшеницей [*doli* (*Triticum georgicum*)] и овсом [*Hordeum sativum* Lessen (*Hordeum L.*)], а также и чесноком культивируемыми в природных и лабораторных условиях в различные периоды роста и развития культур. Исследовали содержание химических элементов в отдельных органах растений - корнях, стеблях и листьях. Концентрацию элементов определяли методом атомно абсорбционной спектрометрии. Установлено значительно большее накопление Cs в листьях, по сравнению с корнями и стеблями. Одновременно в корнях этого элемента больше чем в стеблях.

## ქიმიური ეკოლოგია

## აფლატოქსინების ადსორბცია ტექნიკური ლიგნინის გამოყენებით

ლეილა ტატიაშვილი, ირმა მიქაძე, რუსუდან ურიდია, ნანა წეროძე,  
ნინო ნონიკაშვილი, ნინო ქარქაშაძე

ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,  
პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

აფლატოქსინები წარმოადგენს მიკოტოქსინების აგრესიულ და ჯანმრთელობისათვის საშიშ ჯგუფს, რომელსაც ახასიათებს ძლიერი ტოქსიკური და კანცეროგენული თვისებები. ცნობილია მათი დეტოქსიკაციის მექანიკური, ფიზიკური და ქიმიური მეთოდები. აგრეთვე აღსანიშნავია აფლატოქსინების გაუვნებელყოფა სხვადასხვა ადსორბენტების მეშვეობით. ჩვენს მიერ ხორციელდება კვლევითი სამუშაოები აფლატოქსინების ადსორბციის მიმართულებით ტექნიკური ლიგნინის თანაობისას, რაც საკმაოდ ხელმისაწვდომია და ეფექტურ შედეგს იძლევა.

მიკოტოქსინები მიეკუთვნება ბიოგენური შხამების ერთ-ერთ დომინირებულ ჯგუფს, რომელიც აბინძურებს საქონლის საკვებსა და კვების პროდუქტებს, აუარესებს მათ კვებით ღირებულებასა და ხარისხს. მათი მოხმარებისას ხდება ცხოველებისა და ადამიანების მოწამვლა – მიკოტოქსიკოზი, ახდენს უარყოფით გავლენას ენდოკრინული ჯირკვლების სეკრეციაზე, სუსტდება იმუნიტეტი და ხშირად ფიქსირდება შინაგანი ორგანოების დაზიანებები [1].

ქვეყნებს შორის ხორბლის ექსპორტ-იმპორტის მასშტაბების გაზრდა, მსოფლიო კლიმატის ცვლილება, თესლის შეწამვლისას ფუნგიციდებისა და პესტიციდების სისტემატური მოხმარება იწვევს მიკოტოქსინების წარმოქმნის 100-ჯერ მეტად გაზრდას და ამასთან, საქონლის საკვების გაჯერებას სხვადასხვა მიკოტოქსინებით, რაც საბოლოო ჯამში აისახება ადამიანებისა და ცხოველების ჯანმრთელობის დარღვევასა და ზოგად ეკონომიკურ მდგომარეობაზე. უფრო ხშირად საქონლის საკვები ბინძურდება *Fusarium* და *Aspergillus* სახეობის სოკოებით, რომლებიც შესაბამისად წარმოქმნიან საკმაოდ აგრესიულ მიკოტოქსინებს – T-2 და აფლატოქსინს B-1.

ბოლო წლებში ძირითადი ძალისხმევა მიმართულია ანალიზის სწრაფი მეთოდების შემუშავებისკენ, რომლებიც საშუალებას იძლევიან დაისვას დიაგნოზი ნიმუშების აღებისთანავე. რასაკვირველია ნაწილაკების იმუნო- და იმუნოფერმენტული ანალიზი საუკეთესოდ პასუხობენ ამ მიზნებს, რამდენადაც ისინი იძლევიან შედეგების ვიზუალური ინტერპრეტირების საშუალებას [2-3].

ღვიძლში აფლატოქსინი B-1 და ამ ჯგუფის სხვა ტოქსინები უკუქცევის გარეშე უკავშირდებიან ცილების მოლეკულებსა და დნმ-ს ადუქტების წარმოქმნით (მაგ. აფლატოქსინ B-1 – ლიზინი ალბუმინის მოლეკულაში).

სამომხმარებლო ნედლეულს მიეკუთვნება მცენარეული, ცხოველური, მიკრობიოლოგიური და მინერალური წარმოშობის ობიექტები, რომლებიც გამოიყენებიან საკვები პროდუქტების წარმოებისათვის.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ნედლეულის დაბინძურების ძირითად გზებს წარმოადგენს:

- სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისა და მეცხოველეობის პროდუქტების დაბინძურება პესტიციდებით, რომლებიც გამოიყენებიან მცენარეებისა და ცხოველების მავნებლებთან საბრძოლველად;
- მცენარეებში სასუქების გამოყენებისას ჰიგიენური ნორმების დარღვევა;
- ცხოველებისა და მცენარეების კვების პროცესში იმ არასანქცირებული დანამატების ხშირი გამოყენება, როგორიცაა: სხვადასხვა კონსერვანტები, საღებავები, ზრდის მასტიმულირებელი და სამკურნალო-პროფილაქტიკური პრეპარატები;
- კვების პროდუქტებში ტოქსიკური ნივთიერებების მიგრაცია: ნედლეულიდან, საკვები მოწყობილობებიდან, ჭურჭლიდან, ინვენტარიდან და არასანქცირებული პოლიმერული, რეზინისა და მეტალური შეფუთვების გამოყენება;

- საკვები პროდუქტების წარმოებისა და შენახვის სანიტარული ნორმების დაუცველობა, რაც იწვევს ბაქტერიული (მიკოტოქსინები და ბატულოტოქსინები) ტოქსინების წარმოქმნას;
- საკვებ პროდუქტებში ტოქსიკური ნივთიერებებისა და რადიონუკლიდების გარემოდან მოხვედრა: ატმოსფეროდან, ნიადაგიდან და წყალსატევებიდან.

სამომხმარებლო ნედლეულის სანიტარული ხარისხი ქვეითდება მასში ტოქსინების წარმომქმნელი და ობის სოკოების მიერ გამოშვებული მიკოტოქსინებით, რომლებიც წარმოადგენენ განსაკუთრებით საშიშ ნივთიერებებს და ნედლეულისა, საკვები პროდუქტების დაბინძურებისას ხვდებიან ადამიანისა და ცხოველების ორგანიზმში და იწვევენ სხვადასხვა სახის მოწამვლას, რაც იწვევს სპეციფიკური დაავადების გაჩენას, რომელსაც მიკოტოქსიკოზს უწოდებენ. გარდა ამისა, ზოგ მიკოტოქსინს გააჩნია კანცეროგენული თვისება [4,5].

ცნობილია 250-ზე მეტი სახეობის სხვადასხვა მიკროსკოპული სოკო, რომლებიც გამოყოფენ 100-ზე მეტი სახეობის ტოქსიკურ მეტაბოლიტს.

აღნიშნული სპეკტრიდან აფლატოქსინები წარმოადგენენ მიკოტოქსინების ერთ-ერთ ყველაზე აგრესიულ და საშიშ ჯგუფს, რომელთაც ძლიერი კანცეროგენული თვისებები გააჩნიათ.

აფლატოქსინები გამოიყოფა სახეობის ორი შტამიდან: *Aspergillus flavus* (Link) და *Aspergillus parasiticus* (Speare). აღნიშნული სოკოები მიეკუთვნებიან მეზოფილურ მიკროსკოპულ რიგს, რომელთაც გააჩნიათ 6-8°C ტემპერატურაზე განვითარების უნარი.

*Aspergillus*-ის რიგის სოკოების კვლევის პროცესში გამოყოფილია აფლატოქსინების ჯგუფი, რომელთაც მსგავსი ქიმიური სტრუქტურა გააჩნიათ. დადგენილია, რომ ისინი არიან მგრძობიარენი დამჟანგავი რეაგენტების მოქმედების მიმართ.

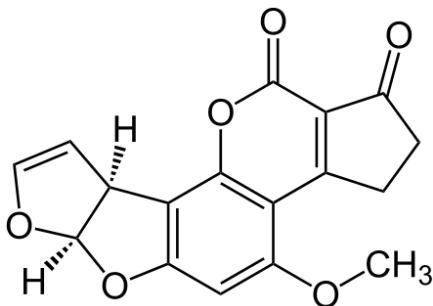
აფლატოქსინები კარგად იხსნებიან ისეთ ზომიერად პოლარულ ორგანულ გამხსნელებში, როგორცაა: აცეტონი, ქლოროფორმი, დიქლორმეთანი, დიმეთილსულფოქსიდი, ეთანოლი, იზოპროპანოლი და სხვ., თუმცა არ იხსნებიან ეთერში. სუფთა სახით საკმაოდ მდგრადები არიან ჰაერზე გახურებისას (ლლ.ტემპ. 268-269°C). ადვილად იშლებიან სინათლის მოქმედებით მაღალ პოლარულ გამხსნელებში, ხოლო ბენზოლსა და ქლოროფორმში აფლატოქსინები სიბნელეში ინახება რამოდენიმე წლის განმავლობაში [6,7,8].



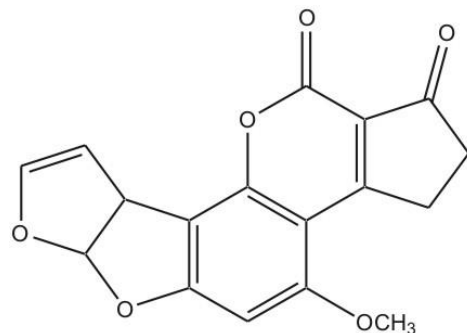
*Aspergillus flavus* მიკროსკოპული სურათი

იდენტიფიცირებულია აფლატოქსინების ოთხი

ძირითადი ჯგუფი (B-1, B-2, G-1, G-2), თუმცა ეს უკანასკნელი მთლიანად მოიცავს 16 ნაერთს, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ზოგიერთი თვისებითა და ტოქსიკურობის დონით. *A.flavus*-ს სოკოს უჯრედში სინთეზირდება B-1, B-2 რიგის აფლატოქსინები (ნახ.1), ხოლო *A.parasiticus*-ში კი - G-1, G-2 (ნახ.2) [9].



ნახ.1 აფლატოქსინ - B-1-ის სტრუქტურა



ნახ.2 აფლატოქსინ - G-1-ის სტრუქტურა

მაღალტოქსიკური და კანცეროგენული აფლატოქსინების მნიშვნელოვანი შემცველობა აღმოჩენილია ძირითად საკვებ პროდუქტებში მთელი მსოფლიოს მასშტაბით, რამაც განაპირობა ნედლეულის, საკვები პროდუქტებისა და კორმის დეტოქსიკაციის (დაშლა-გაუვნებელყოფა) მეთოდების შემუშავების აუცილებლობა.

აფლატოქსინების დეტოქსიკაციის მეთოდებს მიეკუთვნება: მექანიკური, ფიზიკური და ქიმიური მეთოდები.

დეტოქსიკაციის მექანიკური მეთოდი მდგომარეობს დაბინძურებული ნედლეულის და მასალის ხელით ან ელექტრონულ-კოლორიმეტრული დამახარისხებლების მეშვეობით მოცილებაში.

ფიზიკური მეთოდი მდგომარეობს მასალის თერმულ დამუშავებაში ავტოკლავის მეშვეობით, აგრეთვე ულტრაიისფერი დასხივებითა და ოზონირებით ზემოქმედებაში.

ქიმიური მეთოდი გულისხმობს მასალის დამუშავებას ძლიერი დამჟანგველებით [10].

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ თითოეულ ზემოთ ჩამოთვლილ მეთოდს აქვს მნიშვნელოვანი ნაკლი, რამდენადაც მექანიკური და ფიზიკური მეთოდების გამოყენება არ იძლევა მაღალ ეფექტს, ხოლო ქიმიური მეთოდი იწვევს არამარტო აფლატოქსინების, არამედ სასარგებლო ნუტრიენტების დაშლასაც.

ბოსტნეული და ხორბლეული კულტურების, სამომხმარებლო და საფურაჟე ნედლეულის, სხვადასხვა სახის ჩირის, პურ-ფუნთუშეულისა და საკონდიტრო ნაწარმის დასაცავად აფლატოქსინებისაგან განსაკუთრებული ეფექტურობით გამოირჩევა სხვადასხვა სახის აღსორბენტების გამოყენება სხვადასხვა სასაწყობე მეურნეობებში. აღსორბციის მეთოდის განსაკუთრებულ უპირატესობას წარმოადგენს მისი ხელმისაწვდომობა და ეფექტურობა [11,12].

აფლატოქსინების აღსორბენტები იყოფა რამოდენიმე ჯგუფად: მინერალური, ნახშირბადმცველი, პოლისაქარიდული და შერეული.

მინერალური აღსორბენტების ჯგუფში შედის სხვადასხვა საბადოებიდან მოპოვებული მინერალები, როგორცაა ბენტონიტი, მონტმორილონიტი, ცეოლითი და სხვ.

ნახშირბადმცველი აღსორბენტი – “ზოკარბი” დამზადებულია ნახშირის ბაზაზე. აღსორბენტად იყენებენ აგრეთვე აქტივირებულ ნახშირს.

პოლისაქარიდულ აღსორბენტებს მიეკუთვნება აშშ-ში შემუშავებული პრეპარატი “მიკოსორბი”, რომელიც დამზადებულია გლეუკომანანების ბაზაზე (საფუარის უჯრედული კედლის შიგთავსიდან).

შერეულ ჯგუფს მიეკუთვნებიან აღსორბენტები, რომელთა შემადგენლობაში შეიძლება იყოს როგორც მინერალური, ასევე ორგანული კომპონენტები და ობის ინჰიბიტორები.

აფლატოქსინების დეტოქსიკაციისათვის გამოყენებულ პრეპერატებს შორის აღსანიშნავია ნახერხის ბაზაზე დამზადებული აღსორბენტი – ტექნიკური ლიგნინი, რომელიც გამოირჩევა დაბალი თვითღირებულებითა და მაღალი ეფექტურობით.

საკითხის აქტუალობისა და ზემოთ აღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით მიმდინარეობს რიგი სამუშაოები ნახერხიდან ტექნიკური, სულფატური ლიგნინის მისაღებად, რათა მოხდეს მისი შემდგომი გამოყენება აფლატოქსინების აღსორბციის მიმართულებით.

#### ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

1. Кузнецов А.Ф., Ветеринарная микология, СПб, 2001, 416 с.
2. Нечаев А.П., Кочеткова А.А., Траубенберг Ц.Е., Пищевая химия: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям: “Технология продуктов питания” 2004, 640 с.;
3. Gomaai AI, Khan SA, Toledano MB et al. (2008). Hepatocellular carcinoma: epidemiology, risk factors and pathogenesis. World J Gastroenterol, 14: 4300– 4308. doi:10.3748/wjg.14.4300 PMID:18666317;
4. Юсупов Р.Х., Толмачева Т.А., Юсупова Г.Г. Сырье для хлебопекарного и кондитерского производства и методы его улучшения: моногр. Челябинск, 2004, 156 с.;



5. Юсупова Г.Г., Цугленок Г.И., Толмачева Т.А. Экологический метод обеззараживания сырья используемого в хлебном и кондитерском производствах. Мат-лы науч. техн. конф. - Челябинск: Челябинский государственный агроинженерный университет, 2003, стр. 223-238 ;
6. Мишина Н.Н., Абдулина Ч.Ч. Изучение влияния энтеросорбентов на основе лигнина при смешанном Т-2 и афлатоксикозе. Достижения молодых ученых в производство: матер. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Казань, 2008, стр. 70-72;
7. Stern MC, Umbach DM, Yu MC et al. (2001). Hepatitis B, aflatoxin B(1), and p53 codon 249 mutation in hepatocellular carcinomas from Guangxi, People's Republic of China, and a meta-analysis of existing studies. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 10: 617–625. PMID:11401911;
8. Егоров Л. И., Чеснокоева Р. Н., Давтян М. Д., Микосорб снижает токсичность корма. *Птицеводство*, 2004, стр. 29-30.
9. Райс Р.Х., Гуляева Л.Ф., Ароматические амины. Биологические эффекты токсических соединений, 2003, стр. 23-25.
10. Даминов Р., Энтеросорбент “Полисорб ВП”. *Птицеводство*, 2004, 30 с.
11. Якимова Б.А., Бурова А.И., Цеолитсодержащие породы Татарстана и их применение, Казань, издательство “Фен” АН РТ, 2001, 176 с.
12. Чудаков М.И., Промышленное использование лигнина, М., 1983, 200 с.

#### **AFLATOXINE ADSORPTION USING TECHNICAL LIGNIN**

Leila Tatiashvili, Irma Mikadze, Rusudan Uridia, Nana Tserodze,  
Nino Nonikashvili, Nino Karkashadze  
*Ivane Javakishvili Tbilisi State University,*  
*Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry*

#### **SUMMARY**

Aflatoxin represent aggressive and health-threatening group of micotoxines, which are characterized with strong toxic and cancerogenic properties. There are known mechanic, physical and chemical methodology of their detoxication. It is also worth to mention the process of aflatoxin decontamination using various adsorbents. We are implementing research work toward aflatoxin adsorption with technical lignin presence, which is rather affordable and gives us effective results.

#### **АДСОРБЦИЯ АФЛАТОКСИНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЛИГНИНА**

Л.Т.Татиашвили, И.И.Микадзе, Р.З.Уридия, Н.П.Церодзе, Н.У. Ноникашвили, Н.Г.Каркашадзе  
*Тбилисский Государственный Университет им. Ив.Джавахишвили,*  
*Институт физической и органической химии им. П.Г. Меликишвили*

#### **РЕЗЮМЕ**

Афлатоксины являются агрессивной и опасной для здоровья группой микотоксинов, которые характеризуются сильными токсичными и канцерогенными свойствами. Известны механические, физические и химические методы их детоксикации. Также следует отметить обеззараживание афлатоксинов с помощью различных адсорбентов. Мы проводим исследования в направлении адсорбции афлатоксинов в присутствии технического лигнина, что является довольно доступным и дает эффективные результаты.

## CHEMICAL ECOLOGY

**DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY SAFE REHABILITATION MODEL OF HOUSEHOLD LANDFILLS**

N.Barbakadze, N.Kavtaradze, T.Dgebuadze, K.Kochiashvili, M.Japaridze, L.Dolidze, I.Mikadze  
*Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry at Iv. Javakhishvili Tbilisi State University*

In the developed countries the number of residential wastes is increasing, the average number of garbage per capita per year is 400 – 500 kg. Recycling of so huge number of waste creates some problems. High temperature method (insiniration and pyrolysis) in recycling is widely used, though it causes outflow of toxic compounds into the atmosphere and requires high capital expenses. Proposed work includes development and using of effective remediation methods with the interaction of the landfill contaminated soil, its land cover and a variety of plug-layer, for the later uses of this area as a crop land. Active bioremediation method is distinguished by the less cost and environmental safety.

Residential waste collection, separation and recycling, formed as one of the important manufacturing sector. The work deals with waste recycling, using safe and less expensive method, which is reasonable for developing countries. From the end of the last century abnormal flow of hazardous substances into the atmosphere caused violation of equilibrium, which impacted the acceleration of global warming. International organizations planned to reduce emissions by 2050 by 60%. Biomass energy is retrieval resources and is available all over the world. For the developing countries it is possible to use soil self-purification, pollution fixation and phytoremediation for safe recycling of residential wastes [1-3].

According to the recommendations of various influential environmental organizations, increasingly used bioremediation methods for soil cleaning processes. This methods are less expensive and ecologically safe, remediation expenses are 3-10 times less, than during the use of burning, but requires relatively long-term period (5 years). During the use of bioremediation, soil aeration is growing, with plow, adding of additives and microelement substrates, it also accelerates all three soil biological agent (Bacteria, fungi, and plant roots) activation, garbage becomes degraded and new, less dangerous systems are created. Remediated soil can be used for the agricultural purposes.

In some cases there are added such a mineral fertilizers, that are binding heavy metals and other xenobiotics, in the result the sorption processes are blocked and pollution migration is stopped. Research of interaction of landfill and soil, using modern complex methods and biological principles is very important, on the restored soil cultivation of agricultural mainly non-edible technical cultures is possible. Harvested biomass can be used as bio fuel component, in paints and auxiliary materials for producing construction products and etc.

In Georgia there are implemented some works in the field of investigation of various bioremediation methods of neutralization of dangerous substances. The results confirm the efficiency of activated self-purification processes for contaminated soil remediation. Creation of relevant conditions is very important for each biological agent for the acceleration of transformation process of dangerous substances into less harmless compounds.

The working group with the gained experience can improve garbage contaminated soil bioremediation scheme with the following approaches:

- Impact of trash rotting processes on the plant growth (Mustard, watercress-flax, linden trees and etc.).
- Influence of Askana clay (water-repellent) geochemical barriers on litter-soil system
- Humic acids micro-cell systems addition in the composition of litter-soil for the activation of the local microorganisms
- Nutritional supplements addition in the litter-soil system for the activation of their interaction, for extending the ability of deplete to the local biological agents
- Joint use of soil self-purification, phyto-fixation and phyto-extraction.

The aim of this work is to develop effective remediation methods with the interaction of the landfill contaminated soil, its land cover and a variety of plug-layer, for the later uses of this area as a crop land. Despite the prolongation of neutralization process, active bioremediation method is cost effective and environmentally safe. In Georgia soil is added, at the height of 25-50 cm, to the landfill sites in order to neutralize them, this soil is considered as useless for agricultural purposes for some time.

For the implementation of the work the following tasks are needed:

- Allocation of trial plots on the selected landfills (experimental and at least 2 control area) where soil will be added, thickness 25-50 cm.
- Humic acids micro cell composition addition, on the selected plots, with various concentration, 1-5%.
- On the trial plots rich substrates will be added, with the selected concentration, through 5-10%.
- Researching metals diffusion in the various depths of the trial plots.
- Influence of trash rotting on the various bioremediation process, especially with the using of mustard, watercress-flax, lime seedlings and other plants.
- Survey of a variety of plants biomass for detecting hazardous substances.
- Studying how to use Ascana clay geochemical barriers.

Overall, the work is important for both developing and developed countries, especially for the ecological safety and because of the relatively small capital expenses.

The novelty of the work is the interaction of the various bio- and phytoremediation methods, to develop innovative model for further using the landfills contaminated areas. Heavy metals diffusion process and its impact on the growth of the variety of crops will be studied. Especially interesting will be the seeding of crops which have many other beneficial uses. In Georgia landfills are covered by soil at the height of 50 cm, remediation of the area and its further use is very important and considered as scientific innovation. Ascana clay use in the landfill remediation with using geochemical barriers is a new method, so deep researching of this method is very important.

Thus, developed complex model of landfills eco rehabilitation is in compliance with the requirements of the local market, because now the landfill is just overlapped only by soil which excludes further use of contaminated areas. This innovation model provides the ability to accelerate the recovery of the contaminated soil and the further uses of the land. The work is significantly perspective for the land-poor countries (South Caucasus, middle Asia and etc.), but it also can become popular in some developed countries.

In the future also interesting is research of trash rotting process during the phytoremediation. It is possible to determine the relationship between the plants, selected for the phytoremediation and the trash rotting process activity. Testing of fatty clays or other natural raw materials for the hydro-isolation of landfill areas is very important. Geochemical barriers, filled with the local natural sorbents will be used to prevent getting of different substances of landfills into the water [4,5].

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. "Trash-burning plant due for 'green' upgrade". Moran, Dave (31 October 2009). The Record-Journal. The Record-Journal. Retrieved 22 September 2010.
2. "Connecticut Resources Recovery Authority Timeline". CRRA Profile. Retrieved 27 September 2010.
3. Muir, Julie (9 September 2002). "National Recycling Coalition's Outstanding School Program Award". Stanford Recycling Center website. Stanford University. Retrieved 8 September 2010.
4. Reichenauer TG, Germida JJ (2008). "Phytoremediation of organic contaminants in soil and groundwater". *Chemosuschem*. **1** (8-9): 708–17. doi:10.1002/cssc.200800125. PMID 18698569.
5. Martin F. Lemann: Waste Management, 2008, p. 80, ISBN 9783039115143.

**საყოფაცხოვრებო ნაგავსაყრელების რეაბილიტაციის ეკოლოგიურად უსაფრთხო მოდელის შემუშავება**  
 ნათია ბარბაქაძე, ნინო ქავთარაძე, თამარ დგებუაძე, ქეთევან ქოჩიაშვილი, მაია ჯაფარიძე,  
 ლიპარიტ დოლიძე, ირმა მიქაძე  
*ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი/პეტრე მელიქიშვილის  
 ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი*

### რეზიუმე

განვითარებულ ქვეყნებში სულ უფრო იზრდება წარმოქმნილი საყოფაცხოვრებო ნაგვის რაოდენობა, რომელიც წელიწადში ერთ სულ მოსახლეზე 400–500 კგ-ს შეადგენს. ნაგვის გადამუშავების მაღალტემპერატურული მეთოდები (ინსინერაცია და პიროლიზი) ფართოდ გამოიყენება, თუმცა რიგ შემთხვევებში ადგილი აქვს საწყისთან შედარებით უფრო მეტად ტოქსიკური ნაერთების მოხვედრას ატმოსფეროში და მოითხოვს დიდ ენერგეტიკულ და კაპიტალურ დანახარჯებს. წარმოდგენილი სამუშაო მოიცავს ნაგავსაყრელებით დაბინძურებული ნიადაგის, მასზე დატანილი მიწის ფენის და სხვადასხვა დანამატის ურთიერთქმედებით ეფექტური რემედიაციული მეთოდის შემუშავებას და გამოყენებას, შემდგომში ამ ტერიტორიაზე სასარგებლო კულტურების მოყვანისათვის. მიუხედავად უტილიზაციის პერიოდის გახანგრძლივებისა, აღნიშნული აქტიური ბიორემედიაციის მეთოდი ხასიათდება კაპიტალური ხარჯების მნიშვნელოვანი შემცირებით და გარემოსათვის უსაფრთხოა.

### РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ МОДЕЛИ РЕАБИЛИТАЦИИ БЫТОВЫХ СВАЛОК

Н.Г.Барбакадзе, Н.А.Кавтарадзе, Т.А.Дгебуაдзе, К.Н.Кочиашвили, М.З.Джапаридзе, Л.А.Долидзе,  
 И.И.Микадзе

*Тбилисский Государственный Университет им. Ив. Джавахишвили, Институт физической и  
 органической химии им. Петре Меликишвили*

### РЕЗЮМЕ

В развитых странах количество бытовых отходов все больше растет, среднее количество мусора в год составляет 400 - 500 кг на душу населения. Утилизация столь огромного количества отходов создает некоторые проблемы. Высокотемпературные методы переработки свалок (инсинирование и пиролиз) широко используются, хотя в некоторых случаях токсичные соединения попадают в атмосферу, а также требуются высокие капитальные затраты. Предложенная работа включает разработку и использование эффективных методов ремедиации путем взаимодействия загрязненных почв свалок, почвенного покрова и различных добавок для последующего использования этих территорий в качестве сельскохозяйственных земель. Метод активированной биоремедиации отличается меньшей стоимостью и экологической безопасностью.

