

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**

**2015 № 4**

**ტომი  
Volume 41**

**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**

	<b>ტომი</b>
<b>2015 № 4</b>	<b>Volume 41</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**

ტომი

Volume **41 № 4**

Том

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

წელიწადში 4 ნომერი  
4 numbers annually  
4 номера в год

თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2015

## სარედაქციო კოლეგია

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

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიების განყოფილება  
თბილისი, რუსთაველის გამზირი 52  
პასუხისმგებელი მდივანი რ.ცისკარიშვილი, მდივანი ქებრალიძე  
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 რეფერატებს აქვეყნებს Chemical Abstracts\* და საქართველოს რეფერატული ჟურნალი\*\*

## EDITORIAL BOARD

I.Jordania, Sh.Samsoniya, E.Kemertelidze, 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, Ш.А.Самсония, Э.П.Кемертелидзе, 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**


---

<b>ანალიზური ქიმია</b>	
<i>გ.გორელიშვილი, პ.ნიკოლეიშვილი, გ.წურწუმა, ვ.კვესელავა, რ.კურტანიძე.</i> ჰიპოფოსფიტის სპექტროფოტომეტრული განსაზღვრა ფოსფატის თანაობისას	327
<b>ელექტროქიმია</b>	
<i>თ.ლაფერაშვილი, შ.ლომთაშვილი.</i> ალუმინის ელექტროქიმიური დაფენა გალიუმის არსენიდზე	335
<i>თ.ჩახუნაშვილი, თ.როყვა, ე.ქებაძე, მ.დალუნაშვილი, ზ.ვაწაძე, შ.მახათაძე, ნ.ბუთლიაშვილი.</i> დახურული ელექტროლიზური აბაზანის დამუშავება მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის ერთდროული მიღებით	339
<i>თ.როყვა, თ.ჩახუნაშვილი, დ.ძანაშვილი, ნ.ბუთლიაშვილი, თ.მაჩალაძე, ლ.როყვა.</i> წვრილდისპერსული ელექტროლიზური მანგანუმის დიოქსიდის რენტგენოფაზური და თერმოქიმიური კვლევა	345
<i>გ.ცაგარელი, შ.მახათაძე, ნ.მაისურაძე, ლ.ბაცანაძე.</i> რკინის შემცველი ხსნარებიდან მიღებული მანგანუმის დიოქსიდის კონდენსატორული თვისებები*	351
<b>ფიზიკური ქიმია</b>	
<i>ა.ფაშაევი, ო.დავარაშვილი, მ.ენუქაშვილი, ზ.ახვლედიანი, ლ.ბიჩკოვა, რ.ვილიავევი, მ.დავანია.</i> $A^{IV}B^{VI}$ ნახევარგამტარულ ეპიტაქსიულურ ფენებში მაღალი დეფორმაციების მისაღწევად ექსპერიმენტული პირობების ოპტიმიზაცია*	357
<i>ა.ფაშაევი, ო.დავარაშვილი, მ.ენუქაშვილი, ლ.ბიჩკოვა, მ.დავანია, ვ.ზლომანოვი.</i> $A^{IV}B^{VI}$ მრავალკომპონენტიანი მყარი ხსნარების საფუძველზე შექმნილი იწ ლაზერების ზღვრული დენის და გამოსხივების სიმძლავრის შესახებ*	360
<i>მ.არონიშიძე, ზ.ვარდოსანიძე, ი.ნახუცრიშვილი, რ.სალუქვაძე, ს.თავზარაშვილი, ქ.თევდორაშვილი, ა.ჭანიშვილი, გ.ჭილაია.</i> მონოკრისტალური გერმანიუმის ზედაპირის გაზური ამოჭმის საკითხისათვის*	365
<i>მ.სირაძე, ნ.ნუფარიძე, ე.ჩხაიძე, ი.გოქსაძე, ვ.თვალთაშვილი, ო.დიოვიძე.</i> ბამბის ზეთის თანაური ნივთიერებების ფაზათაშორისი აქტივობა*	369
<b>მათემატიკური ქიმია</b>	
<i>ნ.კუპატაძე, მ.რუსია, მ.გვერდწითელი.</i> ნატრიუმის ჰალოგენიდების მათემატიკური-ქიმიური კვლევა ანბ-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში	370
<b>კომპლექსნაერთთა ქიმია</b>	
<i>ც.ვაბელია, ლ.ჯაფარიძე, ე.სალუქვაძე, ვ.ჩიმაკაძე, ნ.ოსიპოვა, თ.კვერნაძე.</i> ლითონკომპლექსების სინთეზი	372
<b>მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ქიმია</b>	
<i>მ.შალამბერიძე, ნ.ლომთაძე.</i> საფენსაცმელე პოლიმერული კომპოზიციური მასალების კვლევა თერმული ანალიზის მეთოდით*	377
<b>აგრარული ქიმია</b>	
<i>ო.ლომთაძე, ლ.ცხვედაძე, დ.კაკაშვილი, ნ.ლომთაძე, რ.ცისკარიშვილი.</i> ვაშლის მავნებლების საწინააღმდეგო ეკოლოგიურად ნაკლებად საშიფათო პრეპარატები	378
<i>ქ.ჩხაიძე, რ.ზედგინიძე.</i> ვაზში ტოქსიკური ელემენტების შემცველობის დადგენა	382

\* რეზიუმე

<i>რ.თუშურაშვილი, მ.ფანჩიძე, ც.ბასილაძე, გ.ხიდეშელი, გ.შანიძე, მ.მამარდაშვილი, ნ.კვიციანი.</i>	384
ოზონის გამოყენება სოფლის მეურნეობაში ზოგიერთი კულტურის თესვების აღმოცენების და ზრდის ინტენსიფიცირების მიზნით	
<b>ფარმაცოქიმია</b>	
<i>პ.იავინი, ლ.ჭურაძე, მ.კახეთელიძე, მ.გაბელაია.</i>	389
სამკურნალო ტალახ “ახტალიდან” ლიპოფილური ნივთიერებების ჯამის შემცველი ექსტრაქტების მიღება კოსმეტოლოგიასა და ფარმაციაში მათი გამოყენების მიზნით*	
<i>ნ.აბულაძე, მ.ჯავახია, ქ.გაბუნია, მ.გაბელაშვილი.</i>	393
გვარი კანდიდას სოკოების მიერ გამოწვეული საშოს სოკოვანი დაავადების სამკურნალო პოტენციური მალამოს რეცეპტურის შემუშავება*	
<i>ნ.აბულაძე, მ.ჯავახია, ქ.გაბუნია, მ.გაბელაშვილი.</i>	396
გვარი კანდიდას სოკოების მიერ გამოწვეული საშოს სოკოვანი დაავადების სამკურნალო პოტენციური სუპოზიტორიების რეცეპტურის შემუშავება*	
<b>ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთები</b>	
<i>თ.წიფივაძე, ნ.ჩიგოვიძე, რ.კლდიაშვილი.</i>	401
თანამედროვე ცნობები შაქრიანი დიაბეტის შესახებ*	
<b>გარემოს ქიმია</b>	
<i>ნ.ქარქაშაძე, ქ.ებრაღიძე, ი.მიქაძე, მ.ლუარსაბიშვილი, რ.კუბლაშვილი.</i>	402
ბიოსფეროს ქიმიური დამაბინძურებლები და მცენარეები	
<b>ქიმიური ეკოლოგია</b>	
<i>ი.ბაზლაძე, ი.გელიშვილი, მ.გუგუშვილი, ს.ცოცხალაშვილი.</i>	406
სპილენძის ნაერთების ზემოქმედება ბიოსფეროსა და ცოცხალ ორგანიზმებზე	
<b>ქიმიური ტექნოლოგია</b>	
<i>ი.ფულარიანი, ნ.კეკელიძე, მ.კერესელიძე, რ.რაზმაძე, ნ.ხუციშვილი.</i>	409
დაბალხარისხიანი კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენის გზით მაგნიუმის სილიციდისა და სილანის მიღების პროცესების გამოკვლევა	
<i>ი.გელიშვილი, ი.ბაზლაძე.</i>	413
მანგანუმის ოქსიდური მადნის გამოტუტვა პირიტის კონცენტრატის ავტოკლაფური ჟანგვის პროდუქტის გამოყენებით	
<i>ი.ფულარიანი, ნ.კეკელიძე, მ.კერესელიძე, რ.რაზმაძე, ნ.ხუციშვილი.</i>	418
ქლორიდების ლობილში დაბალხარისხოვანი კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენის პროცესის გამოკვლევა	
<i>გ.წინწკალაძე, ვ.ციციშვილი, ბ.კეშელავა, რ.სხეიტარიძე, თ.შარაშენიძე, მ.ბურჯანაძე, შ.ვერულავა.</i>	424
ცემენტ-ბეტონის ტექნოლოგიაში საქართველოს ბუნებრივი ცელითების გამოყენების შესაძლებლობები*	
<i>მ.ნიშნაიანი, თ.ცინცაძე, ლ.ხოსიტაშვილი, პ.იავინი.</i>	428
კბილის ელიქსირების რეცეპტურისა და ტექნოლოგიის შემუშავება*	
<i>ზ.მიშელაშვილი, თ.ცინცაძე, ლ.ხოსიტაშვილი, პ.იავინი.</i>	434
თხევადი კრემის (კოსმეტიკური რძის) რეცეპტურის შემუშავებასთან დაკავშირებული კონცეფციები*	
<b>გახსენება - ელისაბედ ბენაშვილი</b>	435
<b>ინფორმაცია ავტორებისათვის</b>	438

\* რეზიუმე

---



---

 CONTENTS
 

---

**ANALYTICAL CHEMISTRY**

- P.Nikoleishvili, G.Gorelishvili, V.Kveselava, G.Tsurtsumia, R.Kurtanidze.* Spectrophotometric Determination of Hypophosphite in the Presence of Phosphates\* 334

**ELECTROCHEMISTRY**

- T.Laperashvili, S.Lomitashvili.* Electrochemical Deposition of Al on GaAs\* 338
- T.Chakhunashvili, T.Rokva, Z.Kebadze, M.Dadunashvili, Z.Vatsadze, Sh.Makhatadze, N.Butliashvili.* Elaboration of Closed Electrolysis Bath for Simultaneous Receipt of Manganese Dioxide and Hydrogen\* 344
- T.Rokva, T.Chakhunashvili, D.Dzanashvili, N.Butliashvili, T.Machaladze, L.Rokva.* X-Ray Phase and Thermochemical Investigation of Fine-Dispersed Electrolytic Manganese Dioxide\* 348
- G.Tsagareli, Sh.Makhatadze, N.Maisuradze, L.Batsanadze.* Capacitor Property of the Manganese Dioxide Anodic Films, Obtained from the Iron-Containing Solution\* 351

**PHYSICAL CHEMISTRY**

- A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, L.P.Bychkova, R.G.Gulyaev, M.A.Dzagania.* Optimization of the Experimental Conditions for the Achievement of High Deformations in the Epitaxial Layers of IV-VI Semiconductors\* 357
- A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, L.P.Bychkova, M.A.Dzagania, V.P.Zlomanov.* On the Threshold Current and the Power of Radiation in IR Lasers on the Base of Multicomponent Solid Solutions of IV-VI Compositions\* 360
- M.Aronishidze, Z.Wardosanidze, I.Nakhutsrishvili, R.Salukvadze, S.Tavzarashvili, K.Tevdorashvili, A.Chanishvili, G.Chilaya.* Some Aspects of the Gas Etching of a Monocrystalline Germanium Surface\* 365
- M.Siradze, N.Neparidze, E.Chkhaidze, I.Goksadze, V.Tvaliashvili, O.Diogidze.* Inter-Phase Activity of Cotton Oil Co-Substances\* 369

**MATHEMATICAL CHEMISTRY**

- N.Kupatadze, M.Rusia, M.Gverdtsiteli.* Mathematical-Chemical Investigation of Sodium Halides within the Scope of ANB-Matrices Method\* 371

**CHEMISTRY OF COORDINATION COMPOUNDS**

- Ts.Gabelia, L.Jafaridze, E.Salukvadze, G.Chimakadze, N.Osipova, T.Kvernadze.* Synthesis of Metal Complexes\* 374

**CHEMISTRY OF MACROMOLECULAR COMPOUNDS**

- M.M.Shalamberidze, N.Z.Lomtadze.* Research of Shoe Polymer Composition Materials by Methods of Thermal Analysis\* 377

**AGRARIAN CHEMISTRY**

- O.Lomtadze, L.Tskhvedadze, D.Kakashvili, N.Lomtadze, R.Tsiskarishvili.* Environmentally Low Hazard Drugs against Apple Pests\* 381
- K.Chkhaidze, R.Zedgenidze.* Determination of Content of Toxic Elements in the Vineyard\* 383
- R.Tushurashvili, M.Panchvidze, Ts.Basiladze, G.Khidesheli, G.Shanidze, M.Mamardashvili, N.Kvirkvelia.* Ozone Application in the Agriculture for Intensification of Germination and Growth of the Seeds of Some Crops\* 385

---

 \* Summary

**PHARMACOCHEMISTRY**

*P.A.Yavich, L.I.Churadze, M.B.Kahetelidze, M.A.Gabelaya.* The Resulting Extract Containing the Amount of Lipophilic Substances of Therapeutic Mud "Akhtala", for Use in Cosmetics and Pharmacy\* 389

*N.Abuladze, M.Javakhia, K.Gabunia, M.Gabelashvili.* Elaboration of the Potential Ointment for Treatment Vaginal Yeast Invasive Diseases Caused by Fungus of the Genus *Candida*\* 393

*N.Abuladze, M.Javakhia, K.Gabunia, M.Gabelashvili.* Elaboration of The Potential Suppositories for Treatment Vaginal Yeast Invasive Diseases Caused by Fungus of the Genus *Candida*\* 396

**BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS**

*T.I.Tsvitsivadze, N.Sh.Chigogidze, R.Sh.Kldiashvili.* Modern Information about Sugar Diabetes\* 401

**ENVIRONMENTAL CHEMISTRY & CHEMICAL ECOLOGY**

*N.Karkashadze, K.Ebralidze, I.Mikadze, M.Luarsabushvili, R.Kublashvili.* The Biosphere Chemical Pollution and Plant\* 405

*I.Bazghadze, I.Geleshvili, M.Gugeshidze, S.Tsotskhalashvili.* Effect of Metal Cu on the Environment and Living Organisms\* 408

**CHEMICAL TECHNOLOGY**

*I.Pulariani, N.Kekelidze, M.Kereselidze, R.Razmadze, N.Khutsishvili.* Study of Processes of Magnesium Silicide and Silan Receipt by Magnesium Thermal Reduction of Low-Quality Quartzite\* 412

*I.Geleshvili, I.Bazgadze.* Leaching of Oxidized Manganese Ore with the Use of Product of Pressure Oxidation of Pyrite Concentrate\* 417

*I.Pulariani, N.Kekelidze, M.Kereselidze, R.Razmadze, N.Khutsishvili.* Study of Magnesium-Thermal Reduction Process of Low-Quality Quartzite in Chloride Melt\* 421

*G.Tsintskaladze, V.Tsitsishvili, B.Keshelava, R.Skhvitaridze, T.Sharashenidze, M.Burdjanadze, Sh.Verulava.* Possibilities of Application of Georgian Natural Zeolites in Cement and Concrete Technology\* 424

*M.V.Nishnianidze, T.G.Tsintsadze, L.V.Khositashvili, P.A.Iavich.* Formulation and Technology of Tooth Elixirs\* 428

*Kh.T.Mishelashvili, T.G.Tsintsadze, L.V.Khositashvili, P.A.Iavich.* On the Question of the Concept of Development of Liquid Formulations of Creams (Cosmetic Milk)\* 434

**IN MEMORY –ELISABED M. BENASHVILI** 437

**INFORMATION for AUTHORS** 438

## СОДЕРЖАНИЕ

**НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

- П.О.Николеишвили, Г.Г.Горелишвили, В.М.Квеселава, Г.С.Цурицумия, Р.Р.Куртанидзе.* 334  
Спектрофотометрическое определение гипофосфита в присутствии фосфата\*

**ЭЛЕКТРОХИМИЯ**

- Т.А.Лаперашвили, Ш.А.Ломиташвили.* Электрохимическое осаждение Al на GaAs\* 338
- Т.А.Чахунашвили, Т.В.Роква, Ж.М.Кебадзе, М.Т.Дадунашвили, З.Ш.Вацадзе, Ш.М.Махатадзе, Н.И.Бутлиашвили.* Разработка закрытой электролизной ванны для одновременного получения диоксида марганца и водорода\* 344
- Т.Роква, Т.Чахунашвили, Д.Дзанашвили, Н.Бутлиашвили, Т.Мачаладзе, Л.Роква.* 348  
Рентгенофазное и термохимическое исследование мелкодисперсного электролитического диоксида марганца\*
- Г.А.Цагарели, Ш.М.Махатадзе, Н.Г.Майсурадзе, Л.Г.Бацанадзе.* Конденсаторные свойства анодных плёнок диоксида марганца, полученных из растворов, содержащих ионы железа 349

**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

- А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледиани, Л.П.Бычкова, Р.Г.Гуляев, М.А.Дзаганя.* Оптимизация экспериментальных условий для достижения высоких деформаций в эпитаксиальных слоях полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  352
- А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, Л.П.Бычкова, М.А.Дзаганя, В.П.Зломанов.* О пороговом токе и мощности излучения ИК лазеров на основе многокомпонентных твердых растворов соединений  $A^{IV}B^{VI}$  358
- М.Н.Аронишидзе, З.В.Вардосанидзе, И.Г.Нахуцишвили, Р.Э.Салуквадзе, С.П.Тавзарашвили, К.Г.Тевдорашвили, А.Г.Чанишвили, Г.С.Чилая.* К вопросу газового травления поверхности монокристаллического германия 361
- М.Г.Сирадзе, Н.С.Непаридзе, Е.Т.Чахидзе, И.Б.Гоксадзе, В.Б.Твалиашвили, О.Ш.Диогидзе.* Межфазная активность сопутствующих веществ хлопковых масел 366

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

- Н.О.Купатадзе, М.Г.Русия, М.И.Гвердцители.* Математико-химическое исследование галогенидов натрия в рамках метода АНС-матриц\* 371

**ХИМИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

- Ц.С.Габелия, Л.К.Джапаридзе, Э.Ш.Салуквадзе, Г.Г.Чимакадзе, Н.А. Осипова, Т.К.Квернадзе.* Синтез металлокомплексов\* 374

**ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

- М.М.Шаламберидзе, Н.З.Ломтадзе.* Исследование обувных полимерных композиционных материалов методами термического анализа 375

**АГРОХИМИЯ**

- О.Г.Ломтадзе, Л.П.Цхведадзе, Д.М.Какашвили, Н.О.Ломтадзе, Р.П.Цискаришвили.* 381  
Экологически малоопасные препараты против вредителей яблони\*
- К.Чахидзе, Р.Зедгинидзе.* Установление содержания токсических элементов в винограду\* 383

\* Резюме

<i>Р.Г.Тушурашвили, М.В.Панчвидзе, Ц.М.Басиладзе, Г.И.Хидешели, Г.В.Шанидзе, М.И.Мамардашвили, Н.М.Квирквелия.</i> Применение озона в сельском хозяйстве с целью интенсификации прорастания и роста семян некоторых культур*	385
<b><u>ФАРМАКОХИМИЯ</u></b>	
<i>П.А.Явич, Л.И.Чурадзе, М.Б.Кахетелидзе, М.А.Габелая.</i> Получение экстрактов, содержащих сумму липофильных веществ из лечебной грязи "Ахтала", для использования в косметологии и фармации	386
<i>Н.Б.Абуладзе, М.Ш.Джавахиya, К.У.Габуня, М.В.Габелашвили.</i> Разработка рецептуры мази потенциального средства для лечения грибковых заболеваний влагалища, вызванных грибами рода <i>Candida</i>	390
<i>Н.Б.Абуладзе, М.Ш.Джавахиya, К.У.Габуня, М.В.Габелашвили.</i> Разработка рецептуры и технологии суппозиторий потенциальных средств для лечения грибковых заболеваний влагалища, вызванных грибами рода <i>Candida</i>	394
<b><u>БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ</u></b>	
<i>Т.И.Цивцивадзе, Н.Ш.Чигогидзе, Р.Ш.Клдиашвили.</i> Современные сведения о сахарном диабете	397
<b><u>ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ и ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ</u></b>	
<i>Н.Г.Каркашадзе, Л.Г.Эбралидзе, И.И.Микадзе, М.С.Луарсабишвили, Р.Кублашвили.</i> Химическое загрязнения биосферы и растения*	405
<i>И.Г.Базгадзе, И.Т.Гелиашвили, М.К.Гугешидзе, С.Г.Цоцхалашвили.</i> Воздействие металла меди на окружающую среду и живые организмы*	408
<b><u>ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ</u></b>	
<i>Ю.И.Пулариани, Н.Р.Кекелидзе, М.В.Кереселидзе, Р.С.Размадзе, Н.Т.Хуцишвили.</i> Исследование процесса получения силицида магния и силана путём магнийтермического восстановления низкосортного кварцита*	412
<i>И.Т.Гелеишвили, И.Г.Базгадзе.</i> Выщелачивание окисленной марганцевой руды с использованием продукта автоклавного окисления пиритного концентрата*	417
<i>Ю.И.Пулариани, Н.Р.Кекелидзе, М.В.Кереселидзе, Р.С.Размадзе, Н.Т.Хуцишвили.</i> Исследование процесса магнийтермического восстановления низкосортного кварцита в расплаве хлоридов*	421
<i>Г.Цинцкаладзе, В.Цицишвили, Б.Кешелава, Р.Схвитаридзе, Т.Шарашенидзе, М.Бурджанадзе, Ш.Верулава.</i> Возможность использования природных цеолитов Грузии в технологии цемент-бетонов	422
<i>М.В.Нишнанидзе, Т.Г.Цинцадзе, Л.В.Хоситашвили, П.А.Явич.</i> Разработка рецептуры и технологии зубных эликсиров	425
<i>Х.Т.Мишелашвили, Т.Г.Цинцадзе, Л.В.Хоситашвили, П.А.Явич.</i> К вопросу концепции разработки рецептур жидких кремов (косметического молочка)	429
<b>ПАМЯТИ Е.М.БЕНАШВИЛИ</b>	437
<b>ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ</b>	438

\* Резюме

## ჰიპოფოსფიტის სპექტროფოტომეტრული განსაზღვრა ფოსფატის თანაობისას

გიორგი გორელიშვილი, პაატა ნიკოლეიშვილი, გიგლა წურწუშია, ვალენტინა კვესელავა,  
რუსუდან კურტანიძე

*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
რაფიელ აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი*

შემოთავაზებულია ჰიპოფოსფიტის სპექტროფოტომეტრული განსაზღვრა ხსნარში ფოსფატის თანაობისას. დადგენილია  $H_2PO_2^-$  და  $H_2PO_4^-$  აბსორბციული პიკები ტალღათა 360-700 ნმ სიგრძის დიაპაზონში. შესწავლილია ხსნარის მუქიანობის გავლენა  $H_2PO_2^-$  და  $H_2PO_4^-$  ოპტიკურ სიმკვრივეებზე და დადგენილია, რომ მათი მაქსიმუმები (400 ნმ და 700 ნმ) მიიღება 0.5 ნ HCl-ში. დადგენილია ნარევი ფირორდტის მეთოდის გამოყენებით  $H_2PO_2^-$  და  $H_2PO_4^-$  ინდივიდუალური ნაერთების შემადგენლობის გამოთვლის შესაძლებლობა.

უკანასკნელი წლების განმავლობაში განუყრელად მატულობს ენერგომატარებლებზე მსოფლიო მოსახლეობის და მრეწველობის მოთხოვნილება. ინდუსტრიულმა რეკლუციამ ცხადი გახადა, რომ დედამიწაზე არსებული წიაღისეული სათბობის (ქვანახშირი, ხე-ტყე, ნავთობი, ბუნებრივი აირი) მარაგი არც თუ ისე შორეულ მომავალში პროგრესირებადი მასშტაბით და ტემპით ვერ უზრუნველყოფს ტრადიციულ ენერგომატარებლებზე მოთხოვნილებას, რაც განაპირობებს საწვავზე ფასის ზრდას. უკანასკნელი გარემოება იწვევს ენერგომომარაგების ალტერნატიული წყაროების ძიებას და შესაბამისი ინოვაციური ტექნოლოგიების განვითარებას.

ამის გარდა, ენერგეტიკა, რომელიც იყენებს „ტრადიციულ“ სათბობს (ნავთობი, ქვანახშირი, ბუნებრივი აირი), ქმნის ეკოლოგიურ პრობლემებს, ხოლო, შედარებით ახალი სფერო, ატომური ენერგეტიკა, დაკავშირებულია გარკვეულ რისკთან. მაგრამ ცივილიზაციის არსებობა ენერგიის გარეშე შეუძლებელია. ამიტომ ენერგეტიკული პრობლემების გადაჭრის გზების ძიებასთან ერთად აუცილებელია ეკოლოგიურ უსაფრთხოებაზე ზრუნვაც, ე.ი. კაცობრიობა უნდა გადავიდეს ენერგიის ისეთ ახალ, ალტერნატიულ წყაროებზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ ელექტროენერგიაზე არსებული მოთხოვნილების დაკმაყოფილებას “სუფთა ენერგეტიკის” პრინციპების გათვალისწინებით. ამ მიმართულებით კომპრომისულ გადაწყვეტილებას წარმოადგენენ სათბობის ელემენტები.

სათბობის ელემენტები - კომპაქტური მოწყობილობებია, რომლებიც რომელიმე სახის სათბობს გარდაქმნიან ელექტრულ ენერგიად. სათბობის ელემენტში საწვავად შეიძლება გამოყენებული იყოს თხევადი - მეთანოლი, ეთანოლი, ეთილენგლიკოლი, ჰიდრაზინი და სხვ., მყარი -  $Al, Zn, Mg$  და სხვ., აირადი -  $H_2, CO, CH_4$  და ა.შ. ნაერთები. ჩამოთვლილთაგან ენერგომატარებლად უპირატესად წყალბადია არჩეული, რაც განპირობებულია: ა) მისი ეკოლოგიური უსაფრთხოებით (წვის პროდუქტია წყალი); ბ) შედარებით მაღალი ენერგეტიკული სიმკვრივით (142 კჯ/გ); გ) მაღალი თბოგამტარობით; დ) დაბალი სიბლანტით, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია მისი მილსადენებში გატარების დროს; ე) ნელეულის პრაქტიკულად განუსაზღვრელი მარაგით (თუ წყალბადის მისაღებად საწყის ნივთიერებად განიხილება წყალი) და ვ) მისი მრავალმხრივი გამოყენების შესაძლებლობით.

მნიშვნელოვანია წყალბადის შენახვის და ტრანსპორტირების პირობები. იგი შეიძლება შენახული იქნას კომპრესირებული ან გათხევადებული სახით ბალონებში, ადსორბირებული სახით აქტივირებულ ნახშირზე ან მეტალის შენადნობებზე და ასევე ჰიდრიდების -  $LiH; LiBH_4; MgH_2; NaAlH_4; NaH; NaBH_4$  სახით.

ჩვენ გათვალისწინებული გვაქვს წყალბადის წყაროდ ნატრიუმის ჰიპოფოსფიტის ( $NaH_2PO_2$ ) გამოყენება და მისი რიფორმინგის შედეგად გენერირებული წყალბადის საწვავად სათბობის ელემენტში მიწოდება.  $NaH_2PO_2$ -ის რიფორმინგის დროს ხსნარში მიიღება ფოსფორის სხვადასხვა მარილები, რომელთა იდენტიფიკაციისათვის დამუშავებული იქნა ჰიპოფოსფიტისა და ფოსფატის სპექტროფოტომეტრული განსაზღვრის მეთოდი.

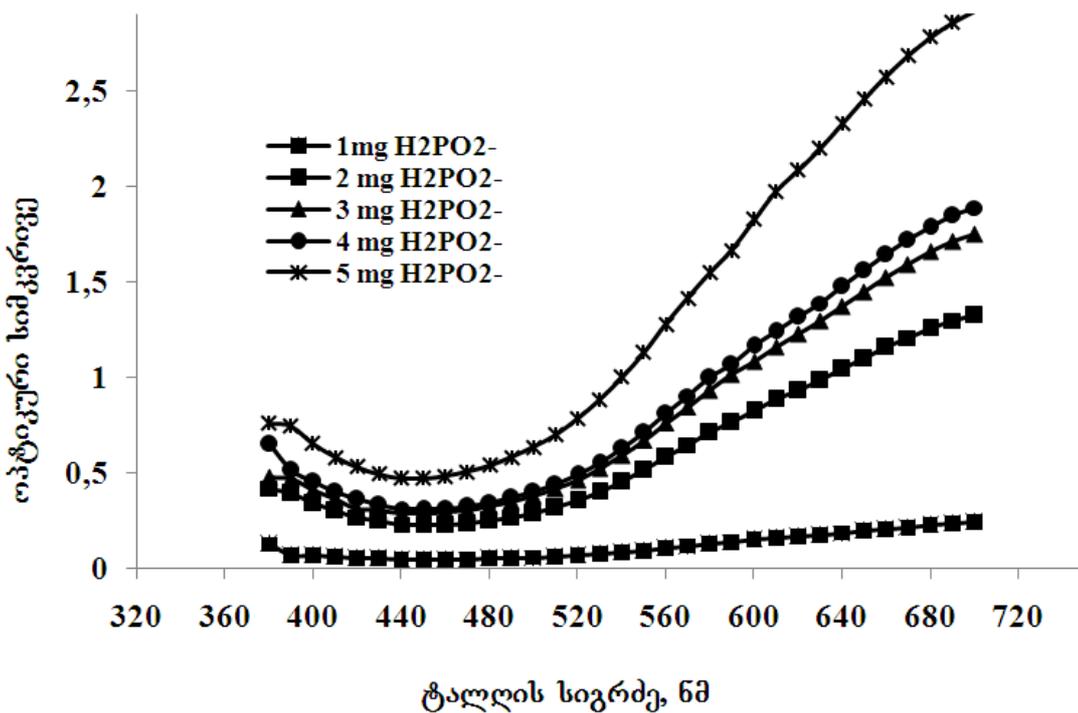
**ექსპერიმენტული ნაწილი**

**გამოყენებული რეაქტივები.** მეთოდიკაში გამოყენებული იყო ამონიუმის ჰეფტამოლიბდატის  $(NH_4)_6Mo_7O_{14} \cdot 4H_2O$  ხსნარი, რომელიც მზადდებოდა 100 გ სუბსტრატის გახსნით 200 მლ დისტილირებულ წყალში 60 მლ კონცენტრირებული მარილმჟავას დამატებით. მიღებული ხსნარი დისტილირებული წყლით დაყვანილი იყო ერთ ლიტრ მოცულობამდე. დამზადებული იყო აგრეთვე ნატრიუმის სულფიტის ~20%-ანი წყალხსნარი (20გ  $Na_2SO_3$  100 მლ დისტილირებულ წყალში). ლიტერატურიდან [1,2] ცნობილია, რომ ჰეფტამოლიბდატი ჰიპოფოსფიტთან მჟავა გარემოში ნატრიუმის სულფიტის თანაობისას წარმოქმნის ფერად კომპლექსს. ამიტომ შეფერილობის დარეგულირებისათვის გამოყენებული იყო 6 ნ HCl.