## NANOTECHNOLOGY

**The Synthesis of PEG-modified Superparamagnetic Iron Oxide nanoparticles (SPIONs) and the Study of their Bactericidal Effects on *Staphylococcus epidermidis***

Sh.Kekutia, L.Saneblidze, V.Sokhadze\*, M.Abuladze\*, E.Namchevadze\*, L.Tabatadze\*, G.Tvauri\*,  
V.Mikelashvili, J.Markhulia

*Vladimir Chavchanidze Institute of Cybernetics of the Georgian Technical University, Sandro Euli str. 5,  
Tbilisi 0186, Georgia.*

*\*E.Andronikashvili Institute of Physics of the Tbilisi State University, 6 Tamarashvili str., Tbilisi, Georgia,  
0177*

**E-mail:** marina.abuladze@caucasus.net; kekuka@yahoo.com

Biocompatible 10-20 nm sized superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs) have been synthesized via co-precipitation method in the vacuum environment. These nanoparticles have been modified with PEG in one-pot synthesis. Vibrating Sample Magnetometer (VSM) studies show the effect of phase transformations on the magnetic properties of the nanoparticles and surfactant influence on the characteristics of the magnetization at room temperatures into high and low magnetic fields. The obtained PEG-coated nanoparticles were tested for bacteriocidal effects on *Staphylococcus epidermidis*, known as slime producing and biofilm-forming bacteria, often associated with chronic wounds. The toxicity of the compound was estimated by the colony forming ability and analyzed by the differential scanning calorimetry. The detected bacteriocidal effect was time- and growth phase-dependent. *Staphylococcus epidermidis* planctonic cell culture at the lag-phase was the most susceptible to the toxic action. The long-term impact of the magnetic nanoparticles ceased the slime production that could have influence on the ability of *St. epidermidis* to form biofilm. The outcomes of this study will further lead to the possible application of SPIONs for human chronic wound healing.

**KEYWORDS:**

Magnetic nanofluid, SPION, biocompatible nanoparticles, core/shell magnetic nanoparticles, bacteriocidal effect, *Staphylococcus epidermidis*, biofilm, differential scanning calorimetry.

**Introduction**

Nanotechnology deals with materials and systems whose structures and components exhibit novel physical, chemical and biological properties due to their nanoscale size which is in the range of 1 to 100 nm. Among nanoparticles (NP), magnetic NPs have many unique magnetic properties such as superparamagnetic, low Curie temperature, high magnetic susceptibility, etc [1 -3]. Magnetic NPs are used in important bioapplications, including magnetic bioseparation and detection of biological entities (cell, protein, nucleic acids, enzyme, bacteria, virus, etc.), clinic diagnosis and therapy (such as MRI (magnetic resonance image) and MFH (magnetic fluid hyperthermia), targeted drug delivery and biological labels [4,5,6]. Recently, magnetic NPs have been used for tissue cryopreservation [7]. However, it is a technological challenge to control size, shape, stability, and dispersibility of NPs in desired solvents. The most conventional method for obtaining  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  or  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  is by co-precipitation. This method consists of mixing ferric and ferrous ions in a 1:2 molar ratio in highly basic solutions at room temperature or at elevated temperature [8]. The size and shape of the iron oxide NPs depends on the type of salt used (such as chlorides, sulfates, nitrates, perchlorates, etc.), the ferric and ferrous ions ratio, the reaction temperature, the pH value, ionic strength of the media, and the other reaction parameters (e.g. stirring rate, dropping speed of basic solution).

Magnetic iron oxide NPs have a large surface-to-volume ratio and therefore possess high surface energies. Consequently, they tend to aggregate so as to minimize the surface energies. Moreover, the naked iron oxide NPs have high chemical activity, and are easily oxidized in air (especially magnetite), generally resulting in loss of magnetism and dispersibility. Therefore, it is very important to provide proper surface coating and develop some effective protection strategies to keep the stability of magnetic iron oxide NPs. Many recent publications have described efficient routes to obtain the monodispersed NPs with surfactants such as dextran [8], PEG [9] or polyvinyl alcohol (PVA) [10]. A surface layer of organic material provides an interface between the core and the surrounding media. Surfactants act as protecting agent for controlling particle size and stabilizing the colloidal dispersions. Following the investigation of the nano-sized magnetite

particles, we assume that the resulted magnetic nanofluid based on PEG coated nanoparticles obtained by co-precipitation method, could be used for biological applications [9].

There are increasing evidences that bacteria within chronic wounds often live in communities called biofilms, in which they are protected from host defenses and develop resistance to the treatment with antibiotics. Mature biofilms develop protected microenvironments within the polysaccharide, which forms a complex structure including water channels to allow transfer of nutrients and waste products [11]. Antibiotics are rendered ineffective with formed biofilms due to their relative impermeability, the variable physiological status of microorganisms, subpopulations of persistent strains, and variations of phenotypes present [12]. A possible approach for biofilm prevention might be application of nanotechnology. The bactericidal effect of superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs) has been shown on *Staphylococcus epidermidis* biofilm. Antimicrobial activity of SPION has been associated with generation of reactive oxygen species. The small size of nanoparticles can also contribute to bactericidal effects [13,14]. It has been shown, that superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs) can cause prosthetic biofilm prevention as demonstrated by Taylor *et al* (2009) in the study of SPIONs effects on *Staphylococcus epidermidis* [15]. Concentration dependent bacteria inhibition has been reported, as *S. epidermidis* density progressively decreased at time points of 12, 24 and 48 hours when incubated with 100 µg/mL, 1 mg/mL, and 2 mg/mL SPIONs [15]. Also bactericidal effect of SPIONs has been demonstrated on *Staphylococcus aureus* [16]. Lee *et al* (2008) showed that the inactivation of *Escherichia coli* by zero-valent iron nanoparticles could be because of the penetration of the small particles (size ranging 10–80 nm) into *E. coli* membranes [17].

Hence, considering possible application of SPIONs for wound healing, in this study we tried to assess bactericidal effect of the obtained PEG-coated SPIONs on *Staphylococcus epidermidis* – a biofilm-forming bacteria. The toxicity of the nanoparticles toward bacterial cells was determined by the microbiological methods combined with the differential scanning calorimetry (DSC). The implementation of the DSC method is based on our previous experience of the rapid resolving of the toxic impacts on a bacterial cell culture using the DSC analysis [18,19]. DSC is a bioanalytical technique, that provides information on the conformational changes of biomolecules and other intracellular structural components on the basis of their thermostability by the direct study of intact cells. The DSC method can be used to assess functional cellular alterations and perturbations in cellular systems at a toxic compounds action on the whole cell level. Both the thermal stability and the enthalpy of the cells denaturation were influenced by the toxic treatment.

### **Experimental**

**Synthesis of PEG coated iron oxide nanoparticles.** The chemical co-precipitation method was used for obtaining Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. 3g PEG-4000 (provided by Carl Roth GmbH+ co. Kg-Germany) was diluted into 5 ml distilled water by magnetic stirring in vacuum environment separately at 40°C. Once the polymer was dissolved, 0.16 g of FeCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O and 0.435 g of FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O (1:2 molar ratio) were added [8]. When the PEG and iron salts were well dissolved, 10 mL of a 0.75 M NH<sub>4</sub>OH solution was added under vigorous stirring at a speed of 0.6 mL/min in vacuum (- 0.1 Mpa). After the addition of NH<sub>4</sub>OH, the suspension was stirred further 30 min at 40°C.

After synthesis, the ferrofluid poured into a beaker and placed on the permanent magnet. The ferrofluid washed several times with water by decanting the supernatant in order to remove excess of chemical reaction residues and polymer, since reversible flocculation and rapid sedimentation observed before washing. This caused by the depletion attraction created by unabsorbed polyelectrolytes in solution [9]. Finally, we got pH = 7.5. For the magnetic measurements we selected 0.18 ml ferrofluid samples with solid phase concentration range 0.6-0.75 g/100ml.

**Cell culture.** The study was conducted using *Staphylococcus epidermidis* as a bacterial cell model systems. *Staphylococcus epidermidis* ATCC 14990 was obtained from G. Eliava Institute of Bacteriophage, Microbiology and Virusology (Tbilisi, Georgia). *St. epidermidis* were cultured in the brain heart infusion broth (BHI broth) [20] at 37°C under permanent shaking. Cells were grown in liquid media as a batch culture.

**Cell viability.** For cell viability determination after treatment with SPIONs, 100 µl of cell suspension after several serial tenfold dilutions (from 10<sup>-3</sup> to 10<sup>-8</sup>) were exposed on agar plates. The number of colonies was counted on the third, fourth and fifth days after cell inoculation on agar plates. The data are presented as colony forming units per ml (CFU /ml). Numbers of CFU per milliliter were calculated by multiplying the number of colonies, the dilution factor and the volume of the total sample in proportion to the 100 µl sample

taken for setting up the colony culture. The drop plate method was also used for the precise bacterial enumeration [21].

**Slime production.** Congo red agar test of *S. epidermidis* culture have been used to detect the slime production. Bacterial cells were cultivated on BHI agar (Difco) with 0.08% (w/v) Congo red (Sigma-Aldrich, Germany) supplemented with 5% (w/v) sucrose [20]. The cells were inoculated by drop-plate method and incubated at 37°C under aerobic conditions for 24 and 48 h. The slime-producer staphylococci formed black colonies, while the non-slime producer cells formed red colonies.

**DSC method.** Calorimetric study was carried out by means of a modified device originally elaborated and designed in the Andronikashvili Institute of Physics of the Academy Science of Georgia [22,23, 24]. The measurements were conducted at a sampling frequency of 1 point per 2 s, at a heating rate of 72 K/h, that gave a temperature resolution of 0.02 K. The accuracy of absolute temperature measurement was not less than 0.01 K over the temperature range of 25-125°C. The calorimetric ratio in accordance with the thermal capacity change is  $10^{-5}$  J/K. With a time constant of 1 min, this enables one to resolve peak distance no less than 0.6 K. All DSC measurement conditions (buffer system, scanning rate) were selected so that only endotherms were observed.

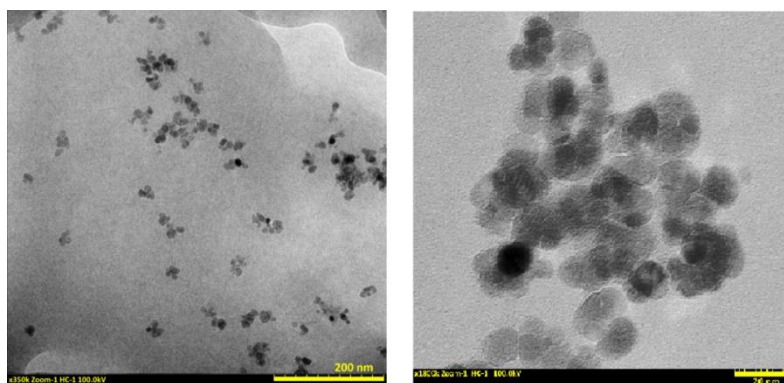
For the calorimetry measurement the cell suspension was centrifuged at 10,000 rpm for 10 min and the pellet was washed several times in the low ionic buffer solution at 7-7.5 pH with protease inhibitors (50mM Tris, 0.1 M NaCl, 0.1 mM PMSF, 0.1 mM Benzamidine) by subsequent centrifugation. The selected pH range did not influence the pattern of the thermal spectra. Afterwards 0.7 ml of the pellet was placed into the stainless steel measurement cell. The consumption of the matter in the experiment was 5-15 mg of dry weight. The thermal spectra were thermograms measured in the temperature range of 25-125°C, and normalized by the dry weight of the sample after drying at  $105\pm 2^\circ\text{C}$ .

**Data processing.** The initial data processing (e.g., baseline approximation, calibration and curve normalization) was conducted using our in-house software. The final analysis (including identification of spectra maximums, integration of curves and chart plotting) was conducted using program package Origin 6.0 (Microcal™ Software, Inc.).

## **Results and Discussion**

### **Physical Parameter**

Nanoparticle morphology was determined by transmission electron microscopy (TEM). Figure 1. shows the TEM image of the the  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles coated with PEG-4000. According to the SEM images, the agglomeration is a little in the PEG coated  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles. Particles sizes measured from TEM are approximately ~12 nm. These measurements were carried out at the Wigner Research Centre for Physics Budapest, Hungary, by Almasy Laszlo.



**Fig. 1.** The SEM images of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles.

The crystallographic analysis of the samples was performed by XRD powder method. Figure 2 shows X-ray diffraction patterns of the PEG coated  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles. The positions and relative intensities of all diffraction peaks fit well with those from the JCPDS file (PDF No. 65-3107) for magnetite with (220), (311), (400), (551), and (440) peaks at about  $2\theta = 30.17^\circ, 35.46^\circ, 43.38^\circ, 53.69^\circ, 57.23^\circ,$  and  $62.77^\circ$  respectively. (Ilia Vekua Sokhumi Institute of Physics and Technology, V.Gabunia)

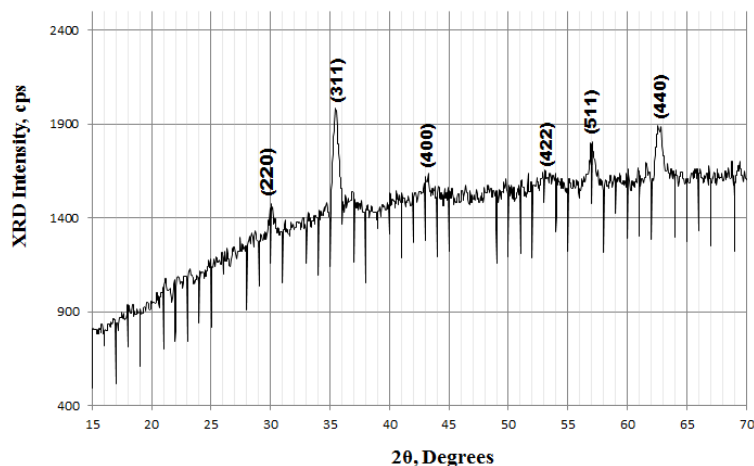


Fig. 2. XRD patterns of the as-synthesized PEG coated  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles.

To study the magnetic properties of the surface coated nanoparticles, magnetization measurements were performed using Vibrating Sample Magnetometer (VSM). Figure 3. shows the specific magnetization curves of the PEG 4000 coated samples 1. Any residual magnetization on the magnetization curve didn't observed. The magnetization curves indicate the presence of superparamagnetic nanoparticles in a magnetic ferrofluid.

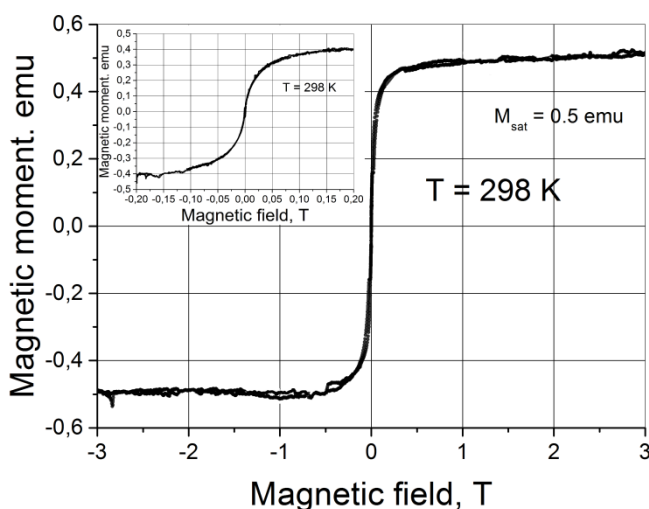


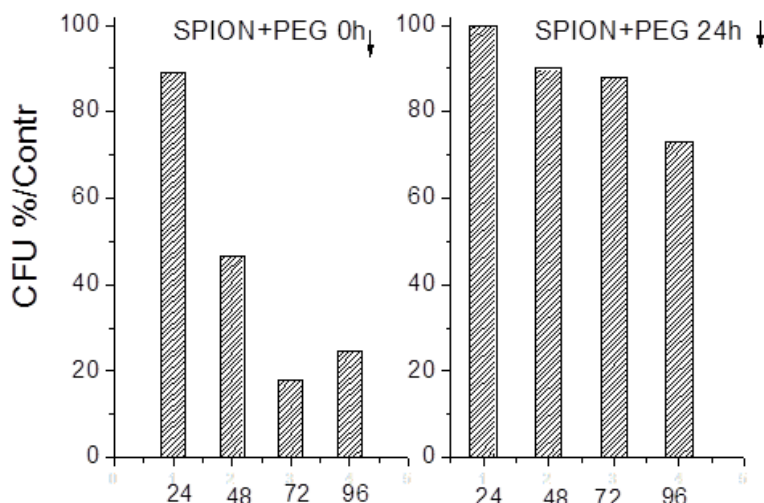
Fig. 3. VSM Magnetization curve of PEG-4000 modified magnetite nanoparticles. (Tbilisi State University, D.Daraselia, D. Jafaridze).

#### ***Bactericidal Effects on Staphylococcus epidermidis***

The time-dependent development of the response to toxic stress at the whole cell population level was detected by the CFU method (Fig. 4). In our cell model of *St. epidermidis* SPIONs (180  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) were added to the culture medium simultaneously with cell inoculation (0 h) and at the midstationary phase (24 h). The effect of SPIONs on cells at the stationary phase was prolonged in time. The estimations did not show the reliable retardation of cell viability up to 96 h (30% of control value) in the case of the compound administration into the medium at the midstationary phase (24 h). The significant decrease of the cell viability was detected in the presence of SPIONs, that had been administrated into the growth medium at the lag-phase (0 h). The toxic effect slowly developed. The decrease of the cell number at the first 24 h was about 10% of control, than followed by the rapid fall to 45% at 48 h. The temporally increase of cell viability at 96 h points to the probable involvement of cell resistance mechanisms to the toxic impact. Microbes are subject to their environmental conditions and have evolved a wide variety of ways to protect themselves and optimize their growth pattern [25]. For instance, microbial response to elevated concentrations of a toxic

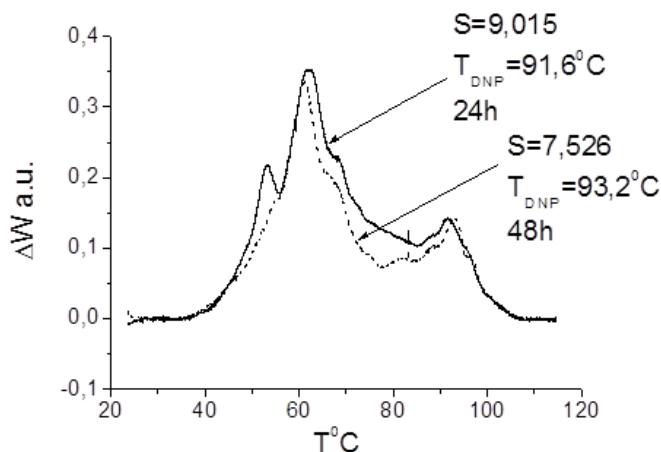


metal include the formation and sequestration of heavy metals in complexes, reduction of a metal to a less toxic species, and direct efflux of a metal out of the cell [26].



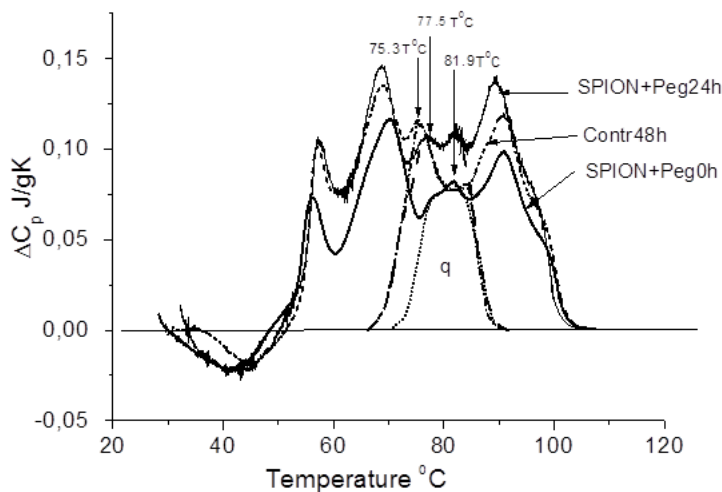
**Fig. 4.** The time-dependent toxic effect of SPIONs on *St. epidermidis* cell culture estimated by the colony forming viability assay (CFU/ml). a - the viability of *St. epidermidis* at SPIONs administration into the growth medium simultaneously with bacterial inoculation (lag-phase, 0 h), b - the viability of *St. epidermidis* at Spions administration into the growth medium at the stationary growth phase (24 h).

The DSC method was applied to obtain characteristics of SPIONs toxic action at the whole cell level. Multiple measurements demonstrated that the thermal spectra profile depended on cell culture conditions and growth stage, and could characterize the cell functional state. The thermogram of whole cells exhibited a number of overlapping endothermic transitions corresponding to denaturation of major cellular components. The conditional graphical analysis of the whole bacterial cell melting spectra regarding the different temperature ranges revealed the significant input of the melting heat at the range of 55–78°C to the value of the total cell heat. This region of the thermogram had been connected with the state of the intracellular ribosomal system by comparing the transition temperatures of isolated components with corresponding transition temperatures of whole cells [27,28]. The interconversion of ribosomes between active 70S and inactive 100S particles was coupled with cell growth phase transition [29]. Fig. 5 shows the typical multi-peaked thermal spectra of *St. epidermidis* at the different periods of the stationary growth phase (24 and 48 h of growth). The multiple measurements confirmed the high reproducibility of the thermograms with the three major peaks at 50, 61 and 92–93°C. The total melting heat (Q) of bacterial cells changed in accordance with the growth phase of the culture. The reproducible increase of the melting temperature of the DNA-protein (DNP) complex was detected at cell transition from the logarithmic to the stationary growth stage and might reflect the structural changes of the complex. Stationary phase nucleoids are much more compacted compared to exponential cell nucleoids in intact cells [30].



**Fig. 5.** The thermal spectra of bacteria *S.epidermidis* grown as batch culture at 24 h (solid line) and at 48 h (dashed line). The *S.epidermidis* cell culture transition from the early stationary growth stage to the mid-stationary growth stage characterized by the DSC method.

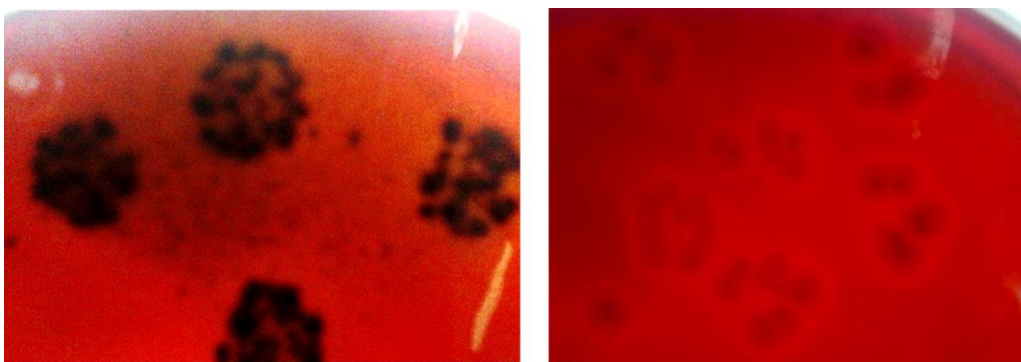
The response to the toxic stress at the whole cell population level was detected by the DSC method (**Fig. 6**). The main disorders of the thermal spectra profile were predominantly connected with the temperature range of 65–82°C, generally reflecting the state of the intracellular ribosomal system. The total melting heat (Q) of whole bacterial cells and the melting heat (q) of the selected region of 65-90°C decreased in the case of SPIONs implementation at the lag-phase (0 h), that coincides with the decreased viability of cell culture revealed by the conventional microbiological method of the colony enumeration on agar plates (**Fig. 4**). It could be identified some new peaks on the thermal melting profiles at the temperatures of 75.3, 77.5 and 81.9°C . The analysis of the thermograms could provide the possibility to discriminate the resistant and the sensitive growth stages of *St. epidermidis* to the SPIONs action and indicate the probable intracellular targets of the toxic compound.



Name	Q	Q	q/Q
Control 48 h	4.19	1.344	0.321
SPION/PEG 24 h	4.372	1.474	0.337
SPION/PEG 0 h	3.309	0.885	0.267

**Fig. 6.** The toxic impact of SPIONs on the thermal spectra of *S. epidermidis* at the stationary growth stage after 24 h of its administration at 24 h of growth (total 48 h of growth). Q - the total melting heat of bacterial cells thermal spectra of *S. epidermidis*; q - melting heat of the region 65-90°C; control- dashed line.

The prolonged action of SPION on *St. epidermidis* cell culture for 10 days affected its capability to slime production, as it was detected by the phenotypic method of the Congo red agar test (**Fig.7**).



**Fig. 7.** *St. epidermidis* strains cultivated on BHI agar with 0.08% Congo red supplemented with 5% sucrose. The cells were inoculated by drop-plate method and incubated at 37°C under aerobic conditions for 24 and 48 h. The *Staphylococcus* biofilm producer cells formed black colonies (control), while cells treated by SPIONs for 10 days formed red colonies.

The Congo red agar assay (GRA) is commonly used for slime and/or biofilm detection [20]. Generally slime production was assessed on the basis of the color of colonies regarding black colonies as indicator for intensively producing slime cells and light-pink colonies for slime non-producing cells. The slime production of *St. epidermidis* could be correlated with the biofilm formation, but there is no strict association between them [31]. The passage from biofilm phase to non-biofilm phase or from slime producing state to no-slime producing state were initiated by the long-term effect of SPIONs. The pathogenesis of the infection and the antibiotics susceptibility depend on the ability of *St. epidermidis* to form biofilm. A biofilm serves to promote bacteria persistence by resisting antibiotic treatment and host immune responses. Antibiotics are rendered ineffective when biofilms form, due to their relative impermeability, the variable physiological status of microorganisms, subpopulations of persistent strains, and variations of phenotypes present [11].

A possible approach for biofilms prevention might be application of nanotechnology.