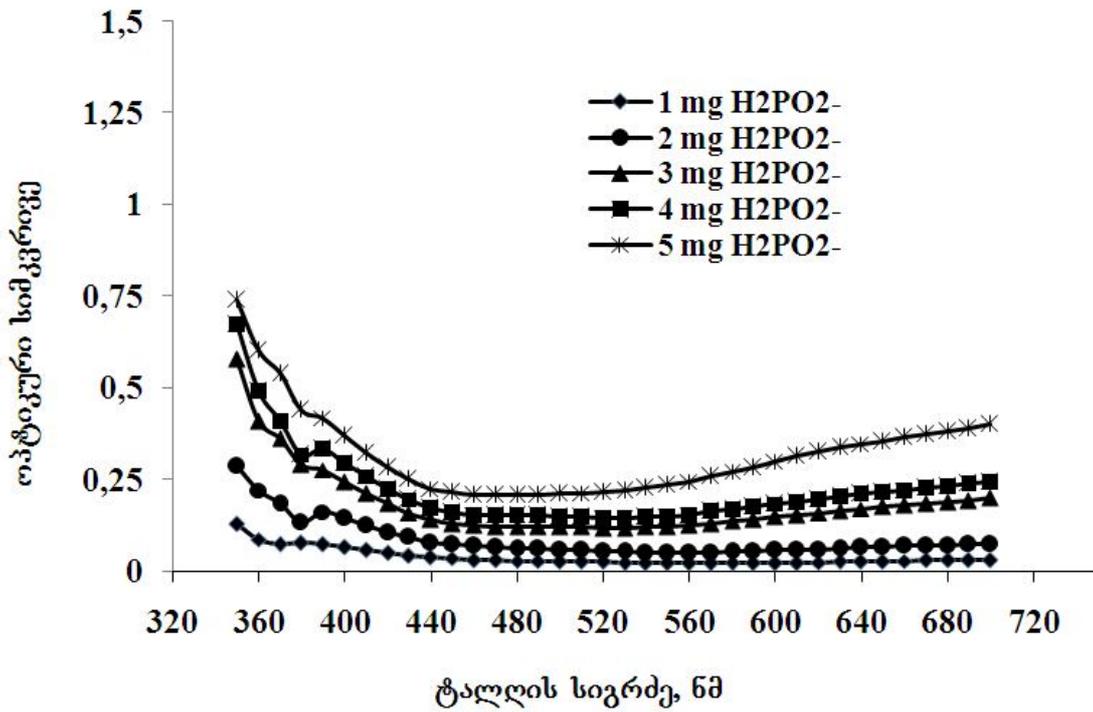
**გამოყენებული მოწყობილობა.** ხსნარის შთანთქმის უნარი, ანუ ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივე, ტალღის სხვადასხვა სიგრძეზე გაზომილი იყო 1 სმ-ანი სიგანის კიუვეტში სპექტროფოტომეტრის HACH DR/4000V საშუალებით.

**შედეგები და მათი განხილვა**

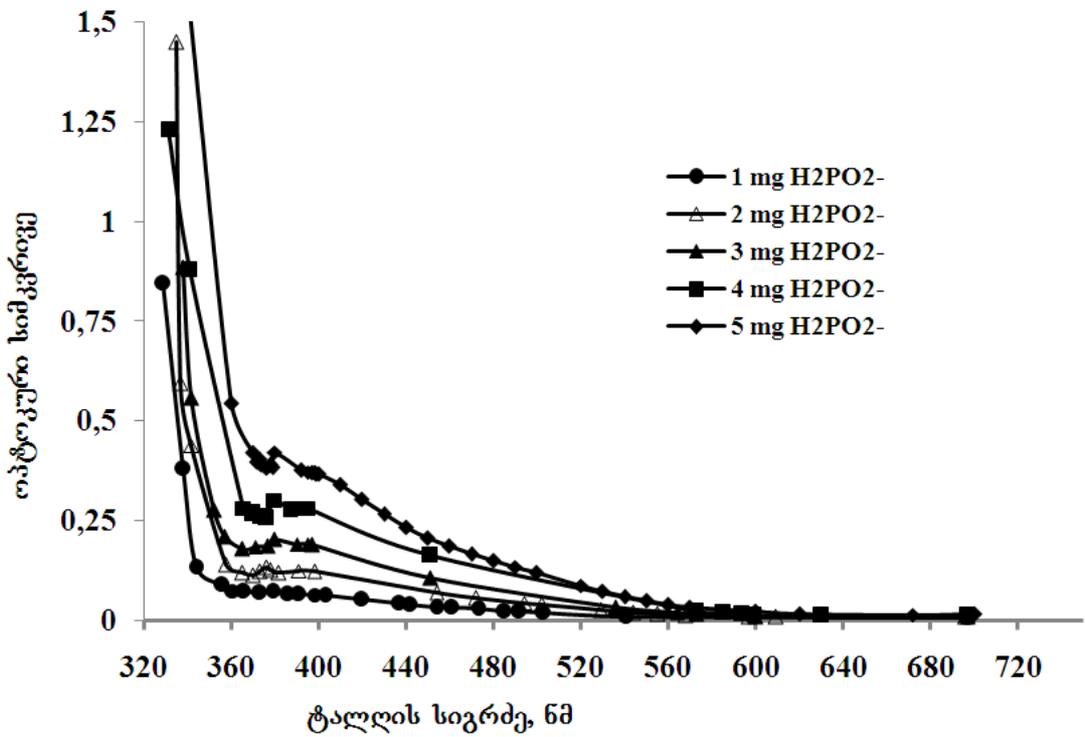
ნახ. 1-5-ზე წარმოდგენილია სხვადასხვა მჟავიანობის ხსნარებში  $H_2PO_2^-$ -ის და  $H_2PO_4^-$ -ის ოპტიკური სიმკვრივეები ტალღათა 360-700 ნმ სიგრძის დიაპაზონში. ნახაზებიდან ჩანს, რომ ხსნარების მჟავიანობის კორექტირებით იცვლება სინათლის შთანთქმის მაქსიმუმების ( $H_2PO_2^-$ -თვის 700 ნმ, ხოლო  $H_2PO_4^-$ -თვის 400 ნმ) მნიშვნელობები. კერძოდ, მჟავას კონცენტრაციის გაზრდით ოპტიკური სიმკვრივეები მცირდება.



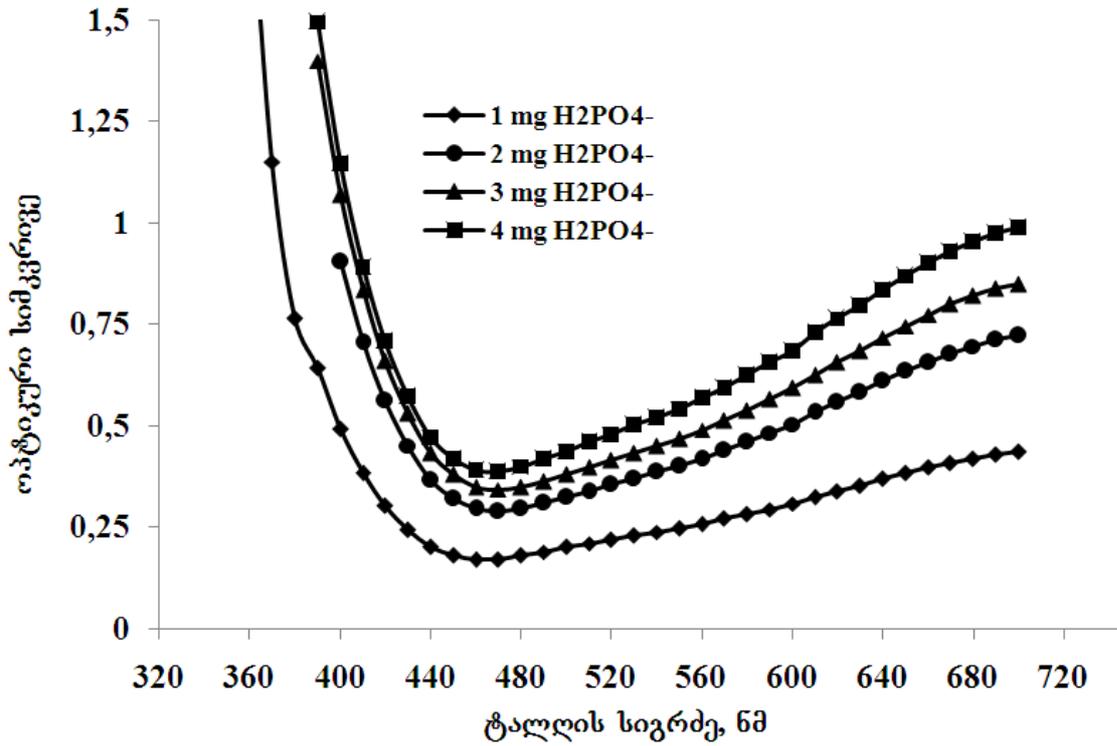
ნახ. 1. ტალღის სიგრძესა და ოპტიკურ სიმკვრივეს შორის დამოკიდებულება  $H_2PO_2^-$ -ის 0.5 ნ HCl წყალხსნარში.



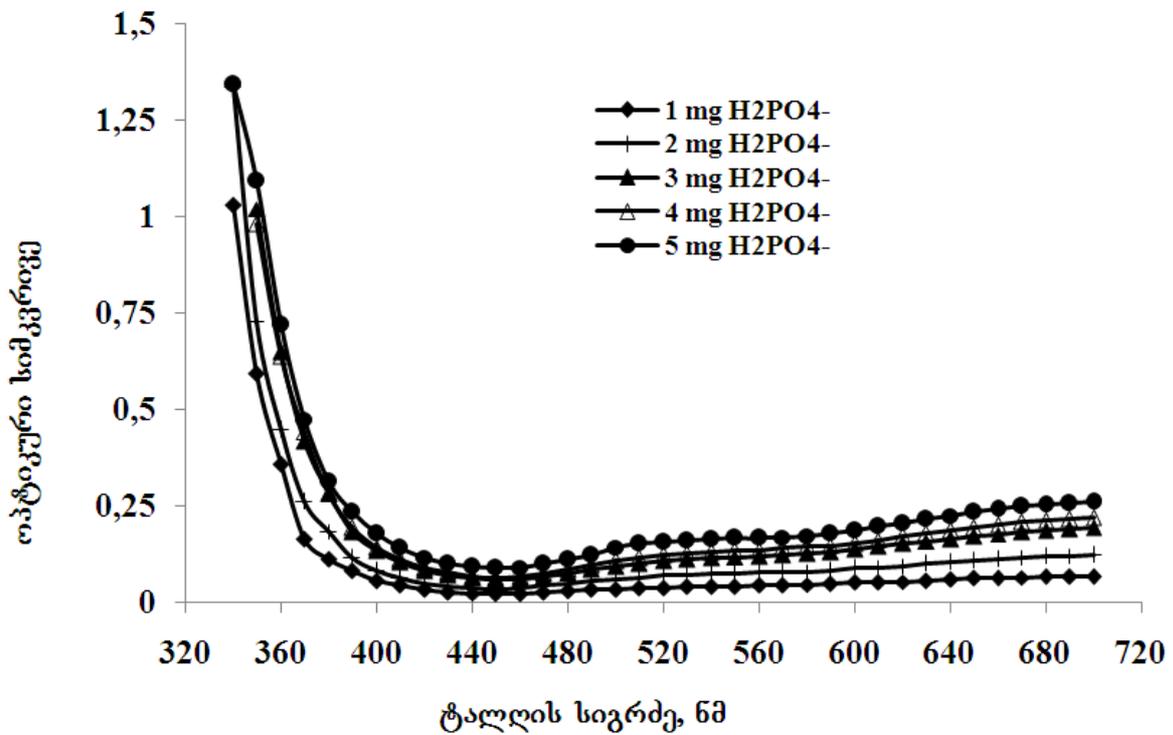
ნახ. 2. ტალღის სიგრძესა და ოპტიკურ სიმკვრივეს შორის დამოკიდებულება  $H_2PO_2^-$ -ის 1 ნ HCl წყალხსნარში.



ნახ. 3. ტალღის სიგრძესა და ოპტიკურ სიმკვრივეს შორის დამოკიდებულება  $H_2PO_2^-$ -ის 2.5 ნ HCl წყალხსნარში.

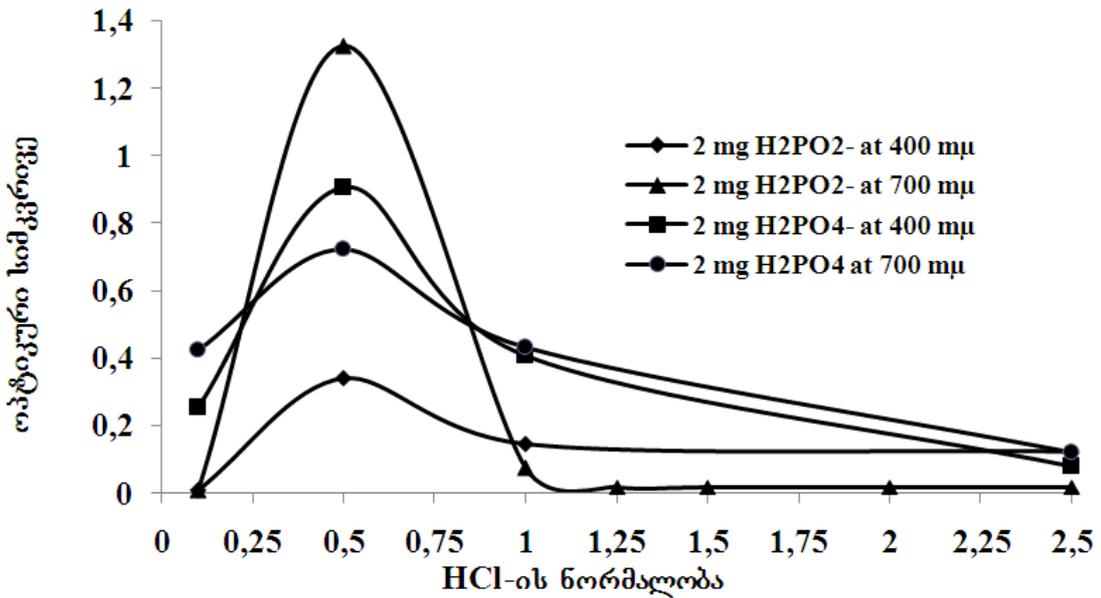


ნახ. 4. ტალღის სიგრძესა და ოპტიკურ სიმკვრივეს შორის დამოკიდებულება  $H_2PO_4^-$ -ის 0.5 ნ HCl წყალხსნარში.

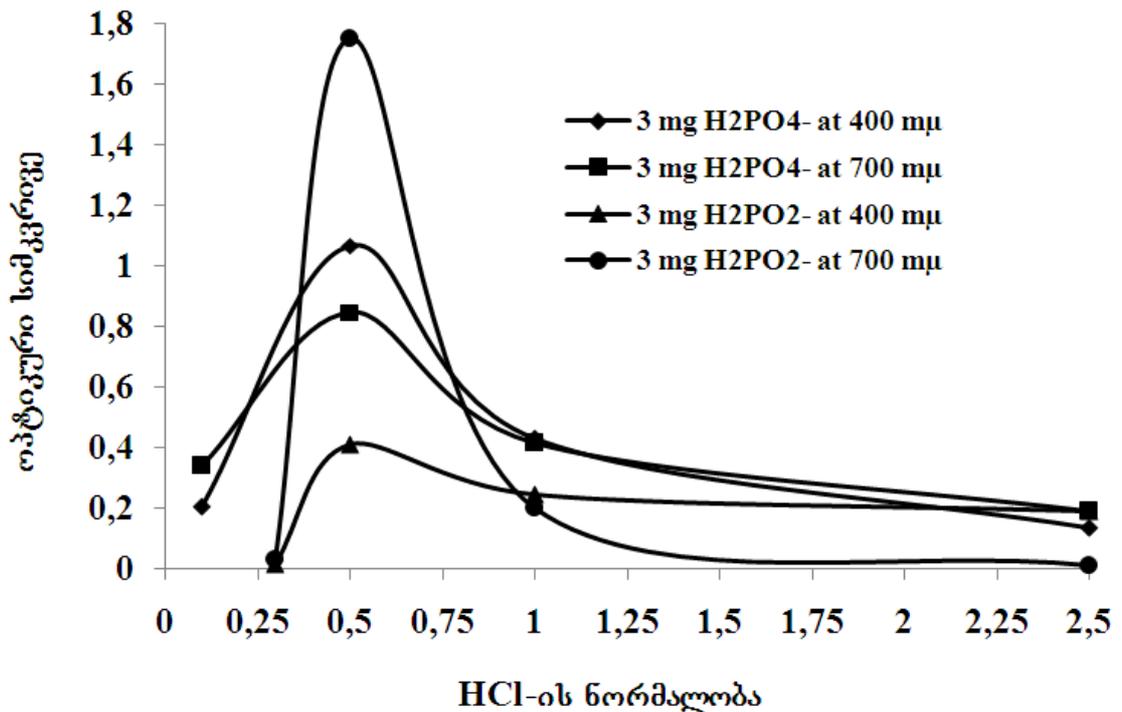


ნახ. 5. ტალღის სიგრძესა და ოპტიკურ სიმკვრივეს შორის დამოკიდებულება  $H_2PO_4^-$ -ის 2.5 ნ HCl წყალხსნარში.

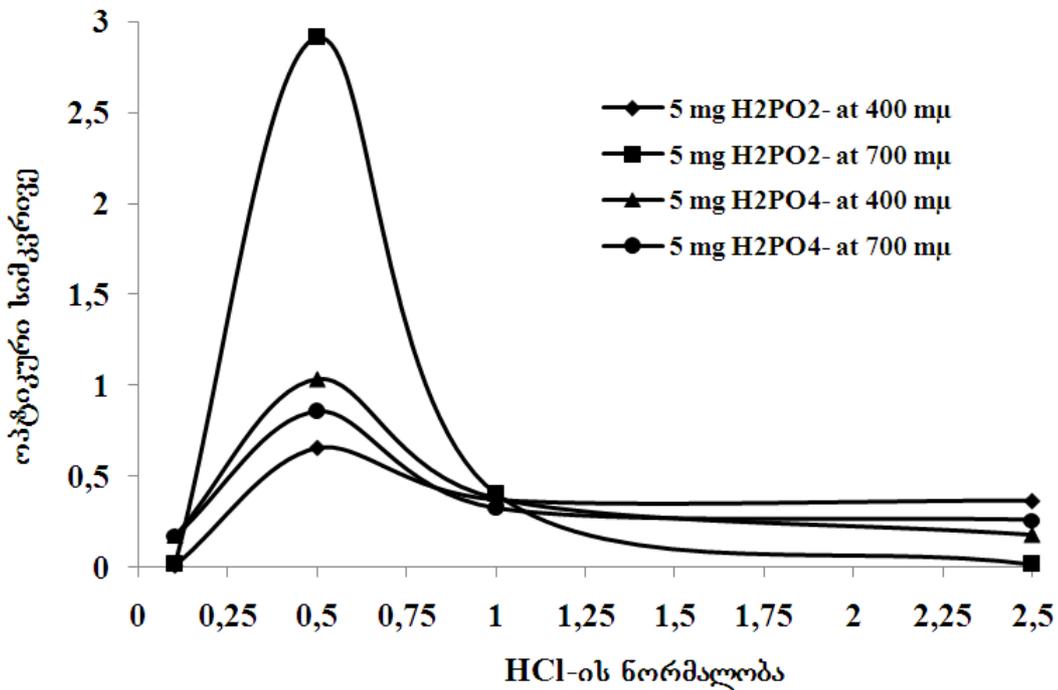
ნახ. 6-ზე წარმოდგენილი გრაფიკებიდან ჩანს, რომ ყველა შესწავლილი კონცენტრაციის მჟავა ხსნარებში ჰიპოფოსფიტი 400 ნმ ტალღის სიგრძეზე ავლენს შთანთქმის უნარს, მაშინ, როდესაც 700 ნმ ტალღის სიგრძეზე 1 ნ HCl-ის ხსნარში შთანთქმას პრაქტიკულად არ აქვს ადგილი. დიჰიდროფოსფატის შთანთქმას, როგორც 400 ნმ, ასევე 700 ნმ ტალღის სიგრძეზე, ადგილი აქვს ყველა შესწავლილი HCl-ის ნორმალობის ხსნარში.



ნახ. 6. ჰიპოფოსფიტისა და დიჰიდროფოსფატის შემცველი ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივის დამოკიდებულება მჟავას კონცენტრაციაზე ტალღის 400 ნმ და 700 ნმ სიგრძეზე.

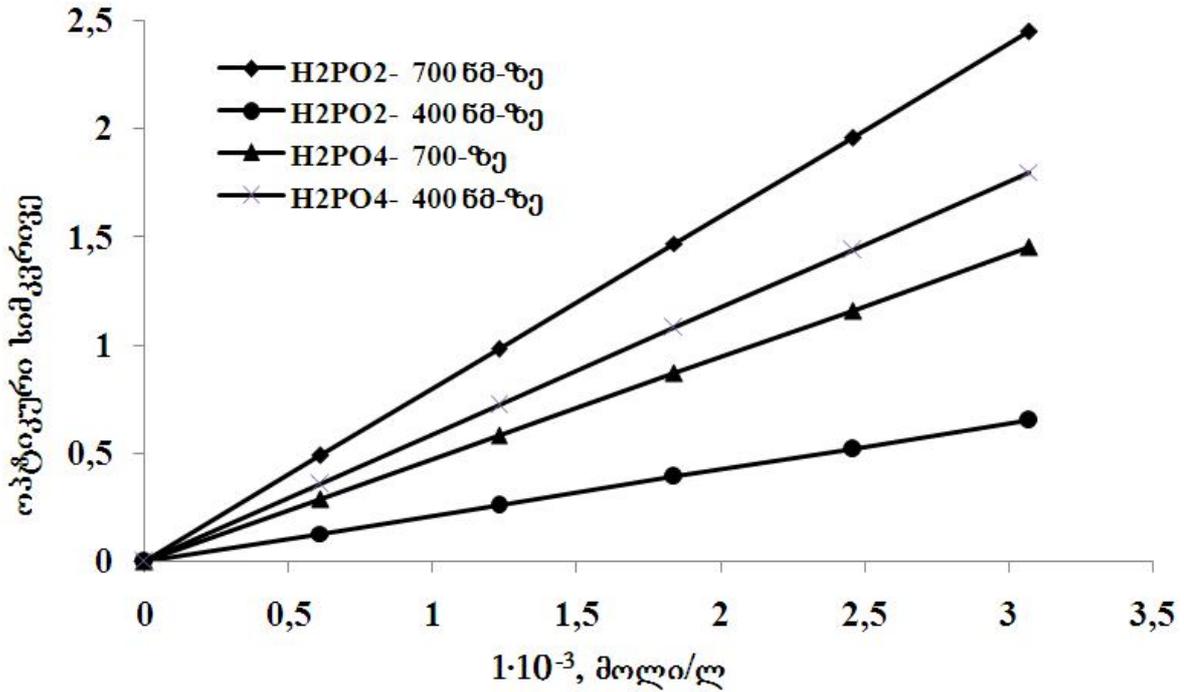


ნახ. 7. ჰიპოფოსფიტისა და დიჰიდროფოსფატის შემცველი ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივის დამოკიდებულება მჟავას კონცენტრაციაზე ტალღის 400 ნმ და 700 ნმ სიგრძეზე.

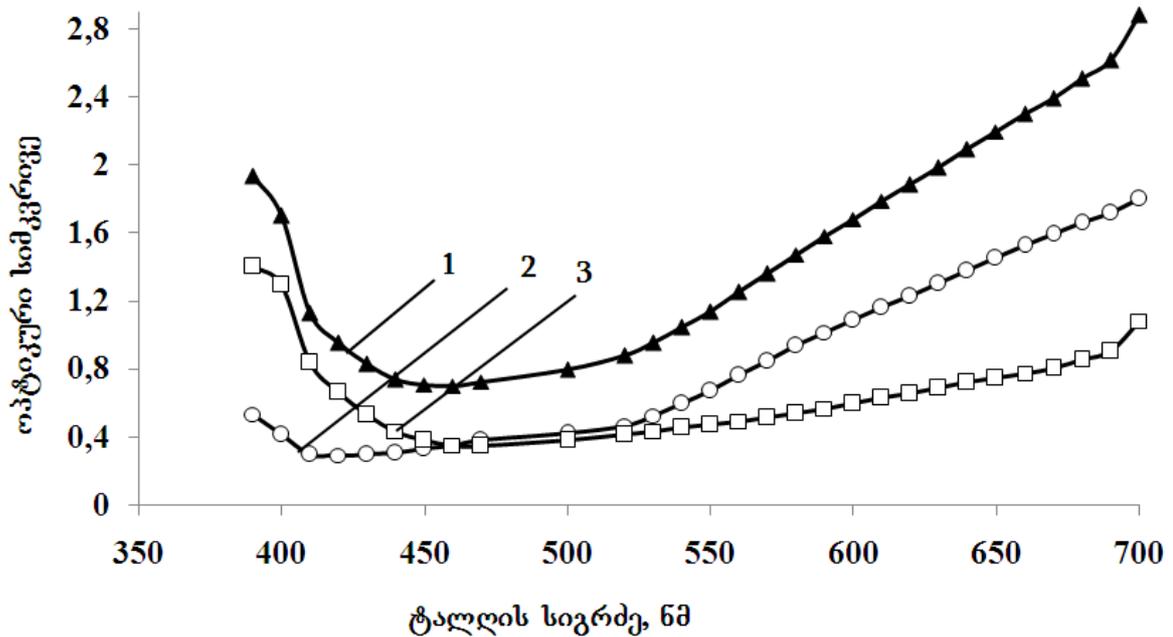


ნახ. 8. ჰიპოფოსფიტისა და დიჰიდროფოსფატის შემცველი ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივის დამოკიდებულება მჟავას კონცენტრაციაზე ტალღის 400 ნმ და 700 ნმ სიგრძეზე.

წარმოდგენილი ნახაზებიდან (ნახ. 6-8) ჩანს, რომ ინდივიდუალური ანიონებისათვის ( $H_2PO_2^-$  და  $H_2PO_4^-$ ) მაქსიმალური ოპტიკური სიმკვრივეები როგორც 400 ნმ, ასევე 700 ნმ ტალღის სიგრძეზე მიიღება 0.5 ნ  $HCl$ -ის ხსნარებში. ამიტომ ჰიპოფოსფიტის და დიჰიდროფოსფატის სტანდარტული ხსნარებისათვის აგებული იყო საკალიბრო გრაფიკები 0.5 ნორმალობის  $HCl$  ხსნარში 400 ნმ და 700 ნმ სიგრძის ტალღაზე. აბსცისათა ღერძზე გადაზომილი იყო კონცენტრაციები, ხოლო ორდინატაზე - შესაბამისი ოპტიკური სიმკვრივეების მნიშვნელობები (ნახ. 9). სტანდარტული ხსნარები მზადდებოდა 25 მლ-ის მოცულობის ხუთ საზომ კოლბაში, რომლებშიც მოთავსებული იყო მზარდი კონცენტრაციის  $H_2PO_2^-$ -ის ხსნარები (1-დან 5 მგ-მდე შემცველობის). ხსნარის გარკვეული მჟავიანობისათვის მას ემატებოდა 6 ნ მარილმჟავას შესაბამისი მოცულობა, 5 მლ ამონიუმის ჰეფტამოლიბდატის 10% ხსნარი და 5 მლ ნატრიუმის სულფიტის 20% ხსნარი. ბოლოს ზდებოდა დისტილირებული წყლით შევსება 25 მლ-მდე. საზომ კოლბაში მომზადებული ხსნარის კარგად შენჯღრევის და 30 წთ დაყოვნების შემდეგ ჩატარებული იყო მათი ფოტომეტრირება შედარებითი ხსნარის მიმართ, რომელსაც ტრადიციულად უწოდებენ „უქმს“. „უქმ“ ხსნარში იგულისხმება ყველა დამზარე რეაგენტის არსებობა, გარდა განსაზღვრავი ნივთიერებისა. ანალოგიურად ჩატარებული იყო  $H_2PO_4^-$  სინჯების აღების პროცედურაც. გაზომვის შედეგების საფუძველზე აგებული იყო საკალიბრო გრაფიკები კოორდინატებში ოპტიკური სიმკვრივე-ხსნარის კონცენტრაცია (ნახ. 9). ოპტიკური სიმკვრივის წრფივი დამოკიდებულება ხსნარის კონცენტრაციისაგან მიუთითებს ბუგერ-ლამბერტ-ბერის გაერთიანებულ კანონთან შესაბამისობაზე, რომლის მათემატიკური გამოსახულებაა  $D = \epsilon cl$ , სადაც  $D$  - ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივე;  $\epsilon$  - შთანთქმის კოეფიციენტი, ლ·მოლი<sup>-1</sup>·სმ<sup>-1</sup>;  $c$  - ხსნარის კონცენტრაცია, მოლი·ლ<sup>-1</sup>;  $l$  - შთანთქმის ფენის სისქე, სმ.



ნახ. 9. საკალიბრო გრაფიკები  $H_2PO_2^-$  და  $H_2PO_4^-$ -ისათვის 0.5 ნ HCl-ში.



ნახ. 10. ინდივიდუალური და ნარევის წყალხსნარების (0.5 ნ HCl) ფოტომეტრიებისას ტალღის სიგრძესა და ოპტიკური სიმკვრივის დამოკიდებულება: 1 – ( $H_2PO_2^- + H_2PO_4^-$ ); 2 –  $H_2PO_2^-$ ; 3 –  $H_2PO_4^-$ .

ნახ. 10-ზე მოცემულია ინდივიდუალური  $H_2PO_2^-$  და  $H_2PO_4^-$ -ის ხსნარების და მათი ნარევის ფოტომეტრიების გრაფიკები 0.5 ნ HCl-ში. ნახაზიდან ჩანს, რომ კომპონენტების შთანთქმის სპექტრები ზედღებთან ტალღათა სიგრძის ფართო ინტერვალში და ხასიათდებიან ადიტიურობით. ამიტომ ნარევი მათი რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის გამოყენებული იქნა ფირორდტის მეთოდი [3]. ოპტიკური სიმკვრივების ადიტიურობის კანონის თანახმად ნივთიერებების ნარევის ოპტიკური სიმკვრივე იქნება:

$$D_6^{700} = \varepsilon_{H_2PO_2^-}^{700} \cdot c_{H_2PO_2^-} + \varepsilon_{H_2PO_4^-}^{700} \cdot c_{H_2PO_4^-} \quad (1)$$

$$D_6^{400} = \varepsilon_{H_2PO_2^-}^{400} \cdot c_{H_2PO_2^-} + \varepsilon_{H_2PO_4^-}^{400} \cdot c_{H_2PO_4^-} \quad (2)$$

სადაც,  $D_6^{700}$  და  $D_6^{400}$  ნარევის ოპტიკური სიმკვრივეებია, შესაბამისად, 700 ნმ და 400 ნმ ტალღის სიგრძეზე;  $\varepsilon$  - ნივთიერების შთანთქმის კოეფიციენტი 400 ნმ და 700 ნმ ტალღის სიგრძეზე (ლ·მოლი<sup>-1</sup>·სმ<sup>-1</sup>);  $c$  - ნივთიერების კონცენტრაცია (მოლი·ლ<sup>-1</sup>). ჩვენი გამოთვლით, კომპონენტების შთანთქმის კოეფიციენტები ინდივიდუალური ნივთიერებების სნარებისათვის ტალღების 400 ნმ და 700 ნმ სიგრძეზე ტოლია  $\varepsilon_{H_2PO_2^-}^{400} = 213$  მოლი·ლ<sup>-1</sup>·სმ<sup>-1</sup>,  $\varepsilon_{H_2PO_2^-}^{700} = 798$  მოლი·ლ<sup>-1</sup>·სმ<sup>-1</sup>,  $\varepsilon_{H_2PO_4^-}^{400} = 585$  მოლი·ლ<sup>-1</sup>·სმ<sup>-1</sup>,  $\varepsilon_{H_2PO_4^-}^{700} = 475$  მოლი·ლ<sup>-1</sup>·სმ<sup>-1</sup> (ნახ. 9-დან),  $D_6^{400} = 1.139$ ,  $D_6^{700} = 1.09$  (ნახ. 10-დან).