### Acknowledgments

This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation, Georgia, Grant No FR/451/7-230/13.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Gupta A.K., Gupta M. Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications. *Biomaterials*, 2005,26(18):3995-4021
2. Buzea C., Blandino I. Robbie K. Biointerphases, nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity. 2007, 2(4):MR17-MR172.
3. Lodhia J., Mandarano G., Ferris N.J., Eu P., Cowell S.F. Development and use of iron oxide nanoparticles (Part I): synthesis of iron oxide nanoparticles for MRI. *Biomed. Imaging Interv.J.*, 2010,6(2):e12.
4. Lee .H, Yu M.K, Park S., Moon S., Min J.J., Jeong Y.Y. Kang H.W., Jon S. Thermally cross-linked superparamagnetic iron oxide nanoparticles: synthesis and application as a dual imaging probe for cancer in vivo. *J. Am. Chem.Soc.* 2007; 129(42):12739-45.
5. Wang Y-X. Supermagnetic iron oxide based MRI contrast agents: current status of clinical application. *Quant.Imaging Med. Surg.*,2011,1:35-40.
6. Markides H., Rotherham M., El Haj A.J. Biocompatibility and toxicity of magnetic nanoparticles in regenerative medicine. *J.Nanomaterials*, v.2012, Article ID 614094,11 pp.
7. Manuchehrabadi N., Gao Z.,Zhang J., Ring HL, Shao Q et al., Improved tissue cryopreservation using inductive heating of magnetic nanoparticles. *Science Translational Medicine*, 2017, 9 (379):1-11.
8. Kekutia Sh, Saneblidze L., Mikelashvili V., Markhulia J., Tatarashvili R., Daraselia D., Japaridze.D. A New Method for the Synthesis of Nanoparticles for Biomedical Applications. *Eur. Chem. Bull.*, 2015, 4(1), 33-36.
9. J. Markhulia J., V. Mikelashvili V., Sh. Kekutia Sh, L. Saneblidze L.,Jabua Z., Daraselia. D, Jafaridze, D. Some Physical Parameters of PEG-modified Magnetite Nanofluids. *J. Pharm. Appl. Chem.*, 2, No. 2, 33-37 (2016).
10. Markhulia J., Kekutia Sh., Mikelashvili V, Jabua, Z. Saneblidze L.. Preparation and Characterization of polyvinyl alcohol (PVA) coated magnetic nanoparticles for biomedical application. *Dakam's International Natural Sciences Conference Proceedings. Chemistry'17/ International Conference on Chemistry, Ecology'17/International Conference on Ecology, Ecosystems and Climate Change, Physics'17/International Conference on Physics and Natural Sciences.* February 2017, İstanbul.
11. Nadell G., Drescher K., Foster K.R. Spatial structure, cooperation and competition in biofilms. *Nat. Rev. Microbiol*, 2016, doi:10.1038/nmicro2016.84.
12. Hall-StoodleyL.,CostertonJ.W., Stoodley P. Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases. *Nat.Rev.Microbiol*, 2004, 2(2):95-108.
13. Seil J., Webster T. Antimicrobial applications of nanotechnology: methods and literature. *Inter.J.Nanomedicine*, 2012, 7:2767-2781.
14. Manke A., Wang L. Rojanasakul Y. Mechanisms of nanoparticle-induced oxidative stress and toxicity. *Biomed Research Internat.*2013 v.2013, Article ID 942916, 15pp.
15. Taylor E.N., Webster T. The use of superparamagnetic nanoparticles for prosthetic biofilm prevention 2009 , *Int J Nanomedicine*, 4: 145–152.
16. Tran N.,Apamo M.,Malik D., Siha A., Nayar S., Webster T. Bactericidal effect of iron oxide nanoparticles on *Staphylococcus aureus* . 2010, *Int J Nanomedicine*,5: 277–283.
17. Lee C., Kim J.Y., Lee W.I., Nelson K.L., Yoon J., Sedlak D.L Bactericidal effect of zero-valent iron nanoparticles on *Escherihia coli*. *Environ Sci.Technol.* 2008 , 42(13):4927–4933.
18. N. Bakradze., V.Sokhadze, M.Abuladze, N.Asatiani, N.Sapojnilova, T. Kartvelishvili., N.Tsibakhashvili, E. Namchevadze, L.Tabatadze, L.Lezhava, H-Y Holman. A calorimetric characterization of Cr(VI)-reducing

- Arthrobacter oxydans* at different phases of the cell growth cycle. The ScientificWorldJournal, 3.(2003), pp.432-442.
19. M.Abuladze, V.Sokhadze, E.Namchevadze, E Kiziria., L.Tabatadze, L.Lejava, Sh. Gogochaishvili., N Bakradze. Thermal analysis of whole bacterial cells exposed to potassium permanganate using differential scanning calorimetry: a biphasic dose-dependent response to stress. The ScientificWorldJournal 9(2009), pp.109-117.
  20. Kaiser T., Pereira E., Netto dos Santos K., Maricle E., Schuenck R., Nunes A. Modification of the Congo red agar method to detect biofilm production by *Staphylococcus epidermidis* . Diagn.Microbiol.Infect.Disease,2013,75:235-239.
  21. Hoben, H.J., Somasegaran, P.,. Comparison of the pour, spread, and drop plate methods for enumeration of *Rhizobium*spp. in inoculants made from presterilized peat. Appl. Environ. Microbiol. 1982,44, 1246– 1247.
  22. Bakradze NG, Monaselidze JR Precise differential microcalorimetry(in Russian). Measur Techn 2(1971), pp. 58– 64.
  23. Bakradze N, Monaselidze J, Moistsrapishvili. K, Keshelashvili L Author's Certificate № 1005550, State Committee of the USSR on Inventions and Discoveries 16.10.(1982).
  24. Kiziria E.,Bakradze N.,Gogichaishvili. Sh.,Sokhadze V, The Capillary Differential Scanning Calorimeter , Official Bulletin of the Industrial Property of Georgia, 2009, 5 :.16-17.
  25. Bergkessel M., Basta M., Newman D. The physiology of growth arrest, uniting molecular and environmental microbiology. Nat Rev.Microbiol., 2016, 14:549-561.
  26. Macomber L., Hausinger R .Mechanisms of nickel toxicity in microorganisms. Metallomics, 2011, 3(11): pp.1153-1162.
  27. Miles C, Mackey B.,Parsons S, Differential scanning calorimetry of bacteria. J.Gen. Microbiol., 1985, 131:. 939-952.
  28. Niven G ., Miles. C, B Mackey. B. The effect of hydrostatic pressure on ribosome conformation in *Escherihia coli*: an *in vivo* study using differential scanning calorimetry. J.Gen.Microbiol., 1999,145: pp. 419-425.
  29. Wada A. Growth phase coupled modulation of *E.coli* ribosomes Genes Cells. 1998, 3 :.203-208.
  30. Talukder A.A.,Iwaat A, Nishimura A.,Ueda S, Ishimura A Growth-phase dependent variation in protein composition of the *E.coli* nucleoid. J.Bacteriol.181.(1999) , pp.6361-6370.
  31. Los R., Sawicki R., Juda M., Stankevich M., Rybojad P., Malm A., Gynalska G. A comparative analysis of phenotypic and genotypic methods for the determination of the biofilm-forming ability of *Staphylococcus epidermidis*. FEMS Microbiol. Let., 2010,310:97-103.

**პოლიეთილენგლიკოლით მოდიფიცირებული რკინის ოქსიდის მაგნიტური ნანონაწილაკების სინთეზი და *Staphylococcus epidermidis*-ის უჯრედულ კულტურებზე ბაქტერიციდული ზემოქმედების შესწავლა**

შ.ვეკუტია, ლ.სანებლიძე, ვ.სოხაძე, მ.აბულაძე, ე.ნამჩევაძე, ლ.ტაბატაძე, გ.თვაური, ვ.მიქელაშვილი, ჯ.მარხულია  
ვლადიმერ ჭავჭავაძის სახელობის კიბერნეტიკის ინსტიტუტი, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, სანდრო  
ეულის ქ. 5, თბილისი 0186, საქართველო  
ე.ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტი, თამარაშვილის ქ.6, თბილისი 0177, საქართველო

**რეზიუმე**

ბიოლოგიურად თავსებადი რკინის ოქსიდის სუპერპარამაგნიტური ნანონაწილაკები სინთეზირებულია თანადალექვის მეთოდით ვაკუუმში. მაგნიტური ნანონაწილაკები სტაბილიზაციის მიზნით მოდიფიცირებულია ბიოთავსებადი პოლიმერით, პოლიეთილენგლიკოლით (PEG). ოთახის ტემპერატურაზე მერხევი ნიმუშის მაგნიტომეტრზე (VSM) გაზომვებმა აჩვენა დაბალ და მაღალ გარე მაგნიტურ ველში რკინის ოქსიდის ნანონაწილაკების მასტაბილიზირებელი პოლიმერის (პეგ) ზეგავლენა ნანონაწილაკების მაგნიტურ თვისებებზე და მის დამაგნიტებულობის ხასიათზე. ასევე შესწავლილია პოლიეთილენგლიკოლით სტაბილიზირებული მაგნიტური ნანონაწილაკების ბაქტერიციდული მოქმედება *Staphylococcus epidermidis* უჯრედულ კულტურებზე. საკვლევი ბაქტერიული კულტურა ხასიათდება ლორწოსა და ზედაპირული ბიოფილმის წარმოქმნით, რაც აფერხებს ქრონიკული ჭრილობის შეხორცებას. მაგნიტური ნანონაწილაკების ტოქსიურობას შეფასებულია აგარის ზედაპირზე კოლონიების წარმოქმნითა და დათვლით, აგრეთვე დიფერციალურ-სკანირებადი კალორიმეტრიის მეთოდით. დადგენილია, რომ საკვლევი მაგნიტური ნანონაწილაკების ბაქტერიულ უჯრედზე ზემოქმედების ინტენსიობა დამოკიდებულია პრეპარატის ზემოქმედების ხანგრძლივობაზე და ასევე, იმაზე თუ კულტურის ზრდის რომელ პერიოდში იქნა შეყვანილი პრეპარატი. ტოქსიური ზემოქმედების მიმართ უფრო მგრძობიარე იყო ზრდის ლაგ-პერიოდში მყოფი *Staphylococcus epidermidis* კულტურა. მაგნიტური ნანონაწილაკების ხანგრძლივი ზემოქმედება იწვევს ლორწოს წარმოქმნის პროცესის დათრგუნვას, რაც შესაძლებელია ხელს უშლიდეს ზედაპირული ბიოფილმების წარმოშობასაც. მიღებული შედეგები მიუთითებს ქრონიკული ჭრილობების მკურნალობისას მაგნიტური ნანონაწილაკების შესაძლო გამოყენებას.

## ქიმიური ტექნოლოგია

## მადნეულის ქალკობირიტული კონცენტრატის მაღალტემპერატურული ჟანგვითი გამოტუტვის შესაძლო მექანიზმი გოგირდმჟავა ხსნარებში და რეკომენდაციები მისი გადამუშავებისათვის

რუსუდან დუნდუა

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

ადრე ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგენილ იქნა, რომ ბუნებრივი სულფიდების ნახევრადგამტარული თვისებები წარმოადგენს განმსაზღვრელ ფაქტორს მათი დაჟანგვისას ელექტროლიტების წყალხსნარებში. ხსნარების შედგენილობის (pH) ცვლილებით შესაძლებელია სულფიდების დაჟანგვის პროცესის მიმართულების და სიჩქარის სიდიდის რეგულირება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, შემოთავაზებულია მადნეულის ქალკობირიტული კონცენტრატის გადამუშავების რაციონალური გზა.

ცნობილია, რომ d- და f-ელემენტების ბუნებრივი სულფიდების უმრავლესობა წარმოადგენს ნახევრადგამტარ ნივთიერებებს [1, 2]. კერძოდ, ქალკობირიტი  $\text{CuFeS}_2$ , პირიტი  $\text{FeS}_2$ , სფალერიტი  $\text{ZnS}$ , ვიურტციტი  $\text{ZnS}$ , გალენიტი  $\text{PbS}$ , ქალკოზინი  $\text{CuS}$ , ანთიმონიტი  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ , ქოულიტი  $\text{CdS}$  და სხვა p- და n-ტიპის ნახევრადგამტარებია. ჩვენი გამოკვლევების თანახმად [3], სულფიდების ნახევრადგამტარული მდგომარეობა შეიძლება განხილული იქნას როგორც განმსაზღვრელი ფაქტორი მათი დაჟანგვისას ელექტროლიტების წყალხსნარებში, ხსნარის იონური შედგენილობის ცვლილებით შეიძლება ვცვალოთ ფერმის დონის მდებარეობა გამტარობისა და სავალენტო ენერგეტიკული ზონების მიმართ სულფიდის ზედაპირულ შრეში, ანუ ვცვალოთ ელექტრონის რეაქციისუნარიანობა სულფიდში. აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ შეიძლება ხსნარის pH გამოყენებულ იქნას ამა თუ იმ სულფიდის დაჟანგვის პროცესის მიმართულებისა და სიჩქარის სიდიდის რეგულირებისათვის. მაგალითად, გოგირდმჟავას კონცენტრაციის გაზრდა ხელს უშლის ქალკობირიტული სულფიდური გოგირდის სრულ დაჟანგვას, ე.ი.  $\text{SO}_4^{2-}$ -იონამდე, და ხელს უწყობს მის დაჟანგვას ელემენტურ გოგირდამდე,  $\text{S}^0$ -მდე. მაშასადამე, ქალკობირიტის გამოტუტვა სულფატების სრული გამოსავლით უნდა წარიმართოს დაბალი მჟავიანობისას, რაც შესაძლებელია ნეიტრალიზატორის გამოყენებით. ელემენტური გოგირდის მისაღებად პირიქით, საჭიროა მჟავას კონცენტრაციის გაზრდა სარეაქციო არეში, რაც დასტურდება კიდევ პრაქტიკულად.

გამოტუტვის პროცესებში მჟავას კონცენტრაცია გავლენას ახდენს ქალკობირიტის დაჟანგვის კინეტიკაზეც. სარეაქციო არეში დამჟანგველების –  $\text{O}_2$  და  $\text{Fe(III)}$ -ის – არსებობისას, იმავე წყაროს მიხედვით, უფრო ადვილად ხდება სულფიდის დაჟანგვა  $\text{Fe(III)}$ -იონებით, ვიდრე ჟანგბადით, რომელსაც, ჩვენი მონაცემების [4] თანახმად, მხოლოდ ატომურ მდგომარეობაში აქვს  $\text{MeS}$ -ის დაჟანგვის უნარი. იქიდან გამომდინარე, რომ გოგირდმჟავა ხსნარებში  $\text{Fe(II)}$ -ის დაჟანგვა ჟანგბადით ხდება უფრო სწრაფად, ვიდრე  $\text{MeS}$ -ისა, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მოლეკულური ჟანგბადის «მტკიცე» აქცეპტორული ბმა სულფიდთან არ ხორციელდება მჟავურ არეში (ნახევრადგამტარის დადებითად დამუხტულ ზედაპირზე მცირდება ზედაპირის აქცეპტორული ბმით დაკავშირებული ნაწილაკების რიცხვი) და, შესაბამისად, არც მის დაშლას აქვს ადგილი ატომებად. ამრიგად, გამოტუტვის პროცესებში  $\text{Fe(III)}$ -იონების თანაობისას სულფიდების დაჟანგვა მიმდინარეობს  $\text{Fe(III)}$ -იონებით, ხოლო  $\text{O}_2$ -ით ხდება მათი რეგენერირება.

$\text{Fe(III)}$ -იონების მაღალ ჟანგვით უნარზე, მოლეკულურ ჟანგბადთან შედარებით, მიუთითებს მონაცემები, რომლებიც მიღებულია ქალკობირიტის მონომინერალური სინჯის დაჟანგვისას მოლეკულური ჟანგბადით და  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -ით [5].

მადნეულის ქალკობირიტული კონცენტრატის ავტოკლაავური გადამუშავების ტექნოლოგიურ სქემაში ჭიათურის მანგანუმის ჟანგეული კონცენტრატის ჩართვა მიზნად ისახავს ჭარბი სულფიდური გოგირდის უტილიზაციას მანგანუმის სულფატის მისაღებად [6]. სპილენძის და მანგანუმის კონცენტრატების ერთობლივი ავტოკლაავური გამოტუტვისას სარეაქციო არეში ჟანგბადს და  $\text{Fe(III)}$ -იონებს ემატება კიდევ ერთი დამჟანგველი პიროლუზიტი -  $\text{MnO}_2$ , რომელიც ძირითადი მინერალია ჭიათურის მანგანუმის ჟანგეული კონცენტრატისა.

ჩვენი გამოკვლევების [7] თანახმად,  $\text{FeSO}_4$ -ის დაჟანგვა პიროლუზიტით მიმდინარეობს დიფუზურად. ამ რეაქციის კინეტიკური განტოლების განსაზღვრის არეს გაფართოებით ჩანს, რომ დიფუზურ დამუხრუჭებას ადგილი ექნება პროცესის რეალიზაციისას სამრეწველო ავტოკლავებშიც, თუმცა ისინი ხასიათდებიან ხსნარის ნაკადის მაღალი ინტენსიურობით ( $Re \approx 10^6$ ). მიუხედავად ამისა, ქალკობირიტის დაჟანგვის პროცესში  $\text{MnO}_2$ -ის როლი მეტად მნიშვნელოვანია, რაც განპირობებულია იმით, რომ ერთობლივი ავტოკლავური მაღალტემპერატურული გამოტუტვისას სულფიდების მთავარი დამჟანგავი აგენტის -  $\text{Fe(III)}$ -იონების რეგენერაცია ჟანგბადით მიმდინარეობს გაცილებით ნელა, ვიდრე პიროლუზიტით.

ამგვარად, მადნეულის სპილენძის და ჭიათურის მანგანუმის კონცენტრატების ერთობლივი ავტოკლავური გამოტუტვისას ქალკობირიტული სულფიდური გოგირდი იჟანგება უპირატესად პიროლუზიტის სარჯზე. მასთან ერთად იჟანგება პირიტული გოგირდიც, რომლის შემცველობას ქალკობირიტულ კონცენტრატებში მზარდი ტენდენცია ახასიათებს სპილენძის მადნების გაღარიბების გამო. მაშასადამე, მადნეულის ქალკობირიტული კონცენტრატის პირველადი სულფიდების დაჟანგვით მაღალტემპერატურული ავტოკლავური გამოტუტვისას ( $t = 165-170^\circ\text{C}$ ) ჟანგბადის წნევის ქვეშ ( $P_{O_2} \geq 3 \text{ ატ}$ ) წარმოქმნილი გოგირდმჟავა ძირითადად გამოიყენება ჭიათურის მანგანუმის ოქსიდური კონცენტრატის გამოსატუტად მისგან  $\text{MnSO}_4$ -ის მისაღებად, რაც რა თქმა უნდა, არარენტაბელურია.

აღსანიშნავია ისიც, რომ აღნიშნული კონცენტრატების ერთობლივად გამოტუტვის შედეგად მყარი ფაზის გამოსავალი მაღალია, რაც შექმნის დამატებით სირთულეებს ავტოკლავური კვებებიდან კეთილშობილი ლითონების ( $\text{Au}$ ,  $\text{Ag}$ ) ამოწვლილვის შემთხვევაში.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, მიგვაჩნია, რომ მადნეულის ქალკობირიტული კონცენტრატის გადამუშავება უფრო რაციონალური იქნება იმ შემთხვევაში, როცა:

1. ქალკობირიტული კონცენტრატის გამოტუტვის შედეგად მოხდება სპილენძის და რკინის სრული დაცილება მათი სხვადასხვა ფაზაში გადანაწილებით, კერძოდ, სპილენძის – მყარ ფაზაში, რკინისა – თხევად ფაზაში (მაგალითად, მარილოვანი გამოტუტვის მეთოდის გამოყენებით);
2. რკინის(II) სულფატური მჟავური ხსნარი გამოყენებული იქნება მანგანუმის ჟანგეული კონცენტრატის გამოსატუტად ძირითადი ტექნოლოგიური სქემისაგან დამოუკიდებლად, ცალკე პროცესის სახით;
3. სულფიდური გოგირდი დაიჟანგება  $\text{SO}_4^{2-}$ -იონამდე მხოლოდ იმ რაოდენობით, რაც საჭიროა  $\text{CuSO}_4$ -ის წარმოსაქმნელად, ხოლო მისი ჭარბი რაოდენობა გამოიყოფა ელემენტური ფორმით. სელექციურად დაიჟანგება ქალკობირიტი ( $\text{CuFeS}_2$ ) და არ დაიჟანგება პირიტი ( $\text{FeS}_2$ ), რომელიც არის ჭარბი რკინის(II, III) და  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის მთავარი წყარო ტექნოლოგიურ ნაკადებში ქალკობირიტული კონცენტრატების ავტოკლავური მეთოდით გადამუშავებისას.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Кристаллохимические, физико-химические и физические свойства полупроводниковых веществ. Справочник, Москва, изд. стандартов, 1973, с. 208.
2. Д.Воган, Дж. Крейг. Химия сульфидных минералов. М. «Мир», 1981, с. 575.
3. Дундуа Р.Г., Лежава Т.И. Механизм окисления сульфидов в водных растворах электролитов. Известия Академии Наук Грузии, серия химическая. 2006, т.32, №1-2, с. 37-47.
4. Дундуа Р.Г., Лежава Т.И. Механизм окислительного выщелачивания железосодержащих сульфидных концентратов в присутствии кислорода. Химический журнал Грузии. 2006, т. 6, №4, с. 364-371.
5. რუსუდან დუნდუა. მადნეულის ქალკობირიტული კონცენტრატის გადამუშავება ავტოკლავურ-ჰიდრომეტალურგიული მეთოდით. საკანდიდატო დისერტაცია, 2006. [www.nplg.gov.ge/dlibrary/collect/0002/000338/Dundua%20R.pdf](http://www.nplg.gov.ge/dlibrary/collect/0002/000338/Dundua%20R.pdf)
6. Гогоришвили П.В., Гелейшвили Т.П., Дундуа Р.Г., Касрадзе Г.Г. Автоклавное выщелачивание халькопиритного и марганцевого окисного флотоконцентратов. Сообщения АН ГССР, 1986, 122, №2, с. 333-336.

7. Дундуа Р.Г., Доброхотов Г.Н. Кинетика окисления Fe(II) пиролюзитом в сернокислых растворах. ЖПХ, 1982, №8, с.1831-1835.

**POSSIBLE MECHANISM OF HIGH-TEMPERATURE OXIDATIVE LEACHING  
CHALCOPYRITE CONCENTRATE OF MADNEULI IN SULFURIC ACID SOLUTIONS AND  
RECOMMENDATIONS FOR PROCESSING**

R.Dundua

R.Agladze institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry of the Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

**SUMMARY**

In the result of conducted research it was found that the semiconductor properties of natural sulfides are the determining factor in their oxidation in solutions of electrolytes. The variation of the composition (pH) of solutions possible to regulate the direction and magnitude of rate of oxidation of sulphides. Based on this proposed a rational way of processing ore chalcopyrite concentrate.

**ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛИТЕЛЬНОГО  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ХАЛЬКОПИРИТНОГО КОНЦЕНТРАТА МАДНЕУЛИ В  
СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРАХ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ**

Р.Г.Дундуа

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

**РЕЗЮМЕ**

В результате ранее проведённых исследований было установлено, что полупроводниковые свойства природных сульфидов являются определяющим фактором при их окислении в растворах электролитов. Изменением состава (рН) растворов возможно регулирование направления и величины скорости процесса окисления сульфидов. Исходя из указанного, предложен рациональный путь переработки маднеульского халькопиритного концентрата.

## ქიმიური ტექნოლოგია

## ტრაქიტის ბაქტერიული გამოტუტვის ნარჩენები – პუცოლანური დანამატი ცემენტისთვის

ელენე შაფაქიძე, ლალი ქართველიშვილი, მარინე ნადირაშვილი, ვერა მაისურაძე,  
 იოსებ გეჯაძე, თამარ პეტრიაშვილი  
*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
 კავკასიის ალექსანდრე თვალჭრელიძის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტი*

განხილულია ტრაქიტის ბაქტერიული გამოტუტვის შედეგად მიღებული მაღალკაჟმიწა ლაბის შემცველი ნარჩენების (მკლნ) გამოყენების შესაძლებლობა, „Microsilica“-ს მსგავსი პუცოლანური დანამატის სახით, ცემენტში 6-დან 10 მას. %-მდე. ცემენტის წყალთან შერევის პროცესში მკლნ-ის დამატების შედეგად იზრდება ცემენტის ქვის მექანიკური სიმტკიცე როგორც საწყის პერიოდში, ასევე ხანგრძლივი გამყარების - 180 დღ.-დ. შემდეგ.

ცემენტის პუცოლანური, ანუ მინერალური დანამატები მყარი სახის მასალებია, რომლებიც ემატება ცემენტს დაფქვის დროს, ან ბეტონის ხსნარს არევის დროს, უკანასკნელ შემთხვევაში ეს დანამატები შეიძლება თხევადი სახითაც იყოს.

პუცოლანური დანამატების გამოყენება საშუალებას იძლევა, რომ ბეტონში შემცირდეს ცემენტის ხარჯი, გაიზარდოს ბეტონის სიმტკიცე, ყინვაძლევაობა, სულფატძლევაობა, წყალგაუმტარობა, ხანმედეგობა და ა. შ.

პუცოლანური დანამატის მოქმედების მექანიზმი გამოიხატება შემდეგში: დანამატის შემადგენლობაში არსებული აქტიური კაჟმიწა შედის რეაქციაში კალციუმის ჰიდროქსიდთან, რომელიც ცემენტის ჰიდრატაციის შედეგად გამოიყოფა, და გადაყვას ის ძნელადხსნად მდგომარეობაში, რითაც ხელს უწყობს CSH ტიპის კალციუმის დაბალფუძიანი ჰიდროსილიკატების წარმოქმნას, რაც მეტად მნიშვნელოვანია მკვრივი და ხანმედეგი ცემენტის ქვის სტრუქტურის ჩამოყალიბებისთვის.

იმისთვის, რომ ცემენტის დანამატს ახასიათებდეს პუცოლანური თვისებები, მას უნდა გააჩნდეს ნაწილობრივ ამორფული ან მინისებრი სტრუქტურა. ასეთი სტრუქტურით ხასიათდებიან ზოგიერთი მთის ქანები, როგორც ვულკანური წარმოშობის (ვულკანური ფერფლი, ტუფი, პემზა, ვიტროფირი, ტრასი და ა. შ.), ასევე დანალექი ტიპის (დიატომიტი, ტრეპელი, ოპოკა, სპონგოლოტი, გლიეჟი, ტერიკონიტი და ა.შ.). არსებობს აგრეთვე ხელოვნური წარმოშობის დანამატები (შავი და ფერადი მეტალურგიული წიდეები - მადნების მაღალტემპერატურული გადამუშავების ნარჩენები; კაჟმიწაშემცველი ნარჩენები, რომლებიც მიიღება თიხიდან თიხამიწის მოპოვების შედეგად, თიხის ან თიხური ფიქლების გამოწვისას ლუმელებში ან თვითალების შედეგად მალარობებში; ნაცრები და განატაცი ნაცრები, რომლებიც მიიღება ზოგიერთი სახეობის საწვავის წვის შედეგად.

მიკროკაჟმიწა („Microsilica“) წარმოადგენს შედარებით ახალ და ძვირადღირებულ ხელოვნური წარმოშობის მინერალურ დანამატს სამშენებლო მასალების წარმოებაში, რომელსაც მაღალი ხარისხის პუცოლანური თვისებები გააჩნია.

ცნობილია, რომ მიკროკაჟმიწის დამატება საშუალებას იძლევა ჩამოყალიბდეს მაღალი სიმკვრივისა და წყალშეუღწევადი ცემენტის მატრიცა. იგი ხელს უწყობს კლინკერის მინერალების ჰიდრატაციის აჩქარებას და მაღალი სტაბილურობისა და სიმტკიცის მქონე კალციუმის დაბალფუძიანი ჰიდროსილიკატების წარმოქმნას [1, 2].

მიკროკაჟმიწა წარმოადგენს ულტრადისპერსულ ფხვნილს, რომელიც მიიღება კაჟმიწაშემცველი ნედლეულის მაღალტემპერატურული დამუშავებისას კაჟმიწის აორთქლების პროცესში. აირების კონდენსაციის შედეგად წარმოიქმნება ამორფული კაჟმიწა, რომლის ნაწილაკების ზომა 1 მკმ-დან 0.01 მკმ-დეა.

მიკროკაჟმიწის გამოყენებასთან არის დაკავშირებული ახალი სამშენებლო მასალები, რომლებიც XX საუკუნის 80-იან წლებში მშენებლობის მსოფლიო პრაქტიკაში გაჩნდა - ბეტონები მაღალი საქსპლოატაციო თვისებებით, რასაც შემდგომ დაერქვა High Performance Concrete – მაღალი ხარისხის ბეტონი [3], ან სხვა ტერმინოლოგიით Multifunction Concrete – მრავალფუნქციური ბეტონი [4]. ამ მასალებისთვის დამახასიათებელია მაღალი მექანიკური სიმტკიცე - 55 - 80 მგპა და 80 მგპა-ზე მეტი,



მაღალი წყალგაუმტარობა, მაღალი კოროზიული მედეგობა და ხანმედეგობა, ასევე ამ ტიპის ბეტონებისგან დამზადებული კონსტრუქციები გამოირჩევიან მაღალი ესთეტიკური მიმზიდველობით.