განტოლებათა სისტემის ამოხსნის შედეგად მივიღეთ:

$$c_{H_2PO_2^-} = \frac{\varepsilon_{H_2PO_4^-}^{400} \cdot D_6^{700} - \varepsilon_{H_2PO_4^-}^{700} \cdot D_6^{400}}{\varepsilon_{H_2PO_2^-}^{700} \cdot \varepsilon_{H_2PO_4^-}^{400} - \varepsilon_{H_2PO_2^-}^{400} \cdot \varepsilon_{H_2PO_4^-}^{700}} \quad (3)$$

$$c_{H_2PO_4^-} = \frac{\varepsilon_{H_2PO_2^-}^{700} \cdot D_6^{400} - \varepsilon_{H_2PO_2^-}^{400} \cdot D_6^{700}}{\varepsilon_{H_2PO_2^-}^{700} \cdot \varepsilon_{H_2PO_4^-}^{400} - \varepsilon_{H_2PO_2^-}^{400} \cdot \varepsilon_{H_2PO_4^-}^{700}} \quad (4)$$

განტოლებები (3) და (4) შეიძლება გამოყენებული იქნას ჰიპოფოსფიტისა და დიჰიდროფოსფატის ნარევი მათი რაოდენობრივი გათვლებისათვის.

აღნიშნული პროექტი განხორციელდა

შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით № AR/10/3-171/14.

წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოთქმული ნებისმიერი აზრი ეკუთვნის ავტორებს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Scanzillo A.P. Spectrophotometric determination of sodium hypophosphite as a molybdenum blue complex. Anal. Chem., 1954, 26 (2), pp. 411-412.
2. Anthony. Anton. Spectrophotometric determination of hypophosphite in the presence of phosphates. Anal. Chem., 1965, 37 (11), pp. 1422-1423.
3. Берштейн И.Я., Каминский Ю.Л. Спектрофотометрический анализ в органической химии. Л., 1986, 200 с.

#### SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF HYPOPHOSPHITE IN THE PRESENCE OF PHOSPHATES

Paata Nikoleishvili, Giorgi Gorelishvili, Valentina Kveselava, Gigla Tsurtsumia, Rusudan Kurtanidze  
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

Rafael Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry

#### SUMMARY

Method 333339 of spectrophotometric determination of hypophosphite in the solution in the presence of phosphate has been proposed. Absorption peaks of  $H_2PO_2^-$  and  $H_2PO_4^-$  were established in the range of wavelengths at 360-700 nm. Maximum optical densities of  $H_2PO_2^-$  and  $H_2PO_4^-$  were obtained in 0.5 N HCl solutions at wavelengths 700 and 400 nm, respectively. It is established possibility of determination of concentrations of  $H_2PO_2^-$  and  $H_2PO_4^-$  in a mixture by Firdty's methods.

#### СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИПОФОСФИТА В ПРИСУТСТВИИ ФОСФАТА

П.О.Николеишвили, Г.Г.Горелишвили, В.М.Квеселава, Г.С.Цурцумия, Р.Р.Куртанидзе

Институт неорганической химии и электрохимии им. Р.И. Агладзе

Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили

#### РЕЗЮМЕ

Предложен метод спектрофотометрического определения гипофосфита в растворе в присутствии фосфата. Установлены абсорбционные пики  $H_2PO_2^-$  и  $H_2PO_4^-$  в диапазоне длин волн 360-700 нм. Изучено влияние кислотности на поглотительную способность  $H_2PO_2^-$  и  $H_2PO_4^-$  и установлено, что ее максимумы (400 нм и 700 нм) получены в растворах 0.5 н HCl. Установлена возможность применения метода Фирордта для определения содержания в смеси индивидуальных соединений  $H_2PO_2^-$  и  $H_2PO_4^-$ .

## ალუმინის ელექტროქიმიური დაფენა გალიუმის არსენიდზე

თინათინ ლაფერაშვილი, შორენა ლომიტაშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ვლადიმერ ჭავჭავანიძის კიბერნეტიკის ინსტიტუტი, lafera2002@yahoo.com

ნახევარგანტარებზე ლითონების ელექტროქიმიური მეთოდით დაფენის ორიგინალური ტექნოლოგია [1] ოყო შემუშავებული III-V ჯგუფის ნახევარგამტარზე ომური და ბარიერული კონტაქტების დასამზადებლად [2,3]. სხვადასხვა ლითონის ელექტროქიმიური დაფენის გზით GaAs-ის ბაზაზე დამზადებული შოტკის „იდეალური“ დიოდების ელექტრული და ფოტოელექტრული მახასიათებლების კვლევის შედეგები და მათი გამოყენების შესაძლებლობები მაღალსიხშირული ინფრაწითელი გამოსხივების დეტექტორებში [4], სპინპოლარიზებული ელექტრონების ინჟექციურ კონტაქტებში [5] და ნახევარგამტარული მასალის ზონური სტრუქტურის შესწავლის მეთოდიკაში [6] აღწერილია ადრე. იმის გამო, რომ ნახევარგამტარის ზედაპირული მდგომარეობების ბუნების მრავალფეროვნება არ იძლევა ლითონისა და ნახევარგამტარის (განსაკუთრებით შედგენილი ნახევარგამტარების შემთხვევაში) გამყოფ ზედაპირზე ლითონის დაფენისას მიმდინარე ქიმიური და მეტალურგიული პროცესების ცალსახა ინტერპრეტაციის შესაძლებლობას [7], ნახევარგამტარის ზედაპირზე ლითონების ელექტროქიმიური დაფენისას მიმდინარე პროცესების თეორიული ანალიზი, ზოგადად, ძალიან რთულია და ამიტომ ექსპერიმენტულ სამუშაოებს, გარდა პრაქტიკული გამოყენებისა, დიდი სამეცნიერო ღირებულება აქვს.

ჩვენს მიერ წარმოებულ კვლევებში განსაკუთრებით საინტერესო აღმოჩნდა III-V ჯგუფის ნახევარგამტარებზე ელექტროქიმიური მეთოდით ალუმინის დაფენა გალიუმის არსენიდის (GaAs) და გალიუმის ფოსფიდის (GaP) ზედაპირზე, რაც პრაქტიკულად განხორციელდა ალუმინის ქლორიდის წყალხსნარიდან [4,5]. წარმოდგენილ ნაშრომში გადმოცემულია ალუმინის ქლორიდის წყალხსნარიდან ალუმინის ელექტროქიმიური დაფენის ექსპერიმენტულად დადგენილი ფაქტის ახსნის მცდელობა.

## 2. ექსპერიმენტი

ნახევარგანტარზე ლითონების ელექტროქიმიური დაფენის გამოყენებით ლითონისა და ნახევარგამტარების სტრუქტურების დამზადების ჩვენს მიერ შემუშავებული ტექნოლოგიის თანმიმდევრობა არის შემდეგი: ნახევარგამტარულ ფირფიტას ლითონით დაფარვის წინ ერთ ზედაპირზე უკეთდება ომურ კონტაქტი, რომელზეც მიერჩილება მავთული ნახევარგამტარის ელექტრულ წრედში ჩასართავად; შემდეგ ნახევარგამტარის ზედაპირი ომური კონტაქტით და მასზე მირჩილული მავთული დაიფარება ქიმიურად მდგრადი ლაქით, ხოლო მეორე ზედაპირი სუფთავდება სათანადო ხსნარებში ქიმიური დამუშავებით და ნიმუში მყისიერად თავსდება ელექტროლიტის აბაზანაში; მეთოდის თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ ელექტროლიტად გამოყენებული ხსნარი გარდა დასაფენი ლითონის იონებსა იმავდროულად შეიცავს ნახევარგამტარის ელექტროქიმიური გასუფთავებისათვის საჭირო ნივთიერებასაც. ლითონით დაფარვამდე ჯერ ხდება ნახევარგამტარის ზედაპირის ელექტროლიტური გასუფთავება; შემდეგ ნახევარგამტარზე მოდებული ძაბვა მყისიერად შეიცვლება საწინააღმდეგო პოლარობით და იმავე ხსნარში, ერთიან ტექნოლოგიურ პროცესში (ხსნარიდან ნიმუშის ამოღებლად) ხდება ლითონის დაფენა ნახევარგამტარის ზედაპირზე. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა ლითონი დაეფენოს ნახევარგამტარის ახლად გასუფთავებულ, დაუფანგავ ზედაპირზე, რაც არსებითია ლითონისა და ნახევარგამტარის (ლ/ნ) უშუალო კონტაქტის მისაღებად.

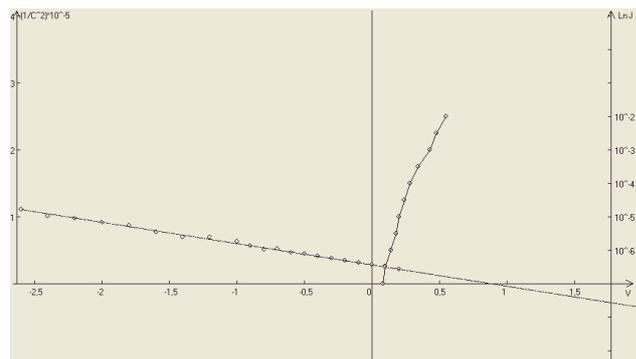
ექსპერიმენტში გამოყენებული გალიუმის არსენიდი იყო ჩოხრალსკის მეთოდით გაზრდილი 200 – 250 მკ სისქის სპეციალურად არალევირებული n-ტიპის მონოკრისტალური ფირფიტები (100) კრისტალური ორიენტაციითა და ელექტრონების კონცენტრაციით  $10^{16} - 10^{17} \text{სმ}^{-3}$ . ნახევარგამტარულ ფირფიტაზე ლითონის თხელი ფირის დასაფენად ელექტროლიტი მზადდებოდა შესაბამისი ლითონის ქლორიდის (მოცემულ შემთხვევაში  $\text{AlCl}_3$ ) წყალხსნარზე  $\text{HCl}$  და  $\text{NaOH}$ -ის ისეთი რაოდენობის დამატებით, რომ ელექტროლიტის მჟავიანობის შესაბამისი pH იყო (1.5 – 2.0) ინტერვალში. დაფენის პროცესში თავიდან გატარებული იყო დაბალი სიმკვრივის დენი ( $0.1 - 0.2 \text{ მა/სმ}^2$ ) ნახევარგამტარის

ზედაპირზე ლითონის ჩანასახების წარმოსაქმნელად, რამდენიმე წუთის შემდეგ დენის სიმკვრივე რამდენჯერმე იზრდებოდა ლითონის დაფენის სიჩქარის გაზრდის მიზნით.

დაფენის შედეგად მიღებული Al/GaAs კონტაქტის გამყოფი ზედაპირის ხარისხის დასადგენად დამზადებული იყო შოტკის დიოდები, რისთვისაც გამოყენებული იყო შემდეგი საფეხურები: GaAs-ის კრისტალური ფირფიტები იხეხებოდა მიკროფხვნილით (7 – 3) და პრიალდება ალმასის პასტით AM-1; ამის შემდეგ ირეცხება  $\text{CCl}_4$ -ში და აცეტონში რამდენჯერმე წამოდლებით; ხდება ნახევარგამტარის ქიმიური გასუფთავება ხსნარში ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) რამდენიმე წმ-ის განმავლობაში წამოდლებით; რის შემდეგ ნიმუშები კარგად ირეცხება დისტილირებულ წყალში და ახლად დამუშავებულ ნიმუშებს ერთ ზედაპირზე In-ის შელლობით  $500^\circ\text{C}$ -ზე გასუფთავებული აზოტის ატმოსფეროში უკეთდება ომური კონტაქტი, რომელზეც მიერჩილება წვრილი მავთული დენის წყაროსთან მისაერთებლად; ამის შემდეგ ნახევარგამტარის ომური კონტაქტის შემცველი ზედაპირი მირჩილული მავთულის ნაწილთან ერთად იფარებოდა ქიმიურად მდგრადი ლაქით; ლაქის გაშრობის შემდეგ ნიმუში ირეცხებოდა სუფთა მეთანოლში და სწრაფად თავსდებოდა ელექტროლიტში, სადაც ხდებოდა ნახევარგამტარის ზედაპირის დამატებითი ელექტროქიმიური გასუფთავება და GaAs-ზე მოდებული ძაბვის საპირისპიროთი მყისიერი ცვლილების შემდეგ ნახევარგამტარის ახლადგასუფთავებულ ზედაპირზე ლითონი ეფინებოდა იმავე ხსნარში. დაფენის შემდეგ ომური კონტაქტის მხრიდან ქიმიურად მდგრადი ლაქი სცილდებოდა ჯერ მექანიკურად, შემდეგ აცეტონში რამდენჯერმე წამოდლებით; დიოდების დასამზადებლად ფირფიტები იჭრებოდა (1 – 4) მმ<sup>2</sup> ფართობის ნიმუშებად; მაგრდებოდა ლითონის კორპუსში და იზომებოდა მათი ელექტრული (ვოლტ-ამპერული, ვოლტ-ტევადური) და ფოტოსპექტრული მახასიათებლები.

### 3. GaAs-ის ზედაპირზე Al-ის ელექტროქიმიური დაფენით მიღებული სტრუქტურების ელექტროფიზიკური მახასიათებლები

გალიუმის არსენიდის ზედაპირზე Al-ის დაფენით დამზადებული Al/GaAs დიოდის ვოლტამპერული (I-V) და ვოლტ-ტევადური (C-V) მახასიათებელი ნაჩვენებია სურ. 1-ზე, დენი იზომებოდა ამპერებში, ძაბვა – ვოლტებში, ტევადობა – პიკოფარადებში. ვოლტამპერული მახასიათებელი გაზომილია მოდებული გარეშე ძაბვის დადებითი მნიშვნელობებისათვის და აგებულია ნახევრადლოგარითმულ მასშტაბში (V, lnI) (სურ.1 – ის მარჯვენა მხარე); ვოლტტევადური მახასიათებელი გაზომილია მოდებული გარეშე ძაბვის უარყოფითი მნიშვნელობებისათვის და აგებულია (V, C<sup>-2</sup>) კოორდინატებში (ნახ.1 – ის მარცხენა მხარე) [6]. დიოდების ვოლტამპერული მახასიათებელი გაზომილი იყო სტაციონარულ რეჟიმში (მუდმივი დენის პირობებში); ვოლტ-ტევადური მახასიათებელი გაზომილი იყო 10 მჰც სიხშირეზე ტევადობის გამზომი L2-28 ხელსაწყოთა გამოყენებით; გაზომვები ხდებოდა ოთახის ტემპერატურაზე.



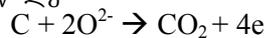
სურ.1. Al/GaAs შოტკის დიოდის ვოლტამპერული (მარჯვნივ) და ვოლტტევადური დამოკიდებულება (მარცხნივ) (V, lnI) და (V, C<sup>-2</sup>) კოორდინატებში, შესაბამისად [6].

სურ.1-ზე გამოსახული გრაფიკული დამოკიდებულებების წრფივობა მიუთითებს იმაზე, რომ დამზადებული დიოდები კარგად აღიწერება შოტკის იდეალური დიოდის თეორიული მოდელით [8], ხოლო ლითონისა და ნახევარგამტარის უშუალო კონტაქტზე ელექტრონების თერმოდინამიკური ემისიის ბეტეს მოდელის მიხედვით გამოთვლილი იდეალურობის კოეფიციენტისა და პოტენციალური ბარიერის სიდიდეები, როგორც ჩვენს მიერ ადრე იყო ნაჩვენები [3,6], დიდი სიზუსტით ემთხვევა მსოფლიოს წამყვან ლაბორატორიებში სხვა მეთოდებით დამზადებული Al/GaAs და Al/GaP დიოდებისთვის გაზომილი

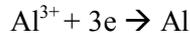
ანალოგიური მახასიათებლებიდან გამოთვლილ მნიშვნელობებს. აქედან ვაკეთებთ ლოგიკურ დასკვნას, რომ დამუშავებული მეთოდი საშუალებას იძლევა გალიუმის არსენიდის ზედაპირზე ალუმინის თხელი ფენა დატანილი იქნას ელექტროქიმიურად ალუმინის ქლორიდის წყალხსნარიდან, რომელიც იმავდროულად შეიცავს NaOH-ის გარკვეულ რაოდენობას. შემდეგ პარაგრაფში გადმოცემულია ამ ექსპერიმენტული ფაქტის თეორიულად დასაბუთების მცდელობა.

#### 4. არის თუ არა შესაძლებელი გალიუმის არსენიდზე ალუმინის ელექტროქიმიური დაფენა ალუმინის მარილის წყალხსნარიდან?

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ მრეწველობაში გამოყენებული ალუმინი მთლიანად მიიღება 1888 წელს პოლის მიერ შემოთავაზებული ელექტროქიმიური მეთოდით 1000°C ტემპერატურაზე რკინის აბაზანაში, რომელიც ასრულებს კათოდის როლსაც. ელექტროლიტად გამოიყენება გალლობილი კრიოლიტი  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , რომელშიც გახსნილია  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . ალუმინის ჟანგს ღებულობენ მისი მინერალების ნარევიდან  $[\text{AlHO}_2, \text{Al}(\text{OH})_3]$ . ელექტროლიზორში იყენებენ ნახშირის ანოდებს. დენის გავლისას გამოყოფილი სითბო ელექტროლიტს უნარჩუნებს გალლობილ მდგომარეობას 1000°C-ზე. ანოდური რეაქცია მიმდინარეობს ნახშირჟანგის მონაწილეობით



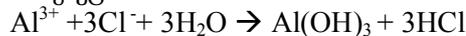
კათოდური რეაქციაა



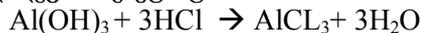
ელექტროლიზის პროცესში მიღებული ლითონური ალუმინი გროვდება ელექტროლიზერის ფსკერზე, საიდანაც მას გადმოასხამენ.

კითხვას – შესაძლებელია თუ არა ალუმინის ელექტროქიმიური დაფენა მისი მარილების წყალხსნარიდან – ხშირად უარყოფითად პასუხობენ, რადგან ძაბვათა მწკრივში ალუმინი წყალბადის მარცხნივ მდებარეობს ე.ი. უფრო ძლიერი აღმდგენელია ვიდრე წყალბადი, ელექტროლიზის დროს უნდა აღდგეს წყალბადი და გამოიყოს კათოდურ სივრცეში  $\text{H}_2$ .

მეორეს მხრივ ალუმინი, რომელიც ელექტროლიტში დისოცირებული მარილის  $\text{AlCl}_3$ -ის სახით არის წარმოდგენილი შედის წყალთან რეაქციაში



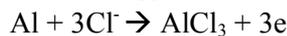
რის შედეგადაც წყალში უხსნადი ფუძე უნდა გამოილექოს და ელექტროლიტში ალუმინის თავისუფალი იონი აღარ უნდა არსებობდეს [9], თუმცა ამის თავიდან აცილება შესაძლებელია ხსნარზე მარილმჟავას დამატებით, რაც გამოიწვევს საწინააღმდეგო რეაქციას



და ელექტროლიტში კვლავ უნდა გაჩნდნენ თავისუფალი იონები, რომელთა გადაადგილება შესაძლებელი იქნება ელექტრული ველის ზემოქმედებით. ანოდად გამოყენებულია ალუმინის ფირფიტა. ცნობილია, რომ წყალში მოთავსებისას ალუმინი სწრაფად იფარება ალუმინის ჟანგის თხელი ფენით, მაგრამ თუ ელექტროლიტში არსებობს აგრესიული ქლორი, მისი აღსორცია ალუმინის ჟანგის ფენაზე და რეაქცია ჟანგთან წარმოქმნის  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ -ს, შლის ჟანგის ფენას და ამიშვლებს ლითონს [9], რის შემდეგ ხსნარში შესაძლებელია განხორციელდეს შემდეგი პროცესები:



ა6

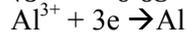


მიღებული  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$  და  $\text{Al}(\text{OH})_3$  წყალში უხსნადი ფუძეებია და ნალექის სახით უნდა გამოიყოს, რისი აცილება შესაძლებელია ხსნარზე HCl-ისა და NaOH-ის ისეთი რაოდენობის დამატებით, რომ ელექტროლიტის pH=1,5. მათი ურთიერთქმედების შედეგად მიიღება NaOCl რომელიც დისოცირდება და მიიღება  $\text{Na}^+$  და ძლიერი დამჟანგავი იონი  $\text{OCl}^-$  ასე, რომ ხსნარში ერთდროულად შეიძლება გვექონდეს კათიონები  $\text{Na}^+, \text{Al}^{3+}, \text{H}^+$  და ანიონები  $\text{OH}^-, \text{Cl}^-, \text{ClO}^-$ . ელექტროლიტში დენის გატარებისას ანოდზე გამოიყოფა  $\text{Cl}_2$ , ხოლო კათოდურ სივრცეში გამოივლება წყალბადი და კათოდზე დაილექება ალუმინი.

მეორე კითხვაა, თუ რა ნივთიერებაზე შეიძლება ალუმინის ელექტროქიმიური დაფენა, ე.ი. რისი გამოყენება შეიძლება კათოდად. რადგან ძაბვათა მწკრივში ალუმინი მოთავსებულია წყალბადის მარცხნივ,

პრაქტიკაში გამოყენებული ლითონების წინ, რაც ნიშნავს იმას, რომ იგი ქიმიურად მათზე უფრო აქტიურია, ე.ი. უფრო ადვილად გასცემს ელექტრონს და მისი აღდგენა ნეიტრალურ მდგომარეობაში სხვა პრაქტიკაში გამოყენებად ლითონებთან ურთიერთქმედებისას არ მოხდება.

თუ კათოდად გამოყენებულია ისეთი ნახევარგამტარი, რომლის ზედაპირი შეიცავს უარყოფითად დამუხტულ ელექტრონულ მდგომარეობებს (ასეთებია მაგალითად ანტისტრუქტურული დეფექტები III-V ჯგუფის ნახევარგამტარებზე  $As_{Ga}$  GaAs-ის ან  $P_{Ga}$  GaP-ს შემთხვევაში) [7], მაშინ ელექტრილიზის დროს შესაძლებელია კათოდთან მიახლოებული ალუმინის კათიონების ჩაჭერა უარყოფით ქიმიურად აქტიურ ზედაპირულ ცენტრებზე და ისინი წარმოქმნიან მეტალურ ჩანასახებს ნახევარგამტარის ზედაპირზე. ამის შემდეგ კი შესაძლებელია კათოდური რეაქცია



მაგრამ, წყალხსნარში ალუმინი სწრაფად იჟანგება, თუმცა როგორც ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, ელექტროლიტში არსებული აგრესიული ქლორი შეუშლის ხელს GaAs-ის ზედაპირზე დალექილი Al-ის დაჟანგვას. ელექტროლიზის შემდგომ პროცესში ამ ჩანასახებზე გაზრდილი ალუმინის ატომებს შეუძლიათ ერთიან ლითონურ ფენის წარმოქმნა. ნახევარგამტარზე დაფენილი ალუმინის ფენის სისქე დამოკიდებულია უნდა იყოს წრედში გამავალი დენის სიმკვრივეზე (დენი თავის მხრივ დამოკიდებულია ხსნარში ალუმინის იონების კონცენტრაციასა და ტემპერატურაზე) და დაფენის დროზე, რაც დაიშორება რეალურად.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. თ.ლაფერაშვილი "შოტკის დიოდების დამზადების ხერხი" საქ. რესპუბლიკის პატენტი N46, GE H01L 29/48, 27.05, 1992
2. თ.ლაფერაშვილი, მ. ბახტაძე, გ. ჯორჯიშვილი, ნ.გაბრიაძე, ი.კახაბრიშვილი, "მეტალის ელექტროქიმიური დაფენით მიღებული შოტკის კონტაქტები" საქ.მეცნ. აკად. მაცნე, ქიმიის სერ., ტ.26, N 1-2, გვ. 160-164, 2000.
3. Laperashvili T. and Khachidze M. The Properties of SD Obtained by Electrochemical Deposition of Al on Semiconductors. Georgian Engineering News, N 2002, N4, pp. 75-78.
4. Laperashvili T., Immerlischvili I., Khachidze M, Laperashvili. Photoelectric characteristics of contacts In-Semiconductor  $A^3B^5$ . Proceedings of SPIE Nana- and Micro technology 2003
5. T. Laperashvili, O. Kvitsiani, D. Laperashvili, M. Elizbarashvili, A. Chanishvili Nanotechnology and Semiconductor Devices, Journal "Nano Studies", N 10, pp. 2014.
6. Laperashvili T. Khachidze M. Immerlischvili I. Electrochemical deposition of Al on semiconductors, Proceedings of SPIE, Smart Systems, 2002.
7. Моррисон, Химическая физика поверхности твердого тела, Мир, Москва, с. 488. 1980; S.Roy Morrison, The Chemical Physics of Surfaces. New York and London, p.487, 1977.
8. Rhoderick, E.H., "Metal-Semiconductor Contacts", Oxford University, N. Y. 1978.
9. Gabor Harsanyi, "Copper May Destroy Chip-Level Reliability IEEE Electron Device Letters, v.20, N1, pp.5-8, 1999.

#### ELECTROCHEMICAL DEPOSITION OF Al ON GaAs

Tinatini Laperashvili, Schorena Lomitashvili

V.Chavchanidze Institute of Cybernetics of the Georgian Technical University

#### SUMMARY

Electrochemical deposition of aluminum on the surface of GaAs from an aqueous solution of aluminum chloride is presented. Analysis of the electrical characteristics of fabricated Al / GaAs contacts on the Thermionic emission theory showed ideal surface Schottky. The possible chemical reactions occurring in the process of electro deposition are described.

#### ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ Al НА GaAs

Т.А.Лаперашвили, Ш.А.Ломиташвили

Институт кибернетики им. В. Чавчанидзе Грузинского технического университета

#### РЕЗЮМЕ

Электрохимическое осаждение алюминия на поверхность GaAs проводилось из водного раствора хлорида алюминия. Анализ электрических характеристик полученных Al / GaAs контактов по теории термоэлектронной эмиссии показал идеальную поверхность Шоттки. Описаны возможные химические реакции, происходящие в процессе электролитического осаждения.

## დახურული ელექტროლიზური აბაზანის დამუშავება მანგანუმის დიოქსიდისა და ფყალბადის ერთდროული მიღებით

თემურ ჩახუნაშვილი, თეიმურაზ როყვა, ჟიული ქებაძე, მერაბ დაღუნაშვილი,  
ზინაიდა ვაწაძე, შოთა მახათაძე, ნანული ბუთლიაშვილი  
ი. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
რ. აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი

დადგენილია დახურული ელექტროლიზური აბაზანის ანოდსა და კათოდზე მანგანუმის დიოქსიდისა და ფყალბადის გამოყოფის პოტენციალები, აგრეთვე – ტიტანის ანოდის პოტენციალები და ძაბვა აბაზანაზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ ანოდზე მინიმალური რაოდენობის ჟანგბადის გამოყოფას. დადგენილია ელექტროლიზის ოპტიმალური პირობები, დამუშავებულია დახურული ელექტროლიზური აბაზანის კონსტრუქცია. დამზადებულია და გამოცდილია ლაბორატორიული მასშტაბის 14 ლიტრი მოცულობის დახურული აბაზანა.

ელექტროლიზური მანგანუმის დიოქსიდი (ემდ) წარმოადგენს მნიშვნელოვნად ქიმიურ პროდუქტს, რომელიც გამოიყენება პრაქტიკაში ყველაზე მეტად გავრცელებული მანგანუმის დიოქსიდ-თუთიის სისტემის დენის ქიმიური წყაროების დადებითი ელექტროდის აქტიურ მასალად. ამ ტიპის დენის ქიმიური წყაროების წარმოება მსოფლიო მასშტაბით ყოველწლიურად შეადგენს 50 მილიარდ ცალზე მეტს [1].

ძირითად აპარატს ემდ-ის მისაღებად წარმოადგენს ელექტროლიზური (ელექტროლიზური აბაზანა), რომლის დამზადების დანახარჯები ამ პროდუქტის წარმოების მოწყობის კაპიტალური დაბანდების ნახევარზე მეტს შეადგენს. ამიტომ ემდ-ის წარმოების სრულყოფისა და საერთაშორისო ბაზარზე ამ პროდუქტის კონკურენტუნარიანობის გაზრდისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ელექტროლიზური აბაზანის კონსტრუქციის გაუმჯობესებასა და მისი მაჩვენებლების ამაღლებას.

ემდ-ის მისაღები აბაზანისათვის დამახასიათებელია ელექტროლიზის პროცესის ჩატარების მძიმე პირობები: აგრესიული მუშა ხსნარის - გოგირდმჟავით შემჟავებული მანგანუმის სულფატის ხსნარის გამოყენება და ელექტროლიზის ჩატარების მაღალი ტემპერატურა - მიანლოებული მუშა ხსნარის დუღილის ტემპერატურასთან.

სადღეისოდ ემდ-ის სამრეწველო პირობებში მისაღებად გამოიყენება ღია აბაზანები, რომლებსაც მთელი რიგი ნაკლოვანებები გააჩნია:

1) მატერიალური დანაკარგი აბაზანის ღია ზედაპირიდან გამოყოფილი და ელექტროლიზის დარბაზში გავრცელებული მუშა ელექტროლიტის სახით (გოგირდმჟავა, მანგანუმის სულფატი, წყალი, პარაფინი);

2) თბური ენერჯიის მნიშვნელოვანი დანაკარგი მაღალი ტემპერატურის მქონე (90-95°C) რამდენიმე კვადრატული მეტრი ფართის მქონე მუშა ელექტროლიტის ღია ზედაპირიდან;

3) ცუდი სანიტარულ-ჰიგიენური პირობები ელექტროლიზის დარბაზში;

4) ეკოლოგიური სიტუაციის გაუარესება საამქროსა და ქარხნის ტერიტორიაზე;

5) ელექტროლიზის დარბაზში დამონტაჟებული მოწყობილობის კოროზია (ხიდურა ამწე, რკინაბეტონის კონსტრუქციები, ვენტილატორები, ელექტროგაყვანილობა და სხვ.);

6) კათოდზე გამოყოფილი ფყალბადის გამოუყენებლობა;

7) ელექტროლიზის დარბაზში გავრცელებული ფყალბადის აფეთქების საშიშროება;

8) დაბალი ანოდური დენის სიმკვრივე და შესაბამისად ელექტროლიზური აბაზანის დაბალი ხვედრითი წარმადობა.