ცემენტთან შერევისას მიკროკაჟმიწა მოქმედებს როგორც პუცოლანური დანამატი: შედის რეაქციაში  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -თან, რომელიც კლინკერის მინერალების ჰიდრატაციის დროს გამოიყოფა. მიკროკაჟმიწის მაღალი დისპერსულობა და სისუფთავე განაპირობებს მის მაღალ რეაქციუნარიანობას. ულტრადისპერსული ნაწილაკები გარს ერტყმიან ცემენტის თითოეულ ნაწილაკს და ჰიდრატაციის შედეგად ახლად წარმოქმნილი პროდუქტებით ავსებენ ფორებს, აძლიერებენ მჭიდარ მასალის შეჭიდულობას შემავსებელთან.

დამტკიცებულია, რომ მიკროკაჟმიწა გაცილებით მეტად ზრდის ცემენტის ქვის მექანიკურ სიმტკიცეს, ვიდრე იგივე რაოდენობის ნებისმიერი სხვა პუცოლანური დანამატი.

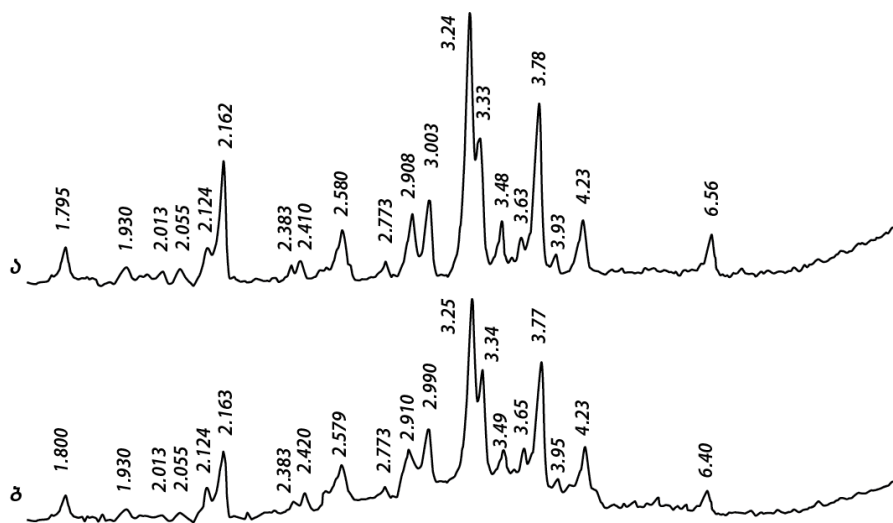
თსუ-ს კავკასიის ალექსანდრე თვალჭრელიძის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტში საქართველოს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის საგრანტო პროექტის №FR/431/9-220/14 პროგრამით შემუშავებულია ტრაქიტის ბაქტერიული გამოტუტვის ტექნოლოგია [5], რის შედეგად ტრაქიტის კრისტალური მესრიდან სპეციალური სილიკატური ბაქტერიების - *Bacillus mucilaginosus* ზემოქმედებით ხსნარში გამოიყოფა კალიუმის წყალში ხსნადი ნაერთი – კალიუმის ორჟანგი, რომელიც შემდგომში გამოყენებას პოვებს სოფლის მეურნეობაში ნიადაგისთვის სასუქის დასამზადებლად. ხსნარიდან კალიუმის ამოღების შემდეგ ნარჩენის სახით რჩება ალუმოსილიკატური მყარი ნალექი და ლაბისებრი ამორფული მაღალკაჟმიწაშემცველი მასა, რომელიც თავისი სტრუქტურით და შემადგენლობით ახლოს არის მიკროკაჟმიწასთან. თუმცა კლასიკური „Microsilica“ შეიცავს არანაკლებ 85 მას. % კაჟმიწას, ხოლო ტრაქიტის ბაქტერიული გამოტუტვის შედეგად წარმოქმნილ ნარჩენებში ლაბისებრ ამორფულ მასასთან ერთად მყარი ალუმოსილიკატებიც რჩება, რაც ამორფულ კაჟმიწის კონცენტრაციას ამცირებს, თუმცა საკმაოდ დიდებითი ეფექტის მომცემი მაინც არის.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, სრულიად ბუნებრივად გაჩნდა იდეა, რომ ტრაქიტის ბაქტერიული გამოტუტვის შედეგად წარმოქმნილი მაღალკაჟმიწა ლაბის შემცველი ნარჩენი (**მკლნ**) მოგვესინჯა როგორც პუცოლანური დანამატი პორტლანდცემენტისთვის.

ტრაქიტის ბაქტერიული გამოტუტვის ნარჩენის ლაბორატორიული სინჯი - **მკლნ** გამოვაშრეთ თერმოსტატში  $105^\circ\text{C}$  ტემპერატურაზე მშრალი ნარჩენის მიღებამდე.

ტრაქიტის საწყის სინჯს და გამომშრალ **მკლნ**-ს ჩაუტარდა რენტგენოფაზური ანალიზები (ნახ. 1), ხოლო ქიმიური ანალიზით განისაზღვრა მათში  $\text{SiO}_2$ -ის შემცველობა.

$\text{SiO}_2$ -ის შემცველობამ შეადგინა: დაუმუშავებელ ტრაქიტში - 62.56 მას.%, ბაქტერიულად დაუმუშავებულ მყარ მასაში - 58.46 მას.%, ლაბისებრ მასაში - 86.25 მას.%.



**ნახ. 1.** რენტგენოგრამები: ა - ტრაქიტი ბაქტერიულ დაუმუშავებამდე  
ბ - მკლნ, მიღებული ტრაქიტის ბაქტერიული დაუმუშავების შედეგად

როგორც რენტგენოფაზურმა ანალიზმა აჩვენა, ტრაქიტის ნიმუშში ბაქტერიულ დაბუშაგებამდე (ა) დაფიქსირდა მინერალი მიკროკლინი - კალუმიანი მინდვრის შპატი (KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) – 6.56, 4.23, 3.34, 3.243, 3.003, 2.908, 2.580, 2.162, 1.795 Å.

ბაქტერიული დაბუშაგების შემდეგ (ბ) მიკროკლინის დიფრაქციული მაქსიმუმების პიკების სიმაღლე შემცირდა, რაც განპირობებულია იმით, რომ კაჟმიწის გარკვეული ნაწილი გამოიტუტა ხოლო ნაწილი გადავიდა ამორფულ მდგომარეობაში ბაქტერიების ზემოქმედებით. ამორფული ფაზის შემცველობაზე მეტყველებს, აგრეთვე რენტგენოგრამის ამობურცული ფორმა.

ლაბორატორიულ პირობებში დამზადდა ცემენტები და ჩატარდა მათი ტესტირება.

კლინკერი და თაბაშირი იფქვებოდა ლაბორატორიულ ბურთულებიან წისქვილში 30 წთ. განმავლობაში. მიღებულ ცემენტს ჩაუტარდა საცრითი ანალიზი.

**მკლნ** შეგვყავდა ცემენტის კაზში წყალხსნარის სახით 6 და 10 მას. % კონცენტრაციით ცემენტის მასიდან. შემდგომში ემატებოდა კიდევ წყალი ნორმალური კონსისტენციის ცომის მიღებამდე.

მიღებული იქნა სამი სახის ცემენტი შემდეგი შემადგენლობით:

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 1. ცემენტი დანამატის გარეშე   | საკონტროლო |
| (კლინკერი + თაბაშირი) – 100 % |            |
| 2. ცემენტი                    | საცდელი    |
| (კლინკერი + თაბაშირი) – 94 %  |            |
| <b>მკლნ</b> - 6 %             |            |
| 3. ცემენტი                    | საცდელი    |
| (კლინკერი + თაბაშირი) – 90 %  |            |
| <b>მკლნ</b> - 10 %            |            |

ცემენტის ცომისგან დაყალიბდა 2 X 2 X 2 სმ ზომის კუბები, რომლებიც 24 სთ. განმავლობაში ინახებოდა ტენიან გარემოში (20 ± 2) °C ტემპერატურაზე, ხოლო 24 სთ. შემდეგ გამოცდამდე – წყალში (20 ± 2) °C ტემპერატურაზე.

მიღებული ცემენტების ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრები ნაჩვენებია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

ცემენტების ფიზიკურ-მექანიკური ტესტირების შედეგები

№	ნარჩენი საცერზე №008, %	ნორნამური სისქის ცომის კონცენტრაცია, %	შეკვრის ვადები, სთ.-წუთ.		სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე, კგ/სმ <sup>2</sup>		
			დასაწყისი	დასასრული	7 დღ.-დ.	28 დღ.-დ.	180 დღ.-დ.
1	3.5	33	1-25	2-54	377	633	960
2	3.5	34	1-32	3-05	392	685	1200
3	3.5	35	1-36	3-12	390	687	1180

შენიშვნა:

№1 – საკონტროლო ცემენტი (დანამატის გარეშე);

№2 – მკლნ-ს 6 %-ის დანამატით;

№3 – მკლნ-ს 10 %-ის დანამატით.

როგორც ცხრილი 1-ის მონაცემებიდან ჩანს, მკლნ-ს დამატებამ ცემენტში გაზარდა წყალმთხოვნა საკონტროლო ცემენტთან შედარებით, რაც დამახასიათებელია პუცოლანური დანამატისთვის და რაც მისი მაღალი ხვედრითი ზედაპირით აიხსნება.

გაიზარდა საცდელი ცემენტების მექანიკური სიმტკიცე, როგორც გამყარების საწყის ვადებში (7 დღე-ღამის შემდეგ), ასევე სამარკო ვადაში (28 დღე-ღამის შემდეგ) და ხანგრძლივი გამყარებისას (180 დღე-ღამის შემდეგ).

ზოგადად პუცოლანურ პორტლანდცემენტებს მაღალ წყალშემცველობასთან ერთად ახასიათებთ მაღალი წყალშეკავების უნარიც, რაც ხელს უშლის ბეტონის ხსნარის განშრევენას, და რაც ბეტონის ხსნარის ტრანსპორტირებისას დადებით თვისებად ითვლება.

შეკვრის ვადები და მოცულობის ცვლილების თანაბარზომიერება იგივეა, რაც რიგითი პორტლანდცემენტის.

წყალმდეგობა პუცოლანური პორტლანდცემენტისგან დამზადებული ბეტონისა გაცილებით მაღალია, ვიდრე რიგითის, რაც პუცოლანური პორტლანდცემენტის მაღალი წყალგაუმტარობით, ასევე ცემენტის ქვის გელისებრი ახალწარმონაქმნების მაღალი გაჯირჯვებით და პუცოლანური დანამატის მიერ კალციუმის ჰიდროოქსიდის - ადვილად გამოტუტვადი ნაერთის შებმით აიხსნება.

აქტიური დანამატის მიერ კალციუმის ჰიდროოქსიდის შებმის შედეგად წარმოქმნილი დაბალფუმიანი ჰიდროსილიკატები და ჰიდროალუმინატები განაპირობებენ პუცოლანური პორტლანდცემენტისგან დამზადებული ბეტონების მაღალ სულფატმდეგობას.

პუცოლანური პორტლანდცემენტი სულფატურ წყლებში უფრო მედეგია იმის გამო, რომ ცემენტის ქვა არ შეიცავს კალციუმის ჰიდროოქსიდს და მაღალფუმიან ოთხ- და სამკალციუმიან ჰიდროალუმინატებს, რომელთა საფუძველზეც სულფატურ გარემოში შესაძლებელია წარმოიქმნას ეტრინგიტი ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ ), ე. წ. „ცემენტის ბაცილა“, რომელიც შლის ცემენტის ქვას და, შესაბამისად, ბეტონსაც.

ზემოთჩამოთვლილი ყველა დადებითი თვისება დამახასიათებელია პუცოლანური პორტლანდცემენტებისთვის, ბუნებრივია იგი გავრცელდება მკლნ-ის დანამატით მიღებულ ცემენტებზეც, რაც დამატებითი კვლევების ჩატარებას მოითხოვს.

წინასწარი მონაცემებით კი, რაც ჩატარებული სამუშაოს შედეგებიდან გამოიკვეთა, ტრაქიტის ბაქტერიული გამოტუტვის ნარჩენების - მკლნ-ის გამოყენება შესაძლებელია „Microsilica“-ს მსგავსი პუცოლანური დანამატის სახით ცემენტში 6-დან 10 მას. %-მდე, რის შედეგად იზრდება ცემენტის ქვის მექანიკური სიმტკიცე როგორც საწყის პერიოდში, ასევე ხანგრძლივი გამყარების - 180 დღ.-დ. შემდეგ.

ტრაქიტის ბაქტერიული გამოტუტვა ხანგრძლივი პროცესია. იმისთვის, რომ ბაქტერიებმა სრულად დამალონ ტრაქიტის კრისტალური მესერი რამდენიმე კვირა ან თვე არის საჭირო. ამ დროს მთლიანად გამოიტუტება კალიუმი და რჩება უფრო მეტი რაოდენობით ამორფული ლაბისებრი მასა კაჟმიწის მაღალი შემცველობით და მაღალი პუცოლანური აქტიურობით. ზემოთხსენებული გრანტის პროგრამის ფარგლებში დროის სიმცირის გამო ეს ვერ მოხერხდა. ექსპერიმენტები ამ მიმართულებით გრძელდება.

მკლნ, ისევე როგორც მიკროკაჟმიწა წარმოადგენს წარმოების ნარჩენს, ამიტომ მისი გამოყენება სამშენებლო მასალების წარმოებაში ტექნოგენური პროდუქტის უტილიზაციას ნიშნავს. საწარმოო ნარჩენების გამოყენება აღნიშნული მიმართულებით გამართლებულია როგორც ეკონომიკური თვალსაზრისით, ასევე ეკოლოგიურადაც, ვინაიდან ტრაქიტის ბაქტერიული გამოტუტვის წარმოება უნარჩენო წარმოებათა რანგში გადადის.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Талисман Л. С., Иванов Ф.М.. Влияние добавки микрокремнезема на гидратацию алита и сульфатостойкость цементного камня . ж. Цемент. 1989.№6. с. 14-17.
2. Федоркин С.И., Макарова С.Е., Елькина Е.Е., Влияние микрокремнезема на свойства и структуру прессованных материалов на основе мелкодисперсных отходов горных пород. ж. Строительство и техногенная безопасность. №42, 2012. с. 47-51.
3. Баженов Ю.М., Фаликман В.Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии // Материалы I Всероссийской конференции. М., 2001. с. 91-101.
4. Трамбовецкий В. П. О новых терминологических понятиях в строительстве из бетона // Бетон и железобетон. 2000. № 3. с. 28.
5. ლ. ქართველიშვილი, ჯ. კაკულია, შ. მაღალაშვილი, მ. კანდელაკი, ნ. ლომიძე, ს. ჯაღალღონია. საქართველოს ტრაქიტების ბუნებრივი და ტექნოგენური ნარჩენებიდან კალიუმის გამოტუტვა ბიოტექნოლოგიური მეთოდის გამოყენებით. ე."სამთო ჟურნალი", 1(38), თბილისი, 2017.

**WASTES OF BACTERIAL LEACHING OF TRACHYTE - POZZOLANIC ADDITIVE FOR CEMENT**

E.Shapakidze, L.Kartvelishvili, M.Nadirashvili, V.Maisuradze, I.Gejadze, T.Petriashvili

*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University  
Caucasian Alexander Tvalchrelidze Institute of Mineral Resources*

**SUMMARY**

The possibility of usage of high-silicic gelatinous wastes (**HSGW**) of bacterial leaching of trachyte as a pozzolanic additive for cement, like "Microsilica" in quantity from 6 to 10% on mass has been considered. Addition of **HSGW** together with water to cement raises both, the initial physical-mechanical strength of a cement stone and strength in later terms as well – after 180 days of curing.

**ОТХОДЫ БАКТЕРИАЛЬНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ТРАХИТА – ПУЦЦОЛАНОВАЯ ДОБАВКА ДЛЯ ЦЕМЕНТА**

Е.В.Шапакидзе, Л.Г.Картвелишвили, М.Р.Надирашвили, В.Н.Майсурадзе,  
И.В.Геджадзе, Т.Г.Петриашвили

*Тбилисский Государственный Университет им. Иванэ Джавахишвили  
Кавказский Институт Минерального Сырья им. Александра Твалчрелидзе*

**РЕЗЮМЕ**

Рассмотрена возможность использования высококремнеземистых студнеобразных отходов (**ВКСО**) бактериального выщелачивания трахита в качестве пуццолановой добавки для цемента, типа "микрокремнезема", в количестве от 6 до 10 % по массе. Вследствие добавления **ВКСО** к цементу в процессе затворения водой повышается как начальная физико-механическая прочность цементного камня, так и прочность в более поздние сроки – через 180 сут. твердения.

## ქიმიური ტექნოლოგია

## მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის მისაღები სამრეწველო მასშტაბის ელექტროლიზური აბაზანის კონსტრუქციის დამუშავება

თემურ ჩახუნაშვილი, თეიმურაზ როყვა, ჟიული ქებაძე, თამარ მესტერიშვილი, მერაბ დადუნაშვილი, ზინაიდა ვაწაძე

ი. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
რ. აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი

ჩატარებული ლაბორატორიული კვლევებისა და გამსხვილებული მასშტაბის საცდელ-საკონსტრუქტორო სამუშაოების საფუძველზე დამუშავებულია მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის მისაღები სამრეწველო მასშტაბის დახურული ელექტროლიზური აბაზანის კონსტრუქცია, რომლის ძირითად კვანძებზე (ანოდები, კათოდები, აბაზანის კორპუსი და მისი ქიმიური დაცვა, აბაზანის ჰერმეტიზებული სახურავი) საპატენტო უწყებებში წარდგენილია რამდენიმე განაცხადი დაპატენტებაზე. ორ განაცხადზე უკვე მიღებულია დადებითი გადაწყვეტილება პატენტის გაცემაზე. გამოვლენილია ახალი კონსტრუქციის დახურული ელექტროლიზური აბაზანის 10-ზე მეტი უპირატესობა მანგანუმის დიოქსიდის მისაღებ ღია აბაზანებთან შედარებით.

ელექტროლიზური მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის მისაღები სამრეწველო მასშტაბის ელექტროლიზური აბაზანის მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები პირველ რიგში დამოკიდებულია მისი შემადგენელი ძირითადი კვანძებისა და დეტალების ოპტიმალურ კონსტრუქციაზე, მათ დასამზადებლად საჭირო მასალების სწორად შერჩევაზე და ელექტროლიზის ოპტიმალური რეჟიმის დამუშავებაზე.

ემდ-ისა და წყალბადის მისაღები სამრეწველო აბაზანის ძირითადი კვანძებია: ანოდი, კათოდი, აბაზანის კორპუსი და მისი ქიმიური დაცვა, დენგამანაწილებელი შინები და დენმიმყვანები, ხსნარის გამაცხელებელი თბომცვლელი, აბაზანის თბური იზოლაცია და დახურული აბაზანის შემთხვევაში – მისი სახურავი.

რადგან ჩვენს მიერ განხილული ელექტროქიმიური პროცესის ძირითადი პროდუქტი ანოდზე გამოლექილი მანგანუმის დიოქსიდია, ამიტომ განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ანოდის მასალის სწორად შერჩევას, მის კონსტრუქციასა და ელექტროდის ზედაპირის წინასწარი მომზადებისა და დამუშავების მეთოდს. ამ მიმართულებით ჩვენს მიერ წლების განმავლობაში მთელი რიგი სამუშაოებია ჩატარებული და მიღებულია მნიშვნელოვანი შედეგები [1].

წინამდებარე სტატიაში განხილულია ბოლო ორი წლის განმავლობაში ჩატარებული კვლევის შედეგები, რომლებმაც საშუალება მოგვცა დაგვეშუქებინა ემდ-ისა და წყალბადის მისაღები სამრეწველო აბაზანის კონსტრუქცია, რომელსაც მთელი რიგი უპირატესობები გააჩნია ამჟამად ემდ-ის წარმოებაში გამოყენებულ აბაზანებთან შედარებით.

ემდ-ის მისაღებად გამოყენებულ ანოდს მთელი რიგი წინასწარი მოთხოვნები წაეყენება, რომელთაგან მთავარია შემდეგი: 1) ანოდის მაღალი კოროზიული მდგრადობა ელექტროლიზის პროცესში, რაც იცავს ანოდზე გამოლექილ მანგანუმის დიოქსიდს მავნე მინარევებით გაჭუჭყიანებისაგან; 2) ანოდის მაღალი პასივაციამდევობა, რაც განაპირობებს დაბალ ომურ წინაღობას ელექტროდის ზედაპირულ ფენაში და შესაბამისად ანოდის დაბალ პოტენციალს მანგანუმის დიოქსიდის ელექტროგამოლექვისას; 3) მცირე მასალატევადობა, რაც მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს ანოდებისა და მთლიანად აბაზანის დამზადების ხარჯების შემცირებას; 4) საკმარისი მექანიკური სიმტკიცე, რაც აუცილებელია ანოდებისაგან MnO<sub>2</sub>-ის ნალექის მოსასხნელად მექანიკური დარტყმებით; 5) მრავალჯერადი გამოყენება და მუშაობის დიდი რესურსი.

ჩვენს მიერ ჩატარებული საკვლევო და საკონსტრუქციო სამუშაოების შედეგად ტიტანის ბაზაზე დამუშავებულია ემდ-ის მისაღები ანოდის ახალი კონსტრუქცია, რომელიც ზემოთ ჩამოთვლილ ყველა მოთხოვნას პასუხობს. კოროზიული გამოცდების შედეგების გათვალისწინებით ანოდის მასალად შერჩეულია ტექნიკური ტიტანი, რომელსაც მანგანუმის სულფატის გოგირდმჟავით შემჟავებული ხსნარის

მაღალტემპერატურული ელექტროლიზის პროცესში ( $90-95^{\circ}\text{C}$ ) მაღალი კოროზიული მდგრადობა ახასიათებს.

ტექნიკური ტიტანის ბაზაზე დამუშავებულ ანოდზე საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნულ სააგენტოში „საქპატენტი“ გაგზავნილია განაცხადი დაპატენტებაზე [2]. საქპატენტო უწყების მიერ მიღებულია დადებითი გადაწყვეტილება პატენტის გაცემის შესახებ.

ანოდი ხასიათდება მცირე მასალატევადობით, დამზადების სიმარტივით, საკმარისი მექანიკური სიმტკიცით დეფორმაციისა და დაზიანების მიმართ სხვადასხვა ოპერაციების ჩატარების დროს (ანოდების აბაზანაში ჩატვირთვა-ამოტვირთვა, მათი ტრანსპორტირება,  $\text{MnO}_2$ -ის ფენის მოცილება ანოდებიდან), კომპაქტურობით, რაც ელექტროლიზური აბაზანის ერთი და იგივე მოცულობაში მეტი რაოდენობის ანოდების მოთავსების საშუალებას იძლევა.

გარდა ზემოაღნიშნულისა, ტიტანის ანოდების ჩვენს მიერ შემოთავაზებული კონსტრუქცია უზრუნველყოფს ორ გარკვეულწილად ერთმანეთის საპირისპირო თვისებას (რაც აუცილებელია ამ ანოდების ოპტიმალურ რეჟიმში ექსპლუატაციისათვის): გამოლექილი  $\text{MnO}_2$ -ის საკმარის შეჭიდულობას ანოდის ზედაპირთან ელექტროლიზის მსვლელობისას და ამავე დროს ელექტროლიზის დასრულების შემდეგ ამ ნალექის ადვილად მოცილებას ანოდიდან, რაც მიიღწევა ანოდის აქტიურ კონსტრუქციულ ელემენტებზე პერპენდიკულარულად მიმართული მექანიკური დარტყმების შედეგად წარმოშობილი ვიბრაციული რხევებით, რომლებიც დარტყმის ადგილიდან მანგანუმის დიოქსიდის ფენის გავლით ადვილად ვრცელდება ანოდის მთელ ზედაპირზე და ხელს უწყობს ნალექის ადვილად მოხსნას. ყოველივე ეს დადასტურებული იყო ლაბორატორიული და გამსხვილებული მასშტაბის ცდების ჩატარებით.

ელექტროლიზით მიღებული მანგანუმის დიოქსიდის თანაურ პროდუქტს წარმოადგენს კათოდზე გამოყოფილი აირადი წყალბადი, რომლის უტილიზაცია ეკონომიკურად გამართლებული ხდება წყალბადის ენერგეტიკის სწრაფ განვითარებასა და ელექტროლიზური წყალბადის საკმაოდ მაღალ გასაყიდ ფასთან დაკავშირებით.

ელექტროლიზური მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის მისაღებ აბაზანაში გამოსაყენებელი კათოდის დასამზადებლად ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია თანამედროვე საელექტროდე და საკონსტრუქციო მასალები ნახშირბადოვანი მასალის – მცირენაცრიანი გრაფიტის, მაღალლევირებული მრავალკომპონენტისანი ფოლადისა და აგრესიულ ხსნარებში კოროზიულად და მექანიკურად ერთ-ერთი ყველაზე მდგრადი პოლიმერის – ტეფლონის სახით. აღნიშნული მასალების გამოყენებით დამზადებული ახალი კონსტრუქციის კათოდები გამსხვილებულ მასშტაბში გამოცდილი იქნა მანგანუმის სულფატის ცხელი შემჟავებული ხსნარების ელექტროლიზის პროცესში კათოდზე მაღალი სისუფთავის წყალბადის მიღებით ( $C_{H_2} > 99,5\%$ ). მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის მისაღებ აბაზანაში გამოყენებულ ახალი კონსტრუქციის კათოდზე საქპატენტო უწყებაში – „საქპატენტი“ წარდგენილია განაცხადი [3]. მიმდინარეობს მიმოწერა კათოდის კონსტრუქციის დაპატენტებასთან დაკავშირებით.

მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის ელექტროლიზით მიმდინარეობს საკმაოდ მძიმე, ექსპტრემალურ პირობებში:  $20-50$  გ/ლ გოგირდმჟავას შემცველ მანგანუმის სულფატის ხსნარებში  $90-96^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე, რაც მნიშვნელოვნად ართულებს საჭირო მახასიათებლების მქონე ელექტროლიზური აბაზანის კორპუსის დამუშავებას. ტექნოლოგიებისა და კონსტრუქტორების მიერ შემოთავაზებული და გამოყენებული იყო სხვადასხვა დამცავი ფენისა და კონსტრუქციის ემდ-ის მისაღები აბაზანების კორპუსის კონსტრუქციები: ტყვიის ამონაგის მქონე, მჟავაგამძლე ფილებითა და აგურით ამოშენებული, ბუთილკაუჩუკით, პოლიიზობუთილენით, სხვადასხვა მახასიათებლების მქონე რეზინით ამოვებული. ასეთ აბაზანებს ესა თუ ის ხარვეზი გააჩნდათ, მათი მუშაობის რესურსი არ იყო საკმარისი [4].

ჩვენს მიერ ჩატარებული იყო ზოგიერთი თანამედროვე საკონსტრუქციო მასალის კოროზიული გამოცდები მანგანუმის სულფატის შემჟავებულ ხსნარში ( $124$  გ/ლ  $\text{MnSO}_4 + 29,7$  გ/ლ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $t = 95^{\circ}\text{C}$ ) მათი შემდგომი გამოყენების მიზნით  $\text{MnO}_2$ -ისა და  $\text{H}_2$ -ის მისაღები აბაზანების კვანძების, მათ შორის, კორპუსისა და მისი ამონაგის დასამზადებლად [5]. პოლიმერული მასალების გამოცდამ გვიჩვენა პოლიტეტრაფტორეთილენის (ტეფლონი, ფტოროპლასტი) ყველაზე მაღალი კოროზიული მდგრადობა ზემოაღნიშნულ ხსნარში. მისი აბაზანების კორპუსის ფართო მასშტაბით გამოყენების ერთადერთ შემაფერხებელ გარემოებას წარმოადგენს მაღალი ფასი. ტეფლონის შემდეგ მაღალი კოროზიული

მდგრადობა აჩვენა პოლიპროპილენმა. მისი სხვა დადებითი თვისებების გათვალისწინებით ის ემდ-ის გამოსაშვები აბაზანის კორპუსის ყველაზე მისაღებ მასალად შეიძლება ჩაითვალოს.

ამასთან ერთად, 100°C-თან მიხლოებულ ტემპერატურაზე გოგირდმჟავის შემცველ მანგანუმის სულფატის ხსნარებში ელექტროლიზის ჩატარებისას პოლიპროპილენის ამონაგის მქონე აბაზანაში ხანგრძლივი ექსპლუატაციის დროს მასალის სითბური გაფართოების შედეგად შეინიშნება პოლიპროპილენისაგან დამზადებული კედლების მნიშვნელოვანი დეფორმაცია, რაც გარკვეულ შეფერხებებს იწვევს აბაზანის მუშაობაში. ამ უარყოფითი ეფექტების შესამცირებლად და გასანეიტრალებლად ჩვენს მიერ დამუშავებულია ფოლადის გარსაცმში ჩასმული პოლიპროპილენის ამონაგის გაუმჯობესებული კონსტრუქცია, რომელიც საშუალებას იძლევა პოლიპროპილენის კედლის დეფორმაციის სიდიდე აბაზანის ექსპლუატაციის პროცესში შეიზღუდოს მისაღებ ფარგლებამდე (არაუმეტეს 15 მმ-ისა), რაც უზრუნველყოფს ამონაგის გვერდის მთლიანობასა და შესაბამისად – მთლიანად აბაზანის გამართულ მუშაობას ხანგრძლივი ექსპლუატაციის პროცესში. ასეთი აბაზანის კონსტრუქციაზე „საქპატენტის“ მიერ მიღებული დადებითი გადაწყვეტილება პატენტის გაცემის შესახებ [6].

ახლა გადავიდეთ ჩვენს მიერ დამუშავებული ემდ-ისა და წყალბადის მისაღები ახალი კონსტრუქციის სამრეწველო აბაზანის უმთავრეს საკითხზე – მისი დახურულ რეჟიმში მომუშავე აპარატად გარდაქმნაზე და ამ მნიშვნელოვანი სიახლის უპირატესობებზე.

ჩვენ ზემოთ აღვნიშნეთ ემდ-ის მისაღები ღია აბაზანის ექსპლუატაციის რთული პირობები: საელექტროლიზზე ხსნარის მაღალი მჟავიანობა, მაღალი ტემპერატურა (რომელიც უახლოვდება მისი დუდილის ტემპერატურას – 102°C) და წყალბადის გამოყოფა ელექტროლიზის დარბაზში, რომელიც ერევა ატმოსფერულ ჰაერს და ქმნის ფეთქებადსაშიშ სიტუაციას. ეს საკითხი დაწვრილებით არის განხილული ჩვენს ერთ-ერთ ბოლო სტატიაში [7].

ღია აბაზანების ექსპლუატაციის პროცესში წარმოშობილი სირთულეები და ხარვეზები აქტუალურს ხდის ემდ-ის მისაღები დახურული აბაზანის კონსტრუქციის დამუშავებისა და არსებული ღია აბაზანების დახურულად გადაკეთების საკითხს.

მთავარი მოთხოვნები ემდ-ისა და წყალბადის მისაღები დახურული ელექტროლიზური აბაზანის კონსტრუქციის დამუშავების მიმართ იყო შემდეგი:

- 1) აბაზანის სახურავის შედარებით მარტივი კონსტრუქციის დამუშავება, რაც განაპირობებს მცირე დანახარჯებს სახურავზე;
- 2) სახურავის საკმარისი საიმედოობა და მუშაობის დიდი რესურსი;
- 3) აბაზანის კორპუსზე სახურავის დახურვისა და მოხსნის სიმარტივე და მცირე ხანგრძლივობა;
- 4) მაქსიმალურად მცირე მოცულობის სახურავკვეშა სივრცე, შევსებული აირ-ორთქლნარევით.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია აბაზანის სახურავის ორი კონსტრუქცია, რაზედაც საპატენტო უწყებაში წარდგენილია განაცხადი [8]. ორივე შემთხვევაში აბაზანის სახურავი ერთსექციანია, რაც მისი მნიშვნელოვანი უპირატესობაა: მარტივდება თვით სახურავის კონსტრუქცია, ასევე მარტივდება სახურავის აბაზანის კორპუსზე დახურვისა და ახდის პროცესი, რომლის ხანგრძლივობა არ აღემატება 10–15 წთ-ს. სახურავი მზადდება თერმომდეგი და მექანიკურად მტკიცე პოლიმერული მასალისაგან, მაგალითად, პოლიპროპილენისაგან ან ნახშირბადოვანი ფოლადისაგან, რომელიც შიგნიდან ამოგებულია სპეციალური რეზინით ან პოლიმერული მასალით. მექანიკური სიმტკიცის გასაზრდელად სახურავს უკეთდება სინისტის წიბოები. აბაზანის ბორტსა და სახურავის ბორტს შორის მჭიდრო კონტაქტის მისაღწევად და ჰერმეტიზაციის ხარისხის გასაზრდელად მათი გუმირებული ზედაპირების მიჭერა ხორციელდება ჭანჭიკური შეერთებით. თვით ჭანჭიკების ჩახრახნის პროცესი მექანიზებულია. სახურავკვეშ დავროვილი წყალბადის აბაზანიდან გამოსაყვანად სახურავს უკეთდება მილყელი, რომელიც, თავის მხრივ, უკავშირდება წყალბადის მილგაყვანილობას. სახურავის მასა რამდენიმე ათეულ კგ-ს არ აღემატება, რაც აადვილებს მის გადაადგილებას ელექტრული ტელფერის გამოყენებით. აბაზანის სახურავის ორივე კონსტრუქცია პასუხობს ზემოთ მოყვანილ აბაზანის სახურავისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს.

რაც შეეხება ელექტროლიზური აბაზანის სხვა კვანძებს: საელექტროლიზზე ხსნარის გამაცხელებელი თბომცვლელი გამოტანილია აბაზანიდან, რაც მნიშვნელოვნად ამარტივებს აბაზანის კონსტრუქციას. სერიაში გაერთიანებული აბაზანების ტემპერატურის რეგულირება ხდება ცალკე მდგომი

ტეფლონის თბოგამცემი ელემენტების მქონე თბომცველით, რომელშიაც ცირკულირებს სერიის აბაზანების ხსნარი. ეს ხერხი აბაზანებში ტემპერატურის რეგულირების გარდა საშუალებას იძლევა აბაზანებში გათანაბრდეს საელექტროდე ხსნარის შემადგენლობა.

აბაზანის დენგანმანაწილებელი შინები და ელექტროდების დენმიმყვანები თავიანთ ძირითად ფუნქციასთან – ელექტროდებამდე დაბვის მიყვანასთან ერთად დამატებით ფუნქციასაც ასრულებენ. ისინი აბაზანის სახურავის კვანძის შემადგენელ კონსტრუქციულ ელემენტებს წარმოადგენენ, რაც ძვირადღირებული მასალის ეკონომიას იძლევა.

აბაზანის თბური იზოლაციის მასალად გამოყენებულია პოლიპროპილენის ფოლგირებული ფოროვან უჯრედებიანი 20 მმ სისქის ფურცლები, რომლებიც მაღალ სითბურ წინაღობასთან ერთად კარგი ეკოლოგიურობით გამოირჩევიან სხვა საიზოლაციო მასალებთან შედარებით (მინაბამბა, აზბესტისა და ბაზალტის ქეჩა), რადგან არ გამოყოფენ მასალის მტვერს.

ქვემოთ ჩამოთვლილია ჩვენს მიერ დამუშავებული ემდ-ისა და წყალბადის მისაღები აბაზანის უპირატესობები და სიახლეები ღია აბაზანებთან შედარებით:

1) ღია აბაზანიდან გამოყოფილი წყალბადის ჰაერთან შერევის შედეგად წარმოქმნილი ფეთქებადსაშიში ნარევის არარსებობა;

2) მომსახურე პერსონალის შრომის პირობების მკვეთრი გაუმჯობესება ელექტროლიზის დარბაზში;

3) კათოდზე გამოყოფილი წყალბადის უტილიზაცია თანაურ ძვირადღირებულ პროდუქტად;

4) ელექტროლიზის დარბაზში სამშენებლო კონსტრუქციების, მანქანა-დანადგარებისა და მოწყობილობის კოროზიის სიჩქარის მკვეთრი შემცირება;

5) აორთქლების შედეგად მატერიალური დანაკარგების (მანგანუმის სულფატი, გოგირდმჟავა, წყლის ორთქლი, პარაფინი) პრაქტიკულად ნულამდე დაყვანა;

6) აბაზანის კედლებიდან თბური დანაკარგების მნიშვნელოვანი შემცირება;

7) ელექტროლიზის ჩატარების შესაძლებლობა საელექტროლიზზე ხსნარის უფრო მაღალ ტემპერატურაზე, რაც ელექტროლიზის პროცესის მნიშვნელოვანი ინტენსიფიკაციის საშუალებას იძლევა (ანოდური დენის სიმკვრივის გაზრდა);

8) ელექტროლიზის ტემპერატურის გაზრდით ემდ-ის ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესება;

9) აბაზანის კონსტრუქციის გამარტივება (თბომცველის გამოტანა აბაზანიდან);

10) ძირითადი კვანძებისა და მთლიანად აბაზანის საიმედოობის გაზრდა მათი ოპტიმიზაციის ხარჯზე;

11) აბაზანის რესურსის (გამართულ მდგომარეობაში მუშაობის ხანგრძლივობის) გაზრდა;

12) აბაზანის დამზადებისა და შეკეთების ტექნოლოგიურობის გაზრდა;

13) აბაზანის მაღალი ხვედრითი წარმადობის მიღწევა;

14) სამრეწველო აბაზანების სხვადასხვა კონფიგურაციის სერიებში ჩართვის შესაძლებლობა.

ჩვენს მიერ აბაზანის ძირითადი კვანძების გამოგონებისა და სასარგებლო მოდელის დონეზე დამუშავება საშუალებას იძლევა დავაპროექტოთ და დავამზადოთ მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების მქონე მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის მისაღები დიდი ხვედრითი წარმადობის დახურული სამრეწველო აბაზანები, რომელთა დენით დატვირთვა შეადგენს 12000, 18000 და 24000 ამპერს.

სამუშაო შესრულებულია

საქართველოს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით (გამოყენებითი კვლევებისათვის სახელმწიფო სამეცნიერო გრანტების 2014 წლის კონკურსის გამარჯვებული პროექტი, შიფრი AR/121/3-170/14).



**ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА**

1. Джапаридзе Л.Н., Чахунашвили Т.А., Цагарели Г.А., Качибая Э.И. Разработка технологии производства электролитического диоксида марганца и катодные материалы на основе  $MnO_2$ . Академия наук Грузии. Отделение химии и химической технологии (Сборник трудов). «Мецниереба», Тбилиси, 2001, с. 165-174.
2. სასარგებლო მოდელი. განაცხადის №AU 2015 013988, შეტანის თარიღი 2015-11-09.
3. სასარგებლო მოდელი. განაცხადის №AU 2015 013989, შეტანის თარიღი 2015-11-09.
4. Л.Н. Джапаридзе, Электролитический диоксид марганца. «Мецниереба», Тбилиси, 1987, 128 стр.
5. თ. ჩახუნაშვილი, თ. როყვა, ზ. ვაწაძე, მ. დაღუნაშვილი, ჟ. ქებაძე, შ. მახათაძე, ნ. ბუთლიაშვილი. თანამედროვე საკონსტრუქციო მასალების კოროზიული გამოცდები მანგანუმის სულფატის შემუყვეულ ხსნარში და მათ ბაზაზე მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის მისაღები მსხვილლაბორატორიული ელექტროლიზერის დამუშავება, დამზადება და გამოცდა. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2016, ტ. 42, №2, გვ. 218-223.
6. სასარგებლო მოდელი. განაცხადის №AU 2016 014127, შეტანის თარიღი 2016-04-27.
7. თ.ჩახუნაშვილი, თ.როყვა, ჟ.ქებაძე, ზ.ვაწაძე, შ.მახათაძე, ნ.ბუთლიაშვილი. ელექტროლიზური მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის მისაღები საცდელ-სადემონსტრაციო დანადგარის აწყობა და გამსხვილებული მასშტაბის ელექტროლიზური აბაზანის გამოცდა. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2017, ტ. 43, №3.
8. სასარგებლო მოდელი. განაცხადის №AU 2016 014309, შეტანის თარიღი 2016-10-27.

**ELABORATION OF THE DESIGN OF INDUSTRIAL SCALE ELECTROLYTHIC BATH FOR GETTING MANGANESE DIOXIDE AND HYDROGEN**

Temur Chakhunashvili, Teimuraz Rokva, Zhiuli Kebabze, Tamar Mestvirishvili,  
Merab Dadunashvili, Zinaida Vatsadze

*R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry  
of Iv. Javakishvili Tbilisi State University*

**SUMMARY**

On the basis of carried out laboratory studies and large scale developmental works is elaborated the design of industrial scale closed electrolythic bath for getting manganese dioxide and hydrogen, on basic assemblies of which (anodes, cathodes, bath body and its chemical protection, sealed cover of the bath) several applications are submitted to the Patent Bureau for patenting. We already received favorable decision for patent issuance on two applications. More than 10 advantages of new design of closed electrolythic bath are identified in comparison with open baths for getting manganese dioxide.

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА ПРОМЫШЛЕННОГО МАСШТАБА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА МАРГАНЦА И ВОДОРОДА**

Т.А.Чахунашвили, Т.В.Роква, Ж.М.Кебадзе, Т.Ш.Мествиришвили, М.Т.Дадунашвили, З.Ш.Вацадзе

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

**РЕЗЮМЕ**

На основе лабораторных исследований и опытно-конструкторских работ разработана конструкция закрытого электролизера промышленного масштаба для получения диоксида марганца и водорода. В патентное ведомство подано несколько заявок на патентование основных узлов электролизера (аноды, катоды, корпус электролизера и его химическая защита, герметизированная крышка ванны). На две заявки получено положительное решение на выдачу патента. Выявлено более 10 преимуществ закрытого электролизера по сравнению с открытыми электролизерами для получения электролитического диоксида марганца.

## CHEMICAL TECHNOLOGY

## POSSIBILITIES OF COMPLEX DEVELOPMENT OF THE COPPER-SULFIDE AND OXIDIZED MANGANESE CONCENTRATES

Lamzira Bagaturia, Boris Purtseladze, Nana Barnovi

*Rafiel Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry  
I. Javakhishvili Tbilisi State University*

*The possibility of complex development of copper-sulfide and the manganese containing raw materials is shown: the useful components existing in a copper-sulfide concentrate (Cu, Fe) pass into solution in the maximum quantities, a part of sulfide sulfur passes into a deposit in the form of the partial, a part – promotes formation of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. The solutions enriched with sulfuric acid received at the II stage of a lixiviation can be returned at the I stage of a lixiviation. Mn from a manganese concentrate completely passes into solution. The gold and silver concentrated in settling can be processed by a cyanide method. Cu-and the Mn-containing solutions after removal of iron are suitable for receiving metal copper and the electrolytic dioxide of manganese.*

Now there is a process of formation of new ideology – creation of selfcontained production.

Creation of similar productions has great social value in sense of protection of a subsoil, environment protection and rational use of natural wealth.

Labor costs on production of underground natural wealth continuously increase. It leads to the fact that the economical expenditure of raw materials which is expressed, in particular, in increase in coefficients of extraction of metals is much more favorable, than padding expenses on an extraction intensification from a subsoil. Therefore two aspects of resource-saving policy come to light: 1. More effective, complex use of natural resources and 2. extraction of metals from more and more poor ores.

We set before ourselves the purpose in a complex to process the natural resources which are available in Georgia: Madneuli Chalcopyrite concentrate and Chiatura manganese concentrate.

Good results on transition of copper and manganese in solution were received [1,2].

The copper-sulfide concentrate, besides principal components (Cu, Fe, Mn) contains also precious metals: gold 3,2 g/t and silver - 14g/t After hydrometallurgical processing in settling gold and silver concentrate.

To draw such conclusion became possible after balance experiences.

Balance experiments were made for a ratio of solid:liquid=1:8, weight a shot - 20 g, amount of sulfuric acid of 160 ml(d=1,140), the mass of the deposit received after a lixiviation- 7,636g.

Table 1

Contents, in g			
	of shot	of solution	of deposit
Cu	0,79	0,736	0,047
Fe	1,79	0,805	0,95
S	1,95	8,9	1,3
Mn	4,64	4,63	shade

The sulfuric acid added on ground mix (a chalcopyrite concentrate : manganese concentrate = 1:2,5) is spent for receiving sulfates of principal components: coppers, manganese, iron, and also on impurity: aluminum, calcium, magnesium (tab. 2)

The data provided in tab. 2 are obtained for 350 g a shot. The main experiments were made by 20 g a shot, in terms of 20 g the shot quantity of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> makes 14 g (4,6 g of S).

So, in spite of the fact that sulfuric acid is spent for a sulfatization as principal components, and impurity, its quantity does not decrease, and on the contrary, increases.

Smaller part of sulfide sulfur of a chalcopyrite concentrate passes into a deposit in the form of the free sulfur, and the majority promotes education sulfate ions in the form of sulfates of metals, and also in the form

of sulfuric acid, and as it was mentioned [3] earlier pollution of the atmosphere is excluded by sulfur dioxide or a hydrogen sulfide.

Table 2. Consumption of sulfuric acid for 350 g a shot  
(ratio chalcopyrite concentrate : manganese concentrate = 1:2,5)

Contents in a chalcopyrite concentrate, %		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> expense, in g	note
Cu	13,75	21	The expense of H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> is calculated in terms of 100 g of a chalcopyrite concentrate
Fe	31,4	21	
CaO	4,62	8	
MgO	1,56	3,8	
Contents in a manganese concentrate, %			
Mn	32,5	145	The expense of H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> is calculated in terms of 250 g of a manganese concentrate
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,96	6	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,64	12	
CaO	5,78	3,8	
All		245,8	

After hydrometallurgical processing in a deposit gold and silver concentrate (three times and more their quantity increases). We plan to process further these slags by the method which is already tested at our institute in cooperation with metallurgical institute [4]

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. L.V.Bagaturia, V.N. Gaprindashvili, N.V. Barnovi, M.K. Gvelesiani, T.T.Lezhava. Opposite of current, sulfuric acid extraction of jointly activated studion of Halcopyrite and Manganum concentrates. Georgian chemical journal, Vol.11, #2, 2011, p. 135-137
2. Bagaturia L., Purtseladze B., Barnovi N. Combined hydrometallurgical treatment of joint chalcopyrite and manganese oxidized concentrates. Proceedings of the Georgian National Academy of sciences, V. 42, № 3, 2016, p. 298-300
3. Bagaturia L., Purtseladze B., Barnovi N., Svanidze M., Gvelesiani M. The main aspects of complex processing of pyrite and manganese oxide concentranes. Georgian chemical journal, Vol.12, #1, 2012, p. 57-59
4. Ts. Gagnidze, R. Chagelishvili, N.Khavtasi, M. Nadareishvili. The improvement of methods for processing of gold-bearing refractory sulfide ores and concentrates. A International Scientific Conference, September 21-23, 2016, Ureki, Georgia, p.69

#### სპილენძსულფიდური და მანგანუმის ოქსიდური კონცენტრატების კომპლექსურად ათვისების შესაძლებლობები

ლამზირა ბაღათურია, ბორის ფურცელაძე, ნანა ბარნოვი

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

#### რეზიუმე

ნაჩვენებია საქართველოს მადნების კომპლექსურად ათვისების შესაძლებლობები: სპილენძის სულფიდურ კონცენტრატში არსებული სასარგებლო კომპონენტები (Cu, Fe) გადადის ხსნარში მაქსიმალური მაჩვენებლებით, გოგირდის ნაწილი გადადის ნალექში ელემენტური გოგირდის სახით, ნაწილი კი იხარჯება გოგირდმჟავას წარმოქმნაზე, მიღებული ნამუშევარი ხსნარები შესაძლოა გამოყენებულ იქნას გამოტუტვის საწყის ეტაპზე. მანგანუმის კონცენტრატში არსებული (Mn) სრულად გადადის ხსნარში.

ნალექში კონცენტრირდება ოქრო და ვერცხლი, რომელთა ამოღება დაექვემდებარება უკვე გამოცდილ მეთოდს. მიღებულ სპილენძ - და მანგანუმშემცველი ხსნარები ვარგისია მეტალური სპილენძისა და ელექტროლიტური მანგანუმის დიოქსიდის მისაღებად.

## ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ МЕДНОСУЛЬФИДНЫХ И ОКИСЛЕННЫХ МАРГАНЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Л.В.Багатурия, Б.Х.Пурцеладзе, Н.В.Барнова  
*Тбилисский Государственный университет*  
*Институт неорганической химии и электрохимии*

### РЕЗЮМЕ

Показана возможность комплексного освоения медносульфидного и марганецсодержащего сырья: существующие в медносульфидном концентрате полезные компоненты (Cu, Fe) переходят в раствор в максимальных количествах, часть сульфидной серы переходит в осадок в виде элементарной, часть – способствует образованию  $H_2SO_4$ . Полученные на II этапе выщелачивания обогащенные серной кислотой растворы могут быть возвращены на I стадии выщелачивания. Mn из марганцевого концентрата полностью переходит в раствор. Концентрируемые в осадке золото и серебро можно переработать цианидовым методом. Cu - и Mn-содержащие растворы после удаления железа пригодны для получения металлической меди и ЭДМ.

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

## РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОЛЬД-КРЕМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ И РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ГРУЗИИ

М.А.Габелая, Т.Г.Цинцадзе\*, М.Б.Кахетелидзе, П.А.Явич

*Институт фармакохимии им. И. Г. Кутателадзе Тбилисского государственного медицинского университета**\*Грузинский технический университет*

Разработана рецептура кольд-кремов на основе принципов космецевтики. Используются масла ши и жожоба в качестве заменителей спермацета, ряд других растительных масел, масляный экстракт прополиса, сухой экстракт алоэ, грузинская минеральная вода «Плате» с целью получения продукта с изначально заданными свойствами.

Кольд-кремы – это разновидность косметических кремов, выпускаемых с начала прошлого века, которые создавались с учётом выполнения определённых задач в косметологии с использованием определённых видов ингредиентов [1]. Изначально их применяли для питания и защиты кожи от вредных внешних воздействий. Они представляли собой эмульсионную систему типа «вода-в-масле». При нанесении на кожу вода быстро испарялась с поверхности, создавая «охлаждающий» эффект. Первые рецептуры кольд-кремов содержали компоненты, являющиеся на сегодняшний день дорогостоящими и дефицитными. Например, в их состав входил натуральный спермацет, который сочетался с ароматными водами, белым воском, миндальным и розовым маслами и т.п. Однако стабильность такой системы была довольно краткосрочной. Позднее для стабилизации системы в рецептуре кольд-кремов стали использовать минеральные масла и тетраборат натрия. Кремы стали более устойчивыми к окислению, однако их питательные свойства снизились.

На сегодняшний день состав рецептуры кольд-кремов изменился. Они могут содержать, целый ряд веществ, используемых в рецептуре косметических кремов: воду из минеральных источников, особенно популярны термальные воды Урьяж и Авен; вазелиновое масло; хлорид натрия, глицерин, цетилпальмитат, микрокристаллический парафин; лимонную кислоту и др. Используются противовоспалительные и успокаивающие биологически активные компоненты растительного и животного происхождения, такие, как экстракты ромашки, календулы, зверобоя, бисаболол, аллантоин, д-пантенол и др.

Рассмотрим варианты применения современных кольд-кремов. Их рецептура позволяет использовать продукт, как защитное и очищающее от пыли, сажи и других твёрдых частиц, оседающих на открытой коже лица, рук и других частей тела в условиях современного мегаполиса, средство [2]; как средство для демакияжа, способствующее удалению пудры, помады, румян, основы и т.д., с увлажняющим и успокаивающим эффектом; как защитное средство для кожи лица и рук от ветра и резких перепадов температур в холодное время года с подпитывающим и смягчающим эффектом, предотвращающее раздражение и шелушение кожи. Особенно это актуально при защите нежной детской кожи [3]. При сухой, шелушащейся, с воспалительными процессами коже, применение кольд-крема с правильным подбором увлажняющих компонентов, позволяет восстановить нарушенный защитный барьер и создать запас влаги для дальнейшего увлажнения верхних слоёв кожи. С учётом некоторых современных требований космецевтики – использование в косметических продуктах ретиноидов и кислот - введение их в рецептуру кольд-кремов обеспечивает дополнительный уровень увлажнения и в значительной мере уменьшение возможности раздражения кожи при использовании различных методик омоложения. Благодаря смягчающему и увлажняющему эффекту кольд-кремы входят в современный стандарт лечения дерматитов [4-7]. С их помощью восстанавливается целостность водно-липидного и рогового слоёв эпидермиса, улучшаются барьерные функции кожи, достигается и поддерживается контроль над симптомами заболевания. Нанесение крема производится в период ремиссии атопического дерматита при отсутствии ярко выраженной симптоматики. Такие кольд-кремы питают и увлажняют кожу, уменьшают её сухость, эффективно восстанавливают повреждённый гидролипидный слой

эпидермиса. Следует отметить, что продукты, созданные с применением ланолина и вазелинового масла образуют на коже защитную плёнку, которая может стать причиной аллергических реакций.

Рассмотрим рецептуру некоторых из выпускаемых на сегодняшний день кольд-кремов (с учётом того, что состав рецептуры продукции известных брендов никогда не публикуется в полном объёме). Защитный кольд-крем фирмы Weleda [8] для сухой и очень сухой кожи разработан специально для защиты лица и тела от вредных воздействий окружающей среды. Крем восстанавливает сухую и чувствительную кожу, делает её мягкой и эластичной. Миндальное и арахисовое масла защищают и увлажняют кожу, являясь источниками витаминов А,Е, комплексов Омега-6 и Омега-9, способствуют естественному синтезу коллагена, придают коже упругость, защищают её от воздействия ультрафиолетовых лучей. Пчелиный воск образует на коже защитную пленку, сохраняя при этом обменные процессы между кожей и внешней средой. Защитные кремы Weleda для детей, применяемые в холодное время года, не содержат воду и представляют собой густой масляный бальзам из кунжутного, миндального масел и воска. Крем Weleda для детей и чувствительной кожи взрослых содержит – воду, кунжутное и миндальное масла, ланолин, пчелиный воск, экстракт календулы. Кольд-крем Avene для детей содержит термальную воду Avene, белый пчелиный воск, парафиновое масло. Питательный крем Avene Cold Cream питает, увлажняет и защищает кожу от негативного воздействия окружающей среды. Кольд-крем особенно показан для чувствительной сухой и очень сухой кожи. Благодаря своему составу, в который входят натуральные масла, пчелиный воск, термальная вода Avene, он оказывает успокаивающее, смягчающее действие, обеспечивая коже мгновенное ощущение комфорта [9]. Uriage Cold Cream – защитный крем для детей и новорождённых. Это смягчающий, сверхпитательный крем для защиты сухой кожи от внешних агрессивных факторов, содержащий термальную минеральную воду Uriage [10], которая за счёт определённых микро- и макроэлементов (наряду с воском и растительными экстрактами) проявляет биологическую активность различного типа – асептическую (медь, цинк), противовоспалительную (кальций), противокислительную (марганец), смягчающую (кремний), заживляющую (цинк). Наряду с вышеперечисленными элементами в её состав входит железо, калий, натрия сульфаты, хлориды и др.