ყოველივე ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით აქტუალურია ემდ-ის მისაღები ისეთი აბაზანის დამუშავება, რომელსაც არ ექნება ჩამოთვლილი ხარვეზები. ადრე ჩატარებული წინასწარი კვლევების საფუძველზე დადგინდა დახურული ჰერმეტიზებული აბაზანის შექმნის შესაძლებლობა, რომელსაც მნიშვნელოვნად უფრო მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები ექნება ღია აბაზანებთან შედარებით.

ელექტროლიზური მანგანუმის დიოქსიდისა და წყალბადის მისაღები აბაზანისა და მასში მიმდინარე პროცესების მოდელს წარმოადგენს თერმოსტატირებული ელექტროლიზური უჯრედი, რომელშიც მანგანუმის სულფატის გოგირდოვანი შემჟავებულ ხსნარებზე ჩატარდა პოლარიზაციული გაზომვები. ამ გაზომვებმა საშუალება მოგვცა დაგვედგინა ანოდზე და კათოდზე მიმდინარე პროცესების პოტენციალები და ვიზუალურად შეგვესწავლა ელექტროდებზე მანგანუმის დიოქსიდის, წყალბადისა და ჟანგბადის გამოყოფის მსვლელობა.

პოლარიზაციული გაზომვები ტარდებოდა ПИ-50-1 მარკის პოტენციოსტატზე გალვანოსტატურ რეჟიმში – შესასწავლ ელექტროდში მუდმივი ანოდური და კათოდური დენის გატარებით და შესაბამისი პოტენციალების რეგისტრირებით. შესადარებელ ელექტროდად გამოიყენებოდა ვერცხლისწყლის სულფატური ელექტროდი. პოტენციალის მიღებული მნიშვნელობები გადათვლილი იყო წყალბადის სკალაში.

ანოდად გამოიყენებოდა ტექნიკური ტიტანისაგან (მარკა BT1-0) დამზადებული ცილინდრული ღერო, რომელიც წინასწარ მუშავდებოდა სხვადასხვა სიმკვრივის ზუმფარის ქაღალდით, ირეცხებოდა გამოსხილი წყლით, იწმინდებოდა ეთილის სპირტით და უშუალოდ ანოდური პოლარიზაციის წინ უჯრედში მუშავდებოდა კათოდური დენით 5 წუთის განმავლობაში. გაზომვები ტარდებოდა 100 გ/ლ მანგანუმის სულფატისა და 25 გ/ლ გოგირდოვანის შემცველობის ხსნარში. ანოდური პოლარიზაციული გაზომვები ჩატარდა აგრეთვე ფირფიტის ფორმის პლატინის ელექტროდზე.

დახურულ ელექტროლიზურ აბაზანაში კათოდად გათვალისწინებული გვაქვს ნახშირბადოვანი მასალის გამოყენება. ამიტომ კათოდური პოლარიზაცია ჩატარდა ელექტროდული გრაფიტის ცილინდრული ფორმის ღეროს.

ცხრილში 1 მოყვანილია პოლარიზაციული გაზომვების შედეგები.

ცხრილი 1. პოლარიზაციული გაზომვების შედეგები სხვადასხვა ელექტროდზე

ცდის №	გამოყენებული საკვლევი ელექტროდი	ტემპერატურა, °C	ანოდური დენის სიმკვრივე, მილიამპერი/სმ <sup>2</sup>	კათოდური დენის სიმკვრივე, მილიამპერი/სმ <sup>2</sup>	ცდის ხანგრძლივობა, წთ	საწყისი პოტენციალი, ვოლტი	საბოლოო პოტენციალი, ვოლტი
1	ლატინა	80	8	-	120	1,26	1,43
2	“_____”	85	8	-	120	1,26	1,37
3	“_____”	90	8	-	120	1,25	1,34
4	თიტანი	90	5	-	90	1,51	1,51
5	“_____”	90	8	-	90	1,52	1,53
6	“_____”	90	10	-	90	1,46	1,47
7	“_____”	90	20	-	35	1,55	2,58
8	რაფიტი	90	-	5	60	-0,54	-0,53
9	“_____”	90	-	8	60	-0,49	-0,52
10	“_____”	90	-	10	60	-0,49	-0,51
11	“_____”	90	-	20	60	-0,52	-0,55
12	“_____”	90	-	30	60	-0,52	-0,48
13	“_____”	90	-	40	60	-0,54	-0,52

პლატინის ელექტროდზე ჩატარებულ ცდებში უცვლელი იყო ანოდური დენის სიმკვრივე (8 მა/სმ<sup>2</sup>), იცვლებოდა ტემპერატურა. ყველაზე დაბალ ტემპერატურაზე – 80°C-ზე დაფიქსირდა პოტენციალის მნიშვნელოვანი მატება და მანგანუმის დიოქსიდთან ერთად დაიწყო ჟანგბადის გამოყოფა, რასაც ადვილი არ ჰქონდა 85 და 95°C-ზე. ეს შედეგი მიუთითებს იმაზე, რომ ჟანგბადის გამოყოფის თავიდან ასაცილებლად ელექტროლიზი უნდა ჩატარდეს მაღალ ტემპერატურაზე, კერძოდ 90°C-ზე და ზემოთ.

ტიტანის ელექტროდზე გაზომვები ტარდებოდა მუდმივ ტემპერატურაზე – 90°C-ზე, იცვლებოდა ანოდური დენის სიმკვრივე 5 მა/სმ<sup>2</sup>-დან 20 მა/სმ<sup>2</sup>-მდე. 5-10 მა/სმ<sup>2</sup> დენის სიმკვრივის პირობებში ტიტანის ანოდის პოტენციალი მცირედ იცვლებოდა და შეადგენდა 1,46-1,53 ვოლტს, 20 მა/სმ<sup>2</sup> დენის

სიმკვრივეზე კი პოტენციული საწყისი მნიშვნელობიდან – 1,55 ვ 35 წუთის განმავლობაში გაიზარდა 2,58 ვოლტამდე, რასაც მოყვა მანგანუმის დიოქსიდთან ერთად მოლეკულური ჟანგბადის გამოყოფაც – ტიტანის ანოდი გაპასივდა. ეს შედეგი შემდგომში დადასტურდა ელექტროლიზის ლაბორატორიულ ცდებში.

ცდებში №8-13 გამოიცადა საკათოდე მასალა – ელექტროდული გრაფიტი. მუდმივი ტემპერატურის პირობებში ( $90^{\circ}\text{C}$ ) კათოდური დენის სიმკვრივე იცვლებოდა 5 მა/სმ<sup>2</sup>-დან 40 მა/სმ<sup>2</sup>-მდე. როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, გრაფიტის კათოდის პოტენციული ზემოაღნიშნული კათოდური დენის სიმკვრივეებზე მცირედ იცვლება და შეადგენს  $-0,49 \div -0,55$  ვოლტს. ეს შედეგი საშუალებას მოგვცემს საწარმოო პირობებში გრაფიტის კათოდების გამოყენების დროს ელექტროლიზი ჩატარდეს მაღალი კათოდური დენის სიმკვრივის პირობებში და ამით მივალწიოთ საწყისი კაპიტალური დაბანადების მნიშვნელოვან ეკონომიას წარმოებისათვის საჭირო საკათოდე მასალის ხარჯის შემცირებით.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ანოდზე ძირითადი პროცესის – მანგანუმის დიოქსიდის ელექტროგამოლექვის კონკურირებადი რეაქციაა მოლეკულური ჟანგბადის გამოყოფა, რომელიც მიზნობრივი პროდუქტის დენით გამოსავალის დაბლა წევს. ემდ-ისა და წყალბადის ერთობლივი მიღების დროს ჟანგბადის გამოყოფა მეტ მნიშვნელობას იძენს იმ თვალსაზრისით, რომ უღიაფრაგმო აბაზანაში ჟანგბადი შეერევა კათოდზე გამოყოფილ წყალბადს და ამ უკანასკნელის ხარისხს გააუარესებს. ამიტომ სპეციალური ცდები ჩავატარეთ მანგანუმის დიოქსიდის პარალელურად ჟანგბადის გამოყოფის საკითხის დასაზუსტებლად.

ცდები ტარდებოდა ცილინდრული ფორმის ელექტროლიზერში – თერმომედევი მინისაგან დამზადებულ 2 ლიტრიან დახურულ აბაზანაში. ანოდად გამოიყენებოდა 20 მმ დიამეტრის მქონე ცილინდრული ფორმის ღერო, დამზადებული ტექნიკური ტიტანისაგან. კათოდად გამოიყენებოდა ასევე ცილინდრული ფორმის 20 მმ დიამეტრის მქონე გრაფიტის ორი ღერო, რომელთა შორის მოთავსებული იყო ტიტანის ანოდი. ანოდი და ორი კათოდი ვერტიკალურად იყო გაყრილი და შემდეგ ჰერმეტიზებული 20 მმ სისქის ტექსტოლიტისაგან დამზადებულ წრიული ფორმის ბრტყელ სახურავში, რომელიც ჭანჭიკოვანი შეერთებით რბილი რეზინის შუასადების გამოყენებით მჭიდროდ იყო მოჭერილი აბაზანის კორპუსის – 2 ლიტრი მოცულობის თერმომედევი მინის ჭიქის თავისუფალ ბოლოზე.\* ანოდური და კათოდური არეები დიაფრაგმით გაყოფილი არ იყო. ანოდის ფართი შეადგენდა 97,3 სმ<sup>2</sup>-ს, ხოლო ორი კათოდის ჯამური ფართი 210 სმ<sup>2</sup>-ს. მუშა ელექტროლიტად გამოიყენებოდა მანგანუმის სულფატის შემჟავებული ხსნარი, რომელიც შეიცავდა 120,2 გ/ლ  $\text{MnSO}_4$ -ს და 29,5 გ/ლ  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ს. ხსნარის გაცხელება საჭირო ტემპერატურამდე ხდებოდა რეგულირებადი სიმძლავრის მქონე ელექტროქურით. აორთქლების შემცირების მიზნით ხსნარის ზედაპირი აბაზანაში დაფარული იყო 10 მმ სისქის გამდნარი პარაფინის ფენით.

ცხრილში 2 მოცემულია ლაბორატორიული ცდების შედეგები.

ელექტროლიზის პროცესი მიმდინარეობდა სტაბილურად, დენის ძალისა და ძაბვის მკვეთრი ცვლილების გარეშე. წყალბადის გრაფიტის გამოყოფა კათოდზე ხდებოდა თანაბრად განაწილებული წერილი ბუმბულების სახით.

როგორც ცხრილიდან 2 ჩანს, დენის სიმკვრივის ზრდასთან ერთად იზრდება ძაბვა აბაზანაზე, კერძოდ ანოდური დენის სიმკვრივის მატებამ 5 მილიამპ/სმ<sup>2</sup>-დან 15 მილიამპ/სმ<sup>2</sup>-მდე ხსნარის შემადგენლობისა და ტემპერატურის შენარჩუნების პირობებში გამოიწვია ძაბვის გაზრდა აბაზანაზე 2,3 ვოლტიდან 3,1 ვოლტამდე.  $5 \div 12$  მილიამპ/სმ<sup>2</sup> ანოდური დენის სიმკვრივის პირობებში ანოდზე ჟანგბადის გამოყოფა არ ხდებოდა, მაგრამ დენის სიმკვრივის გაზრდამ 15 მილიამპ/სმ<sup>2</sup>-მდე გამოიწვია აბაზანაზე ძაბვის გაზრდა 3,1 ვოლტამდე, რასაც თან მოყვა ჟანგბადის გამოყოფის დაწყება ანოდზე. მაშასადამე, 3 ვოლტი ძაბვა აბაზანაზე არის ის ზღვარი, რომლის შემდეგაც იწყება ჟანგბადის გამოყოფა.

ღია აბაზანების შემთხვევაში დაბალი ძაბვის შენარჩუნება ელექტროლიზერზე პირველ რიგში დაკავშირებულია ემდ-ის მისაღებად საჭირო ელექტრონერგიის ხარჯის შემცირებასთან. დახურული აბაზანების შემთხვევაში კი აღნიშნულის პარალელურად აქტუალური ხდება თანაური პროდუქტის –

\*ჰერმეტიზაციის ამ მეთოდის გამოყენებით (ანოდებისა და კათოდების გატარება სახურავში, [2]) შესაძლებელია გარკვეული მოცულობის აბაზანების შედარებით ადვილი ჰერმეტიზაცია. მისი ნაკლია სახურავის კონსტრუქციის სირთულე და ანოდებისა და კათოდების შემცველი სახურავის დიდი მასა (რამდენიმე ტონა), რაც მის გადაადგილებას სივრცეში აძნელებს.

კათოდზე გამოყოფილი წყალბადის გაჭუჭყიანების თავიდან აცილება ანოდზე გამოყოფილი ჟანგბადით. აღნიშნულიდან გამომდინარე დახურული ჰერმეტიკული აბაზანების შემთხვევაში აუცილებელი ხდება მათზე დაბალი ძაბვის შენარჩუნება ელექტროლიზის მსვლელობის მთელი დროის განმავლობაში. როგორც ჩვენმა გამოკვლევებმა აჩვენა, ამის მიღწევა შესაძლებელია შემდეგი პირობების დაცვით: მუშა ხსნარის მაღალი ტემპერატურა (95°C და მაღლა), ზომიერად დაბალი ანოდური დენის სიმკვრივე (50-100 ამპ/მ<sup>2</sup>), ხსნარის მჟავიანობა არა უმეტეს 40 გ/ლ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ისა, ანოდის ზედაპირის გააქტიურება ელექტროლიზის დაწყების წინ, რაც შეიძლება ჩატარდეს სხვადასხვა ხერხით: კათოდური გააქტიურება, სილაჭავლური და საფანტჭავლური დამუშავება, აქტიური ფენების დატანა ტიტანის ანოდის ზედაპირზე (β-MnO<sub>2</sub>, RuO<sub>2</sub>). აღნიშნული მეთოდების უმრავლესობა ჩვენს მიერ წლების მანძილზე დამუშავებული და ათვისებულია [3].

**ცხრილი 2.** 2 ლიტრიანი აბაზანაში ჩატარებული ლაბორატორიული ცდების შედეგები

ცდის №	ხსნარის ტემპერატურა, °C	ანოდური დენის სიმკვრივე, მილიამპერი/სმ <sup>2</sup>	კათოდური დენის სიმკვრივე, მილიამპერი/სმ <sup>2</sup>	აბაზანაში გამავალი დენის ძალა, ამპერი	ძაბვა აბაზანაზე, ვოლტი	შენიშვნა
1	95	5	2,3	0,49	2,32	ჟანგბადის გამოყოფა ანოდზე არ ხდება
2	95	8	3,7	0,78	2,58	„_____“
3	95	10	4,6	0,97	2,68	„_____“
4	95	12	5,6	1,17	2,74	„_____“
5	95	15	6,9	1,60	2,96-3,1	ვიზუალურად შეიმჩნევა ანოდზე ჟანგბადის გამოყოფა მცირე ზომის ბუშტების სახით
6	98	10	4,6	0,97	2,68	აირორთქლნარევის გამოყოფა აბაზანიდან შესამჩნევად ინტენსიური გახდა

კვლევების შემდგომ ეტაპებზე გამსხვილებული მასშტაბის დახურული ჰერმეტიკული აბაზანების დამზადებისა და გამოცდის დროს ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნება ანოდების გააქტივების კომბინირებული მეთოდები, რაც მნიშვნელოვნად გაზრდის ახალი კონსტრუქციის აბაზანის ეფექტურობას.

2 ლიტრიანი დახურული აბაზანის გამოცდის შემდეგ დამუშავდა, დამზადდა და გამოიცადა 14 ლიტრიანი დახურული აბაზანა.

აბაზანის კორპუსი წარმოადგენდა 10 მმ სისქის საკონსტრუქციო პოლიპროპილენისაგან (მწარმოებელი ჩეხეთის რესპუბლიკა) შედუღებით დამზადებული პარალელებიპედის ფორმის ყუთს. მისი ზომებია: სიგრძე 260 მმ, სიგანე 180 მმ, სიმაღლე 450 მმ, შიგა მოცულობა 14 ლ. აბაზანის კორპუსს ოთხივე მხრიდან მიღებული აქვს 80 მმ სიგანის ბორტები, რომლებიც ერთ სიბრტყეშია განლაგებული და ერთმანეთის გაგრძელებას წარმოადგენენ.

აბაზანა აღჭურვილია ახალი კონსტრუქციის ერთი ანოდითა და ორი კათოდით. ანოდი წარმოადგენს ფურცლოვანი ტიტანის 5 მმ სისქისა და 30 მმ სიგანის ზოლებისაგან დამზადებულ კონსტრუქციას, რომელსაც ზედა ნაწილში მიღებული აქვს ასევე ტიტანის დენმიმყვანი. ანოდის მუშა ნაწილის სიგანეა 300 მმ, სიმაღლე - 310 მმ. კათოდის აქტიური ელემენტებია მცირენაცრიანი გრაფიტის 20 მმ სისქის ფირფიტები. თითოეული ფირფიტის სიგანეა 100 მმ, სიმაღლე 320 მმ. ანოდისა და კათოდის კონსტრუქციაზე მომზადებულია საპატენტო განაცხადები.

აბაზანის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კვანძია სახურავი, რომელიც დამზადებულია 10 მმ სისქის პოლიპროპილენისაგან. მისი ზომებია 400 მმ x 260 მმ.

აბაზანის სახურავი და კორპუსის ბორტი მათ შორის მოთავსებული 6 მმ სისქის საშუალო სიბილის ტექნიკური რეზინის შუასადებებთან ერთად ქმნიან აბაზანის ჰერმეტიზაციის სისტემას.

მჭიდრო აირგაუმტარი კონტაქტის მისაღებად ბორტის ჰერმეტიზაციის ელემენტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ჭანჭიკოვანი შეერთებით.

აბაზანის სახურავი აღჭურვილია ვერცხლისწყლიანი თერმომეტრით, აირნარევის აბაზანიდან გამოძევანი მილით, U-ს მაგვარ მანომეტრთან დაკავშირებული წვრილი მილით, ვერტიკალურად დაფიქსირებული კვარცის ბუდეში ჩასმული ნიქრომისაგან დამზადებული ორი გამახურებლით. ჰერმეტიზაცია სახურავის ყველა ელემენტში მიღწეულია სპეციალური თერმომდევი სილიკონის ჰერმეტიკის დახმარებით. აბაზანა გარედან თოიზოლირებული იყო მინაბამის 90 მმ სისქის ფენით.

აბაზანის გამოსაცდელი დანადგარი თვით აბაზანის გარდა შეიცავდა 12 ამპერი მუდმივი დენით დატვირთვის მქონე ელექტრულ გამმართველს, 40 კვტ სიმძლავრის ავტოტრანსფორმატორს რეგულირებადი გამოსავალი ძაბვის ცვლილების დიაპაზონით 0-250 ვ, მუდმივი და ცვლადი დენის ამპერმეტრებსა და ვოლტმეტრებს, U-ს მაგვარ მანომეტრს, აბაზანიდან გამომავალი აირორთქლნარევის მიმღებ ჭურჭელს.

ელექტროლიზური აბაზანა გამოიყენებოდა ფუჭი სვლის რეჟიმში წყალზე ტემპერატურის 100°C-მდე აყვანით, რომელმაც აჩვენა აბაზანის მზადყოფნა დაგეგმილი ცდების ჩასატარებლად.

აბაზანაში მუშა ხსნარის საჭირო ტემპერატურის სწრაფად მიღწევის მიზნით უშუალოდ ცდის წინს ხდებოდა ხსნარის გაცხელება თერმომდევი ჭიქებში 95°C ტემპერატურამდე და შემდეგ მისი აბაზანაში შეყვანა. პარალელურად გამოიყენებოდა წყლის აბაზანა, რომელიც ცხელდებოდა რეგულირებადი სიმძლავრის მქონე ორი ელექტროქურით. შესაბამის ძაბვაზე (70-80 ვ) ირთებოდა აბაზანის სახურავში ჩამონტაჟებული ორი ნიქრომის გამახურებელი, თითოეული 1 კვტ-ის სიმძლავრით. საჭირო ტემპერატურის მიღწევისას ელექტრული გამმართველის საშუალებით ხდებოდა მუდმივი დენის მიწოდება აბაზანაზე.

ცხრილში 3 მოცემულია 14 ლიტრიანი დახურული აბაზანის გამოცდის შედეგები.

ცხრილი 3. 14 ლიტრიანი აბაზანის გამოცდა ლაბორატორიულ პირობებში

ცდის №	ხსნარის ტემპერატურა, °C	ანოლური დენის სიმკვრივე, მილიამპ/სმ <sup>2</sup>	კათოლური დენის სიმკვრივე, მილიამპ/სმ <sup>2</sup>	აბაზანაში გამავალი დენის ძალა, ამპერი	ძაბვა აბაზანაზე, ვოლტი
1	85	5,0	2,5	3,0	2,4
2	85	8,0	4,0	4,7	2,5
3	85	10,0	5,0	5,9	2,55
4	90	5,0	2,5	3,0	2,1
5	90	8,0	4,0	4,7	2,3
6	90	10,0	5,0	5,9	2,4
7	94	5,0	2,5	3,0	2,25
8	94	8,0	4,0	4,7	2,32
9	94	10,0	5,0	5,9	2,35
10	98	5,0	2,5	3,0	1,9
11	98	8,0	4,0	4,7	2,0
12	98	10,0	5,0	5,9	2,1

ჩატარებული ცდებიდან აღსანიშნავია შემდეგი:

1) ყველა ცდა მიმდინარეობდა სტაბილურად: ტემპერატურისა და დენის ძალის რყევების გარეშე;  
2) რაც შეეხება ძაბვას აბაზანაზე, ის 3 ვოლტზე ნაკლები იყო: მისი მნიშვნელობა სხვადასხვა ცდაში 90°C-ის ზევით იცვლებოდა ფარგლებში 1,9÷2,4 ვ. ეს შედეგი პრაქტიკულად გამორიცხავს ჟანგბადის გამოყოფას ანოდზე და შესაბამისად, კათოდზე მიღებული წყალბადის გაჭუჭყიანებას, უზრუნველყოფს ემდ-ის 100%-იან დენით გამოსავალს;

3) მუშა ელექტროლიტის ტემპერატურის გაზრდით ძაბვა აბაზანაზე მნიშვნელოვნად მცირდებოდა, კერძოდ, ტემპერატურის 85°C-დან 98°C-მდე გაზრდით ძაბვა 2,4÷2,55- ვოლტიდან შემცირდა 1,9÷2,1 ვოლტამდე, რაც ამცირებს ელექტრონერგიის ხარჯს, ზრდის ტიტანის ანოდების პასივაციამდეგობას, ამცირებს ელექტროლიზის პროცესში ჟანგბადის გამოყოფის რისკს. ამასთან დაკავშირებით უნდა აღინიშნოს, რომ ელექტროლიზის ჩატარება მაღალ ტემპერატურაზე (95-98°C) დანაკარგების გარეშე შესაძლებელია მხოლოდ დახურული აბაზანების გამოყენების შემთხვევაში;

4) როგორც ჩატარებულმა ცდებმა გვიჩვენა, აბაზანიდან გამოძვალა აირორთქლნარევით გამოწვეული თბური დანაკარგები მინიმალური იყო, ხოლო მატერიალური დანაკარგები მუშა ელექტროლიტის სახით პრაქტიკულად ნულს შეადგენდა;

5) ხსნარის დუღილის ტემპერატურასთან მიახლოებულ ტემპერატურაზე ( $\sim 98^{\circ}\text{C}$ ) ელექტროლიზი სტაბილურად მიმდინარეობდა. ჭარბი წნევა აბაზანის სახურავის ქვეშ წყლის სვეტის 60-80 მმ-ს შეადგენდა. აირორთქლნარევის აბაზანიდან გამოძვანი მილის ბოლოდან წყლით ავსებულ მიმღებ ჭურჭელში ხდებოდა წყლის ორთქლისა და მუშა ხსნარის წატაცებული წვეთების კონდენსირება, ხოლო აირადი წყალბადი გამოიყოფოდა მსხვილი - 10 მმ-მდე დიამეტრის ბუშტების სახით;

6) ელექტროლიზის ჩატარებამ  $95\div 98^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე გვიჩვენა პოლიპროპილენის, როგორც საკონსტრუქციო მასალის, მაღალი მექანიკური სიმტკიცე გაზრდილი თბური დატვირთვების პირობებში;

7) ოთახში, სადაც დახურული აბაზანის გამოცდა მიმდინარეობდა, მაღალი ტემპერატურის მიუხედავად ( $95-98^{\circ}\text{C}$ ) ღია აბაზანებისათვის დამახასიათებელი მჟავისა და პარაფინის მკვეთრი სპეციფიკური სუნი არ იგრძნობოდა, რაც საწარმოო პირობებში სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნების დაკმაყოფილების შესაძლებლობაზე მიუთითებს;

8) 14 ლიტრიანი ლაბორატორიული აბაზანის გამოცდის დროს მიღებულია დადებითი შედეგები, რომლებიც გამოყენებული იქნება როგორც მსხვილლაბორატორიული, ასევე გამსხვილებული მასშტაბის დახურული აბაზანების დაპროექტების, დამზადებისა და გამოცდის დროს.

*სამუშაო შესრულებულია საქართველოს შოთა რუსთაველის  
ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით  
(გამოყენებითი კვლევებისთვის სახელმწიფო სამეცნიერო გრანტების  
2014 წლის კონკურსის გამარჯვებული პროექტი, შიფრი AR/121/3-170/14).*

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Химические источники тока. Справочник. Под редакцией Н.В. Коровина, А.М. Скундина. Москва, издательство МЭИ, 2003г.
2. საფრანგეთის პატენტი N 1526 398, 1968წ.
3. Л.Н. Джапаридзе, Т.А. Чахунашвили, Г.А. Цагарели, Э.А. Качибая. Разработка технологии получения электролитического диоксида марганца и катодных материалов на основе  $\text{MnO}_2$ . Академия наук Грузии. Отделение химии и химической технологии, химия и химическая технология (Сборник трудов). «Мецნიერება», Тбилиси, 2001г., стр. 165-174.

#### ELABORATION OF CLOSED ELECTROLYSIS BATH FOR SIMULTANEOUS RECEIPT OF MANGANESE DIOXIDE AND HYDROGEN

Temur Chakhunashvili, Teimuraz Rokva, Zhiuli Kebabze, Merab Dadunashvili, Zinaida Vatsadze,  
Shota Makhatadze, Nanuli Butliashvili  
I. Javakhishvili Tbilisi State University

R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry

#### SUMMARY

Potentials of release of manganese dioxide and hydrogen on anode and cathode of closed electrolysis bath, as well as potentials of titanium anode and bath voltage securing excretion of minimal amount of oxygen on anode are established. Optimum conditions of electrolysis are established. Design of closed electrolysis bath is worked out. Closed bath of laboratory scale 14 litres in volume is manufactured and tested.

#### РАЗРАБОТКА ЗАКРЫТОЙ ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ ВАННЫ ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА МАРГАНЦА И ВОДОРОДА

Т.А.Чахунашвили, Т.В.Роква, Ж.М.Кебадзе, М.Т.Дадунашвили, З.Ш.Вацадзе, Ш.М.Махатадзе,  
Н.И.Бутлиашвили

*Тбилисский государственный университет им. И. Джавахишвили  
Институт неорганической химии и электрохимии им. Р. Агладзе*

#### РЕЗЮМЕ

Установлены потенциалы выделения диоксида марганца и водорода на аноде и катоде закрытой электролизной ванны, а также – потенциалы титанового анода и напряжение на ванне, которые обеспечивают выделение минимального количества кислорода на аноде. Установлены оптимальные условия электролиза. Разработана конструкция закрытой электролизной ванны. Изготовлена и испытана закрытая ванна лабораторного масштаба объемом 14 литров. .

**წვრილდისპერსული ელექტროლიზური მანგანუმის დიოქსიდის რენტგენოფაზური და თერმომომიური კვლევა**

თეიმურაზ როყვა, თემურ ჩახუნაშვილი, დალი ძანაშვილი, ნანა ბუთლიაშვილი, თენგიზ მაჩალაძე, ლელა როყვა

*ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რაფიელ აგლადის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი*

რენტგენოფაზური და თერმოგრაფიმეტრული ანალიზის მეთოდებით შესწავლილია მანგანუმის(II) ნიტრატის აზოტმჟავური ხსნარებიდან ელექტროლიზის გზით მიღებული მანგანუმის დიოქსიდის ფაზური შედგენილობა. დადგენილია  $MnO_2$  – ის სტრუქტურული მოდიფიკაცია. მიღებული შედეგები შედარებულია ნიმუშების თერმოგრაფიმეტრული ანალიზის მონაცემებთან.

საქართველოში მაღალი ხარისხის მანგანუმის ოქსიდური მადნების დეფიციტურობიდან გამომდინარე, დღეისათვის საწარმოო და ეკონომიკური თვალსაზრისით უაღრესად აქტუალურია წვრილდისპერსული ელექტროლიზური მანგანუმის დიოქსიდის (ემდ) წარმოება მანგანუმის შემცველი იაფი კარბონატული მადნებიდან, მათი გადაშეშავების ეფექტური და უსაფრთხო ტექნოლოგიების შექმნა და წარმოების ინტენსიფიკაციის ამოცანების გადაჭრა [1, 2].

განსხვავებით მსხვილკრისტალური ემდ-ის მიღების ტექნოლოგიისაგან, წვრილდისპერსული ემდ-ის მიღებისას ელექტროლიზის პროცესი მიმდინარეობს შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე –  $15 \div 30^{\circ}C$  და მაღალი ღენის სიმკვრივეებზე ( $75 \div 100$  მა/სმ<sup>2</sup>). ანოდის სიახლოვეს, ხსნარის მოცულობაში გამოიყოფა წვრილდისპერსული ემდ, ხოლო კათოდზე, თანაური პროდუქტის სახით – წყალბადი ( $H_2$ ).

წვრილდისპერსული ემდ გამოიყენება ჭიქურების, მინანქრის და თერმომდევეი საღებავების დამზადებაში. გარდა ამისა, საქართველოსთვის ეკოლოგიური უსაფრთხოების თვალსაზრისით უაღრესად აქტუალურია ჰოპკალიპტური კატალიზატორების დამზადება წვრილდისპერსული ემდ-ის ბაზაზე, ვინაიდან, სხვადასხვა ტიპის საწარმოების (ფერადი მეტალურგია), ავტო-ტრანსპორტის და საყოფაცხოვრებო აირგამათბობლების მიერ გამონაბოლქვი აირების ძირითად ტოქსიკურ კომპონენტს წარმოადგენს ნახშირჟანგი ( $CO$ ). წვრილდისპერსული ელექტროლიზური მანგანუმის დიოქსიდის მიღების ოპტიმალური რეჟიმის დადგენის, პროცესის ინტენსიფიკაციის ამაღლების და მიღებული პროდუქტის გამოყენების სპექტრის შესასწავლად მნიშვნელოვანია მიღებული პროდუქტის სტრუქტურისა და ფაზური შედგენილობის კვლევა.