Согласно литературным данным наиболее часто в состав современных кольд-кремов входят миндальное, арахисовое, соевое масла. Практически не применяются другие разновидности масел, которые можно использовать и как аналог спермацета, и в качестве увлажняющего компонента. Следует отметить, что многие из них обладают значительно большим питательным эффектом и способны к образованию цератов, что немаловажно при использовании кольд-кремов при низких температурах и сухой раздражённой коже.

При разработке рецептуры кольд-кремов основной акцент был сделан на получение продуктов с определенными свойствами, что обусловило варианты их возможного применения. Было разработано шесть образцов кольд-кремов, в состав которых входили масло ши и масло жожоба, которые использовались одновременно в качестве восков и заменителя спермацета. Масло ши представляет собой твёрдый растительный воск, содержащий уникальный сбалансированный жирнокислотный состав – 65-80% гадолеиновой, 10-22% эруковой, 5-15% олеиновой, около 3,5% нервоновой, до 3% пальмитиновой кислоты, а также пальмитолеиновую, бегеновую и ряд других жирных кислот; эфиры жирных кислот; аминокислоты; витамин Е, коллаген и др. Его применение оберегает эпидермис от высыхания, обезвоживания, защищает дерму от воздействия неблагоприятных внешних факторов (холода, ультрафиолетового излучения). Используется в дерматологии при лечении псориаза, экзем, дерматозов. Масло жожоба по своей структуре приближено к жидкому воску. Аминокислоты и протеин, входящие в его состав, своими свойствами напоминают белок коллаген, поддерживают упругость и эластичность кожи. Оба масла, проникая в клетки кожи, образуют на их поверхности плёнку, которая удерживая влагу, препятствует сухости и шелушению кожи, оберегает эпидермис от высыхания и обезвоживания, защищает дерму от воздействия неблагоприятных внешних факторов (холода, ультрафиолетового излучения). Масло жожоба используется при лечении увядающей, потерявшей упругость, дряблой коже с явными признаками старения (наличие морщин и т.д.). Кокосовое масло содержит необходимые для питания кожи насыщенные жирные кислоты (лауриновая, капроновая, каприловая, олеиновая, каприновая, пальмитиновая, миристиновая, стеариновая); фитостеролы; витамины (К, холин, Е) и минералы. Оно обладает выраженным антиоксидантным, противовоспалительным, бактерицидным и антифунгицидным эффектом, что позволяет применять его в дерматологии при лечении микозов,

кандидозов, герпеса, вирусных инфекций, дерматитов, псориаза, экзем, а также способно активировать липидный обмен и поддерживать постоянный уровень водного баланса. Витамин Е, входящий в состав масла кокоса, активизирует циркуляцию крови в сосудах и способствует повышению их эластичности. При нанесении быстро впитывается, питая, смягчая и тонизируя кожу. Оливковое масло является источником мононенасыщенной олеиновой кислоты (омега-9) до 74%, способствующей растворению холестериновых бляшек в кровеносных сосудах, обладающей антиоксидантной активностью; линолевой кислоты (омега-6); токоферолов (витамина Е), особенно альфа-токоферола; витамина К. Наличие фенольных соединений, сквалена, витаминов А, Д и Е определяет антиоксидантную активность оливкового масла. Содержимое сквалена составляет около 0,7%, при том, что в других маслах оно колеблется в пределах 0,002-0,03%. Масло проявляет антибактерицидную, смягчающую, витаминизирующую и увлажняющую активность. Масло виноградной косточки содержит от 0,8 до 1,5% неомыляемых веществ, богатых фенолами, благодаря чему проявляет высокую антиоксидантную, антимикробную и антибактериальную активность. Входящая в его состав линолевая кислота (до 70%), обладает противовоспалительными свойствами и активна при лечении акне и дерматитов. В совокупности с олеиновой (до 16%), пальмитиновой (около 7%), стеариновой (до 4%) и некоторые другими кислотами обеспечивает питательный и водосберегающий эффект. Антиоксидантные свойства масла способствуют повышению выработки коллагена и эластина, что очень важно для здоровья кожи и для защиты от УФ-излучения. Масло какао, благодаря наличию насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (миристиновая, пальмитиновая, стеариновая, арахиновая, пальмитолеиновая, линолевая, олеиновая (омега-9) и др.; витамина Е, альфа токоферола; ТЭ стеролов, увлажняет и питает кожу, избавляет её от сухости, способствует регенерации клеток, устраняет проявления аллергии, омолаживает и замедляет процессы старения. В зимнее время оно защищает кожу, не позволяя токсинам, скопившимся в загрязнённом воздухе, проникать внутрь, сохраняя при этом обменные процессы между кожей и окружающей средой, то есть позволяя ей дышать. Соевое масло, которое часто используют в кольд-кремах, содержит: насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты - линолевую, олеиновую, пальмитиновую, альфа-линолевую, стеариновую и др.; минералы; лецитин; витамин С и витамин Е, содержащий обе формы - Е1 токоферолы (альфа, бета, гамма, дельта) и Е2 токотриенолы (альфа, бета, гамма, дельта). Кольд-кремы, содержащие соевое масло, способствуют уходу за сухой и нормальной кожей, питая и увлажняя её, возвращая тонус и упругость, замедляя старение и устраняя мелкие морщинки. Применения прополиса в кольд-кремах объясняется антисептическим действием и способностью повышать проницаемость кожного покрова. Основой воска являются эфиры (до 75%), образованные пальмитиновой, неоцеротиновой, мелиссиновой кислотами и цериловым и мелиссиновым спиртами. Кроме того, в воске содержатся церотиновая, монтаниновая и олеиновая кислоты и неоцериловый и монтаниновый спирты. Экстракт из листьев алоэ оказывает комплексное воздействие на все типы кожи, глубоко и мягко очищая, увлажняя, питая и омолаживая её; нормализует обменные процессы и обновляет эпидермис на клеточном уровне. Косметику, содержащую экстракт алоэ применяют при лечении угревой сыпи, дерматита, кожных язв и экземы. Лимонная кислота способствует удалению мёртвых ороговевших клеток с верхнего слоя кожи, которые часто вызывают закупорку пор и, как следствие, появление акне; способствует росту новых клеток. При местном нанесении на кожу лимонная кислота действует подобно антиоксидантам, помогая устранению признаков старения. Введение в состав кольд-кремов уникальной минеральной воды «Плате» объясняется её химическим составом. При общей минерализации около 3 г/л, она содержит марганец; борную кислоту; двуокись кремния; микроэлементы  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^{+1}$ ,  $K^{+1}$ ,  $Li^{+1}$  и др., которые необходимы для оздоровления и питания кожи. По набору макро- и микроэлементов эта вода близка к известной термальной воде Урьяж [11-16].

На основе имеющихся литературных данных в состав разрабатываемых рецептур кольд-кремов вводились вещества, способные оказывать соответствующий лечебный эффект, в зависимости от предполагаемой цели использования готового продукта. Рецепт разработанных образцов кольд-кремов приведена в таблице 1.

Рассматривая возможные варианты использования растительных масел в рецептуре кольд-кремов, следует отметить, что совмещение пчелиного воска, воскообразных продуктов-аналогов спермацета (масло ши и жожоба) с различными маслами позволяет получить продукты типа цератов с усиленным смягчающим и регенерирующим действием, которое влияет на синтез коллагена и

повышает упругость кожи. В отличие от мазей текстура цератов насыщенная, кремообразная, но не очень жирная, комфортная для применения и подходящая для всех типов кожи, особенно сухой.

**Таблица 1.** Варианты разработанной рецептуры кольд –кремов.

№	Наименование компонента	Содержание компонентов в %					
		1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Масло кокоса	8.62	8.62	21.38	11.02	6.91	5.80
2	Масло ши	8.62	8.62	21.38	11.02	2.07	1.80
3	Какао масло	8.62	8.62	-	6.70	9.21	7.21
4	Масло виноградной косточки	8.62	8.62	10.69	14.02	6.91	6.91
5	Масло жожоба	8.62	8.62	10.69	4,9	2,0	2,0
6	Масло оливковое	-	-	10.19	4,0	10.32	10.32
7	Масло соевое	-	-	-	17.55	-	-
8	Цетилпальмитат	24.80	16.49	10.69	15.10	9.46	8.0
9	Воск эмульсионный	5.50	8.62	-	-	4.62	4.54
10	Воск пчелиный	4.46	8.12	-	7.40	-	2,0
11	Глицерин	3.64	5.17	6.45	6.32	1,0	1,0
12	Прополис	-	-	2.95	-	-	-
13	Сухой экстракт алоэ	-	-	2.95	-	-	-
14	Витамины А,Е	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
15	Лимонная кислота	-	-	2.13	1.47	0.92	0.92
16	Минеральная вода «Плате», дистиллированная вода (г/г)	18.0 без разб.	18.0 без разб.	-	-	46.08 (30:70)	49.0 (30:70)

Глицерин, включенный в состав крема, способствует увлажнению кожи и препятствует ее дегидратации, хорошо увлажненная кожа становится гладкой и эластичной.

Для всех разработанных вариантов рецептуры кольд-крема были определены реологические показатели, соответствующие данному типу продукции. Получение реологических данных осуществлялось на ротационном вискозиметре модели NDJ-8S Digital Rotary Viscometer. Значения реологических показателей приведены в таблице 2.

**Таблица 2.** Реологические показатели разработанных вариантов рецептуры кольд-крема

№	Наименование показателя	Варианты рецептуры					
		1	2	3	4	5	6
1	Динамический предел текучести (Па)	119.1	130.4	194.9	210.1	240.2	249.5
2	Динамическая вязкость $\mu$ (Па)	136.8	129.6	121.0	117.2	93.8	91.0
3	Текучесть $f$ ( $\text{с}^{-1}$ )	$7.3 \times 10^{-3}$	$7.7 \times 10^{-3}$	$8.3 \times 10^{-3}$	$8.5 \times 10^{-3}$	$10.7 \times 10^{-3}$	$11.0 \times 10^{-3}$
4	Пластическая вязкость $\eta$	27	28	29.5	30.2	30.8	31.2
5	Коэффициент пластичности $\Psi$ ( $\text{с}^{-1}$ )	4.4	4.7	6.6	7.0	7.8	8.0

Образцы кольд-кремов, полученные по рецептурам №1,2,3 отличаются большей твёрдостью по отношению к другим образцам, благодаря сочетанию восков и растительных масел по структуре напоминают цераты. Застывают при температуре 25-30°C, при контакте с кожей размягчаются и легко наносятся. При слабом впитывании образуют защитный слой, который сохраняется не менее 4-х часов. Кольд-кремы подобного типа обычно используют как защитные (защита кожи от понижения температуры, особенно в холодную и ветренную погоду и защита от пыли, выхлопов автомобилей и т.д. в условиях современных мегаполисов).



За счёт наличия в образцах кольд-кремов №1и2 воды, растительных масел (какао, жожоба, кокоса, ши, виноградных косточек), пчелиного воска и минеральной воды Плате, питание кожи осуществляется как растительными маслами, так и минеральными элементами. Последняя оказывает синергическое действие в восстановлении барьерных свойств кожи, не нарушая целостность клеток и не изменяя их объем, сопровождаемое противовоспалительным и заживляющим эффектом.

Образец кольд-крема №3 содержит растительные масла в большем количестве, чем образцы №1,2, более легко впитывается в кожу, максимально питая её. Особенно подходит в качестве защиты для обезжиренной и увядающей кожи в холодную и ветренную погоду. Наличие в креме относительно высокого содержания цетилпальмитата, образующего прочные коллоидные структуры, защищает от проникновения токсинов, содержащихся в загрязнённом воздухе, в более глубокие слои эпидермиса. Наличие в рецептуре ряда биологически активных веществ позволяет оказывать дополнительный лечебный эффект. Так, экстракт алоэ, обладая бактерицидными свойствами, активен при стрептококковых и стафилококковых инфекциях, эффективен при облучении, воспалительных заболеваниях, свежих ранах, действуя как иммуномодулятор и ускоряя процесс регенерации. Прополис обладает регенерирующими, антисептическими и антибактерицидными свойствами.

Образец кольд-крема №4 за счёт снижения содержания цетилпальмитата, повышения общего количества и комбинации в определённом соотношении, отличном от вариантов №1,2,3, масел ши, жожоба (аналогов спермацета), какао, кокоса, сои, виноградных косточек, приобретает увеличение питательных свойств. Он может быть использован для питания обезжиренной, сухой и проблемной кожи при прохладной и ветренной погоде. Особенно следует отметить, что масла ши и жожоба используются в дерматологии при лечении ряда заболеваний – псориаза, экземы, дерматозов, кожной сыпи различной этиологии и т.д.

В образцах №5,6 количество цетилпальмитата не превышает 10%, а количественное содержание масел таково, что в совокупности с низким содержанием аналогов спермацета и высоким содержанием воды обеспечивает им мягкую, пластичную текстуру, не застывающую при комнатной температуре, отличную от церамидов. Наличие витаминов А и Е увеличивает питательную активность. Повышенное содержание дистиллированной воды с минеральной влодой Плате позволяет осуществлять питание более глубоких слоев дермы катионами и анионами. Оливковое масло (10%) обеспечивает повышенное содержание фенольных соединений, сквалена, витаминов А, D и Е, что предположительно способствует усилению антиоксидантной активности кремов. Масло виноградных косточек, обогащенное фенольными соединениями, проявляет антиоксидантную, антимикробную и антибактериальную активность. Высокая питательная активность наряду с лёгкой жирной текстурой позволяет рекомендовать эти образцы кольдкремов как солнцезащитные и успокаивающие при раздражении для всех типов кожи. Следует отметить, что образцы №5 и 6 по ряду компонентов аналогичны кольд-кремам, употребляемым для коррекции кожных заболеваний, что расширяет диапазон их применения. Выбор крема №5 и №6 должен осуществляться индивидуально самим потребителем. Такие кремы предназначены для питания и защиты в случае сухой, обезвоженной, проблемной кожи.

Все вышеуказанные варианты рецептуры кольд-кремов за счет наличия в них большого количества растительных масел с антиоксидантной активностью, а также масляного экстракта прополиса и сухого экстракта алоэ, стабильны, не претерпевают изменения в течение 1 года при температуре 4-25<sup>0</sup>С.

Технология получения кольд-кремов: в реактор с мешалкой и рубашкой для обогрева загружают масло кокоса, ши, какао, виноградной косточки и глицерин в определённых количествах. Смешивание и остальные стадии технологического процесса проводится при температуре 50-60<sup>0</sup>С, скорость оборотов мешалки 60-70 об /мин. После получения однородной массы добавляются эмульгаторы – цетилпальмитат, эмульсионный и пчелиный воск до их полного растворения, а затем остальные масла. На следующей стадии в случае приготовления кремов № 1,2,5,6 при тщательном перемешивании вводится вода до получения однородной эмульсии. Затем в крем № 3 вводится масляный экстракт прополиса и сухой экстракт алоэ при тщательном перемешивании до полного их диспергирования в креме, а в № 4-6 лимонная кислота. На заключительной стадии в рубашку реактора подается вода для охлаждения крема до комнатной температуры и добавляется при перемешивании необходимое количество витаминов. Крем выдерживается при температуре 18-20<sup>0</sup>С до полного созревания в течение 72 часов и поступает на фасовку.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. cosmetic.ua/kold\_krem\_cold\_cream\_osobaya\_formula\_dlya\_uhoda\_za\_kozhey
2. Uriage Dermato Cold Cream Protectrice. makeup.com.ua/product/25047/
3. <https://www.perfectoria.ru/.../uriage-kold-krem-zashchitnyy-krem-dlya-detey-i-novorozhdennyh>
4. А.Н. Львов, О.Р. Катунина, Л.Ф. Знаменская, В. Миченко, Ю.Ю. Егорова, Л.А. Иноятова, Р.Ф. Хайруллин, И.А. Волков .Перспективы изучения патогенеза воспаления и зуда при атопическом дерматите и псориазе Вестник дерматологии и венерологии № 3, 2012.
5. Кочергин Н.Г. Ксероз и ксероз. Вестн. дерматол. и венерол. 2011, 4, с. 121—124
6. Д.Г. Сарібєкова, О.М. Куник, Л.В. Салеба, Г.О. Ивахненко.Розробка складу кольдкрему з антиоксидантними властивостями. Наукові вісті НТУУ "КПІ" 2016 ,6, с 32-39.
7. Аюушцогцецег. Эффективность лечения хронических дерматитов на курорте «Аварга-Тосон». Автореф..дисс... канд. мед. наук ,Москва, 2009
8. Крем для лица Weleda Cold Cream. recommend.ru/content/krem-dlya-litsa-weleda-cold-cream
9. Авен Колд-крем - Авен / Avene Официальный сайт. [www.avene.ru/avene-cold-cream/](http://www.avene.ru/avene-cold-cream/)
10. Крем для лица Uriage Cold cream. recommend.ru/content/krem-dlya-litsa-uriage-cold-cream
11. Масло ши (карите). Состав и свойства масла ши. <http://findfood.ru/product/maslo-shi-karite>
12. Растительные (базовые) масла, применяемые в косметологии. [www.maski-natural.ru/kosmttichskie-masla/](http://www.maski-natural.ru/kosmttichskie-masla/)
13. Масло виноградной косточки [www.cosmetologylife.ru/maslo\\_vinograd\\_kostochek](http://www.cosmetologylife.ru/maslo_vinograd_kostochek)
14. Прополиса экстракт густой - инструкция по применению. [www.webapteka.ru/drugbase/name5578.html](http://www.webapteka.ru/drugbase/name5578.html)
15. Алоэ экстракт сухой: Инструкция по применению. [www.eurolab.ua/medicine/drugs/5365/](http://www.eurolab.ua/medicine/drugs/5365/).

კოლდ-კრემის მიღების რეცეპტურის და ტექნოლოგიის შემუშავება საქართველოს მინერალური და მცენარეული რესურსების გამოყენებით

მ.გაბელაია, თ.ცინცაძე\*, მ.კახეთელიძე, პ.იავიჩი  
 თსსუ ი. ქუთათელაძის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტი  
 \*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
 რეზიუმე

კოსმეცევტიკის პრინციპების საფუძველზე შემუშავებულია კოლდ-კრემის რეცეპტურა და ტექნოლოგია. მიზნობრივი თვისებების მქონე პროდუქტის მიღების მიზნით, გამოყენებულია სპერმაცეტის შემცვლელის სახით შის და ჟოჯობას ზეთები, ასევე მთელი რიგი სხვადასხვა მცენარეული ზეთები, პროპოლისის ზეთოვანი ექსტრაქტი, ალოეს მშრალი ექსტრაქტი, ქართული მინერალური წყალი «ფლატე».

**DEVELOPMENT OF RECIPE AND TECHNOLOGY FOR COLD CREAM USING MINERAL AND VEGETABLE RESOURCES OF GEORGIA**

M.Gabelaia, T.Tsintsadze\*, M.Kakhvelidze, P.Yavich

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

*\*Georgian Technical University*

**SUMMARY**

On the basis of principles of cosmeceuticals recipe and technology of cold cream is developed. In order to receive product with initially defined properties shea and jojoba oils were used as substitute for spermaceti, along with other vegetable oils, propolis oil extract, aloe dry extract and Georgian mineral water "Plate".

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

## ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ЗАДНЕЙ СТЕНКИ ПАРОГАЗОВОГО КАНАЛА ПРИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКЕ

(Продолжение - Математический анализ колебаний задней стенки парогазового канала при лазерной сварке. Хуцишвили М. Г. // ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИИ, СЕРИЯ ХИМИЧЕСКАЯ. 2017. Том №1, с. 118-131.)

М.Г.Хуцишвили

*Грузинский технический университет*

С помощью теоретического анализа математической модели колебательного процесса задней стенки парогазового канала при лазерной сварке на основе решения сопряженной задачи взаимодействия пар-жидкость-твердый металл получено, что для обеспечения эффективного вытеснения жидкого металла из нижней части канала необходимо, чтобы доминирующие колебания находились в области развивающихся колебаний, что, в свою очередь, требует наложения другого колебания.

При рассмотрении гидродинамической неустойчивости особый интерес представляет частота колебаний задней стенки парогазового канала, с которыми связано натекание металла и вытекающее из него колебание глубины проплавления. С этой целью был проведен частотный анализ процесса с целью получения качественной и количественной информации в характере колебаний слоя жидкого металла на задней стенке парогазового канала при сварке  $CO_2$ -лазером. Для этого аналитически необходимо выявить зависимость комплексной частоты колебаний  $\omega$  и волнового числа  $k$  заданных условий процесса из дисперсионного уравнения, т.е. необходимо в общем виде разрешить это уравнение относительно  $\omega$  и исследовать свойства этого решения [7].

Прежде всего с помощью полученных ранее решений поставленной задачи исследовали взаимосвязь амплитуд процесса  $A_\delta$ ,  $A_\Pi$ ,  $A_ж$ ,  $A_{Тж}$ ,  $A_{Тп}$ . В общем случае эти амплитуды представляют собой комплексные величины, учитывающие сдвиг колебаний по фазе. Граничные условия (6) и определение (31) комбинировали в линейное дифференциальное уравнение, в которое затем подставили зависимость (28) и решение (40) и в итоге преобразований был получен при  $y = \delta$  связь вида:

$$A_\Pi = A_\delta \frac{i\omega}{k} \exp(k\delta) \quad (106)$$

где полагаем  $\exp(k\delta) \approx 1$  ввиду того, что  $\bar{\delta} > \delta$  или в предельном случае  $\bar{\delta} \gg \delta$ .

Далее воспользовались граничным условием (9) при  $y = \delta$ , в которое провели подстановку зависимости (29), решения (51) где константы  $A_1$  и  $B_1$  определяются выражениями (47), (48) и решения (72), где константы  $A_2$  и  $B_2$  определяются выражениями (68), (69). Анализ решений (51), (72) и зависимости (29) показывает, что получить связь между  $A_ж$  и  $A_\delta$  из граничного условия (9) можно, если дважды провести его дифференцирование по  $x$ . В итоге преобразований получаем зависимость:

$$A_ж = A_\delta \left\{ i\omega\rho_\Pi(\omega - A_1 - kB_1) - i\sigma_ж k^3 - i(\rho_ж - \rho_\Pi)kg \cos \gamma - \right. \\ \left. - \rho_ж A_2 (\bar{V}_к + \bar{V}_{св} \sin \gamma) \bar{\delta}^{-1} / \rho_ж k [(\omega - kB_2) ch(k\bar{\delta}) - iA_2 sh(k\bar{\delta})] \right\} \quad (107)$$

Для выявления связи между  $A_{Тв}$  и  $A_\delta$  было проведено дифференцирование граничного условия (15) по  $x$  в окрестности точки  $y = -\bar{\delta}$ ,  $x = x_0$

$$\frac{\partial q_{TB}}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial q_{TB}}{\partial \delta} \frac{\partial \delta}{\partial x} = -\lambda_{TB} \frac{\partial^2 T}{\partial y \partial x}; \quad (108)$$

Проведена подстановка в уравнении (108) зависимости (29) и решения (87) и после преобразований получена связь:

$$A_{TB} = A_{\delta} \frac{-\frac{\partial q_{TB}}{\partial \delta}}{\frac{\partial q_{TB}}{\partial T} + \lambda_{TB} k_{TB}}, \quad (109)$$

где  $k_{TB}$  определяется выражением (87).

Эквивалентность общего вида по температуре (88), (94), (105) дает возможность обосновать тождественные равенства абсолютных значений амплитуд тепловых волн, т.е. при  $y = -\bar{\delta}$  имеем  $A_{TB} = A_{ГЖ}$ ; при  $y = \delta$  имеем  $A_{ГЖ} = A_{ПН}$ ;

$$A_{TB} = A_{ГЖ} \equiv A_{ПН} = A_{Г}. \quad (110)$$

Аналогичная подстановка граничных условий (7), (12), (13), (16) в граничное условие (10) показывает:

$$q_{ПН} = -\lambda_{TB} \frac{\partial T}{\partial y} = \rho_{ж} \Gamma_{ПН} \bar{V}_{св} \sin \gamma + \rho_{ж} \Gamma_{К} \left( W_{ж} - \frac{\partial \delta}{\partial t} - \bar{U}_{ж} \frac{\partial \delta}{\partial x} - \bar{V}_{св} \sin \gamma \right); \quad (111)$$

где, в свою очередь, по всей видимости внутри парогазового канала функция  $q_{ПН}$  зависит только от координаты  $y$  и плотности мощности лазерного излучения. После дифференцирования (111) по  $x$  в окрестности точки  $y = \delta$ ,  $x = x_0$  имеем уравнение

$$A_{TB} \frac{\lambda_{TB} k_{TB}}{\rho_{П} \Gamma_{К}} = A_{ж} k sh(k\bar{\delta}) + iA_{\delta} (\omega - \bar{U}_{ж} k); \quad (112)$$

Исходя из которого в связи (107) и (109), после взаимных сокращений амплитуд  $A_{\delta}$  получаем:

$$\left[ \omega \frac{\rho_{П}}{\rho_{ж}} (\omega - A_1 - kB_1) - \frac{\sigma_{ж} k^3}{\rho_{ж}} + \left( \frac{\rho_{П}}{\rho_{ж}} - 1 \right) kg \cos \gamma + iA_2 (\bar{V}_{К} + \bar{V}_{св} \sin \gamma) \bar{\delta}^{-1} / (\omega - kB_2) cth(k\bar{\delta}) + iA_2 \right] + (\omega - \bar{U}_{ж} k) = \left[ i\lambda_{TB} k_{TB} \frac{\partial q_{TB}}{\partial \delta} / \rho_{ж} \Gamma_{К} \left( \lambda_{TB} k_{TB} + \frac{\partial q_{TB}}{\partial T} \right) \right]; \quad (113)$$

где коэффициенты  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $A_2$ ,  $B_2$  определяются соответственно выражениями (47), (48), (68), (69), а гиперболический котангенс по определению равен:

$$cth(k\bar{\delta}) = \frac{sh(k\bar{\delta})}{ch(k\bar{\delta})}.$$

Следует отметить что уравнение (113) по существу является искомым дисперсионным или характеристическим уравнением, которое необходимо разрешить относительно комплексной частоты  $\omega$ , чтобы получить зависимость  $\omega$  от волнового числа  $k$  и параметров исследуемой задачи.

Если глубина проплавления настолько велика, что волновое число  $k$  может принимать множество дискретных значений, тогда колебания границы раздела фаз пар-жидкий металл представляют собой суперпозицию бесконечного множества частных решений (29), соответствующих различным значениям  $k$ .