ჩატარებულია მანგანუმის ნიტრატის აზოტმჟავა ხსნარებიდან ელექტროლიზით მიღებული მყარი ნიმუშების რენტგენოფაზური ანალიზი. რენტგენოგრამები ჩაწერილია  $DPOH-3M$  ტიპის რენტგენულ დიფრაქტომეტრზე  $Cu-K\alpha$  ანოდის გამოსხივებით,  $2\theta=10^{\circ}-60^{\circ}$  დიაპაზონში. დეტექტორის სიჩქარეა  $2^{\circ}/წთ$ .

რენტგენოგრამების ანალიზმა აჩვენა, რომ მიღებული ნიმუშები გამოირჩევიან დაკრისტალების დაბალი ხარისხით, წვრილდისპერსულობით და შესაბამისად, რენტგენომორფულობით, რაზედაც მიუთითებს  $2\theta=18^{\circ}-29^{\circ}$  შუალედში არსებული ე.წ. “დიფუზიური გალო” და გაშლილი პიკები მაღალ გრადუსებზე. აღნიშნული სავარაუდოდ დაკავშირებულია მიღების ხერხთან და გაშრობის რეჟიმთან ( $105^{\circ}C$ ).

რენტგენოგრამის მიხედვით ჩვენს მიერ გამოთვლილია ნაწილაკების ზომა დებაი-შერერის მეთოდის [3] მიხედვით, რომლითაც დადგენილია, რომ ნაწილაკების საშუალო ზომა შეადგენს 12 ნმ-ს.

მიღებულ რენტგენოგრამებზე ფაზათა იდენტიფიცირება მოხდა ამერიკის დიფრაქციული მონაცემების საერთაშორისო ცენტრის (American Society for Testing and Materials – ASTM) სტანდარტული მონაცემების შესაბამის ეტალონებთან შედარებით. რენტგენოფაზური ანალიზის შედეგებმა აჩვენა, რომ ნიმუშების ძირითად ფაზას წარმოადგენს  $\gamma$  მოდიფიკაციის მქონე  $MnO_2$ , რომელიც მინარევის სახით შეიცავს მანგანუმ (IV)-ის ჰიდროქსიდს -  $Mn(OH)_4$  (ცხრილი 1). აღსანიშნავია, რომ მიღებული მანგანუმის დიოქსიდის სისუფთავე სხვა ფაქტორებთან ერთად განპირობებულია საწყის ხსნარში როგორც  $Mn(NO_3)_2$ -ის კონცენტრაციაზე, ისე ხსნარის მჟავიანობაზე ( $HNO_3$ -ის შემცველობა გ/ლ-ში).

კერძოდ, ნიმუშები, რომლებიც მიღებულია 50 – 200 გ/ლ მანგანუმის ნიტრატის შემცველი ხსნარებიდან 50 – 75 გ/ლ მჟავიანობის პირობებში, გამოირჩევიან სისუფთავის მაღალი ხარისხით და რენტგენოგრამაზე გარდა  $\gamma$  -  $MnO_2$ -ის შესაბამისი პიკებისა დამატებითი პიკები პრაქტიკულად არ აღინიშნება, ხოლო საწყის ხსნარში მანგანუმის ნიტრატისა და აზოტმჟავას შემცველობის გაზრდის შემთხვევაში ( $C_{Mn(NO_3)_2} > 200$  გ/ლ და  $C_{HNO_3} > 75$  გ/ლ), რენტგენოგრამაზე  $\gamma$  -  $MnO_2$  – ის შესაბამის პიკებთან ერთად შეინიშნება მცირე ინტენსივობის მქონე დამატებითი, ძირითადად  $Mn(OH)_4$  – ის შესაბამისი პიკები, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს ახლადმიღებული წვრილდისპერსული მანგანუმის დიოქსიდის მაღალი აღსორბციის უნარით.

**ცხრილი 1.** ელექტროლიზური  $MnO_2$ -ის ნიმუშების რენტგენოგრამების მონაცემები:  
 $d_a/n$  – სიბრტყეთაშორის მანძილი,  $I/I_0$  – ფარდობითი ინტენსივობა.

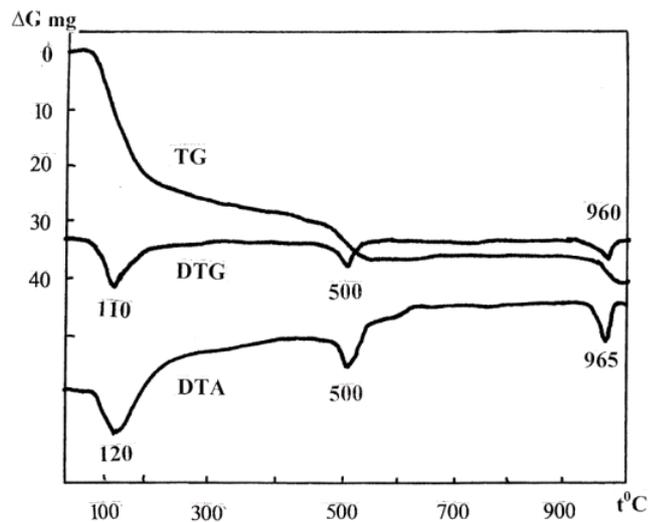
ნიმუში №1, ელექტროლიზური $MnO_2$ , $C_{Mn(NO_3)_2} = 50-200$ გ/ლ, $C_{HNO_3} = 50-75$ გ/ლ		ASTM -14-644, $\gamma$ $MnO_2$		ნიმუში №2, ელექტროლიზური $MnO_2$ , $C_{Mn(NO_3)_2} > 200$ გ/ლ, $C_{HNO_3} > 75$ გ/ლ)		ASTM -15-604, $Mn(OH)_4$ ან $MnO(OH)_2$	
$d_a/n$	$I/I_0$	$d_a/n$	$I/I_0$	$d_a/n$	$I/I_0$	$d_a/n$	$I/I_0$
-	-	-	-	-	-	6.81	30
-	-	-	-	-	-	4.92	20
3.96	84	3.96	100	3.86	70	-	-
-	-	-	-	3.14	35	3.11	60
2.63	25	2.62	60	2.71	30	2.6	10
-	-	-	-	2.49	55	2.45	20
2.42	100	2.42	100	2.42	100	-	-
-	-	-	-	2.4	86	2.39	100
2.32	50	2.32	80	2.32	35	-	-
-	-	-	-	-	-	2.19	20
-	-	-	-	2.15	45	2.15	60
2.12	60	2.12	80	2.12	44	-	-
2.05	30	2.05	40	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	1.83	40
1.62	96	1.63	80	1.63	60	1.65	30
1.6	40	1.6	60	1.59	55	-	-
-	-	-	-	-	-	1.54	40
-	-	1.49	10	-	-	-	-

ჩატარებული იქნა აგრეთვე ელექტროლიზური  $MnO_2$ -ის  $1000^0$  C ტემპერატურამდე გახურების შედეგად მიღებული ნიმუშის რენტგენოგრაფიული ანალიზი. მიღებული რენტგენოგრამების მიხედვით ფაზათა იდენტიფიცირების შედეგად დადგენილია, რომ ნიმუში შეიცავს მხოლოდ ტეტრაგონალური კრისტალური მესერის მქონე  $Mn_3O_4$ -ს (ცხრილი 2).

ჩატარებული იქნა მიღებული ემდ-ის თერმოგრაფიკული ანალიზი, რომლის შედეგები სრულ შესაბამისობაშია რენტგენოგრაფიულ ანალიზთან. კვლევა ჩატარდა უნგრული წარმოების Q-1500D მარკის დერივატოგრაფზე, რომელიც ერთდროულად ოთხი მრუდის (T, TG, DTA და DTG) დაფიქსირების შესაძლებლობას იძლევა [4]. ექსპერიმენტი ტარდებოდა პლატინის ტიგელში, ეტალონური ნივთიერების,  $\alpha$  -  $Al_2O_3$ -ის თანაობისას. გახურება მიმდინარეობდა  $10^0/წთ$  სიჩქარით. ნიმუშების ტიპური დერივატოგრაფა მოცემულია ნახაზ 1-ზე.

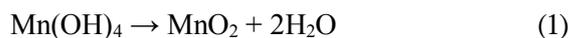
**ცხრილი 2.** ელექტროლიზური MnO<sub>2</sub>-ის რენტგენოგრაფიის მონაცემები 1000<sup>0</sup> ტემპერატურაზე გახურების შემდეგ: d<sub>h</sub>/n – სიბრტყეთაშორის მანძილი, I/I<sub>0</sub> – ფარდობითი ინტენსივობა.

ელექტროლიზური MnO <sub>2</sub> , T=1000°C-ზე გახურების შემდეგ		ASTM -16-154, Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ტეტრ.	
d <sub>h</sub> /n	I/I <sub>0</sub>	d <sub>h</sub> /n	I/I <sub>0</sub>
-	-	4.95	30
3.09	63	3.09	50
2.89	33	2.89	30
2.77	80	2.77	90
2.49	100	2.49	100
2.37	25	2.36	40
2.25	10	-	-
2.04	22	2.04	40
1.82	20	1.82	20
-	-	1.79	50
1.7	8	1.71	30
1.6	10	1.64	20
1.57	30	1.57	50
1.54	45	1.54	80



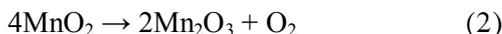
**ნახ. 1.** ელექტროლიზური მანგანუმის დიოქსიდის დერივატოგრაფია T = 1000<sup>0</sup>C

სხვადასხვა პირობებში ჩატარებული ელექტროლიზის პროცესის შედეგად მიღებული მანგანუმის დიოქსიდის ნიმუშების დერივატოგრაფიების DTA და DTG მრუდებზე აღინიშნება პირველი ენდოფექტი, ტემპერატურული მაქსიმუმით 110 – 120<sup>0</sup>C ინტერვალში, რომელსაც თან ახლავს ნიმუშის მასის კლება (9.3 - 18.5%). აღნიშნული ენდოფექტი შეესაბამება საკვლევი ნიმუშიდან ტენის აორთქლებას და ნიმუშში არსებული მანგანუმის (IV) ჰიდროქსიდის დეჰიდრატაციას რეაქციის მიხედვით:



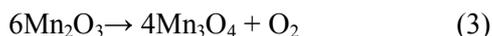
როგორც მოსალოდნელი იყო, თერმოგრაფიმეტრული ანალიზით დადგენილი მასის დანაკარგი (9.3 - 18.5%. მეტია ქიმიური ანალიზით დადგენილ სიდიდეზე (4.25 – 14.2%), ვინაიდან ზედაპირული ტენის გაზომვისას ნიმუშის გაშრობა ხდება 105<sup>0</sup>C ტემპერატურაზე, რომლის დროსაც დაუმღევი რჩება მანგანუმის ჰიდროქსიდი (ამ უკანასკნელის არსებობა ნიმუშებში დადასტურებულია რენტგენოგრაფიული ანალიზით).

მორე ენდოთერმული ეფექტი, რომლის ტემპერატურული მაქსიმუმი მდებარეობს 500°C ტემპერატურაზე, შეესაბამება MnO<sub>2</sub>-ის დაშლას Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ად და O<sub>2</sub>-ად რეაქციით:



დერევატოგრაფების მიხედვით გამოთვლილი მასის დანაკარგი (სხვადასხვა ნიმუშებისათვის 9.2 - 10.9%) კარგ შესაბამისობაშია თეორიულთან (9.19%).

მესამე ენდოთერმული ეფექტი ტემპერატურული მაქსიმუმით 950–960°C შუალედში შეესაბამება Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ის დაშლას Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ად და O<sub>2</sub>-ად რეაქციით:



ამ შემთხვევაშიც მასის ექსპერიმენტული დანაკარგი (2.97 – 3.96%) შესაბამისია თეორიულად გამოთვლილთან (3.37%).

ამგვარად, ჩატარებულმა თერმოგრაფიკულმა ანალიზმა სრულად დაადასტურა რენტგენოფაზური ანალიზით მიღებული ელექტროლიზური მანგანუმის დიოქსიდის ფაზური შედგენილობა.

სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის საგრანტო პროექტის №FR/109/9-220/13 ფინანსური მხარდაჭერით

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. საქართველოს ბუნებრივი რესურსები და მათი გამოყენების პერსპექტივები. სამეცნიერო კონფერენცია, თბილისი, 1995, 15 ს.
2. Исследования по Переработке Марганцевого и Топливного Сырья Грузии. Издательство «Мецниереба», Тбилиси, 1967. 126 с.
3. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. «Наука», Москва, 1971, 400 с.
4. მაჩალაძე თ.ე. თერმული ანალიზი, ტექნიკური უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი. 2006.

### X-RAY PHASE AND THERMOCHEMICAL INVESTIGATION OF FINE-DISPERSED ELECTROLYTIC MANGANESE DIOXIDE

T.Rokva, T.Chakhunashvili, D.Dzanashvili, N.Butliashvili, T.Machaladze, L.Rokva

*Ivane JavakhiSvili Tbilisi State University*

*R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry*

#### SUMMARY

The Phase composition of Manganese dioxide, obtained from the nitric solutions of manganese (II) nitrate has been studied. Structural modification of MnO<sub>2</sub> has been established. Obtained results are compared with the dates of thermogravimetric analysis.

This work was supported by the grant of Shota Rustaveli National Scientific fond #№FR/109/9-220/13

### РЕНТГЕНОФАЗНОЕ И ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ДИОКСИДА МАРГАНЦА

Т.Роква, Т.Чакхунашвили, Д.Дзанашвили, Н.Бутлиашвили, Т.Мачаладзе, Л.Роква

*Тбилиский Государственный Университет*

*Институт неорганической и электрохимии им. Р.И. Агладзе*

#### РЕЗЮМЕ

Рентгенофазовым и термогравиметрическим методом анализа изучен фазовый состав диоксида марганца полученного электролизом из азотнокислых растворов нитрата марганца(II). Установлена структурная модификация MnO<sub>2</sub>. Полученные результаты сопоставлены с данными термогравиметрического анализа исследованных образцов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Шота Руставели Национального Научного фонда #№FR/109/9-220/13

**КОНДЕНСАТОРНЫЕ СВОЙСТВА АНОДНЫХ ПЛЁНОК ДИОКСИДА МАРГАНЦА, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ РАСТВОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ ЖЕЛЕЗА**

Г.А.Цагарели, Ш.М.Махатадзе, Н.Г.Майсурадзе, Л.Г.Бацанадзе

*Тбилисский государственный университет им. Ивана Джавახишвили  
Институт неорганической химии и электрохимии им. Р.И.Агладзе*

Методом циклической вольтамперометрии были изучены плёнки диоксида марганца (ДМ) толщиной 100, 200 и 300 нм, полученные из растворов, содержащих ионы  $Fe^{2+}$ . После тысячного цикла форма циклических вольтамперограмм плёнок толщиной 200 и 300 нм практически не менялась, при этом потеря ёмкости составила 10 % от первоначальной. Плёнка толщиной 300 нм в аналогичных условиях теряла 35 % ёмкости, а форма кривой сильно искажалась. Замена  $Fe^{2+}$  иона на  $Fe^{3+}$  ион в растворе для получения плёнки ДМ приводило к увеличению ёмкости плёнок ДМ на 25-30 %.

В предыдущей работе нами было показано, что плёнки диоксида марганца (ДМ), полученные электрохимическим осаждением из растворов электролита, содержащего ионы железа (II), можно считать перспективным материалом для суперконденсаторов (СК). Внедрение ионов железа в ДМ улучшает обратимость и циклируемость окислительно-восстановительной реакции, лежащей в основе работы СК. Было проведено 500 заряд-разрядных циклов, что приводило к потере псевдоёмкости в пределах 10-15 % [1].

Химическая и механическая стойкость при многократном циклировании без существенной потери ёмкости является одним из главных условий пригодности катодного материала для СК. В настоящей работе были получены и испытаны плёнки ДМ разной толщины с целью установления их стойкости к многократно повторяемым заряд-разрядным циклам.

Тонкие плёнки формировали в кулонометрическом режиме анодным осаждением ДМ на платиновой проволоке диаметром 1 мм и площадью  $0,16 \text{ см}^2$  из растворов, содержащих  $2 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $MnSO_4$  +  $0,195$  моль/л  $Na_2SO_4$  +  $5 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $H_2SO_4$  +  $10^{-3}$  моль/л  $FeSO_4$  при потенциале 1,2 В относительно хлорсеребряного электрода сравнения. Электрохимическое поведение плёнок изучали методом циклической вольтамперометрии в стандартной трёхэлектродной ячейке. Вспомогательным электродом служила платиновая пластинка, а электродом сравнения хлорсеребряный электрод. Кривые снимали в растворе  $0,5$  моль/л  $Na_2SO_4$ , скорость развёртки потенциала равнялась  $50 \text{ мВ/с}$ , интервал развёртки потенциала:  $0,1-0,9 \text{ В}$ . Для расчёта ёмкости применяли формулу

$$C = \frac{I \cdot \Delta t}{\Delta V \cdot m}$$

где  $I$  – сила тока,  $\Delta t$  – время развёртки потенциала,  $\Delta V$  – интервал развёртки потенциала,  $m$  – масса плёнки.  $I \cdot \Delta t$  определяли из половины площади, описываемой циклической вольт-амперограммой.

С тех пор как был разработан электрохимический способ получения ДМ почти сразу же стало известно, что примесь ионов железа в растворе электролита при электроосаждении ДМ вызывает существенное уменьшение выхода продукта по току [2,3]. Поэтому невозможно было рассчитать массу, а следовательно и толщину, плёнки по количеству электричества, затраченного на её формирование. В нашей работе для определения массы плёнки её растворяли в соляной кислоте и устанавливали концентрацию ионов  $Mn^{2+}$  в растворе методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Зная массу осаждённого ДМ, его плотность и площадь электрода можно рассчитать толщину плёнки. Таким образом были получены плёнки толщиной 100, 200, и 300 нм, при этом выход ДМ по току соответственно менялся от 70 % до 50 %. Для каждой толщины было проведено 1000 заряд-разрядных циклов. На один цикл затрачивалось 38 с. Таким образом, общее время непрерывного циклирования составило 9 часов. Зависимость ёмкости плёнки от числа циклов приведена на рис.1. Для плёнок толщиной 100 и 200 нм потеря ёмкости за всё время циклирования составила примерно 10 %. При этом ёмкость плёнок после 50 циклов практически не менялась. Конфигурация циклических вольтамперограмм также оставалась неизменной, близкой к прямоугольной форме. Эти данные являются свидетельством хорошей обратимости, протекающей окислительно-

восстановительной реакции, а также химической и механической прочности плёнок. Третья плёнка в аналогичных условиях быстро теряла ёмкость, особенно в начальный период циклирования, и уменьшение ёмкости к концу циклирования составляло уже 35 %. При этом форма кривой сильно искажалась. Таким образом, можно заключить, что плёнки толщиной более 200 нм вряд ли возможно использовать в качестве анодного материала для СК.

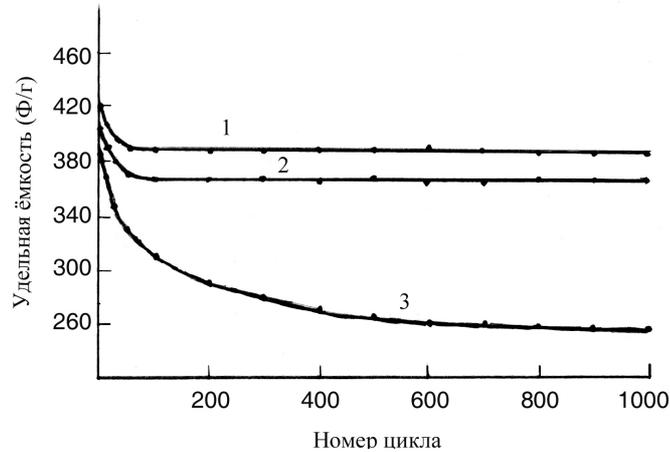


Рис.1. Зависимость ёмкости плёнок ДМ различной толщины от числа заряд-разрядных циклов: 1 – толщина плёнки 100 нм; 2 – 200 нм; 3 – 300 нм. Плёнки ДМ получали в растворе  $2 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $\text{MnSO}_4 + 0,195$  моль/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 5 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 10^{-3}$  моль/л  $\text{FeSO}_4$  при потенциале 1,2 В относительно хлорсеребряного электрода.

Как было сказано выше, в раствор электролита для осаждения плёнок ДМ вносили сульфат железа (II). Однако, в процессе электролиза ионы железа попеременно окисляются и восстанавливаются соответственно на аноде и катоде, поэтому в растворе постоянно присутствуют двух- и трёхзарядные ионы железа [4,5]. Для изучения влияния только лишь ионов  $\text{Fe}^{3+}$  в растворе электролита на свойства получаемой плёнки ДМ использовали ячейку с разделённым анодным и катодным пространствами. Концентрацию ионов  $\text{Fe}^{3+}$  в растворе для формирования плёнки ДМ меняли от  $10^{-4}$  моль/л до  $2 \cdot 10^{-3}$  моль/л. В каждом растворе изучали влияние потенциала, при котором вели осаждение плёнки. Было установлено, что наибольшую ёмкость имели плёнки полученные в растворе, содержащем  $10^{-3}$  моль/л  $\text{Fe}^{3+}$  при потенциале 1,2 В, рис.2. Присутствие в рабочем растворе только лишь ионов  $\text{Fe}^{3+}$  приводило к увеличению ёмкости плёнки на 25-30 %, при этом интервал развёртки потенциала был расширен на 100 мВ, рис.3. Ёмкость плёнки толщиной 50 нм, полученной в оптимальных условиях, равнялась 500 Ф/г. Таким образом, можно утверждать, что присутствие ионов  $\text{Fe}^{3+}$  в растворе для формирования плёнки ДМ заметно улучшает её конденсаторные свойства.

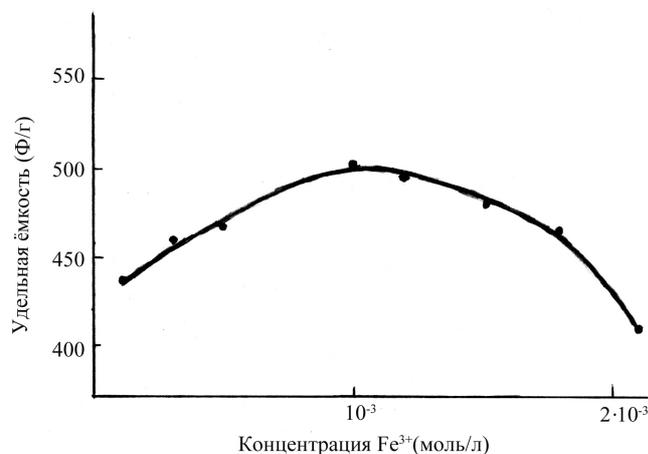


Рис.2. Влияние концентрации ионов железа  $\text{Fe}^{3+}$  в растворе для получения плёнки ДМ на её ёмкость; осаждение вели при потенциале 1,2 В относительно хлорсеребряного электрода; толщина плёнки 50 нм.

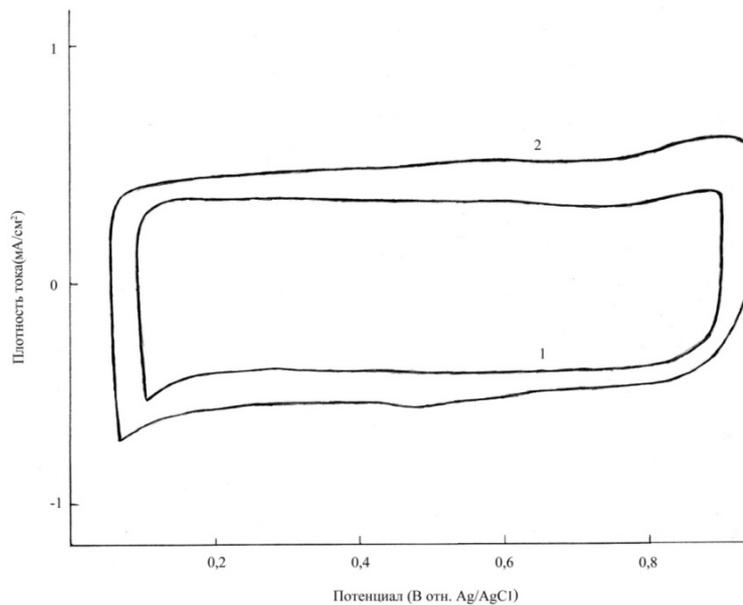


Рис.3. Циклические вольтамперограммы плёнок ДМ в растворе 0,5 моль/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , скорость развёртки 50 мВ/с. В рабочий раствор для получения плёнок вносили: 1 –  $10^{-3}$  моль/л  $\text{Fe}^{2+}$ ; 2 –  $10^{-3}$  моль/л  $\text{Fe}^{3+}$ ; толщина плёнок 50 нм.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. *Г.А.Цагарели, Ш.М.Махатадзе, Н.Г.Майсурадзе, Л.Г.Бацанадзе, А.Г.Шакаришвили, Известия НАН Грузии, 2013, т.39, с.159.*
2. *Van Arsdale G.D., Maier C.G., Trans. Electrochem. Soc., 1918, v.33 p.109.*
3. *Kulda D., Chem. Prumysl, 1954, v.4, p.372.*
4. *Шенгелия Дж.Г., Агладзе Р.И., Шалякина Н.В., Известия АН ГССР, 1985, т.11, с.220.*
5. *Г.А.Цагарели, Ш.М.Махатадзе, Н.Г.Майсурадзе, Л.Г.Бацанадзе, А.Г.Шакаришвили, Ш.М.Махатадзе, Известия НАН Грузии, 2010, т.36, с.16.*

#### რკინის შემცველი ხსნარებიდან მიღებული მანგანუმის დიოქსიდის კონდენსატორული თვისებები

გიორგი ცაგარელი, შოთა მახათაძე, ნინო მაისურაძე, ლიანა ბაცანაძე  
 ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
 რაფაელ აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი  
 რეზიუმე

$\text{Fe}^{2+}$  იონების შემცველი ხსნარებიდან მიღებული მანგანუმის დიოქსიდის ფირების, სისქით 100, 200 და 300 ნმ, ელექტროქიმიური მდგრადობა შევისწავლეთ ციკლური ვოლტამპერომეტრიის მეთოდით. მეათასე ციკლის შემდეგ 100 და 200 ნმ სისქის ფირების ციკლური ვოლტამპეროგრამა პრაქტიკულად არ იცვლიდა ფორმას, ხოლო ტევადობის დანაკარგი 10% შეადგენდა. 300 ნმ სისქის ფირის ტევადობის დანაკარგი ანალოგიურ პირობებში 35% უდრიდა, ამასთან მრუდის ფორმა მკვეთრად იცვლებოდა.  $\text{Fe}^{2+}$  იონების  $\text{Fe}^{3+}$  იონებით ჩანაცვლება იწვევდა ფირების ტევადობის ზრდას 25-30%-ით.

#### CAPACITOR PROPERTY OF THE MANGANESE DIOXIDE ANODIC FILMS, OBTAINED FROM THE IRON-CONTAINING SOLUTION

Giorgi Tsagareli, Shota Makhatadze, Nino Maisuradze, Liana Batsanadze  
 IvaneJavakhishvili Tbilisi State Universiti  
 Rafael Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry  
 SUMMARY

Manganese dioxide (MD) films of 100, 200 and 300 nm thicknesses obtained from the  $\text{Fe}^{2+}$  ions containing solution were studied by the cyclic voltammetry (CV). Electrochemical stability of the films of 100 and 200 nm thicknesses was evaluated by repeating the CV test for 1000 cycles. The rectangular and mirror image CV curves practically did not change after 50-eth to 1000-th cycle and capacitance loss was 10 %. In this condition MD film of 300 nm thicknesses lost 35% its capacitance and the CV curve very distorted. Replacement of  $\text{Fe}^{2+}$  ion by  $\text{Fe}^{3+}$  in electrolyte for the MD films preparation increased the film capacitance for 25-30 %.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ВЫСОКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЯХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ  $A^{IV}B^{VI}$ 

А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили\*, М.И.Енукашвили\*, З.Г.Ахвледиани\*\*\*, Л.П.Бычкова\*,  
Р.Г.Гуляев\*, М.А.Дзаганя\*\*\*\*

*Национальная Академия Авиации Азербайджана, Баку*

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

*\*\*Институт физики им.Э.Андроникашвили, Тбилиси*

*\*\*\*Институт физической и органической химии им.П.Меликишвили, Тбилиси*

Для достижения высоких тангенциальных параметров решетки и соответственно деформаций в напряженных полупроводниковых слоях были выращены слои PbSe на подложках KCl и проанализированы результаты по этим характеристикам в зависимости от скорости доставки испаряющихся молекул к подложке, длительности роста, температуры подложки. Анализ данных, проведенных в соответствии с моделью влияния нестехиометрических дефектов на характер роста слоев подтвердил, с одной стороны, что она хорошо описывает опытные данные и, с другой стороны, позволяет оптимизировать экспериментальные условия для дальнейшего повышения уровня деформаций в слоях путем увеличения расстояния открытого края кварцевой ампулы с источником эпитаксии до подложки и роста ее температуры.

Возможность достижения высоких деформаций в эпитаксиальных слоях полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  является актуальной как с научной точки зрения, так и для ряда приложений [1,2]. Анализ этапа зарождения слоев показывает, что появление зародышей при росте полупроводниковых слоев на инородных подложках характеризуется разнонаправленными энергиями – поверхностного натяжения и деформации. При этом часть упругой энергии деформации передается дислокациям на границе зародыша и подложки и в самом зародыше. В результате зародыши зацепляются на дислокациях как на дефектах и не исчезают, что приводит к уменьшению их критического радиуса, росту их числа и к ускорению сплошного зарастивания подложки. Поэтому при сплошном росте слоев и заметном исходном рассогласовании между слоем и подложкой деформации, им соответствующие, уже недостижимы.

Но когда вопрос стоит о достижении в слоях высоких деформаций, уже важно рассматривать результирующую скорость перемещения нестехиометрических дефектов и дислокаций. Если для сплошного роста слоев дислокации играют положительную роль, то для достижения высоких деформаций они уже являются помехой, ускоряя релаксацию напряжений. В этом и заключается особая двойная роль дислокаций в реализации высоких деформаций в эпитаксиальных слоях.

Нами изучалась возможность достижения высоких деформаций в эпитаксиальных слоях PbSe, выращенных на подложках KCl методом молекулярной эпитаксии с «горячей стенкой». Скорость подачи испаряющихся молекул к подложке менялась путем изменения температуры источника эпитаксии – поликристаллического PbSe и варьирования расстояния открытого края кварцевой ампулы с источником до подложки [3].

К регулируемому расстоянию между краем кварцевой ампулы и подложкой особенно чувствительным оказался первый этап роста слоев – их зарождение [4]. На эксперименте рассматривалось три случая изменения такого расстояния 1 : 1, 2,5 и 12 мм. Для иллюстрации этих случаев были отобраны слои с различными температурами источника эпитаксии и подложки, длительностями и скоростями процессов роста и соответствующими тангенциальными параметрами решеток и деформациями в слоях, а также полуширинами рентгенодифракционных линий (таблица). Тангенциальный параметр решетки определялся по симметричной схеме при  $\theta$ -2 $\theta$  сканировании рентгеновского излучения от плоскости (400). Использовалось излучение  $Co_{K\alpha}$  ( $\lambda = 1,789\text{\AA}$ ). Деформации определялись как  $\varepsilon = (\alpha_{сл.} - \alpha_{PbSe}) / \alpha_{PbSe}$ , где  $\alpha_{PbSe}$  – параметр кристаллической решетки монокристалла PbSe. Полуширина рентгенодифракционной линии оценивалась по дифрактограммам,

записанным при отражении также от плоскости (400). По отношению интенсивностей отражения рентгеновского излучения от подложки, покрытой слоем, и без него и от разных кристаллографических плоскостей определялась толщина слоев.

**Таблица.** Данные по температурам источника эпитаксии и подложки, скоростям и длительностям роста слоев, тангенциальным параметрам решетки, деформациям и полуширинам рентгенодифракционных линий

№	Слой	Температура источника эпитаксии, °C	Температура подложки, °C	Длительность роста t, с	Толщина слоя d, нм	Средняя скорость роста $\nu$ , нм/с	Скорость роста на втором этапе $\nu$ , нм/с	Тангенциальный параметр решетки, Å	Деформация $\epsilon$ , $10^2$	Полуширина рентгенодифракционной линии $\Delta$ , 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	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

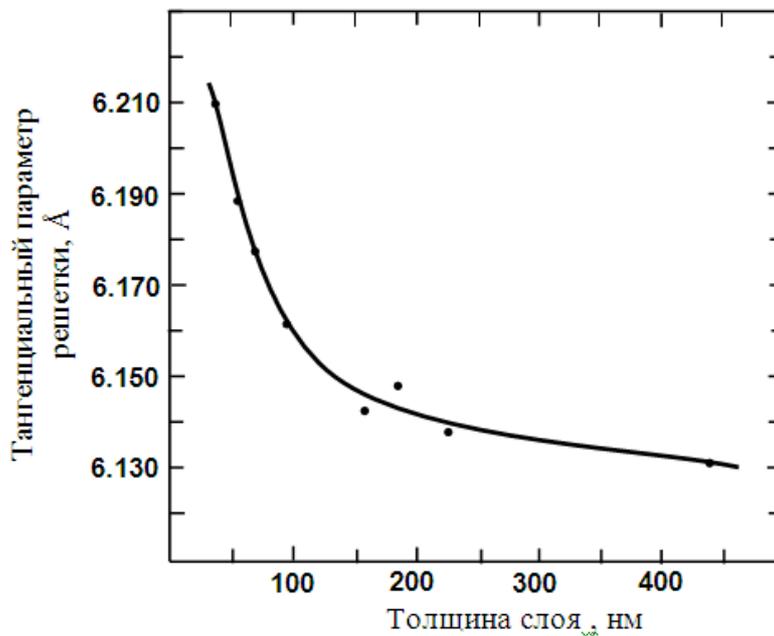


Рис. 1. Зависимость тангенциального параметра решетки эпитаксиальных слоев PbSe от их толщины

Характерной особенностью изученных слоев является «задержка» роста – первый медленный этап зарождения слоев для трех приведенных случаев составляет 2, 8 и 60с соответственно. Также общим для всех слоев является рост тангенциального параметра решетки по мере их утоньшения

(рис.1). Для сопоставления скоростей роста слоев и результирующей скорости перемещения нестехиометрических дефектов и дислокаций на рис.2 представлены данные по тангенциальному параметру решетки в зависимости от длительности роста слоев. Отметим сначала крайние случаи – самый тонкий слой СЛ-581 толщиной 35нм получен при длительности роста 2с на втором этапе, когда формируется окончательная деформация в слое. Для этого слоя расстояние подложки от края кварцевой ампулы составляет 2,5мм и тангенциальный параметр решетки наивысший -  $6,210(1)\text{\AA}$ . В то же время самый толстый слой СЛ-605 имеет толщину 440нм при длительности роста 18с на втором этапе (расстояние края кварцевой ампулы до подложки составляет 1мм) и его тангенциальный параметр решетки наименьший -  $6,132(6)\text{\AA}$ .

Для слоев, лежащих на линии б (рис.2) – расстояние края ампулы до подложки составляет 12мм, и тангенциальные параметры решеток меняются в пределах  $6,142(1) - 6,188(5)\text{\AA}$  (слои 1-4, таблица) при соответствующих длительностях на втором этапе от 7 до 30с и толщинах слоев от 57 до 159нм.

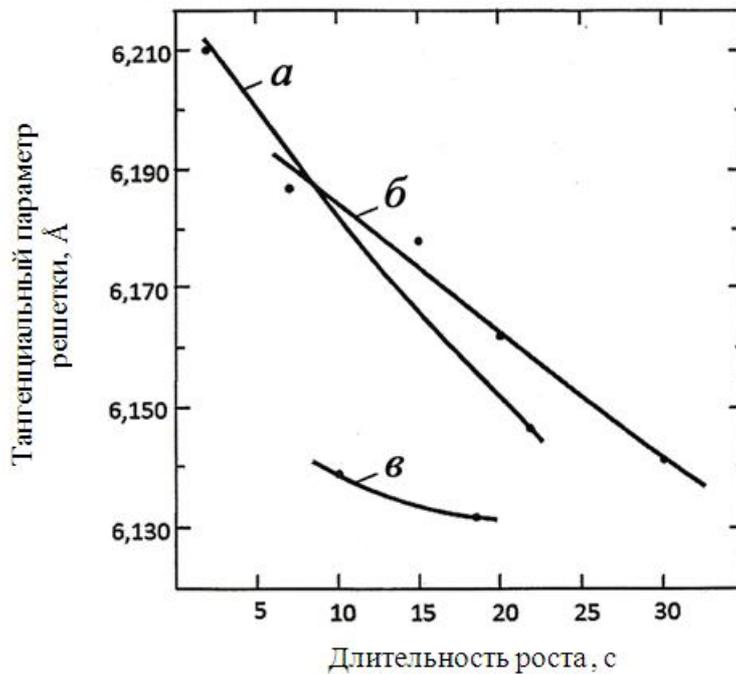


Рис 2. Зависимость тангенциального параметра решетки от длительности роста слоев на втором этапе : а)  $l=2,5\text{мм}$ ,  $T_{\text{ист.}} = 470^{\circ}\text{C}$ , б)  $l=12\text{мм}$ ,  $T_{\text{ист.}} = 470^{\circ}\text{C}$ , в)  $l=1\text{мм}$ ,  $T_{\text{ист.}} = 510^{\circ}\text{C}$

Эти результаты показывают, что при изменении режимов роста параметры слоев варьируются в широком диапазоне, в том числе и при более гибком их изменении. Например, можно сравнивать результаты при одинаковых длительностях роста и тангенциальных параметрах решеток. Если рассмотреть слои, лежащие на линиях б и в (рис.2), то низкие тангенциальные параметры решеток во втором случае связаны не только с большой толщиной слоя, но и с высокой скоростью роста – на границах субзерен при возрастании их размеров возникает большая разориентация и повышенная релаксация напряжений [5]. Рассмотрим также случаи с близкими тангенциальными параметрами решеток для слоев на линиях а и б (рис.2) с длительностями роста 22 и 30с на втором этапе – имеются в виду слои СЛ-577 и СЛ-537 (таблица). Несмотря на меньшую толщину слоя СЛ-537 (159нм) разница в длительностях роста приводит к меньшему тангенциальному параметру решетки  $6,142(1)\text{\AA}$  по сравнению со слоем СЛ-577 ( $a=6,149(0)\text{\AA}$  при толщине 182нм) из-за более быстрой аннигиляции нестехиометрических дефектов в ядрах дислокаций и их лучшего торможения в первом случае.

Слои, соответствующие линии б, по своим толщинам и тангенциальным параметрам решеток и соответственно деформациям являются перспективными для разработки ИК фотоприемников. При этом воспроизводимость результатов при повторных экспериментах достаточно высокая – толщины слоев изменяются в пределах 5-7нм, а параметры решеток в пределах  $\approx 0,0005\text{\AA}$ . Такие показатели близки к точности измерений этих величин.

Если удастся увеличить деформации в слоях, то уровни примесей с переменной валентностью  $\text{Cr}$  или  $\text{In}$  будут глубже смещаться в запрещенной зоне  $\text{PbSe}$  или твердого раствора на его основе и будет осуществляться более глубокая компенсация электрически активных нестехиометрических дефектов для повышения чувствительности ИК фотоприемников. При невысоких толщинах слоев  $< 100\text{нм}$  – нанодиапазона толщин модель торможения дислокаций нестехиометрическими дефектами выявляется сильнее и поэтому достижение максимальных тангенциальных параметров решеток и деформаций зависит от соотношения результирующей скорости перемещения дефектов и дислокаций (точнее от скорости передачи им энергии) и скорости роста слоев. Роль толщины слоев и возрастания упругой деформации для релаксации напряжений при возникновении такого барьера сводится к минимуму.

Для дальнейшей оптимизации скорости роста слоев проанализируем данные для слоев СЛ-541, СЛ-555, СЛ-562 (таблица). По сравнению со слоем СЛ-562 в слоях СЛ-555 и СЛ-541 добавочный прирост слоев в 17 и 39нм происходит за 8 и 13с соответственно, т.е. скорости роста на этих отрезках составляют 2,1 и 3нм/с. В то же время тангенциальные параметры решеток уменьшаются в этих слоях на 0,011 и 0,026Å по сравнению со слоем СЛ-562. Т.е. при возрастании скорости роста  $\sim$  в 1,5 раза тангенциальный параметр решетки уменьшается  $\sim$  в 2,5 раза. Чтобы на этих временных отрезках тангенциальный параметр решетки оставался, по крайней мере, неизменным, скорость роста слоев должна уменьшаться согласно соотношению  $1,5 : 2,5 = 0,6$ , т.е. должна быть равной 1,2нм/с.

Проведенный анализ и полученное соотношение по существу означает, что величина 0,6 должна соответствовать производной  $d(\Delta V_2/\Delta V_1)/d(\Delta_2/\Delta_1)$  – отношения изменения скоростей роста слоев при разных  $\Delta t$  к отношению изменения тангенциальных параметров кристаллических решеток на этих участках.

Средняя скорость роста слоев на этих участках составляет  $\sim 2,5\text{нм/с}$ , т.е. в 1,8 раза меньше средней скорости роста слоев на втором этапе. Тогда практически для роста слоев с неизменным тангенциальным параметром решетки средняя скорость роста должна быть  $\sim 2\text{нм/с}$  или меньше. Отметим, что и здесь имеется в виду - деформации в слоях формируются на втором этапе роста слоев.

Важно, что из сравнения данных, на линиях а и б (рис 2) вытекает также: с ускорением роста слоев можно реализовать высокие тангенциальные параметры решеток, но регулировать при этом их толщины становится сложнее.

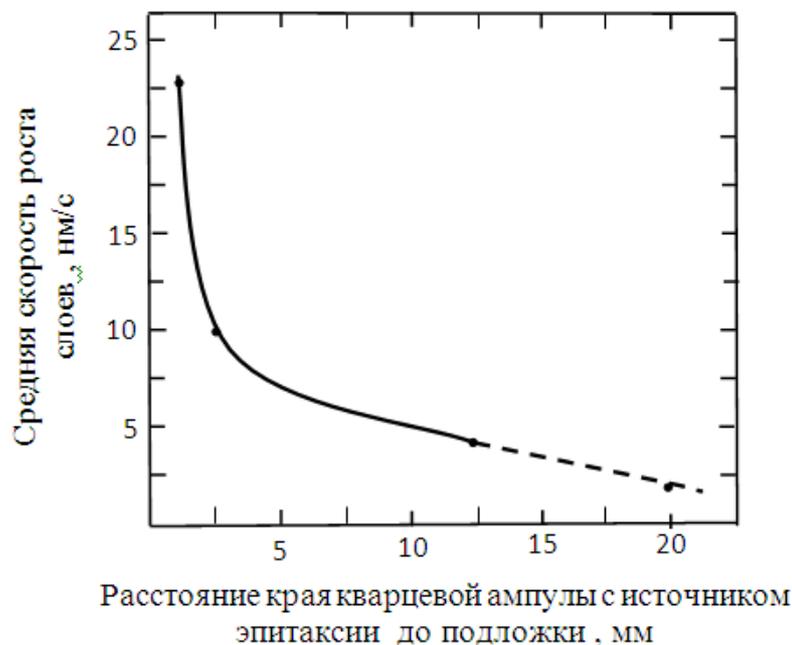


Рис 3. Средняя скорость роста слоев  $\text{PbSe}$  при различном расстоянии края кварцевой ампулы от подложки

В условиях, когда при температуре источника эпитаксии  $470^{\circ}\text{C}$  и вакууме  $5 \cdot 10^{-6}$  мм.рт.ст. давление испаряющихся молекул близко к такому уровню, регулировать скорость роста слоев можно путем изменения скорости подачи испаряющихся молекул к подложке при варьировании расстояния открытого края кварцевой ампулы с источником до подложки. К рассмотренным трем случаям с расстояниями в 1, 2,5 и 12мм и средними скоростями роста 23, 10 и 4,5нм/с добавится скорость роста 2нм/с и новое значение  $l$  получается при построении зависимости скорости роста слоев от этого расстояния, представленной на рис.3. Как видно из рис 3, средняя скорость роста слоев – 2нм/с может реализоваться при расстоянии между краем кварцевой ампулы и подложкой  $\sim 20$ мм. Для достижения максимальных деформаций в слоях согласно рассматриваемой модели целесообразно также повысить температуру подложки  $350^{\circ}\text{C}$  (при этом сохраняется достаточное пересыщение относительно источника эпитаксии) с целью улучшения миграции нестехиометрических дефектов по всей толщине.

Отметим также, что понижение скорости роста слоев приведет к более совершенной границе между субзернами и соответственно понижению релаксации напряжений на их границе, особенно когда высокие деформации будут реализовываться при возрастающих толщинах слоев [6,7].

Таким образом, проведенный анализ условий роста напряженных эпитаксиальных слоев PbSe показал, что модель аннигиляции нестехиометрических дефектов в ядрах дислокаций хорошо объясняет существенное понижение скорости релаксации напряжений. Дальнейшая оптимизация экспериментальных условий для достижения максимальных деформаций в слоях заключается в уменьшении средней скорости подачи испаряющихся молекул к подложке за счет увеличения расстояния открытого края кварцевой ампулы с источником до подложки и повышения ее температуры.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, M.A.Dzagania, V.P.Zlomanov. Peculiarities of experimental conditions for the adjustment of characteristics of lead selenide nanolayers. Nano Studies, 2014, 10, 129-134.
2. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, M.Dzagania. Variations of the parameters of PbSe nanolayers with change of their technology. Materials Science Engineering, 2015, 77, 012017, 1-6 .
3. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, Z.G.Akhvlediani, M.I.Enukashvili, R.G.Gulyaev, V.P.Zlomanov. Nanolayers of Lead Selenide on Potassium Chloride Substrates : Specific Features of Formation. J.Materials Science and Engineering, 2013, A3(4), 235-238.
4. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледиани, Р.Г.Гуляев, В.П.Зломанов . Новые исследования характера роста нанослоев селенида свинца. Ученые Записки НАА Азербайджана , 2012, 14, 4, 3-8.
5. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, Р.Г.Гуляев, М.И.Енукашвили, В.П.Зломанов, М.А.Дзаганя . Исследование дисперсности эпитаксиальных слоев селенида свинца. Известия НАН Грузии, 2011, 37, 1, 67-70.
6. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, З.Г.Ахвледиани, Р.Г.Гуляев, В.П.Зломанов. Исследование структуры нанослоев селенида свинца при толщинах  $\leq 70$ нм. Известия НАНА, серия физ.-техн. и мат. наук, 2013, 33, 5, 31-40 .
7. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, L.P.Bychkova, R.G.Gulyaev. On the Structural and Optical Properties of Lead Selenide Nanolayers. Advanced Materials Research, 2014, 1025, 831-836.

## **A<sup>IV</sup>B<sup>VI</sup> ნახევარგამტარულ ეპიტაქსიულურ ფენებში მაღალი დეფორმაციების მისაღწევად ექსპერიმენტული პირობების ოპტიმიზაცია**

არიფ ფაშაევი, ომარ დავარაშვილი\*, მეგი ენუქაშვილი\*, ზაირა ახვლედიანი\*\*\*, ლარისა ბიჩკოვა\*, რევაზ გულიაევი\*, მაია ძაგანია\*\*\*\*

*აზერბაიჯანის ავიაციის ეროვნული აკადემია, ბაქო*

*\* ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.*

*\*\* ე.ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი*

*\*\*\* პ.მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, თბილისი*

### **რეზიუმე**

დაძაბულ ნახევარგამტარულ ფენებში მქსრის მაღალი ტანგენციალური პარამეტრების და დეფორმაციების მისაღწევად გაანალიზირებულია შემდეგი ფაქტორების გავლენა PbSe ფენების ზრდაზე მოლეკულური ეპიტაქსიის მეთოდით: აორთქლილი მოლეკულების სისწრაფის მიწოდება, ზრდის ხანგრძლივობა, საფენის ტემპერატურა. შედეგებმა გვიჩვენა, რომ არასტექიომეტრიული დეფექტების გავლენით ფენების ზრდის პროცესი კარგად აღიწერება. ეს მოდელი გვაძლევს აგრეთვე საშუალებას განვახორციელოთ პირობების შემდგომი ოპტიმიზაცია ფენებში დეფორმაციის დონის ასამაღლებლად. კერძოდ, ეს მიიღწევა მანძილის გაზრდით კვარცის ამპულისაგან საფენამდე და მისი ტემპერატურის აწევით.

## **OPTIMIZATION OF THE EXPERIMENTAL CONDITIONS FOR THE ACHIEVEMENT OF HIGH DEFORMATIONS IN THE EPITAXIAL LAYERS OF IV-VI SEMICONDUCTORS**

A.M.Pashaev, O.I. Davarashvili\*, M.I.Enukashvili\*, Z.G.Akhvlediani\*\*\*, R.G.Gulyaev\*,  
L.P. Bychkova\*, M.A.Dzaganian\*\*\*\*

*National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan*

*\* Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia*

*\*\* E. Andronikashvili Institute of Physics, Tbilisi, Georgia*

*\*\*\* P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Tbilisi, Georgia*

### **SUMMARY**

For the achievement of high tangential lattice constants and deformations in the strained semiconductor layers were analyzed the results for the layers PbSe grown on the KCl substrates, concretely: dependences from the velocity of the delivery of the vapoized molecules to substrate, duration of growth, temperature of the substrate. Analysis of the data showed that model of the influence of nonstoichiometric defects on the character of layers growth is confirmed. On the base of this model experimental conditions maybe also improved for the high level of deformations by increases the distance between the open end of the quartz ampoule with epitaxy source and substrate and temperature of the substrate.

**О ПОРОГОВОМ ТОКЕ И МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ИК ЛАЗЕРОВ НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СОЕДИНЕНИЙ  $A^{IV}B^{VI}$** 

А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили\*, М.И.Енукашвили\*, Л.П.Бычкова\*, М.А.Дзаганя\*\*\*, В.П.Зломанов\*\*\*

*Национальная Академия Авиации Азербайджана, Баку*

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

*\*\*Институт Физической и Органической химии им.П.Меликишвили, Тбилиси*

*\*\*\*Московский Государственный Университет им.М.В.Ломоносова*

Вопрос о высоких пороговых токах в ИК лазерах на основе гетероструктур полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  с согласованными параметрами кристаллических решеток  $PbSe/PbSnSeTe$ , создаваемых эпитаксиальными методами при 500-600°C, долгое время оставался открытым. Тем более, что мощность излучения в них была выше, чем в диффузионных гомолазерах. Исследованиями показано, что в активной области вблизи гетерограницы из-за диффузии теллура и олова возникают участки рассогласования, напряжения в которых превышают предел упругости полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  и уменьшается безызлучательное время жизни носителей заряда. Путем легирования активной области лазера примесью марганца предел упругости возрастает, пороговый ток понижается и растет рабочая температура лазеров при неизменной мощности излучения.

Благодаря спектрально узкой линии излучения и эффективной перестройке частоты излучения с изменением тока, температуры и давления ИК инжекционные лазеры на основе узкозонных полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  успешно применяются в спектроскопии высокого разрешения и газоанализе. Опыт уже проведенных исследований показал, что круг практических задач существенно расширяется, если будут заметно повышены рабочие температуры и мощности излучения лазеров и достигнута возможность генерации излучения на нескольких частотах одновременно. Создание квантоворазмерных лазеров и лазеров на основе многослойных структур с различными составами способствовало реализации генерации на двух и более частотах при определенных токах накачки. Для достижения высоких рабочих температур в широкой области спектра были разработаны гетеролазеры с двусторонним ограничением на основе многокомпонентных твердых растворов для согласования параметров кристаллических решеток в лазерной структуре [1,2]. Для ИК области спектра нами были созданы структуры на основе полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$   $PbSe - PbSnSeTe - PbSe$ . В частности, при формировании такой структуры методами жидкофазовой и газовой эпитаксии при температурах 500-600°C плотности пороговых токов в них превышали несколько  $кА/см^2$  при 80К, а предельная рабочая температура не превышала 160-180К. В то же время мощность лазерного излучения была высокой по сравнению с диффузионными лазерами и лазерами с контролируемым профилем концентрации носителей – общая достигала 10Вт, а в одной моде ~ 3Вт. Обнаружение в ДГС лазерах высоких значений пороговых плотностей токов и высоких мощностей излучения нуждалось в объяснении, с одной стороны, и с другой, поиска путей при сохранении высокой мощности излучения понижения пороговых плотностей токов. По сравнению с гомолазерами, в которых и пороговый ток и мощность излучения пропорциональны квантовому выходу излучения, в гетеролазерах безызлучательная рекомбинация зависит не только от объемных свойств полупроводника, но подключаются и состояния, возникающие из-за различных видов рассогласования. Пороговый ток в этом случае определяется эффективным временем жизни носителей заряда. Наши детальные исследования показали, что в гетеролазерах на основе многокомпонентных твердых растворов  $PbSnSeTe$  изопериодность вблизи гетерограницы нарушается из-за существенного различия при температурах эпитаксии 500-600°C коэффициентов диффузии теллура и олова –  $10^{-12}см^2/с$  и  $10^{-14}см^2/с$  соответственно [3]. Поэтому в активной области лазерной структуры вблизи гетерограницы возникает рассогласованная область с напряжением в пике ~90 МПа [4], что превышает предел упругости полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$  - 50МПа. В результате возникают оборванные связи, являющиеся центрами безызлучательной рекомбинации. С учетом также и того,

что полуширина рассогласованной области больше критической толщины, выше которой безызлучательная рекомбинация становится преимущественной, пороговый ток:

$$I \sim \tau_{\text{эф}}/\tau = (d + 2S\tau)/d \quad (1),$$

здесь  $\tau = 5 \cdot 10^{-9}$  с - время жизни носителей заряда в объеме активной области,  $d = 0,6$  мкм – оптимальная толщина активной области,  $S = \sigma \cdot v \cdot N$  – скорость поверхностной рекомбинации в пике рассогласованной области ( $\sigma = a^2$  – сечение рекомбинации,  $a$  – параметр кристаллической решетки,  $v = 3 \cdot 10^7$  см/с - тепловая скорость носителей заряда,  $N = 1/a^2 \cdot \Delta a/a$  – плотность центров рекомбинации), и при рассогласовании  $\Delta a/a \sim 10^{-3}$ ,  $S = 3 \cdot 10^4$  см/с.

Таким образом, из-за диффузионного рассогласования пороговый ток лазеров возрастает приблизительно в 6 раз [5].

Проанализируем мощность излучения лазеров:

$$P = h_{\text{ext}}(I - I_n) V, \quad (2)$$

здесь  $h_{\text{ext}}$  – внешний квантовый выход излучения, который связан с внутренним квантовым выходом путем учета поглощения в объеме и потерь на зеркалах. Выражение (2) показывает, что мощность лазерного излучения зависит от инжекционного тока  $I$ , превышающего пороговый  $I_n$ . Если сравнить мощности излучения в диффузионном и ДГС лазерах при 80К, когда квантовый выход излучения в активном эпитаксиальном слое ДГС лазера превышает в 3 раза его значение в диффузионном слое, а пороговые токи соответственно составляют 2 и 1А (при площади образцов  $\sim 10^{-3}$  см<sup>2</sup> эти значения равны плотностям токов в кА/см<sup>2</sup>), то при рабочем токе 4А, соотношение мощностей будет 6 : 3. Напряжение  $V$  на лазерном диоде в обоих случаях соответствует  $E_g / e$ , где  $E_g$  – ширина запрещенной зоны.

Таким образом, при сохранении высокой мощности излучения задача сводится к понижению пороговых токов в 5 - 6 раз, чтобы преодолеть негативное влияние диффузионного рассогласования. Т.е. необходимо было изыскать пути, чтобы отложить образование оборванных связей в рассогласованной области. Опыт работы с такими примесями как Cr, Mn, понижающими параметр кристаллической решетки в полупроводниках  $A^{IV}B^{VI}$  и расширяющими диапазон упругой деформации за счет возрастания модуля упругости приблизительно в 2 раза и критической деформации приблизительно в 3 раза (указанное возрастание свойственно для бинарных соединений, а в твердых растворах оно больше) при одновременной компенсации электрически активных нестехиометрических дефектов стал основой для создания диэлектрического состояния [7]. При легировании такими примесями активных слоев лазеров, особенно Mn, который нейтрален по отношению к рекомбиционным процессам, образование оборванных связей откладывается, время безызлучательной рекомбинации возрастает, и пороговый ток может опуститься ниже его уровня в гомолазерах. Это позволит повысить рабочие температуры лазеров до 200К и выше вплоть до комнатной температуры. При этом для возрастания гетеробарьера в эмиттер PbSe дополнительно на уровне нескольких атомных процентов вводятся Cd или Eu, существенно увеличивающие ширину запрещенной зоны и отличающиеся невысокими коэффициентами диффузии .

По-видимому, регулирование механических свойств полупроводников наряду с электрическими, оптическими, тепловыми свойствами становится важным фактором оптимизации параметров приборов, создаваемых на их основе.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. J.Horikoshi , M.Kawashima , H.Sato . PbSnSeTe-PbSeTe lattice matched double heterostructure lasers. J.Appl.Phys.,1982, 21, 1, 77-84 .
2. О.И.Даварашвили, Л.П.Бычкова, М.И.Енукашвили. Полупроводниковые лазеры. Тбилиси, ТГУ, 1998, 262с.
3. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, Г.Ш.Дарсавелидзе, М.И.Енукашвили, Л.П.Бычкова, М.А.Дзаганя, В.П.Зломанов. Диффузионное рассогласование в полупроводниковых гетероструктурах: условия возникновения и пути преодоления его негативного влияния на излучательные приборы. Известия НАН Грузии, 2009, 35, 3, 331-336.

4. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, Л.П.Бычкова, М.А.Дзаганя, В.П.Зломанов. О формировании новых свойств в эпитаксиальных слоях и структурах полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$ . Вестник Инженерной Академии Азербайджана, 2014, 6, 3, 49-58.
5. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Enukashvili, Z.G.Akhvlediani, L.P.Bychkova, M.A.Dzagania. On the Possibilities for Improving the Efficiency of Radiation in Heterostructures Based on IV-VI Semiconductors. Materials Science and Engineering, 49, 2013, 012029, 1-4.
6. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, В.А.Алиев, Г.Ш.Дарсавелидзе, В.П.Зломанов. Экспериментальное моделирование упругих свойств бинарных соединений  $A^{IV}B^{VI}$ . Вести Академии Наук Азербайджана, 2008, 5, 96-100.
7. А.М.Пашаев, О.И.Даварашвили, М.И.Енукашвили, В.А.Алиев, В.П.Зломанов. 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.

**$A^{IV}B^{VI}$  მრავალკომპონენტიანი მყარი ხსნარების საფუძველზე შექმნილი ირ ლაზერების ზღვრული დენის და გამოსხივების სიმძლავრის შესახებ**

არიფ ფაშაევი, ომარ დავარაშვილი\*, მეგი ენუქაშვილი\*, ლარისა ბიჩკოვა\*, მაია ძაგანია\*\*\*,  
ვლადიმერ ზლომანოვი\*\*\*

*აზერბაიჯანის ავიაციის ეროვნული აკადემია, ბაქო*

*\* ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*

*\*\* კ.მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი, თბილისი*

*\*\*\* მ.ლომონოსოვის სახელობის მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*

**რეზიუმე**

საკითხი მაღალი ზღვრული დენების შესახებ იწ ლაზერებში შექმნილ  $A^{IV}B^{VI}$  ნახევარგამტარული ჰეტეროსტრუქტურების თანმხვედრი კრისტალური მესრის პარამეტრებით ( $PbSe - PbSnSeTe$  საფუძველზე) ეპიტაქსიის  $500-600^{\circ}C$  ტემპერატურაზე დიდი ხნის განმავლობაში რჩებოდა გაურკვეველი. მითუმეტეს რომ მათი გამოსხივების სიმძლავრე უფრო მაღალი იყო ვიდრე ჰომოლაზერებში. კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ტელურის და კალას დიფუზიის გამო ლაზერების აქტიურ უბანში ჰეტეროსახლვრის მახლობლად იქმნება შეუთანხმელობის ნაკვეთი და დაძაბულობა მათში უახლოვდება დრეკადობის ზღვარს  $A^{IV}B^{VI}$  ნახევარგამტარებში, ამიტომ აგრეთვე იკლებს დენის გამტართა არაგამოსხივითი რეკომბინაციის დრო. აქტიური უბნის ლევირებისას მანგანუმის მინარევით დრეკადული მდგომარეობის ზღვარი მაღლდება, ზღვრული დენი კლებულობს და ლაზერების სამუშაო ტემპერატურა იზრდება გამოსხივების სიმძლავრის მაღალი დონის შენარჩუნებით.

**ON THE THRESHOLD CURRENT AND THE POWER OF RADIATION IN IR LASERS ON THE BASE OF MULTICOMPONENT SOLID SOLUTIONS OF IV-VI COMPOSITIONS**

A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili\*, M.I.Enukashvili\*, L.P.Bychkova\*, M.A.Dzagania\*\*\*, V.P.Zlomanov\*\*\*

*National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan*

*\* Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia*

*\*\* P.Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Tbilisi, Georgia*

*\*\*\* M. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

**SUMMARY**

The problem of high threshold current in IR lasers fabricated by epitaxial methods at  $500-600^{\circ}C$  on the base of IV-VI semiconductor heterostructures with matched lattice constants  $PbSe - PbSnSeTe$  for a long time was not clear. At the same time this laser's power of radiation was higher than of homolasers. As our investigations have showed because of the diffusion of tellurium and tin in the active layer of the lasers near the heteroboundary mismatched region was formed. The strain was achieved to the limit of elasticity of IV-VI semiconductors and nonradiative recombination time of the current carriers decreased. By doped of the active layers by Mn impurity the limit of elasticity rises, threshold current decreases and laser's operative temperature increases. The power of radiation of the lasers remains on the same level.