Зависимость амплитуды  $A_{\delta}$  от волнового числа  $k$  определяется начальной конфигурацией поверхности раздела фаз, которая в реальных случаях имеет случайный характер. Поскольку мнимая

часть частоты  $\omega$ , характеризующая изменение амплитуды колебания во времени, является функцией волнового числа  $k$ , с течением времени в этом сложном движении начнёт доминировать колебание с наиболее быстро возрастающей амплитудой. Из (29) следует, что для доминирующего колебания коэффициент нарастания амплитуды (мнимая часть комплексной частоты) принимает наибольшее значение:

$$\omega_{\text{дом}} = S \sup_k \text{Im}(\omega), \quad (114)$$

В реальных случаях волновое число  $k$  может принимать лишь некоторые дискретные значения, удовлетворяющие граничным условиям (5)-(16). В этом случае, который значительно чаще встречается на практике, движение границы раздела фаз пар-жидкий металл (см. рис. 2.) представляет собой уже суперпозицию конечного множества гармоник, в которой с течением времени также будут доминировать колебания с наибольшим коэффициентом нарастания амплитуды  $\omega_d$ , определяемым из (114) с учетом (13) и допустимых значений волновых чисел.

Разрешить уравнение (113) относительно  $\omega$  в общем виде пока не представляется возможным, однако удастся получить решение для предельных частных случаев теплофизических свойств твердого металла.

Для низкотеплопроводного материала ( $\lambda_{\text{ТВ}} \rightarrow 0$ ) правая часть уравнения (113) превращается в нуль. Для высокотеплопроводного металла ( $\lambda_{\text{ТВ}} \rightarrow \infty$ ) правая часть уравнения (113) принимает вид:

$$i \frac{1}{\rho_{\text{ж}} \Gamma_{\text{к}}} \frac{\partial q_{\text{ТВ}}}{\partial \delta}.$$

Для этих предельных случаев из (113) имеем:

$$\begin{aligned} & \omega^2 \left[ \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} + \text{cth}(k\bar{\delta}) \right] - \omega \left\{ A_1 + kB_1 + k(B_2 + \bar{U}_{\text{ж}}) \text{cth}(k\bar{\delta}) - \right. \\ & \left. -i \left[ A_2 + \frac{\Lambda}{\rho_{\text{ж}} \Gamma_{\text{к}}} \frac{\partial q_{\text{ТВ}}}{\partial \delta} \text{cth}(k\bar{\delta}) \right] \right\} + \left( \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} - 1 \right) g \cos \gamma \cdot k - \frac{\sigma_{\text{ж}} k^3}{\rho_{\text{ж}}} + k^2 \bar{U}_{\text{ж}} B_2 \text{cth}(k\bar{\delta}) - \\ & - A_2 \frac{\Lambda}{\rho_{\text{ж}} \Gamma_{\text{к}}} \frac{\partial q_{\text{ТВ}}}{\partial \delta} + i \left[ A_2 + \left( \frac{\bar{V}_{\text{к}} + \bar{V}_{\text{св}} \sin \gamma}{\bar{\delta}} \right) - A_2 \bar{U}_{\text{ж}} k + \right. \\ & \left. + kB_2 \frac{\Lambda}{\rho_{\text{ж}} \Gamma_{\text{к}}} \frac{\partial q_{\text{ТВ}}}{\partial \delta} \text{cth}(k\bar{\delta}) \right] = 0, \quad (115) \end{aligned}$$

где  $\Lambda$  - формальный параметр, характеризующий теплопроводность поверхности нагрева:

$$\Lambda = \begin{cases} 1 & \text{при } \lambda_{\text{ТВ}} \rightarrow \infty, \\ 0 & \text{при } \lambda_{\text{ТВ}} \rightarrow 0, \end{cases} \quad (116)$$

а коэффициенты  $A_1, B_1, A_2, B_2$  определяются полученными ранее выражениями:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{\partial \bar{U}_{\text{п}}}{\partial \delta}; & B_1 &= \bar{U}_{\text{п}}; \\ A_2 &= S \left( \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} \right) \frac{\partial \bar{U}_{\text{п}}}{\partial \delta}; & B_2 &= \bar{\delta} S \left( \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} \right) \frac{\partial \bar{U}_{\text{п}}}{\partial \delta}; \end{aligned}$$

которые также подставляем в уравнение (115). В итоге из (115) получаем решение [10]:

$$\omega = \frac{\frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial \delta} + k \bar{U}_{\text{п}} + k \left[ \bar{\delta} S \left( \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} \right) \frac{\rho \bar{U}_{\text{п}}}{\partial \delta} + \bar{U}_{\text{ж}} \right] \text{cth}(k\bar{\delta})}{2 \left[ \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} + \text{cth}(k\bar{\delta}) \right]} \pm$$

$$\pm \sqrt{\frac{\sqrt{P^2 + N^2} - P}{2}} + i \left\{ \frac{S\left(\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}}\right) \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta}}{2 \left[ \frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}} + \text{cth}(k\bar{\delta}) \right]} + \frac{\Lambda}{\rho_{\text{ж}} \Gamma_{\text{к}}} \frac{\partial q_{\text{TB}}}{\partial \delta} \text{cth}(k\bar{\delta})} \right\} \pm x \sqrt{\frac{\sqrt{P^2 + N^2} + P}{2}}; \tag{117}$$

где функции  $P$  и  $N$  определены следующим образом:

$$P = \frac{\left(\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}} - 1\right) g \text{Cos} \gamma k + k^2 U_{\text{ж}} \bar{\delta} S\left(\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}}\right) \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta} \text{cth}(k\bar{\delta})}{\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}} + \text{cth}(k\bar{\delta})} - \frac{\frac{\sigma_{\text{ж}} k^3 + S\left(\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}}\right) \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta} \frac{\Lambda}{\rho_{\text{ж}} \Gamma_{\text{ж}}} \frac{\partial q_{\text{TB}}}{\partial \delta}}{\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}} + \text{cth}(k\bar{\delta})} + \frac{\left\{ \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta} + k \bar{U}_{\Pi} + k \left[ \bar{\delta} S\left(\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}}\right) \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta} + \bar{U}_{\text{ж}} \right] \text{cth}(k\bar{\delta}) \right\}^2}{4 \left[ \frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}} + \text{cth}(k\bar{\delta}) \right]^2}}{\left[ \frac{S\left(\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}}\right) \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta} + \frac{\Lambda}{\rho_{\text{ж}} \Gamma_{\text{к}}} \frac{\partial q_{\text{TB}}}{\partial \delta} \text{cth}(k\bar{\delta}) \right]^2}{4 \left[ \frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}} + \text{cth}(k\bar{\delta}) \right]^2}} \tag{118}$$

$$N = \frac{\bar{\delta}^{-1} (\bar{V}_{\text{к}} + \bar{V}_{\text{св}} \sin \gamma) S\left(\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}}\right) \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta} - \bar{U}_{\text{ж}} k S\left(\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}}\right) \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta}}{\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}} + \text{cth}(k\bar{\delta})} + \frac{k \bar{\delta} S\left(\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}}\right) \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta} \frac{\Lambda}{\rho_{\text{ж}} \Gamma_{\text{к}}} \frac{\partial q_{\text{TB}}}{\partial \delta} \text{cth}(k\bar{\delta})}{\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}} + \text{cth}(k\bar{\delta})} - \frac{\left\{ \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta} + k \bar{U}_{\Pi} + k \left[ \bar{\delta} S\left(\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}}\right) \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta} + \bar{U}_{\text{ж}} \right] \text{cth}(k\bar{\delta}) \right\} S\left(\frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}}\right) \frac{\partial \bar{U}_{\Pi}}{\partial \delta}}{4 \left[ \frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}} + \text{cth}(k\bar{\delta}) \right]^2}; \tag{119}$$

$$x = \begin{cases} 1 & \text{при } N \geq 0 \\ -1 & \text{при } N < 0; \end{cases} \quad (120)$$

Следует отметить, что решение (117) получается в результате последовательного применения известной теоремы Виета для определения комплексных корней квадратного уравнения с комплексными параметрическими коэффициентами (115).

Поскольку в исследуемой задаче всегда  $\frac{\partial q_{ТВ}}{\partial \delta} < 0$ , параметр  $P$  может принимать отрицательные значения при очень малых длинах волн, когда доминирует капиллярная составляющая  $\sigma_{ж}k^3 / \rho_{ж}$ . Знак параметра  $N$  зависит от соотношения между средними энергетическими характеристиками свариваемого материала: удельной теплотой фазового перехода при конденсации жидкого металла и градиентом тепловых потерь в твердом металле, в частности, при конденсации насыщенных паров металла  $N > 0$ , низкотеплопроводном материале  $N \approx 0$ , а на высокотеплопроводном материале (металле)  $N < 0$ .

Для определения доминирующей волны колебаний задней стенки парогазового канала необходимо выбрать (117) область положительных значений коэффициента нарастания амплитуды:

$$\omega_{д}^* = \text{Im}(\omega) = \frac{S \left( \frac{\rho_{п}}{\rho_{ж}} \right) \frac{\partial U_{п}}{\partial \delta}}{2 \left[ \frac{\rho_{п}}{\rho_{ж}} + \text{cth}(k\bar{\delta}) \right]} + \frac{\Lambda}{\rho_{ж}\Gamma_{к}} \frac{\partial q_{ТВ}}{\partial \delta} \text{cth}(k\bar{\delta})}{2 \left[ \frac{\rho_{п}}{\rho_{ж}} + \text{cth}(k\bar{\delta}) \right]} + \sqrt{\frac{P^2 + N^2 + P}{2}}; \quad (121)$$

Индекс (\*) при  $\omega_{д}$  в (121) означает, что она получена без учета влияния сил вязкости на исследуемый колебательный процесс. Оценка влияния вязкости жидкого металла методом, предложенным Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшицем [5], показала, что при  $\rho_{п} \ll \rho_{ж}$  и  $v_{п} \ll v_{ж}$  коэффициент затухания амплитуды вследствие диссипации механической энергией определяется формулой:

$$\omega_{дис} = 2v_{ж}k^2, \quad (122)$$

в том числе и для малых плоских гравитационных волн в полубесконечном слое жидкости.

С учетом вязкости выражения для коэффициента нарастания амплитуды имеет вид:

$$\omega_{д} = \omega_{д}^* - 2v_{ж}k^2. \quad (123)$$

Дальнейшая задача состоит в определении  $k_{д}$ , соответствующих наибольшему  $\omega_{д}$  для исследуемого процесса колебаний. Из (123) следует, что максимальное значение  $\omega_{д}$  находится в области наибольших положительных значений параметра  $P$  наибольших абсолютных значений параметра  $N$ .

Для качественного анализа полученного решения (117) дисперсионного уравнения (115) воспользовались следующим известным свойством: квадратное уравнение с комплексными параметрическими коэффициентами имеет действительный корень  $\omega$ , если многочлены, полученные в результате выделения действительной и мнимой частей коэффициентов дисперсионного уравнения (115), можно приравнять к нулю и получить при этом общее вещественное значение параметра  $k$ . Рассмотренное свойство позволяет преобразовать (115) в эквивалентное уравнение, соответствующее незатухающим и неразвивающимся волнам на поверхности раздела пар-жидкий металл на задней стенке парогазового канала для случая нейтральной устойчивости.

$$\omega_{\text{H}} = \frac{\bar{U}_{\text{ж}} \text{cth}(k\bar{\delta})}{\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} + \text{cth}(k\bar{\delta})}, \quad (124)$$

где  $k$  определяется из трансцендентного уравнения

$$\begin{aligned} k^2 \left( \frac{\sigma_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}} + 2\nu_{\text{ж}} \bar{U}_{\text{ж}} \right) + k \bar{U}_{\text{ж}} \left[ \bar{V}_{\text{к}} + \bar{V}_{\text{св}} \sin \gamma + \left( \bar{U}_{\text{п}} + \right. \right. \\ \left. \left. + \bar{\delta} \frac{\partial \bar{U}_{\text{ж}}}{\partial \delta} \right) \text{cth}(k\bar{\delta}) \right] + \frac{\Lambda}{\rho_{\text{ж}} \Gamma_{\text{ж}}} \frac{\partial q_{\text{ТВ}}}{\partial \delta} \left[ \bar{U}_{\text{ж}} \text{cth}(k\bar{\delta}) - \right. \\ \left. - \bar{V}_{\text{к}} - \bar{V}_{\text{св}} \sin \gamma + S \left( \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} \right) \bar{\delta} \frac{\partial \bar{U}_{\text{п}}}{\partial \delta} \right] + \left( \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} - 1 \right) g \cos \gamma = 0. \end{aligned} \quad (125)$$

При  $\Lambda = I$ ,  $\frac{\partial \bar{U}_{\text{п}}}{\partial \delta} = 0$  система уравнений (124)-(125) преобразуется к новому виду, который исследовался автором для аналогичной задачи, но в более упрощенной постановке [11].

Анализ знаков (+, -) перед параметрами в (123) учетом (118), (119), а также в (124) с учетом (125) показывает, что стабилизирующими факторами при колебании поверхности раздела фаз между жидким металлом и паром является: поверхностное натяжение  $-\sigma_{\text{ж}}$ ; вязкость жидкого металла  $-\nu_{\text{ж}}$ ; при  $\cos \lambda < 0$  – гравитационная постоянная  $g$ ; на высокотеплопроводном материале (металле) – градиент тепловых потерь  $\frac{\partial q_{\text{ТВ}}}{\partial \delta}$ , на низкотеплопроводном материале – удельная теплота фазового перехода при конденсации  $\Gamma_{\text{к}}$ . Дестабилизирующими факторами при колебаниях является: скорость движения пара  $-\bar{U}_{\text{п}}$  и жидкого металла  $-\bar{U}_{\text{ж}}$ ; коэффициент скольжения фаз  $S$ ; соотношение плотностей пара и жидкого металла  $-\rho_{\text{п}} / \rho_{\text{ж}}$ ; градиент скорости движения пара вблизи поверхности раздела фаз  $-\frac{\partial \bar{U}_{\text{п}}}{\partial \delta}$ ; при  $\cos \lambda > 0$  – гравитационная постоянная  $g$ ; на низкотеплопроводном материале градиент тепловых потерь  $\frac{\partial q_{\text{ТВ}}}{\partial \delta}$ , на высокотеплопроводном материале – удельная теплота фазового перехода  $\Gamma_{\text{к}}$ ; скорость конденсации пара  $-\bar{V}_{\text{к}}$ ; скорость сварки  $-\bar{V}_{\text{св}}$ .

С помощью уравнения (121) можно оценить частоту доминирующих колебаний, а из уравнений (124) и (125) получить граничное условие для нейтральной устойчивости в зависимости от различных параметров сварки  $\text{CO}_2$ -лазером.



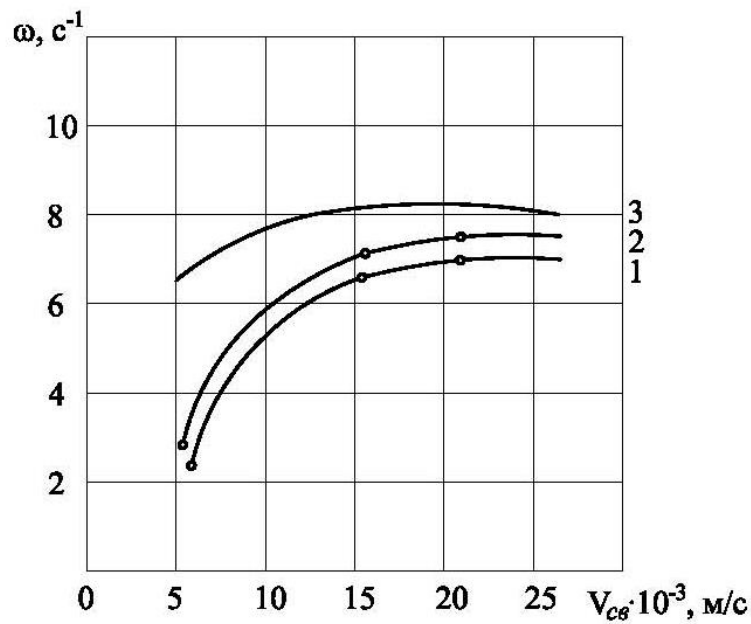


Рис. 3. Влияние скорости сварки на колебания задней стенки парогазового канала для титала:  
1 – без подачи газа; 2 – с подачей дополнительного газа; 3 – расчетная .

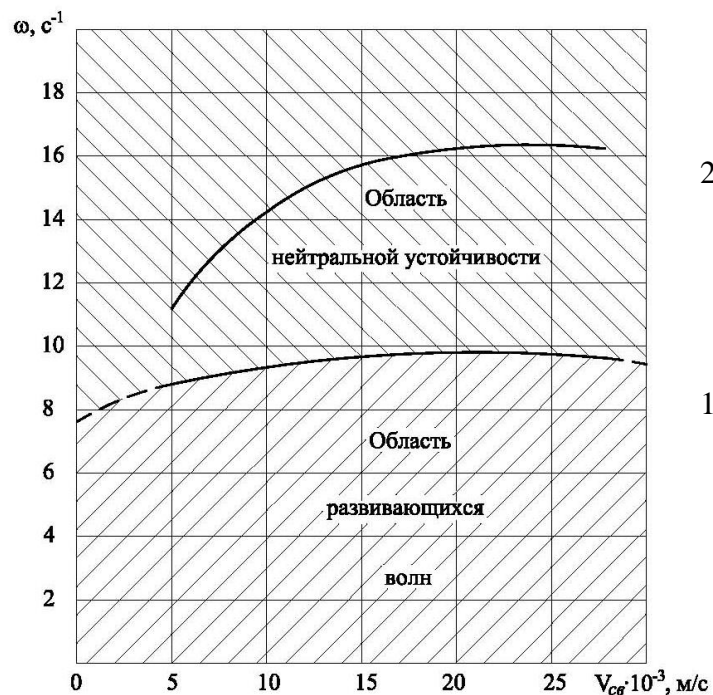


Рис. 4. Влияние скорости сварки на колебание задней стенки парогазового канала для стали:  
1. Нижняя граница нейтральной устойчивости; 2. Доминирующие колебания.

Для получения расчетных зависимостей такие параметры как  $\gamma$ ,  $\bar{U}_ж$ ,  $\bar{U}_п$ ,  $\bar{\delta}$  определяли с помощью скоростной киносъемки при моделировании процесса, а остальные данные брали из работ [1,2]. На рис. 3 представлено влияние скорости сварки на колебаний задней стенки парогазового канала для титала. На рисунке также представлена расчетная зависимость  $\omega_d$ . Сопоставление расчетных и экспериментальных данных подтверждает, что характер изменения частоты колебаний

от скорости сварки, рассчитанный по модели, идентичен реальному процессу. На рис. 4 представлены расчетные зависимости  $\omega_n$  и  $\omega_d$  от  $\bar{V}_{св}$  для стали. Под нижней границей нейтральной устойчивости для стали располагается область развивающихся колебаний, где  $\omega_n$  имеет положительную мнимую часть. Как видно из рисунка, частота колебаний задней стенки парогазового канала, как для металла (имеется в виду  $\omega_d$ ), так и для ситалла растет приблизительно до  $V_{св} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ , а далее фактически не изменяется. Для обеспечения интенсивного вытеснения жидкого металла из нижней части канала необходимо инициировать развивающийся характер колебаний жидкого металла по ходу распространения волнового движения (со дна к выходу канала). Это означает увеличение амплитуды колебаний канала за счет уменьшения доли расплавленного металла в корневой части. Из рис. 3 следует также, что применение дополнительной подачи газа с постоянным расходом незначительно влияет на характер колебательного процесса. Таким образом, для обеспечения эффективного вытеснения жидкого металла из нижней части канала необходимо, чтобы доминирующие колебания находились в области развивающихся колебаний, что, в свою очередь, как известно из теории колебаний, требует наложения другого колебания.

С помощью теоретического анализа математической модели колебательного процесса на основе решений сопряженной задачи пар-жидкость-твердый металл получено, что граница перехода от развивающегося к нейтральному характеру колебаний лежит около 10 Гц и, следовательно, для обеспечения интенсивного вытеснения жидкого металла из нижней части канала необходимо инициировать развивающийся характер наложения дополнительных импульсов давления частотой 10 Гц.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984. – 831 с.
2. ხუციშვილი მ. გამდნარი მასალის დინება შედუღების აბაზანაში კონცენტრირებული ნაკადის გამოყენებისას // საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები. №2. – 2003. გვ. 130-133.

ლაზერული შედუღებისას ორთქლაირიანი არხის უკანა კედლის რხევების სიხშირული ანალიზი  
მაღახა ხუციშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
რეზიუმე

ლაზერული შედუღებისას ორთქლაირიანი არხის უკანა კედლის რხევითი პროცესის მათემატიკური მოდელის თეორიული ანალიზის საშუალებით ორთქლის, თხევადი და მყარი ლითონის ურთიერთქმედების ამოცანის საფუძველზე მიღებულია, რომ თხევადი ლითონის არხის ქვედა ნაწილიდან ინტენსიური გამოდევნისათვის აუცილებელია, რომ მადომინირებელი რხევები იყოს განვითარებადი რხევების არეში და თავის მხრივ საჭიროებენ სხვა რხევების დადებას.

#### FREQUENCY ANALYSIS OF OSCILLATIONS OF REAR WALL OF STEAM-GAS CHANNEL DURING LASER WELDING

M.Khutsishvili

Georgian Technical University

#### SUMMARY

Through theoretical analysis of mathematical model of oscillation process of rear wall of steam-gas channel during laser welding, on the basis of solution of conjugated problem of interaction between steam, liquid, and solid metal is obtained that in order to provide a squeezing of liquid metal from lower part of the channel is necessary that dominant oscillations would be in the area of developing oscillations that in its turn requires superposition of other oscillation.

## ფარმაცევტულ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი მერი ალანია 80 წლისაა

ქალბატონი მერი ალანია გამორჩეული მეცნიერი და პიროვნებაა თსუ იოველ ქუთათელაძის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტში, ერთ-ერთი მთავანია, რომლის თავდაუზოგავ შრომასა და თავდადებას ეფუძნება მისი სამეცნიერო მიღწევები.

ექვსი ათეული წელია რაც იგი დაუღალავად შრომობს, ჯერ როგორც პრაქტიკოსი ფარმაცევტი და შემდეგ როგორც მეცნიერი თსუ იოველ ქუთათელაძის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტში, სადაც მან წარმატებით გაიარა სამეცნიერო მოღვაწეობასთან დაკავშირებული ყველა საფეხური უმცროსი მეცნიერ თანამშრომლიდან დეპარტამენტის ხელმძღვანელამდე.

საქმისადმი ერთგულება, თავდადება, ენერგიულობა, მიზანსწრაფვა, ცოდნა, მეცნიერული შედეგების განზოგადების და მისი პრაქტიკულ საქმიანობაში დანერგვის უნარი, მეცნიერული მიმართულების განვითარებისთვის სიახლის ძიება, მოყვასის სიყვარული, პირდაპირობა, უანგარო სამსახური დარგისთვის და ქვეყნისთვის - ეს ის თვისებებია, რომლებიც მას გამოარჩევს.

მერი დურუს ასული ალანია დაიბადა 1937 წლის 18 აპრილს ხობის რაიონის სოფელ ზემო ქვალონში. საშუალო სკოლის წარჩინებით დამთავრების შემდგომ ჩაირიცხა თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტიტუტის ფარმაცევტულ ფაკულტეტზე, რომელიც ასევე წარჩინებით დაამთავრა 1960 წელს. იმავე წელს დაიწყო მუშაობა აბაშის რაიონის სოფელ ონტოფოს აფთიაქის გამგედ, რამდენიმე წელიწადში კი საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ი. ქუთათელაძის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტის ასპირანტურაში ჩაირიცხა. ქ-ნი მერის ცოდნით და მონდომებით დაინტერესდა ქალბატონი ეთერ ქემერტელიძე, რომლის ხელშეწყობითაც 1965 წლის ნოემბერში ქ-ნი მერი გახდა ინსტიტუტის ფიტოქიმიის განყოფილების უმცროსი მეცნიერი თანამშრომელი. სადისერტაციო თემად ე. ქემერტელიძემ (ხელმძღვანელი) შეურჩია საქართველოს ფლორის ასტრაგალეების გვარის ფენოლური ნაერთების შესწავლა სამკურნალო საშუალებათა შექმნის მიზნით. მისი სადისერტაციო თემის მეორე ხელმძღვანელი გახლდათ ქ. ხარკოვის სამკურნალო საშუალებათა ქიმიისა და ტექნოლოგიის ინსტიტუტის მეცნიერი, ფარმაცევტულ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ნიკოლოზ ფედოტის ძე კომისარენკო, რომელმაც ქ-ნი ეთერისთან ერთად უდიდესი ღვაწლი დასდო ქ-ნი მერის მეცნიერად ჩამოყალიბებაში, რისთვისაც იგი სიცოცხლის ბოლომდე მისი მადლიერი რჩება.

1974 წელს დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია ქ. ხარკოვის ფარმაცევტულ ინსტიტუტში.

1965 წლიდან დღემდე მას გამოკვლევული აქვს 4000 - მდე მეცნარეული ნიმუში საქართველოს ყველა რეგიონიდან. მის მიერ გამოვლენილი და შესწავლილია საინტერესო ქიმიური შედგენილობის და ბიოლოგიური აქტიობის მქონე 29 ოჯახის 32 გვარის 72 სახეობა. მათგან გამოყოფილი და დახასიათებულია 348 ინდივიდი, სხვადასხვა კლასის ნაერთებიდან. დაადგინა, რომ უმრავლესობა (80 %) მდიდარია ფლავონოიდებით, დადასტურა მრავალი მათგანის პერსპექტიულობა, რის შედეგადაც ისინი გახდნენ ღრმა ქიმიური კვლევის ობიექტები მეცნიერთა მომავალი თაობისთვის, ხოლო ზოგიერთი მათგანი კი - სამკურნალო საშუალებათა ნედლეული.

1974 წელს ქ. ხარკოვის ფარმაცევტული ინსტიტუტის საკვალეოფოკაციო საბჭოზე დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია თემით “საქართველოში მოზარდი ასტრაგალუსის ზოგიერთი სახეობის ფლავონოიდები”. სწორედ ამ ნაშრომზე მუშაობისას მიაქცია ყურადღება მედიცინაში ასტრაგალუსის ერთ-ერთი სახეობის გამოყენების შესაძლებლობას. კერძოდ იმას, რომ ნამგალნაყოფა ასტრაგალის ფოთლებსა და ყვავილებში ფლავონოიდების შემცველობა 4 პროცენტამდე, ხოლო მასში ფლავონოიდური გლიკოზიდი რობინინი 3 პროცენტამდეა.

ქ-ნი მერის მიერ თანაავტორებთან რობინინის საფუძველზე შეიქმნა პრეპარატი „ფლარონინი“, რომელიც 1985 წელს სსრკ ჯანდაცვის სამინისტროს გადაწყვეტილებით ნებადართული იქნა სამედიცინო მოხმარებისათვის, როგორც ჰიპოაზოტემიური და დიურეზული საშუალება, თირკმელთა I და II ხარისხის



უკმარისობის სამკურნალოდ აზოტემით დაავადებულ ავადმყოფებში. პრეპარატი ჩანერგილია წარმოებაში.

ქალბატონი მერის მეცნიერულმა მოღვაწეობამ ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტში საფუძველი ჩაუყარა ახალ მიმართულებას - ციკლოარტანული ნაერთების კვლევას.