## К ВОПРОСУ ГАЗОВОГО ТРАВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ГЕРМАНИЯ

М.Н.Аронишидзе, З.В.Вардосанидзе, И.Г.Нахуцришвили, Р.Э.Салуквадзе\*,  
С.П.Тавзарашвили, К.Г.Тевдорашвили, А.Г.Чанишвили, Г.С.Чилая

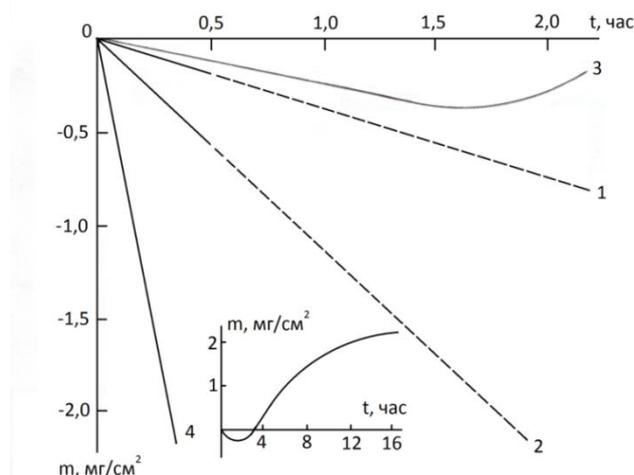
*Институт Кибернетики им. В.Чавчанидзе Грузинского Технического Университета,  
Грузия, 0186, Тбилиси, ул. С. Эули, 5.*

*\*Грузинский государственный учебный университет физического воспитания и спорта, Грузия,  
0162, Тбилиси, пр. И.Чавчавадзе, 49.*

Наряду с жидкостным, газовое травление поверхности *Si, Ge, GaAs* и т.п. является широко используемым технологическим приемом в полупроводниковой технике. В качестве таких газовых реагентов используют сероводород, пары воды, иода, фтороводорода и треххлористого мышьяка, хлористый и бромистый водород [1-6], а также азотоводороды – аммиак и пары гидразина. Реакции последних с германием ( $3Ge + 4NH_3 = Ge_3N_4 + 6H_2$  и  $3Ge + 2N_2H_4 = Ge_3N_4 + 4H_2$ ) сами по себе представляют значительный интерес в связи с перспективностью их продукта – нитрида германия – в нанотехнологии [7-12]. Нами было показано [13-15], что в среде аммиака в присутствии паров воды при отношении парциальных давлений  $P \equiv P_{H_2O}/P_{NH_3} \leq 0.02$  на поверхности германия образуется однофазный  $\beta-Ge_3N_4$ , а при более высоких значениях указанного отношения – смеси  $\alpha$ - и  $\beta-Ge_3N_4$ \*. При этом, процессу роста нитридного слоя предшествует травление поверхности германия. Настоящая работа посвящена систематическому рассмотрению начальных стадий реакций, протекающих на поверхности Ge(111) во влажной азотосодержащей среде, в частности, выявлению роли паров воды в указанном процессе травления.

### 1. Взаимодействие *Ge* с $NH_3 + H_2O$ .

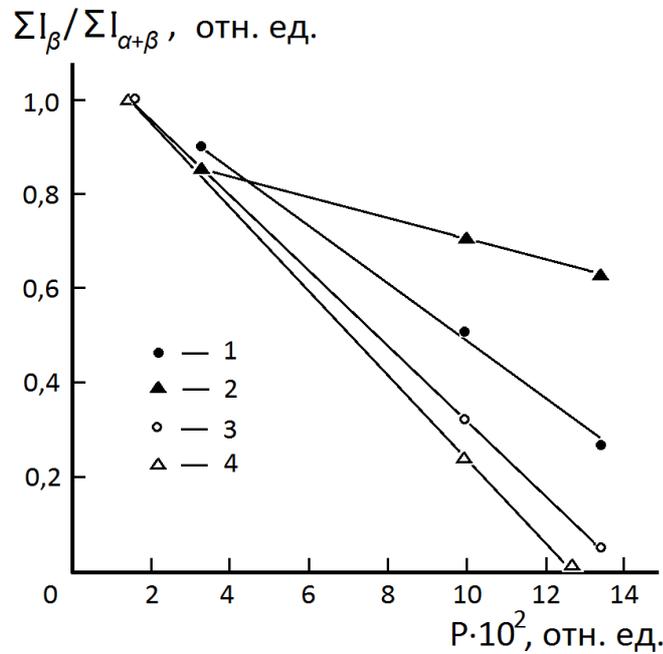
Регистрация изменения массы германиевого образца при исследуемой реакции вначале показывает отрицательный ход ординаты (рис.1, вставка), что, очевидно, связано с образованием летучего германийсодержащего продукта. Это, в сущности, является процессом травления, который активизирует поверхность германия к дальнейшему накоплению на ней твердого продукта реакции. Последнее выявляется в постепенном увеличении массы образца (рис.1, вставка).



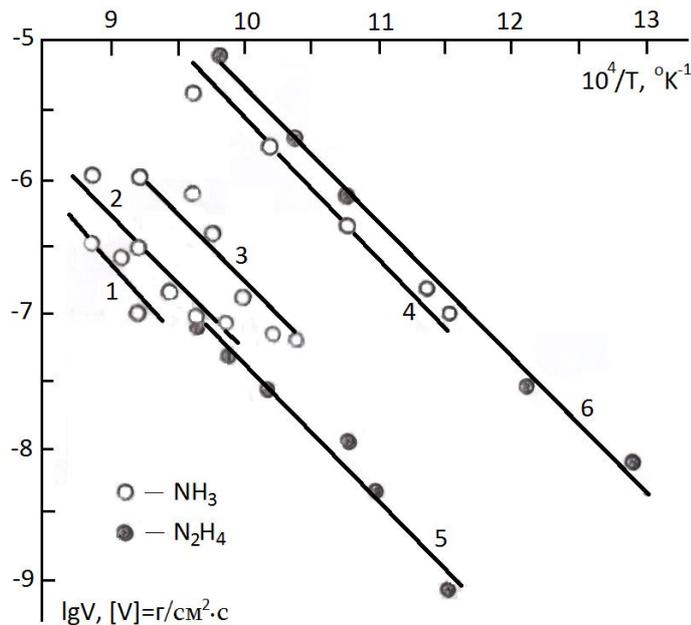
**Рис.1.** Начальные участки кинетических кривых взаимодействия германия с влажным аммиаком для  $P=0.02(1)$ ,  $0.05(2)$  при  $800^\circ C$  и  $0.1(3)$ ,  $0.25(4)$  при  $700^\circ C$ . На вставке - полная кинетическая кривая 3.

\*  $Ge_3N_4$  существует в виде полиморфных модификаций  $\alpha$  и  $\beta$  со структурами типа фенакита. Различие между ними состоит в сочленении тетраэдров  $Ge(N_4)$  по оси  $c$ . В последнее время интенсивно изучается переход  $\beta-Ge_3N_4$  в нитрид со структурой шпинели ( $\gamma-Ge_3N_4$ ) при высоких (десятки ГПа) давлениях [8 и др.]

На том-же рисунке представлены начальные участки кинетических кривых, полученных при разных температурах и степенях влажности аммиака. Видно, что при одинаковых температурах интенсивность уменьшения массы (т.е. скорость травления) тем больше, чем выше значение  $P$ . Видно также, что при фиксированном  $P$  скорость травления растет с увеличением температуры процесса. Что касается фазового состава твердых продуктов реакции, то наблюдается тенденция уменьшения относительного содержания  $\beta$ -фазы в нитриде с ростом  $P$  (рис.2).



**Рис. 2.** Зависимости отношения интенсивностей основных рентгеновских рефлексов  $\alpha$ - и  $\beta$ -модификаций нитрида германия от степени влажности аммиака при температурах: 700(1), 740(2), 800(3) и 820°C(4).



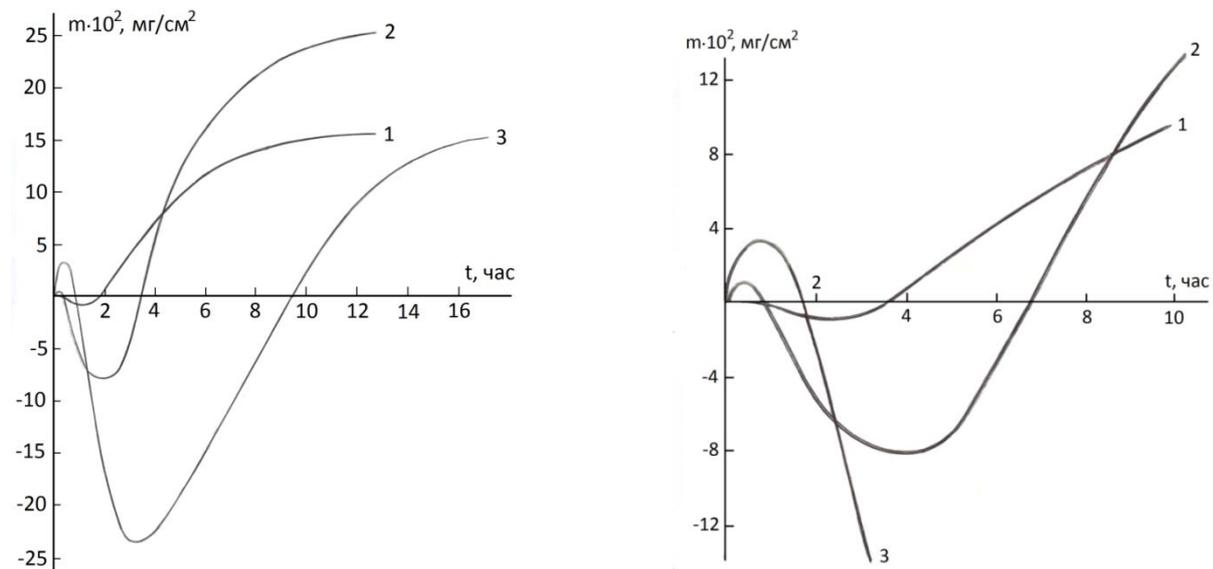
**Рис. 3.** Температурные зависимости скорости травления поверхности германия во влажном аммиаке при  $P = 0.02(1), 0.05(2), 0.1(3)$  и  $0.25(4)$ ; в парах концентрированного гидразина(5) и гидразин-гидрата(6).

На рис.3 представлены аррениусовские зависимости скорости травления поверхности германия при разных значениях степени влажности аммиака. Определенные по ним величины энергии активации лежат в пределах 43-48 ккал/моль, что удовлетворительно согласуется с данными литературы по теплоте испарения монооксида германия  $GeO$  (45-55 ккал/моль [16]). Образование летучего монооксида следует связать с реакцией  $Ge + H_2O = GeO + H_2$ .

Таким образом, на основании изложенного материала можно предположить, что травление поверхности германия во влажном аммиаке в основном осуществляется парами воды.

## 2. Взаимодействие $Ge$ с $N_2H_4 + H_2O$ .

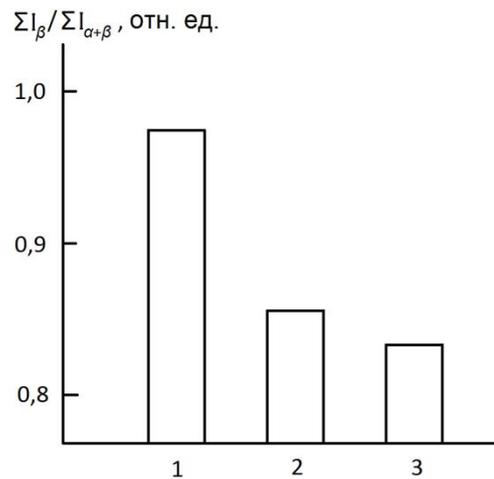
Гидразин, имеющий широкое применение в разных областях промышленности, интенсивно изучается по сей день [17-21].  $N_2H_4$  называют “высокочистым” (high purity), когда содержание в нем воды не превышает 1 масс.%; и “сверх(особо)чистым” (ultra pure) – при максимум 0.5 масс.%  $H_2O$ . Используемый нами концентрированный гидразин имел коэффициент преломления  $n_D^{20} = 1.705 \pm 0.005$ , что по некоторым данным (по-видимому, не совсем корректно) соответствует 100%-ному  $N_2H_4^*$ . Следует отметить, что при хранении свежеперегнанного гидразина в находящейся под вакуумом специальной ампуле, за достаточно долгие промежутки времени (две недели, месяц) мы не обнаружили какого-либо закономерного изменения при определении коэффициента преломления в пределах точности измерения. Тем не менее, наблюдалось существенное различие в кинетике реакции (рис.4). Из этого рисунка, в частности, видно различие в скоростях травления поверхности германия при одной и той-же температуре<sup>†</sup>.] Отличались и продукты реакции по фазовому составу (рис.5): из гистограмм видна тенденция уменьшения относительного содержания  $\beta$ -фазы в нитриде. С учетом результатов по взаимодействию германия с аммиаком, все вышеуказанное можно связать с постепенным увеличением степени влажности гидразина (отчасти вследствие его фотохимического разложения). Далее уже наблюдалась удовлетворительная воспроизводимость кинетических кривых и фазового состава твердого продукта реакции.



**Рис. 4.** (а) - Кинетические кривые взаимодействия германия с парами концентрированного гидразина при  $700^\circ C$ : процесс, проведенный сразу после перегонки гидразина (1), через две недели после перегонки (2), через месяц (3). (б) - начальные участки кривых (1-3) из рис.4(а).

\* Ввиду сильной гигроскопичности, точное определение физических характеристик концентрированного гидразина связано со значительными трудностями. Это приводит к заметному различию данных литературы по его плотности, температуре замерзания и т.п.

† Начальное увеличение массы образцов (рис.4, кривые 2 и 3) мы связываем с накоплением на поверхности германия полярных молекул гидразина и воды с высокими значениями дипольного момента ( $\sim 2D$ ). Подобные начальные привесы в среде влажного аммиака не наблюдаются (см. рис.1).



რის. 5. Гистограммы отношения интенсивностей основных рентгеновских рефлексов  $\alpha$ - и  $\beta$ - модификаций нитрида германия, полученного в условиях: 1(1), 2(2) и 3(3) из рис.4.

Представленная на рис.3 температурная зависимость скорости травления поверхности германия в парах концентрированного гидразина (по воспроизводимым кинетическим данным) дает значение энергии активации  $\sim 53$  ккал/моль. Контрольные опыты с использованием промышленного гидразин-гидрата с 36 масс.%  $H_2O$  ( $n_D^{20} \cong 1.432$ ), в парах которого нитрид уже не образуется, и воды дали идентичные результаты с энергией активации  $\sim 48$  ккал/моль. Оба эти значения также удовлетворительно согласуются со значением теплоты испарения  $GeO$ .

Таким образом, по данным кинетических измерений в процессах взаимодействия германия с влажным аммиаком и парами гидразина, а также фазового состава продуктов этих реакций, можно предположить, что травление поверхности германия осуществляется не самими азотосодержащими реагентами, а присутствующими в реакционной среде парами воды. Что касается предположений об ассоциации полярных молекул гидразина и воды на поверхности германия, приводящей к аномально высоким для адсорбционных процессов начальным привесам, то этот вопрос, несомненно, требует специального исследования.

Авторы выражают благодарность доктору хим. наук Р.Б.Джанелидзе за ценные советы при обсуждении рукописи.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

- Royal soc. chem. Ed.: H.J.Lewerenz and L.Peter, 2013, 117.
- V.Passi, U.Soderval et al. Microelectr. Engineering, 2012, 95, 83.
- T.F.Teng, W.L.Lee et al. J. Phys. Chem. C, 2010, 114, 2, 1019.
- S.Sioke, D.P.Brunco et al. Solid St. Phenomena, 2009, 145/146, 203.
- М.Шмаков, В.Паршин, А.Смирнов. Технологии в электронной промышленности, 2008, 5, 76.
- Ю.Дикарев. Конденсированные среды и межфазные границы, 2005, 7, 3, 28.
- S.P.Cao, G.Cai, Y.Xu. Computational Mater. Sci., 2013, 67, 292.
- T.D.Boyko, A.Hunt et al. Chem. Materials Sci., 2013, 111, 14.
- R.Leiten. Epitaxial growth of nitrides on germanium. 2008, Bruxelles univ. press, 142.
- E.Siogard, P.McMillan et al. Solid St. Chem., 2004, 177, 2009.
- S.J.Wang, J.W.Chai et al. Appl. Phys. Lett., 2006, 89, 2, 3.
- K.Kutsaki, G.Okamoto et al. Japan. Appl. Phys., 2008, 47, 4, 2415.
- И.Г.Нахуцришвили, Д.А.Джишиашвили и др. Неорган. Материалы, 2000, 36, 11, 1340.

14. И.Г.Нахуцришвили, Д.А.Джишиашвили, З.И.Мкервалишвили. Неорган.Материалы, 2003, 39, 8, 971.
15. И.Г.Нахуцришвили. Неорган. Материалы, 2004, 40, 5, 576.
16. В.А.Арсламбеков. Защита металлов, 2003, 39, 2, 117 .
17. Rocket and spacecraft propulsion. Ed.: J.L.Turner, 2009, Prax. Publ. Ltd, 104.
18. Ch.Zhao, W.Kang et al. Micro & Nano Lett., 2011, 6, 10, 820.
19. A.Krishnadasan, A.Kennedy et al. Amer. Industrial Medic., 2007, 50, 383.
20. M.W.Schmidt, M.S.Gordon. Zeitsch. Phys. Chem., 2013, 227, 9.
21. L.B.Santos, C.A.Ribiero et al. Therm. Anal. Calorim., 2013, 113, 1209.

### მონოკრისტალური გერმანიუმის ზედაპირის გაზური ამოჭმის საპიოხისათვის

მარინა არონიშიძე, ზურაბ ვარდოსანიძე, ირაკლი ნახუცრიშვილი, რევაზ სალუკვაძე\*, სვეტლანა თავზარაშვილი, ქეთევან თევდორაშვილი, ანდრო ჭანიშვილი, გურამ ჭილაია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ვ.ჭავჭავაძის სახ. კიბერნეტიკის ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ს.ეულის 5

\*საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო სასწავლო უნივერსიტეტი, საქართველო, 0162, თბილისი, ჭავჭავაძის გამზ. 49

#### რეზიუმე

მოყვანილია ექსპერიმენტული მასალა მონოკრისტალური გერმანიუმის ურთიერთქმედებაზე ტენიან ამიაკთან და ჰიდრაზინის ორთქლთან, როდესაც რეაქციის მყარი პროდუქტის - გერმანიუმის ნიტრიდის - წარმოქმნას წინ უსწრებს გერმანიუმის ზედაპირის გაზური ამოჭმის პროცესი. წამოყენებულია მოსაზრება, რომ აღნიშნული ამოჭმის პროცესი ხორციელდება არა თვითონ აზოტმემცველი რეაგენტებით, არამედ სარეაქციო არეში არსებული წყლის ორთქლით.

### SOME ASPECTS OF THE GAS ETCHING OF A MONOCRYSTALLINE GERMANIUM SURFACE

Marina Aronishidze, Zurab Wardosanidze, Irakli Nakhutsrishvili, Revaz Salukvadze\*, Svetlana Tavzarashvili, Ketevan Tevdorashvili, Andro Chanishvili, Guram Chilaya  
V. Chavchanidze Institute of Cybernetics of Georgian Technical University, 5 S. Euli str., Tbilici, 0186, Georgia

\*Georgian State Teaching University of Physical Education and Sport,  
49 Chavchavadze str., Tbilici, 0162, Georgia

#### SUMMARY

Experimental data on the interaction of monocrystalline germanium with humid ammonia and hydrazine vapor have been represented. The formation of germanium nitride as a solid reaction product was preceded by gas etching of the germanium surface. It has been suggested that the etching process has been performed not by the nitrogen-containing reagents but by the water vapor present in the reaction area.

## МЕЖФАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ СОПУТСТВУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ХЛОПКОВЫХ МАСЕЛ

М.Г.Сирадзе, Н.С.Непаридзе, Е.Т.Чхаидзе, И.Б.Гоксадзе, В.Б.Твалиашвили, О.Ш.Диогидзе\*

*Грузинский технический университет**\*Государственная Морская Академия г. Батуми*

Известно, что поверхностно-активные вещества, присутствующие в маслах, оказывают существенное влияние на процесс рафинации, снижают эффект щелочной рафинации, приводят к увеличению потерь нейтрального жира, являются причиной появления стойких эмульсий.

Трудности рафинации темных хлопковых масел в основном связаны с удалением красящих веществ. В производственной практике наибольшее распространение получил метод обработки хлопковых масел щелочью высокой концентрации без предварительной гидратации их. Этот процесс нейтрализации свободных жирных кислот сопровождается омылением нейтрального жира, реакцией щелочи с реакционноспособными формами госсипола и, наконец, адсорбцией инертных форм госсипола на развитой поверхности образующихся частиц мыла [1].

Целью нашей работы было определение влияния межфазной активности сопутствующих веществ хлопковых масел на их рафинируемость. Межфазное натяжение ( $\sigma$ ) измеряли на сталагмометре методом определения объема капель воды, выдавливаемых на границу исследуемых образцов масел [2]. Так как капилляры с серебряным покрытием недолговечны, были испытаны другие покрытия (кадмий, никель, хром, титан, графит и т.д.), удовлетворяющие требованиям формирования капель шарообразной формы и гидрофобизирующие их торцевую поверхность.

В данной работе приведены результаты определения межфазного натяжения различных образцов масел в интервале температур 20-60°C, полученные с применением капилляра с никелевым покрытием.

Для поддержания постоянной концентрации нативного госсипола, очень чувствительного к температурным воздействиям, использовали проточную ячейку с капельницей. Скорость подачи составляла 20 мл/ч.

Параллельно проводили пробную рафинацию исследуемых образцов раствором щелочи концентрацией 300 г/л в количестве, обеспечивающем получение рафинированных масел цветностью 12 кр. ед. в кювете 13,5 см.

Основные технологические показатели и поверхностно-активные свойства образцов хлопковых масел приведены в таблице.

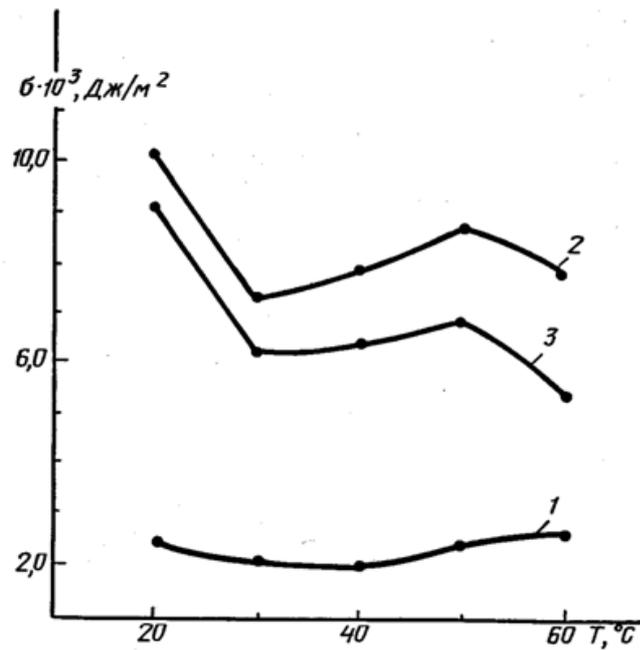
На рис. 1 показана зависимость межфазного натяжения масел различной рафинируемости от температуры. Под рафинируемостью понимается максимально возможный выход рафинированного масла при достижении стандартной цветности (в нашем случае цветности I сорта).

Эта зависимость имеет сложный характер. С повышением температуры  $\sigma$  изменяется по кривой с максимумом в интервале температур 50-55 °C и с минимумом при 25-35 °C. Объясняется это, по-видимому, тем, что с повышением температуры адсорбция сопутствующих веществ возрастает и  $\sigma$  снижается (участок I 20-35 °C). Дальнейшее увеличение температуры приводит к десорбции некоторого количества молекул ПАВ с межфазной поверхности и диффузии их в объем масляного раствора, причем  $\sigma$  возрастает (участок II 35-50 °C).

При температуре 50-55 °C (участок III) и выше уменьшение  $\sigma$  вследствие увеличения взаимной растворимости фаз превалирует над эффектом десорбции молекул ПАВ.

Наибольший интерес представляют участки I кривых, так как рафинация хлопкового масла проходит лучше при более низких плюсовых температурах (25-35 °C). При помощи общепринятых методик [3] по зависимости  $\sigma - T$  построены кривые адсорбции (рис. 2), необходимые для определения температур, соответствующих максимальной адсорбции ( $\Gamma_m$ ), и коэффициентов

межфазной активности  $\frac{d\sigma}{d\Gamma}$ .



რის. 1. Зависимость межфазного натяжения хлопковых масел различной рафинируемости от температуры:

1 – свежеполученное форпрессовое масло; 2 – труднорафинируемое масло с кислотным числом 8,5 мг КОН; 3 – труднорафинируемое масло с кислотным числом 14,5 мг КОН.

Как видно из таблицы 1, коэффициент  $\frac{d\sigma}{d\Gamma}$  для форпрессового масла (образец 1) составляет 10,8 кДж/моль, а для образцов 2 и 3 – соответственно 2,8 и 2,2 т.е. приблизительно в 4-5 раз больше, чем для масел из семян III и IV сортов. Кроме того, можно отметить связь между рафинируемостью хлопковых масел и коэффициентом  $\frac{d\sigma}{d\Gamma}$ : чем он больше, тем легче рафинируются масла.

На коэффициент межфазной активности и эффективность удаления красящих веществ из легкоррафинируемых масел большое влияние оказывают нативные формы фосфатидов в отличие от труднорафинируемых, в которых фосфатиды находятся в виде госсифосфатидов. Присутствие значительного количества свободных жирных кислот в этих маслах не влияет на коэффициент активности.

Для проверки влияния нативных форм фосфатидов на рафинируемость в образцы 2 и 3 было добавлено по 1,0% подсолнечного фосфатидного концентрата, что обеспечило повышение коэффициента  $\frac{d\sigma}{d\Gamma}$  до уровня его в легкоррафинируемом масле. Затем без изменения условий рафинации, приведенных в таблице, исследуемые масла были обработаны раствором щелочи концентрацией 300 г/л.

Однако выход рафинированных масел повысился при этом на 0,4-0,5%, а цветность их осталась без изменений в пределах 12,0-12,5 кр. ед.

Эти результаты позволяют предположить, что зависимость рафинируемости от  $\frac{d\sigma}{d\Gamma}$  характерна для реальной системы масло – сопутствующие вещества. Изменение  $\frac{d\sigma}{d\Gamma}$  путем искусственного введения ПАВ (фосфатидов) не приводит к значительному улучшению

рафинируемости, т.е. фосфатиды в основном снижают межфазный барьер и незначительно взаимодействуют с инертными формами госсипола.

Таблица 1.

Масло	Исходное масло					
	Цвет в слое толщиной 1 см. кр. ед.	Кислотное число, мг КОН	Содержание фосфатидов, %	Нативный госсипол, %	Коэффициент межфазной активности, кДж/моль	Критическая температура адсорбции, °С
Форпрессовое Образец 1	19(5)	2,78	1,12	0,67	10,8	35
Образец 2	Не пр. (23)	8,52	1,35	0,04	2,8	28
Экстракционное (образец 3)	Не пр. (20)	14,56	0,76	0,02	2,2	27
Масло	Условия рафинации					
	Расход щелочи, кг/т			Избыток щелочи к теоретическому, %		
Форпрессовое Образец 1	5,1			160		
Образец 2	23,8			300		
Экстракционное (образец 3)	30,6			200		
Масло	Рафинированное масло					
	Цвет в слое толщиной 13,5 см. кр. ед.			Выход, %		
Форпрессовое Образец 1	11,5			91,8		
Образец 2	12,5			72,5		
Экстракционное (образец 3)	12,0			68,0		

**Примечание.** В скобках указана цветность образцов, полученных путем разбавления в двух частях рафинированного масла. Отходы жиров образцов 1,2 и 3 составляют соответственно 5,9X, 6,5X и 4,4X (где X – кислотность масла). Для всех образцов масел приведено содержание маслорастворимых фосфорсодержащих веществ

Немаловажным фактором является температурный режим рафинации при получении на первой стадии щелочной обработки устойчивой эмульсии, наличие которой создает условия для максимальной адсорбции красящих веществ. По зависимости Г от Т (см. рис. 2, первый излом) определили для всех образцов масел температуру, соответствующую максимальной адсорбции ПАВ. Для труднорафинируемых масел она на 7-8 °С ниже, чем для масел из семян I и II сортов. Это говорит о более низкой адсорбционной способности сопутствующих веществ труднорафинируемых хлопковых масел.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- масла различной рафинируемости значительно отличаются по межфазной активности;
- по значению межфазного натяжения можно качественно оценивать рафинируемость хлопковых масел;
- изменение  $\sigma$  масел различной рафинируемости на границе с дистиллированной водой в зависимости от температуры имеет минимум при 25-35°C. Для труднорафинируемых масел такая зависимость смещается на 7-8°C по сравнению с легкорафинируемыми маслами.

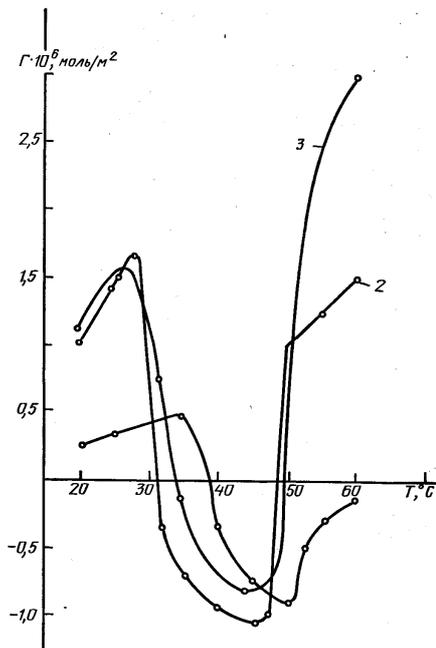


Рис. 2. Влияние температуры на адсорбцию сопутствующих веществ

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров / [редкол.: А.Г. Сергеев и др.]. – Л.: ВНИИЖ, 1973. – Т. II.
2. Мартовщук В.И., Мгебришвили Т.В. Поверхностная активность сопутствующих веществ в гексановых мисцеллах подсолнечного масла. – Масло-жировая промышленность, 1978, №6.
3. Практикум по коллоидной химии и электронной микроскопии /под рек. С.С.Воюцкого и Р.М. Панича. – М.: Химия, 1974.

#### ბამბის ზეთის თანაური ნივთიერებების ფაზათაშორისი აქტივობა

მ.სირაძე, ნ.ნეფარიძე, ე.ჩხაიძე, ი.გოქსაძე, ვ.თვალაშვილი, ო.დიოგიძე\*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

\*ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემია

#### რეზიუმე

დადგენილია, რომ 1. სხვადასხვაგვარად რაფინირებადი ზეთები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ფაზათაშორისი აქტივობით; 2. ფაზათაშორისი დამაბულობის მნიშვნელობის მიხედვით შეიძლება შეფასდეს ბამბის ზეთის რაფინირების ხარისხი; 3. სხვადასხვაგვარად რაფინირებად ზეთებში  $\sigma$  იცვლება დისტილირებული წყლის საზღვარზე ტემპერატურასთან დამოკიდებულებით და მინიმალურია 25-35°C-ზე. ძნელადრაფინირებადი ზეთებისათვის ასეთი დამოკიდებულება აირევა 7-8°C ადვილადრაფინირებად ზეთებთან შედარებით.