გარდა პრეპარატ „ფლარონინი“-სა ქ-ნი მერის უშუალო მონაწილეობით აკადემიკოს ეთერ ქემერტელიძის ხელმძღვანელობით ფენოლური ნაერთების ლაბორატორიაში შემუშავებულია სამედიცინო პრაქტიკაში ჩანერგილი სამკურნალო საშუალებები:

- თავის ტვინსა და კიდურებში სისხლის მიმოქცევის გამაუმჯობესებელი სამკურნალო პრეპარატი „გინკგო-ბათი“ - საქართველოში ინტროდუცირებული ინკგო ბილობა -ს ფოთლებიდან;

- ტიპი 2 შაქრიანი დიაბეტის სამკურნალო პრეპარატი „სატურინი“ - საქართველოში გავრცელებული ბალის ქონდარის მიწისზედა ნაწილებიდან;

- ჰიპოაზოტემიური მოქმედების პარასამკურნალო საშუალება აჭარაში გავრცელებული უერარია ჰირსუტა-ს ექსტრაქტულ ნივთიერებათა ჯამიდან.

1990 წელს კი ქ. ხარკოვის სამკურნალო საშუალებათა ქიმიისა და ტექნოლოგიის საკავშირო-სამეცნიერო კვლევით ინსტიტუტის სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია თემაზე „საქართველოს ფლორის ასტრაგალუსის ფლავო-ნოიდები და ციკლოარტანები“.

2005 წლიდან დღემდე ქ-ნი მერი ხელმძღვანელობს ფენოლური შენაერთების ლაბორატორიას. 2016 წლის დეკემბერში კონკურსით არჩეული იქნა ფიტოქიმიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელად.

მისი უშუალო ხელმძღვანელობით მომზადდა 5 საკანდიდატო დისერტაცია, რომელთაგან 3 წარმატებით იქნა დაცული, ხოლო 2 დისერტაცია მომზადებულია საჯარო დაცვისათვის.

ქ-ნი მერი სამეცნიეროსთან ერთად პედაგოგიურ მოღვაწეობასაც ეწევა. 2006 წლიდან დღემდე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიის ფაკულტეტის ფარმაციის დეპარტამენტში მიწვეული პროფესორის სტატუსით კითხულობს ლექციების კურსს ფარმაცევტულ ქიმიაში.

პროფ. მ. ალანიას მეცნიერული მოღვაწეობის შედეგები ასახულია 270 სამეცნიერო ნაშრომში, თეზისსა და მოხსენებაში საერთაშორისო და ადგილობრივ სამეცნიერო კონფერენციებზე, კონგრესებსა და სიმპოზიუმებზე. იყო საერთაშორისო სამეცნიერო ღონისძიებების საორგანიზაციო და სამეცნიერო კომიტეტის წევრი, ხელმძღვანელობდა სექციის მუშაობას სხვადასხვა სამეცნიერო ფორუმში. გამოქვეყნებული აქვს 4 მონოგრაფია და ლაბორატორიულ სამუშაოთა კრებული ფარმაცევტულ ქიმიაში. პრაქტიკული მნიშვნელობის შედეგები დაცულია საავტორო მოწმობებითა და პატენტებით.

წლების განმავლობაში იყო ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტის სადისერტაციო საბჭოს წევრი. არის თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ფარმაცევტული ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს წევრი, საქართველოს მეცნიერთა და ახალგაზრდა ფარმაცევტთა და საქართველოს პროფესიონალ ქიმიკოსთა ასოციაციების წევრი.

2004 წელს მიენიჭა (თანაავტორებთან ერთად) სახელმწიფო პრემია საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა დარგში. მეცნიერებისა და საზოგადოებისათვის ღირებული მოღვაწეობისათვის სხვადასხვა დროს მიღებული ჰქონდა სახელმწიფო და საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდენტის ჯილდოები, გამომგონებლის მედალი.

მის პიროვნულ ღირსებებზე ბევრი რამ შეიძლება ითქვას. იგი უაღესად კეთილი, უზადო ადამიანური თვისებების მატარებელია; ყველგან, შინ თუ გარეთ, ზნეობის, ტრადიციის და ოჯახის კულტის დაცვის, სამშობლოს სიყვარულის იდეას ამკვიდრებს. მზად არის უანგაროდ გაუწოდოს დახმარების ხელი ყოველ გაჭირვებულს.

თსსუ იოველ ქუთათელაძის ფარმაცოქიმიის ინსტიტუტი

## CONGRATULATION

The Iovel Kutateladze Institute of Pharmacochemistry of Tbilisi State Medical University congratulates Professor Meri Alania with glorious 80<sup>th</sup> anniversary.

## ПОЗДРАВЛЕНИЕ

Институт фармакохимии им. И.Г.Кутателадзе Тбилисского государственного медицинского университета поздравляет профессора Мери Дуруевну Алания со славным юбилеем 80-летия.

## ვლადიმერ ციციშვილი 70 წლისაა



გამოჩენილი ქართველი მეცნიერი, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი **ვლადიმერ ციციშვილი** იუბილარია. იგი დაბადების 70-ე წლისთავს სამეცნიერო მოღვაწეობის მნიშვნელოვანი მიღწევებით ხელდამშვენებული ხვდება.

ვლადიმერ ციციშვილი დაიბადა 1947 წლის 17 მარტს ჭემმარიტი ინტელიგენტის ოჯახში. მამა - გიორგი ციციშვილი მსოფლიოში ცნობილი ქართველი მეცნიერი, ქიმიკოსი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი, საქართველოს მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწე იყო. საქართველოს ისტორიაში კარგად ცნობილია გიორგი ციციშვილის არაერთი სახელოვანი წინაპარი, მათ შორის ზაზა ფანასკერტელ-ციციშვილი.

ბატონმა ვლადიმერ ციციშვილმა წარმატებით გააგრძელა ოჯახური ტრადიციები და თავისი მომავალი სამეცნიერო საქმიანობას დაუკავშირა. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიზიკის ფაკულტეტის

(სპეციალობა "ექსპერიმენტული ფიზიკა") დამთავრების შემდეგ, 1970 წელს მუშაობა დაიწყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის კიბერნეტიკის ინსტიტუტის ქიმიური კიბერნეტიკის განყოფილებაში.

მომავალმა მკვლევარმა მეცნიერული წრთობის სახელოვანი სკოლა განვლო. 1971 წელს მივლინებული იყო ქ.მოსკოვში, ერთ-ერთ ავტორიტეტულ ქიმიურ ცენტრში - სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის ელემენტორგანული ნაერთების ინსტიტუტში, ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის (ბმრ) ლაბორატორიაში, რომელსაც პროფესორი ერლენ ფედინი ხელმძღვანელობდა. იგი მუშაობდა ბმრ სპექტროსკოპიის იმ დროისათვის ახალ დარგში - იმპულსური მეთოდების გამოყენების პრობლემებზე (ფურიე-სპექტრების მიღება, რელაქსაციური პარამეტრების დადგენა, დიფუზიის კოეფიციენტის გაზომვა), რის საფუძველზეც ჩამოყალიბდა თანამედროვე ბმრ სპექტროსკოპია. 1975 წელს დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია თემაზე "მოლეკულური დინამიკისა და სტრუქტურის შესწავლა სისტემაში დეკსტრანი-წყალი ბმრ იმპულსური მეთოდებით".

1978 წლიდან ბატონმა ვლადიმერმა მუშაობა განაგრძო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტის ბმრ სპექტროსკოპიის განყოფილების გამგის თანამდებობაზე. კვლევების საგანს წარმოადგენდა როგორც ბუნებრივი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების (სტეროიდები, ფლავანოიდები, ალკალოიდები და სხვ.) სტრუქტურა, ისე მათი ურთიერთქმედება ცილებთან და სხვა ბიოპოლიმერებთან, აგრეთვე შიდამოლეკულური მოძრაობის (დამუხრუჭებული ბრუნვა, კონფორმაციული გადასვლები, კოპერატიული მოძრაობა) საკითხები. ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტის ბმრ სპექტროსკოპიის ლაბორატორია იმ დროს იყო ბმრ სპექტროსკოპიის კოლექტიური სარგებლობის რესპუბლიკური ცენტრი და ასრულებდა საქართველოს წამყვანი ქიმიური ცენტრების სხვადასხვა სპექტრალურ და სხვა სახის მოლეკულურ-სტრუქტურულ კვლევებს.

1981 წელს საერთაშორისო სამეცნიერო კვლევების პროგრამის "ადსორბენტების სინთეზი, შესწავლა და გამოყენება" ფარგლებში ვ.ციციშვილი მივლინებული იყო ლაიფციგის უნივერსიტეტის (გერმანია) ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის ლაბორატორიაში, სადაც გააგრძელა მუშაობა ჰეტეროგენულ ობიექტებში (ცეოლითები და სხვა ადსორბენტები) ადსორბირებული ნივთიერებების დინამიკის შესწავლის დარგში. ამ და სხვა კვლევების შედეგებზე დაყრდნობით დაამუშავა ახალი ფიზიკურ-ქიმიური კონცეფცია - ე.წ. "ჰეტეროდინამიური სისტემის" მოდელი, რომელიც მნიშვნელოვნად აფართოვებს სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიური ექსპერიმენტული მეთოდების, მათ შორის ბირთვული, მაგნიტური, ელექტრონული პარამაგნიტური და კვადრუპოლური სპექტროსკოპიის საშუალებებს.

1987 წელს ვ.ციციშვილმა დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია თემაზე "ბირთვული მაგნიტური რელაქსაცია ჰეტეროდინამიურ სისტემებში" და მუშაობა გააგრძელა ჰეტეროგენურ ობიექტში დიფუზიის განზოგადებული პროცესების, ფოროვანი და არაერთგვაროვანი მასალების ფრაქტალური თვისებების აღწერის და სხვა საკითხებზე.

1990 წლიდან დღემდე ბატონი ვლადიმერი მუშაობს პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში, სადაც მუშაობა დაიწყო ფიზიკური ქიმიის ლაბორატორიის გამგის თანამდებობაზე. ლაბორატორია აწარმოებდა მიკრო- და მეზოფორავანი სხეულების სინთეზს და მოდიფიცირებას, მათი ადსორბციული, იონ-მიმოცვლითი, კატალიზური, მჟავური და სხვა თვისებების შესწავლას ადსორბციული, რენტგენოგრაფიული, თერმოგრაფიული, სპექტრალური და სხვა მეთოდების გამოყენებით. ლაბორატორიაში დღესაც მიმდინარეობს საქართველოს ადგილმდებარეობის კლინოპტილოლოგიის, ფილიფსიტისა და სხვა ცეოლითების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლა მათი პრაქტიკული გამოყენების მიზნით ადსორბენტების და იონმიომცვლელების სახით.

სხვადასხვა დროს ვლადიმერ ციციშვილი მუშაობდა მსოფლიოში აღიარებულ სამეცნიერო ცენტრებში: ფიზიკური ქიმიის ცენტრალურ ინსტიტუტში (ბერლინი), დავი-ფარადეის ლაბორატორიაში (ლონდონი), მანჩესტერის უნივერსიტეტის ფოროვანი მასალების ლაბორატორიასა და ედინბურგის უნივერსიტეტის მასალათმცოდნეობის ლაბორატორიაში.



ვლადიმერ ციციშვილი აქტიურად მუშაობს ქიმიური მეცნიერების სხვადასხვა დარგებში. მან საერთაშორისო მნიშვნელობის არსებითი წვლილი შეიტანა ქიმიის ისეთი მნიშვნელოვანი მიმართულებების განვითარებაში, როგორც არის ნივთიერების აღნაგობა, მოლეკულური დინამიკა, დიფუზიური და სორბციული პროცესები, ქიმიური ეკოლოგია.

მისი მრავალმხრივი და ნაყოფიერი სამეცნიერო-კვლევითი მოღვაწეობის შედეგები ფართოდ აისახა მრავალრიცხოვან პუბლიკაციებში როგორც ქვეყნის შიგნით, ისე მის საზღვრებს გარეთ. ის მრავალი პატენტის და 400-

მდე სამეცნიერო ნაშრომის ავტორია. ორგანიზატორი ან მონაწილეა მრავალი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციისა. ვლადიმერ ციციშვილი დაჯილდოვებულია საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ა.თვალჭრელიძის სახელობის პრემიით და ღირსების ორდენით.

ვ.ციციშვილი არის საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ჟურნალის “მაცნე, ქიმიის სერია” რედაქტორი. როგორც საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ქიმიური ტერმინოლოგიის წევრს, მას დიდი წვლილი მიუძღვის ოთხენოვანი (რუსულ-ქართულ-ინგლისურ-გერმანულ) ქიმიური ლექსიკონის შედგენის საქმეში.

ნაყოფიერ სამეცნიერო საქმიანობას წარმატებით უთავსებს პედაგოგიურ მოღვაწეობას. იგი იყო თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიზიკური ქიმიის კათედრის პროფესორი, შავი ზღვის საერთაშორისო უნივერსიტეტში კითხულობდა ზოგადი ქიმიის კურსს, იყო ქიმიის მეცნიერებათა სამეცნიერო ხარისხების მიმნიჭებელი სამეცნიერო-საატესტაციო საბჭოს წევრი. მისი ხელმძღვანელობით დაცულია 9 საკანდიდატო და 4 სადოქტორო დისერტაცია ფიზიკური ქიმიის დარგში.

ვ.ციციშვილი არის საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს და საერთაშორისო დამფინანსებელი ორგანიზაციების (მსოფლიო ბანკი, ევროპის რეკონსტრუქციისა და განვითარების ბანკი)



ოფიციალური ექსპერტი. იგი არის საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიურ საბჭოსთან არსებული ეკოლოგიური კომისიის წევრი, ხოლო ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიების განყოფილებაში ეკოლოგიის კომისიის თავმჯდომარე.

ვ.ციციშვილი მეცნიერების თავდადებული ორგანიზატორია, 2006 წლიდან პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის დირექტორია. მისი თაოსნობით პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტმა შეინარჩუნა მდიდარი სამეცნიერო ტრადიციები და ჩამოყალიბდა ახალი მიმართულებები. მისი ხელმძღვანელობით ინსტიტუტში ინტენსიურად გრძელდება სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები „ქიმია და ქიმიური ტექნოლოგიები საქართველოს ეკონომიკური განვითარებისთვის“ პროგრამის ფარგლებში, მიმდინარეობს ლაბორატორიების აღჭურვა ახალი ხელსაწყო-დანადგარებით და ინფრასტრუქტურის მოწყობის სამუშაოები, დიდი ყურადღება ექცევა საერთაშორისო კავშირების გაფართოებას.

იუბილარი დღესაც ჩვეული ენერგიით განაგრძობს სამეცნიერო მოღვაწეობას, შემოქმედებით ძიებაშია და ეწევა მნიშვნელოვან საქმიანობას ქართული მეცნიერების სასიკეთოდ.

ვულოცავთ ბატონ ვლადიმერ ციციშვილს ამ საიუბილეო თარიღს და ვუსურვებთ შემდგომ წინსვლას, მხნეობას და ხანგრძლივ და ბედნიერ სიცოცხლეს მეუღლესთან - ნინა მიხეილის ასულ ციციშვილთან, შვილებთან - ელენე და გიორგი და შვილიშვილებთან ერთად.

ოსუ პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

### CONGRATULATION

The Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry of Tbilisi State University congratulates Corresponding Member of Georgian National Academy of Sciences Vladimer Tsitsishvili with glorious 70<sup>th</sup> anniversary.

### ПОЗДРАВЛЕНИЕ

Институт физической и органической химии им. П.Г.Меликишвили Тбилисского государственного университета поздравляет член-корреспондента Национальной Академии наук Грузии Владимира Георгиевича Цицишвили со славным юбилеем 70-летия.

## Памяти Назиля Фазиль оглы Джанибекова



Джанибеков Назиль Фазиль оглы, один из видных азербайджанских ученых в области нефтехимии, катализа, химии высокомолекулярных соединений и нефтехимического синтеза, хорошо известен в широких научных кругах.

Он родился 21 сентября 1942 года в г. Баку, в семье потомственных врачей, в 1960 году окончил среднюю школу №1 г. Баку и в том же году поступил на химический факультет Азербайджанского Государственного Университета им. С.М.Кирова (ныне Бакинский Государственный Университет), который закончил в 1965 году и начал свою трудовую деятельность в Институте нефтехимических процессов им. Ю.Г.Маммедалиева АН Азербайджана в должности младшего научного сотрудника лаборатории высокомолекулярных соединений. В 1967 году Н.Ф.Джанибеков поступил в аспирантуру и в 1972 году защитил кандидатскую диссертацию по теме «Исследование серофосфорсодержащих соединений в качестве стабилизаторов против старения полипропилена».

С 1986 года Н.Ф.Джанибеков был заведующим лабораторией «Полифункциональные комплексоны и металлокомплексные соединения», а с 2012 года – заведующим отделом «Нефтехимического синтеза».

В 1988 году Н.Ф.Джанибеков защитил докторскую диссертацию по теме: «Дитиофосфаты на базе фенолов – стабилизаторы полимерных материалов».

В 1994 году ему было присвоено ученое звание профессора, а в 2007 году Н.Ф.Джанибеков избран членом-корреспондентом НАНА.

За разработку «Способа газохроматографического разделения парафиновых и ароматических углеводородов, спиртов и эфиров» в 1979 году Н.Ф.Джанибеков получил нагрудный знак «Изобретатель СССР».

Еще в конце 60-х годов Н.Ф.Джанибековым проводились научные исследования в области создания металлосодержащих стабилизаторов для термопластичных полимеров, которые явились пионерскими в бывшем Советском Союзе. Обратив внимание, что для защиты полимеров недостаточны только термо- и свето-стабилизаторы (УФ-абсорберы), но необходимы стабилизаторы физической надмолекулярной структуры полимеров, Н.Ф.Джанибеков с сотрудниками начал широкомасштабные исследования в области создания стабилизирующих добавок, обладающих широким диапазоном действия.

На основе этих исследования ими была разработана многофункциональная стабилизирующая добавка «Станаз» (О,О-дифенилдитиофосфат никеля), работающая как антиоксидант, термостабилизатор, УФ-абсорбер, квенчер, зародышеобразователь и т.д., и превосходящая по эффективности «Ирганокс», выпускаемый всемирно известной фирмой «Сибя-Гейги АГ» Иргостаб, завоевавший на мировом рынке позиции эффективного фотостабилизатора. Н.Ф.Джанибековым с сотрудниками разработана технология получения стабилизатора «Станаз». На базе этой добавки совместно с ОНПО «Пластполимер» МХП ССР и АФ ВАСХНИЛ МСХ ССР разработана полиэтиленовая пленка для сельского хозяйства, применяемая в качестве укрытий сельхозсооружений открытого и закрытого грунтов. Разработанная Н.Ф.Джанибековым добавка полифункционального профиля была внедрена в производство полимеров на Ефремовском заводе полимерных материалов. Стабилизатор «Станаз» включен в справочник «Химические добавки к полимерам» (Москва, «Химия», 1981, с.78).

В конце 70-х годов прошлого века в ИНХП выдвигается принципиально новая идея в области разработки катализатора стереоспецифической полимеризации диенов. К осуществлению этой идеи был привлечен ряд молодых сотрудников института, в том числе и Н.Ф.Джанибеков. Именно в это время Н.Ф.Джанибековым с сотрудниками института А.Г.Азизовым и Ф.А.Насировым проведены систематические научные исследования металлокомплексных соединений на базе различных дитиофосфатов в качестве каталитических систем. В результате ими разработан качественно новый



тип би-функциональных систем – катализаторы-стабилизаторы процессов получения низко- и высокомолекулярного полибутадиенов.

Впервые удалось опровергнуть мировое мнение о том, что кислород-, азот-, серу-, фосфорсодержащие лиганды, содержащиеся в каталитических системах, приводят к ухудшению активности и стереоспецифичности их каталитического действия. Этими работами Н.Ф.Джанибековым, фактически впервые в мировой практике, начаты систематические исследования по использованию органических дитиопроизводных переходных металлов в качестве компонентов высокоактивных систем для реакций полимеризации и олигомеризации.

Их новизна заключается в том, что они обладают высокой активностью и селективностью, с одной стороны, а с другой стороны, остатки их в полимере в дальнейшем действуют как эффективные стабилизаторы, защищающие полимер от термо- и фотостарения. Благодаря высокой эффективности этих систем в процессе полимеризации может быть использован даже не совсем чистый бутадиен, а отсутствие стадии промывки конечного полимера оказывает благотворное влияние на экологию данной промышленности, что позволяет уменьшить количество сточных вод, содержащих ионы тяжелых токсичных металлов.

Большой интерес представляют проводимые им работы по синтезу дитиофосфатов металлов переменной валентности на базе различных силикатных материалов (силикагель, морденит, и т.д.), применение которых в процессе полимеризации диеновых углеводородов приводит, с одной стороны, к существенному повышению активности, селективности и стабильности катализатора, с другой стороны – к большим выходам цис- или транс-изомеров, в зависимости от наличия того или иного металла в формуле катализатора. И, что очень важно, решает экологические проблемы данного производства. Эти разработки имеют большую перспективу применения в Азербайджане, как в плане создания новых типов катализаторов-стабилизаторов, так и в плане использования их для получения и стабилизации других видов каучуков.

Н.Ф.Джанибеков является автором свыше 244 научных трудов, включая 25 авторских свидетельств и 20 патентов, и за плодотворную научную, научно-организационную и общественную деятельность он был награжден медалью имени академика Ю.Мамедалиева и золотой медалью издательства «Европейский дом».

Наряду с интенсивной научной деятельностью Н.Ф.Джанибеков активно выступал с докладами на международных конференциях и симпозиумах России, Турции, США и других странах. Так, в Швеции и Японии, Н.Ф.Джанибеков выступал с лекциями в Стокгольмском Королевском технологическом институте, Чалмерском политехническом институте, Лундском университете, в Токийском технологическом университете, в университетах городов Киото и Осака.

Н.Ф.Джанибеков включен в издающийся в США справочник «Кто есть кто в мире». Он являлся членом редакционной коллегии журнала «Процессы нефтехимии и нефтепереработки» и журнала «Химические проблемы». Н.Ф.Джанибеков являлся также членом Специализированного Совета по защите докторских диссертаций при ИНХП НАНА. Н.Ф.Джанибеков был прекрасным педагогом, подготовившим для своей родины научные кадры – в 2003-2004 годы он вел курс химической технологии на кафедре «Химическая технология и экология» Азербайджанской нефтяной Академии и руководство работами магистрантов. Под руководством Н.Ф.Джанибекова подготовлены 6 кандидатов наук и 1 доктор наук, он многие годы был членом совета по присуждению учёных степеней Института физической и органической химии им. П.Г.Меликишвили АН Грузии и активно сотрудничал с грузинскими учёными.

С его кончиной Азербайджан потерял выдающегося учёного-химика, а Грузия – верного друга, но память о Назиле Джанибекове всегда будет жить в сердцах тех, кто его знал.

#### **IN MEMORY of Nazil Janibekov**

Died a distinguished scientist-chemist, Corresponding Member of National Academy of Sciences of Azerbaijan, Doctor of Chemical Sciences, Professor Nazil Fazil-oglu Janibekov.

#### **ნაზილ ჯანიბეკოვის ხსოვნას**

გარდაიცვალა გამოჩენილი მეცნიერი, აზერბაიჯანის მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ნაზილ ჯანიბეკოვი.

### ინფორმაცია ავტორებისათვის

ჟურნალი “საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია” აქვეყნებს სტატიებს ქიმიური მეცნიერების დარგში ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე; მიმოხილვებისა და ინფორმაციული ხასიათის მასალების წარმოდგენა შესაძლებელია სარედაქციო კოლეგიასთან შეთანხმებით. გამოსაქვეყნებელი მასალის მოცულობა, ფორმატი და მისი წარმოდგენის სხვა პირობები შეთანხმებული უნდა იყოს პასუხისმგებელმდივანთან, ავტორებმა ტექსტი უნდა წარმოადგინონ ელექტრონულ ფორმაში, MicrosoftWord ფაილის (\*.doc ან \*.rtf) სახით, ნახაზები და სურათები – შავ-თეთრი გრაფიკული (\*.bmp, \*.dib, \*.jpg, \*.gif და სხვ.) ფაილების სახით. სამეცნიერო სტატიების ავტორების დასახმარებლად რედაქციის მიერ გათვალისწინებულია როგორც სტანდარტული ელექტრონული ფორმატები სამივე ენაზე, ისე სხვა ტექნიკური მომსახურება. Chemical Abstracts-სა (ინგლისურ ენაზე) და საქართველოს რეფერატურულ ჟურნალში (ქართულ და ინგლისურ ენებზე) სტატიის რეფერირებისათვის ავტორი ვალდებულია გაითვალისწინოს შინაარსობრივი რეზუმეების მომზადება ორივე ენაზე. სარედაქციო კოლეგიასთან შეთანხმებული საფასური უნდა იყოს გადარიცხული სსიპ საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ანგარიშზე, მიმღები ბანკი – სახელმწიფო ხაზინა, მიმღების დასახელება – ხაზინის ერთიანი ანგარიში, ბანკის კოდი – TRESGE22, მიმღების სახაზინო კოდი – 708777499, დანიშნულება – ჟურნალ “მაცნე” ქიმიის სერიაში სტატიის გამოქვეყნების ჰონორარი. აუცილებელია მიეთითოს ავტორის გვარი ვინც იხდის თანხას.

### INFORMATION for AUTHORS

The journal “**Proceedings of the Georgian National Academy of Sciences. Chemical series**” is publishing articles in a field of chemical sciences in Georgian, English, and Russian, reviews and informational/advertising materials may be submitted after consultations with the Editorial Board. Volume, format, and other details of contribution are to be discussed with the Executive Secretary; Authors submit texts of articles in a form of MicrosoftWord files (\*.doc or \*.rtf), figures and pictures – as monochrome (\*.bmp, \*.dib) or black/white (\*.jpg, \*.gif, etc.) files. To help Authors of scientific articles, standard Georgian, English, and Russian formats are provided as well as other technical service and support. For references of the article in the Chemical Abstracts (in English) and in the Georgian Abstracts Journal (in Georgian and in English) authors are obliged to foresight substantial summaries in both languages. Agreed with the Editorial Board publishing expenses are to be paid at the Treasury of Georgia (bank code TRESGE22) on the account of the Georgian National Academy of Sciences (receiver code 708777499).

### ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал “**Известия Национальной Академии наук Грузии. Серия химическая**” публикует статьи и краткие сообщения в области химических наук на грузинском, английском и русском языках; обзорные статьи и материалы информационного характера публикуются по предварительному согласованию с редакционной коллегией. Объем, формат и условия представления материала для публикации следует согласовать с ответственным секретарем; авторы должны представить тексты в виде файлов MicrosoftWord (\*.doc или \*.rtf), а рисунки, чертежи и фотоснимки – в виде черно-белых графических (\*.bmp, \*.dib, \*.jpg, \*.gif и др.) файлов. Для оказания помощи авторам научных статей, редакция предусматривает стандартные электронные формы на всех трех языках, а также другую техническую поддержку. Для реферирования статьи в Chemical Abstracts (на английском языке) и Грузинском реферативном журнале (на английском и грузинском языках) авторам следует предусмотреть содержательные резюме на обоих языках. Оплата расходов по публикации производится перечислением согласованной с коллегией суммы на счёт Национальной Академии наук Грузии в Казначействе Грузии (код банка TRESGE22, код получателя 708777499).