#### INTER-PHASE ACTIVITY OF COTTON OIL CO-SUBSTANCES

M.Siradze, N.Neparidze, E.Chkhaidze, I.Goksadze, V.Tvaliashvili, O.Diogidze\*

Georgian Technical University

\*Batumi State Maritime Academy

#### SUMMARY

It is established, that 1. Oils refined in different ways significantly differ with inter-phase activity; 2. It is possible to estimate the quality of cotton oil refining according to inter-phase tension value; 3. In oils refined in different ways  $\sigma$  changes at the border of distilled water depending on temperature and is minimal at 25-35°C. For formidably refined oils such kind of dependency mixes compared with easily refined oils.

მათემატიკური ქიმია

ნატრიუმის ჰალოგენიდების მათემატიკურ-ქიმიური კვლევა ან-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში

ნინო კუპატაძე, მაია რუსია, მიხეილ გვერდწითელი  
 ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ან-მატრიცების მეთოდის ფარგლებში აგებულია და შესწავლილია „აღნაგობა-თვისებების“ ტიპის ოთხი კორელაციური განტოლება ნატრიუმის ჰალოგენიდებისათვის. კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

ან-მატრიცა წარმოადგენს მოლეკულური გრაფის თანაზიარობის მატრიცის მოდიფიცირებულ ტიპს. მისი დიაგონალური ელემენტებია მოლეკულაში შემავალი ქიმიური ელემენტების ატომური ნომრები, არადიაგონალური ელემენტებია ქიმიური ბმების ჯერადობები [1, 2].

ნებისმიერი ABC მოლეკულისათვის ან-მატრიცას გააჩნია სახე:

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

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

აღმოჩნდა, რომ ან-მატრიცის დეტერმინანტის ათობითი ლოგარითმი ( $\lg \Delta_{ან}$ ) წარმოადგენს ეფექტურ ტოპოლოგიურ ინდექსს „აღნაგობა-თვისებები“ ტიპის კორელაციური განტოლებების ასაგებად და გამოსაკვლევეად [3].

ცხრილში მოცემულია  $\lg(\Delta_{ან}), T_{\text{ლლ}}, \Delta H^0_{298}, \Delta G^0_{298}, S^0_{298}$  მნიშვნელობები ნატრიუმის ჰალოგენიდებისათვის [4, 5]

ნაერთი	$\lg(\Delta_{ან})$	$T_{\text{ლლ}},$ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta H^0_{298}$ კკალ/მოლ	$\Delta G^0_{298},$ კკალ/მოლ	$S^0_{298},$ ჟმ
NaF	1,99	995	-137,1	-129,87	12,26
NaCl	2,27	800	-98,26	-91,79	17,24
NaBr	2,56	750	-86,38	-83,5	21,80
NaI	2,76	662	-69,46	66,2	24,60

უმცირესი კვადრატების მეთოდის გამოყენებით, კომპიუტერზე აგებულია კორელაციური განტოლებები:

$$T_{\text{ლლ.}} = -276,0 \lg(\Delta_{\text{ანბ}}) + 1426,5 \quad (2)$$

$$\Delta H_{298}^0 = 82,7 \lg(\Delta_{\text{ანბ}}) - 311,8 \quad (3)$$

$$\Delta G_{298}^0 = 82,7 \lg(\Delta_{\text{ანბ}}) - 294,5 \quad (4)$$

$$S_{298}^0 = 16,1 \lg(\Delta_{\text{ანბ}}) - 19,7 \quad (5)$$

კორელაციის  $r$  კოეფიციენტი, შესაბამისად, ტოლია: 0,987; 0,986; 0,988; 0,989.

ამგვარად, ჯაფეს კრიტერიუმების მიხედვით [6], კორელაციები დამაკმაყოფილებელია.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. I. Gastaiger, T. Engel. Chemoinformatics. London, Wiley-VCH, 2003.
2. M. Gverdsiteli, G. Gamziani, I. Gverdsiteli. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modifications. Tbilisi, 1996.
3. Н.Н.Сидамонидзе, К.Т.Купатадзе, М.И.Гвердцители. Теоретическое исследование корреляции „структура-свойства” в рамках метода ПНС- квази-ПНС- и ЭП-матриц. Прикладная физика, 2009, №6, 36-39.
4. Справочник химика. т.1. Ленинград-Москва, 1963, с.60.
5. М.Х. Карапетьянц. Химическая термодинамика. Москва, Химия, 1975, с. 599.
6. მ. გვერდწითელი. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. თბილისი, თსუ გამომც., 1982, გვ. 19.

### MATHEMATICAL-CHEMICAL INVESTIGATION OF SODIUM HALIDES WITHIN THE SCOPE OF ANB-MATRICES METHOD

Nino Kapatadze, Maia Rusia, Mikheil Gverdsiteli  
*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University*

### S U M M A R Y

Within the scope of ANB-matrices method four correlation equations of „structure-properties” type were constructed and investigated for sodium halides. Correlations are satisfactory.

### МАТЕМАТИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛОГЕНИДОВ НАТРИЯ В РАМКАХ МЕТОДА АНС-МАТРИЦ

Н.О.Купатадзе, М.Г.Русия, М.И.Гвердцители  
*Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили*

### Р Е З Ю М Е

В рамках метода АНС-матриц построены и исследованы четыре корреляционных уравнения типа „структура-свойства” для галогенидов натрия. Корреляции удовлетворительные.

## ლითონკომპლექსების სინთეზი

ციალა გაბელია, ლეილა ჯაფარიძე, ეთერ სალუქვაძე, გივი ჩიმაკაძე,  
ნანა ოსიპოვა, თამარ კვერნაძე

*ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი*

ახალი თაობის, ეკოლოგიურად უსაფრთხო, ლითონდეფიციტური ანემიის პროფილაქტიკურ - სამკურნალო კომპოზიციური საშუალებების მიღების მიზნით სინთეზირებულია ხელატური სტრუქტურის მქონე პოლივალენტური ლითონების (Fe, Co, Cu, Mn, Zn) კომპლექსნაერთები ფრუქტოზასთან. დადგენილია მათი მიღების ოპტიმალური პირობები, შესწავლილია ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის აგრარულ სექტორში მიმდინარე ცვლილებების ფონზე განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მეცხოველეობა - მეფრინველეობის ეკონომიკური მაჩვენებლების ამაღლებას. ამ დარგების განვითარებისა და ჯანსაღი საკვები პროდუქტების წარმოების უმნიშვნელოვანეს პირობას წარმოადგენს ს/სამეურნეო პირუტყვისა და ფრინველის ბიოგენური მიკროელემენტებით უზრუნველყოფა. დადგენილია, რომ მიკროელემენტების დეფიციტის პირობებში ცოცხალ ორგანიზმში იწყება პათოლოგიური პროცესები, რომელთაც თან ახლავს სხვადასხვა დაავადებები, რისი შედეგიცაა პირუტყვის და ფრინველის პროდუქტიულობის შემცირება, პროდუქციის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლების გაუარესება, შედეგად გარდაუვალია ეკონომიკური ზარალი. აქედან გამომდინარე მიკროელემენტების სათანადო დოზისა და ოპტიმალური თანაფარდობის შემცველი პროფილაქტიკურ/სამკურნალო საშუალებების შემუშავება აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს.

მიკროელემენტების დეფიციტის შესავსებად დღემდე გამოიყენება არაორგანული მარილები, რომლებიც ხასიათდებიან დაბალი ბიოშელწევადობით. სამკურნალო ეფექტის პარალელურად ადგილი აქვს არასასურველ გვერდით მოვლენებს.

ბიოტექნოლოგიებისა და მეტაბოლური პროცესების კვლევის სფეროში, ხანგრძლივი დაკვირვების შედეგად მეცნიერები მივიდნენ ერთმნიშვნელოვან დასკვნამდე - ცოცხალ ორგანიზმში მიკროელემენტები შეტანილ უნდა იქნას მხოლოდ ბიოლიგანდებთან კოორდინაციულად შეკავშირებული, ხელატური სტრუქტურის სახით [1,2].

არნიშნული პრობლემის გათვალისწინებით ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა კვლევები, რომლის მიზანს წარმოადგენდა ბუნებრივი ლიგანდების ბაზაზე ხელატური სტრუქტურის ლითონკომპლექსების სინთეზი და მათ საფუძველზე ლითონდეფიციტური ანემიის პროფილაქტიკურ/სამკურნალო საშუალებების მომზადება. ხელატწარმომქნელ ლიგანდად შერჩეულ იქნა ცოცხალი ორგანიზმის მეტაბოლიზმში აქტიურად მონაწილე ნახშირწყლების წარმომადგენელი D - ფრუქტოზა (Fr), რომელიც პოლივალენტური ლითონების იონებთან წარმოქმნის წყალში კარგად ხსნად ხელატური ტიპის კომპლექსებს, რომელთა მოლეკულებში ლითონის ატომები ჩართულია შიდაკომპლექსურ ანიონში, რაც გამორიცხავს ლითონის თავისუფალი იონების ტოქსიურ ქმედებებს.

ხელატწარმომქნელ მიკროელემენტებად შერჩეულ იქნა Fe, Co, Cu, Mn, Zn, Se, რომლებიც მიეკუთნებიან სასიცოცხლოდ აუცილებელ მიკროელემენტების რიცხვს, რამდენადაც აქტიურად მონაწილეობენ უჯრედში მიმდინარე ყველა ფიზიოლოგიურ პროცესში.

პოლივალენტური ლითონების Fe, Co, Cu, Mn, Zn, ფრუქტოზასთან კომპლექსწარმოქმნის პირველადი შემოწმებისათვის გამოყენებული იყო აღმავალი ქრომატოგრაფიის (ქალაღდის) მეთოდი, რომელიც დამყარებულია გამხსნელის ზემოქმედების შედეგად საანალიზო ხსნარის კომპონენტების მცირე რაოდენობების (0.001მკგ) დაყოფის შესაძლებლობაზე. სხვადასხვა გამხსნელების მოსინჯვის შედეგად ოპტიმალური აღმოჩნდა გამხსნელების სისტემა: ბუთანოლ-ეთანოლ-ჭიანჭველმჟავა - წყალი (4:1:1:5); ქალაღდის ქრომატოგრაფიის გამჟღავნებისათვის გამოყენებული იყო საკვლევი ლითონების მარილების 0.1% ხსნარები. ნაერთები, რომლებიც წარმოქმნიან კომპლექსებს, ქალაღზე მჟღავნებიან სხვადასხვა ფერის ლაქების სახით [3]. ქრომატოგრაფიული კვლევის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 1.

**ცხრილი 1.** ქრომატოგრაფიული კვლევის შედეგები

#	მარილის ხსნარი 0.1%	აღმომჩენი რეაქტივი	ქაღალდის ფონი	ლაქის ფერი	*Rf
1	FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] 0.5% -ანი	ცისფერი	უფერო	0.24
2	CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	1 % -ანი $\alpha$ -ნიტროზო $\beta$ - ნაფტოლი	მოყვითალო ყავისფერი	უფერო	0.25
3	CuCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	K <sub>4</sub> [Fe(C <sub>6</sub> ) <sub>6</sub> ] 0.5% -ანი	ღია ვარდისფერი	უფერო	0.15
4	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 15% - ანი	ღია ყავისფერი	უფერო	0.18
5	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	დითიზონის 0.01%-ანი ხსნარი ქლოროფორმში	ვარდისფერი	მუქი ჟოლოსფერი	0.11

\* ლაქის გადაადგილების მანძილის ფარდობა გამხსნელის მანძილთან

Fe(III), Co(II), Mn(II), Cu(II), Zn(II) – Fr კომპლექსები სინთეზირებული იყო მუდმივი მორევის პირობებში სხვადასხვა ტემპერატურის, სარეაქციო არის pH - ის, მორეაგირე ნაერთების სხვადასხვა კონცენტრაციის პირობებში. დადგენილია თითოეული კომპლექსის სინთეზის ოპტიმალური რეჟიმი. კვლევის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 2.

**ცხრილი 2.** ლითონკომპლექსების სინთეზის ოპტიმალური რეჟიმი

#	მორეაგირე მარილები D - ფრუქტოზასთან	თანაფარდობა მარილი - ფრუქტოზა	pH	კომპლექსწარმოქმნის ტემპერატურა, °C
1	FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	1 : 10	10.0 – 11.0	35
2	CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	1 : 10	10.0 – 11.0	35
3	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	1 : 2	1.7 – 1.8	60
4	ZnCl <sub>2</sub>	1 : 2	1,0 – 1,5	60
5	Mn SO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	1 : 2	1.0 – 1.5	60

კომპლექსნაერთების ხსნარებში ლითონების შემცველობა განსაზღვრული იყო კომპლექსონომეტრული ტიტრაციის მეთოდის გამოყენებით, რომელიც დამყარებულია მეტალთა იონების თვისებაზე, წარმოქმნან შიდაკომპლექსური ნაერთები ორგანულ რეაგენტებთან-კომპლექსონებთან (ამინოპოლიკარბონის მჟავები - პოლიდეტანტურ-ლიგანდები). ტიტრაციის ეს მეთოდი ხასიათდება მაღალი მგრძობიარობით (10<sup>-3</sup> მოლ /ლ) და სიზუსტით (ცდომილება 0.1 – 0.3 %), შესრულების თვალსაზრისით მარტივია და სწრაფი, რაც განაპირობებს მის ფართო გამოყენებას ქიმიური ანალიზის პრაქტიკაში. აღნიშნული კვლევის ფარგლებში კომპლექსონად გამოყენებული იყო ეთილენდიამინტეტრამმარმჟავას დინატრიუმის მარილი (ტრილონ B), სხვადასხვა pH - ის პირობებში ტიტრაციისას მეტალქრომული ინდიკატორები - ერიოქრომ შავი T, მურექსიდი, კატეხინ ლურჯი, ქსილენარინჯი, სულფოსალიცილის მჟავა. ტრილონ B - ს ზუსტი კონცენტრაცია და ტიტრი დადგენილ იყო MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O-ის 0.01M შემცველი ფიქსონალის გამოყენებით. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 3.

**ცხრილი 3.** ლითონკომპლექსების ხსნარებში ლითონების შემცველობა

#	კომპლექსის ხსნარი	სარეაქციო არის pH	ინდიკატორი	ლითონის შემცველობა, %
1	Fe(III)	1.5 – 2.0	ქსილენარინჯი	18.92
2	Co(II)	3.5 - 4.0	პიროკატეხინ ლურჯი	30.30
3	Mn(II)	9.0 – 10.0	ერიოქრომ შავი T	29.00
4	Cu(II)	4.0 -5.0	მურექსიდი	26.00
5	Zn(II)	4.5 - 5.0	ქსილენარინჯი	26.50

სინთეზირებული კომპლექსების ხსნარები დაკონცენტრირდა ვაკუუმ - ამორთქლებელზე IKA – RB 8. გაშრა და მომზადდა შემდგომი კვლევებისათვის. Se - მეთიონინიტის სინთეზის მიზნით ლითონურ სელენზე განზავებული აზოტმჟავის მოქმედებით მიიღება სელენის ოქსიდი. მისი და ამინომჟავის -

მეთიონინის ურთიერთქმედებით ( $\text{pH} = 2$ , თანაფარდობა - სელენის ოქსიდი: მეთიონინი 1 : 2). მიღებულია სელენ მეთიონინიტი -  $\text{Se}(\text{Mt})_2$ . გეგმით გათვალისწინებული სინთეზირებული კომპლექსნაერთების ელექტროფორეზული კვლევები ჩატარებული იყო ჰორიზონტალური ელექტროფორეზის დანადგარზე (ЛАБОР 599 141 СЕ – 205). ექსპერიმენტის მიზანს სინთეზირებული კომპლექსების მუხტის ნიშნის დადგენა წარმოადგენდა. ელექტროფორეზი ჩატარდა შემდეგ პირობებში:  $\text{Fe}(\text{III})$ ,  $\text{Co}(\text{II})$  –Fr-ს კომპლექსები: ბუფერული ხსნარი - ნატრიუმის ბიკარბონატის ( $\text{NaHCO}_3$ ) სტანდარტული ხსნარი,  $\text{pH} = 9.15$ , ძაბვა - 470 – 500 ვოლტი, დენის ძალა - 32- 35 მილიამპერი, დროის ხანგრძლიობა - 3სთ.  $\text{Mn}(\text{II})$ ,  $\text{Zn}(\text{II})$ ,  $\text{Cu}(\text{II})$  - Fr-ს კომპლექსები: ბუფერული ხსნარი - ფტალის მჟავის კალიუმის მარილი,  $\text{pH} = 4.0$ , ძაბვა - 460 – 520 ვოლტი, დენის ძალა 35 – 47 მილიამპერი, ხანგრძლიობა - 2.5 საათი. ფორეგრამები გამჟღავნდა აღმავალი ქრომატოგრაფიის (ქაღალდზე) გამოყენებული რეაქტივებით. დადგინდა, რომ აღნიშნულ პირობებში  $\text{Fe}(\text{III})$ ,  $\text{Cu}(\text{II})$ ,  $\text{Zn}(\text{II})$ ,  $\text{Mn}(\text{II})$ Fr - ის კომპლექსიონები ელექტრულ ველში გადაადგილდებიან დადებითად დამუხტული ელექტროდისაკენ, რაც მათი ანიონური ბუნების მაჩვენებელია. რაც შეეხება  $\text{Co}(\text{II})$  კომპლექსიონს, ის რჩება სტარტზე, რაც ტუტე არემი მისი უმუხტობითაა განპირობებული.

სინთეზირებული ლითონკომპლექსების ხელატური ფორმა საშუალებას იძლევა ცოცხალ ორგანიზმში ინექციის სახით შევიტანოთ აუცილებელი, ბიოლოგიურად აქტიური და ადვილად ათვისებად ფორმაში მყოფი მიკროელემენტები საჭირო დოზით; ამასთან შესაძლებელია მიღებულ იქნას ნებისმიერი ბიოელემენტის შემცველი სხვადასხვა ფორმის (ინექცია, ფხვნილი) ანემიის პროფილაქტიკურ სამკურნალო საშუალებები.

სამუშაო შესრულებულია ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით (გრანტი FR/436/6-480/14)

### ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

1. Soha L., Pandli P., Copalan S., Malhatra S., Soha PK. Comparison of Efficacy, Tolerability and Cost of Iron Polymaltose Complexs with Ferrous SSulhate in the Treatment of Iron Defeciency Anemia in Pregnant Women. *MedGenMed*, 2007, #9 (1).
2. Калетина Н.И., Калетин Г.И. Микроэлементы – биологические регуляторы. Наука в России, 2007, №1, с.21-26.
3. М. Е. Шишнихшвили, М. И. Гогоуадзе, А.Я. Хорлин. Хроматографический метод оценки способности полиоксисоединений к образованию комплексных соединений в щелочной среде. Хелаты металлов природных соединений и их применение. Тбилиси: «Мецნიერება», 1974, с. 26-33.

### SYNTHESIS OF METAL COMPLEXES

Tsiala Gabelia, Leila Jafaridze, Eter Salukvadze, Givi Chimakadze, Nana Osipova, Tamar Kvernadze  
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry

#### SUMMARY

Chelate structure polyvalence metal (Fe, Co, Cu, Mn, Zn, Se ) complex compounds with fructose were synthesized with the purpose of obtaining prophylactic, therapeutic, ecologically friendly composites of new generation against metal deficiency anemia. Optimal terms of their synthesis were determined and some of their physical-chemical properties were studied.

### СИНТЕЗ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСОВ

Ц.С.Габелия, Л.К.Джапаридзе, Э.Ш.Салуквадзе, Г.Г.Чимакадзе, Н.А. Осипова, Т.К.Квернадзе  
Тбилисский Государственный Университет им. Ив. Джавахишвили, Институт физической и органической химии им. П.Г.Меликишвили

#### РЕЗЮМЕ

С целью получения экологически безвредных лечебно-профилактических средств против металлодефицитной анемии синтезированы композиции нового поколения – комплексные соединения поливалентных металлов (Fe, Co, Cu, Mn, Zn, Se ) хелатной структуры с фруктозой. Установлены оптимальные условия получения комплексных соединений, изучены их некоторые физико-химические свойства.

## ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОБУВНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

М.М.Шаламберидзе, Н.З.Ломтадзе

*Кутаисский Государственный Университет им. Акакия Церетели*

В статье исследованы физические, фазовые и температурные переходы процессов термоструктурирования и деструкций полимерных композиции на основе бутадиен-стирольных каучуков с латентным отвердителем ЛО-3. Доказано, что процесс термоструктурирования полимерных композиции с латентным отвердителем ЛО-3 происходит при температуре 140-160<sup>0</sup>С в течение 3-3,5мин. Процесс деструкции при температуре 350-360<sup>0</sup>С.

Обувные полимерные композиционные материалы – это гетерофазные системы, полученные из двух или более компонентов (составных частей), где один компонент является матрицей, в которой определенным образом распределены (диспергированы) другие компоненты, отделенные от матрицы границей раздела. Каждый компонент в композите сохраняет индивидуальность в отличие от компонентов истинного раствора. В упрощенном представлении можно считать, что каждый компонент композита занимает свой объем, т.е. находится в виде отдельной фазы [1-3]. Материалы, из которых состоят матрица и частица, имеют разные коэффициенты линейного теплового расширения  $\alpha_m$  и  $\alpha_\phi$ . При формировании изделия любым методом переработки нагрев сопровождается охлаждением. Разница в тепловом расширении приводит к возникновению значительных усадочных напряжений. Если  $E_m$  и  $E_\phi$  – модули упругости, а  $\nu_m$  и  $\nu_\phi$  – соответственно коэффициенты Пуассона матрицы и фазы, при перепаде температур  $\Delta T$  давление  $P$  полимерной матрицы на частицу в результате охлаждения равно

$$P = \frac{(\alpha_m - \alpha_\phi) \Delta T E_\phi}{(1 + \nu_m) + (1 + \nu_\phi)(E_m / E_\phi)}$$

Давление  $P$  максимально в приграничном слое матрицы и уменьшается по мере удаления от него. При  $P < 0$  и при  $P > 0$  напряжения соответственно сжимающие и растягивающие. Различие между  $\alpha_m$  и  $\alpha_\phi$  приводит к возникновению термоусадочных напряжений, ослабляющих материал.

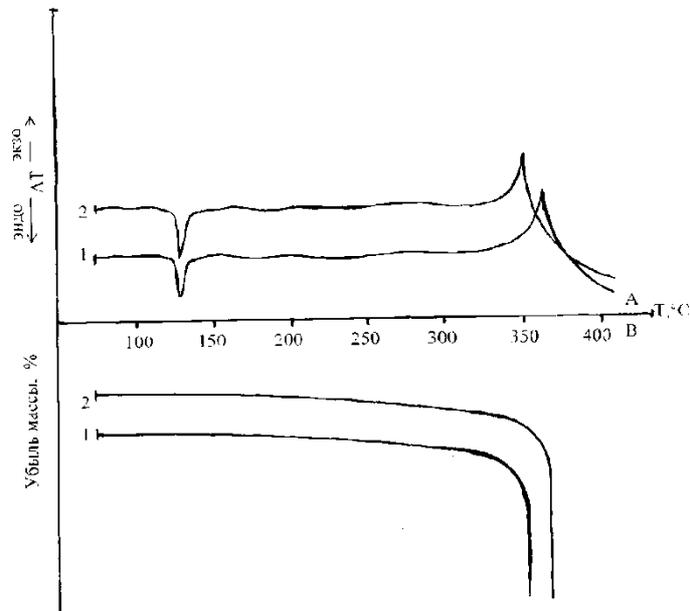
В обувной промышленности широко применяются полимерные композиционные материалы на основе бутадиен-стирольных (БС) каучуков различных марок. Бутадиен-стирольные каучуки сочетают эластические свойства бутадиеновых и пластические свойства стирольных групп в композиции, прочность которых обусловлена наличием жёстких полистирольных блоков. Обычно, полимерных композиции на основе БС каучуков используют в виде серных вулканизатов. Процессы структурирования, термоактивации и модификации полимерных композиций с традиционными отвердителями (серными) находят широкое применение в технологии изделия из кожи. Наиболее широко изучены и внедрены в производстве обуви серные вулканизирующие группы для полимерных композиционных материалов низа обуви. Однако эти структурирующие агенты не лишены недостатков. К недостаткам серной вулканизации относится необходимость введения в полимерную систему ускорителей вулканизации, замедлителей подвулканизации, активаторов и других агентов, что создает большие трудности в производстве синтетических материалов для низа обуви. Вулканизаты, применяемые в обувной промышленности характеризуются также сравнительно низкими прочностными, деформационными и адгезионными свойствами. Кроме того, в процессе серной вулканизации выделяется оксид серы, который считается токсичным и канцерогенным веществом, ухудшающие санитарно-гигиенические условия труда. Перечисленные выше недостатки можно устранить путем применения новых типов структурирующих агентов.

Использование латентных отвердителей ("скрытые" отвердители – это вещество, проявляющие свою активность при повышенных температурах) и исследования закономерностей процессов

термоструктурирования полимерных композиций с целью прогнозирования технологических характеристик материалов является актуальной проблемой для обувной промышленности. В ходе эксперимента в качестве латентного отвердителя использовали вещество ЛО-3, который представляет собой структурирующий агент олигомерного типа с молекулярной массой 275 (соединение, проявляющее свою активность при температуре 140-160<sup>0</sup>С)[4]. В полимерную систему (на основе бутадиен-стирольных каучуков марки: СКС-30 АРКП и СКС-30 АРКПН) латентный отвердитель ЛО-3 вводили в количестве 2,5-3,5 мас.ч. на 100 мас.ч. полимера. Как было нами ранее доказано [8], при таких количественных соотношениях полимеров и структурирующих агентов достигается максимальная прочность материалов после структурирования.

Исследование процесса структурирования и деструкции полимерных композиции на основе бутадиен-стирольных каучуков марки СКС-30 АРКП и СКС-30 АРКПН с латентным отвердителем ЛО-3 проводилось методами термических анализов, таких как ДТА (дифференциально-термический) и ТГА (термогравиметрический). Так, как по кривым ДТА и ТГА можно судит о процессах структурирования и деструкции полимерных систем. Физические, фазовые и температурные переходы обувных полимерных композиционных материалов с латентным отвердителем ЛО-3 исследовали на дериватографе фирмы "МОМ" (Венгрия) при следующих условиях: навеска образца – 0,5г; скорость нагрева -5 град/мин; чувствительность метода ДТА ±3%; весов ± 2 мг. В качестве эталона использовали оксид алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [6-7].

На рис. 1 представлены кривые ДТА (А) и ТГА (В) полимерных композиции на основе бутадиен-стирольных каучуков СКС-30 АРКП кривая 1 и СКС-30 АРКПН кривая 2 с латентным отвердителем ЛО-3 без предварительного термоструктурирования. Как видно из рис. 1 первый эндотермический пик появляется в области 130-140<sup>0</sup>С, как и для линейных полимеров без отвердителя. Это связано с плавлением гибких бутадиеновых блоков полимера. В этой же области температур (140<sup>0</sup>С) начинает активировать латентный отвердитель ЛО-3, который взаимодействует с линейными бутадиен-стирольными каучуками. В результате взаимодействия отвердителя с полимером происходит процесс структурирования с образованием поперечных химических связей между линейными полимерами. Процесс деструкции пространственно-структурированных полимерных композиции протекает при более высоких температурах, чем у линейных каучуков. Как видно из кривы 1 и 2 ТГА процесс деструкции протекает при температуре 350<sup>0</sup>С (кривая 1) для каучука СКС-30 АРКП и 360<sup>0</sup>С (кривая 2) для каучука СКС-30 АРКПН.



**Рис. 1.** Термограммы нагревания полимерных композиции на основе бутадиен-стирольных каучуков с латентным отвердителем ЛО – 3 без предварительной активации. ДТА (А) и ТГА (В). 1 – СКС-30 – АРКП, 2 – СКС-30 – АРКПН.

Это доказывает тот факт, что процесс деструкции структурированных полимерных композиции происходит при более высоких температурах, чем у линейных полимерных композиции без отвердителя [8].

Таким образом, установлены механизмы процессов термоструктурирования и деструкции полимерных композиций на основе бутадиен – стирольных каучуков марки СКС-30 АРКП и СКС-30 АРКПН с латентным отвердителем ЛО-3. Методами термического анализа (ДТА и ТГА) доказанно, что процесс термоструктурирования линейных полимерных композиции с латентным отвердителем ЛО-3 протекает при температуре 140<sup>0</sup>С в течение 3-3,5 мин. Что касается процесса деструкции структурированных полимерных композиции, то они протекают при более высоких температурах, чем у линейных полимерных композиции (при температуре 350<sup>0</sup>С кривая 1 для каучука СКС-30 АРКП и 360<sup>0</sup>С кривая 2 для каучука СКС-30АРКПН). Полученные закономерности могут быть заложены в технологии применения латентного отвердителя ЛО-3 в качестве структурирующего агента в полимерных композиции на основе бутадиен-стирольных каучуков.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Берлин А.А., Вольфсон С.А., Осимян В.Г., Ениколопов Н.С. Принципы создания композиционных полимерных материалов. М.: Химия, 1990, 240с.
2. Кулезнев В.Н., Гусева В.К. Основы технологии переработки пластмасс. М.: Химия, 1995, 525с.
3. Тамдор З., Гогос К. Теоретические основы переработки полимеров. /Перевод с англ./ М.: Химия, 1994, 627с.
4. Шаламберидзе М.М. Полухина Л.М. Патент № 2189768. Полимерная композиция для низа обуви. А 43 В 13/04, С 08 L 9/06. Бюл. № 27 от 27. 09. 2002.
5. Махлис Ф.А., Федюкин Д.А. Технические и технологические свойства резин. М.: Химия, 1985, 235с.
6. Шаталова Т.Б., Шляхтин О.А., Веряева Е. М. Методы термического анализа. МГУ. М. 2011, 172 с.
7. Шестак Я. Теория термического анализа. М.: Мир, 1987, 456с.
8. Шаламберидзе М.М., Полухина Л.М. Патент № 2203912. Полимерная композиция для низа обуви. С 08 L 9 / 00, С 08 К 13 / 02. Бюл. № 13 от 10. 05. 2003.

### საფუნსაცემელე პოლიმერული კომპოზიციური მასალების კვლევა თერმული ანალიზის მეთოდით

მ.შალამბერიძე, ნ.ლომთაძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია თერმოსტრუქტურირებისა და დესტრუქციის პროცესისა ფიზიკური, ფაზური და ტემპერატურული გადასვლების კვლევა, ბუთადიენ-სტიროლის კაუჩუკის ფუძეზე დამზადებული პოლიმერული კომპოზიციის ლატენტური გამამყარებელი LO-3 და დადგენილია, რომ თერმოსტრუქტურირების პროცესი პოლიმერული კომპოზიციის ლატენტური გამამყარებელი LO-3 მიმინარეობს ტემპერატურაზე 140–160<sup>0</sup>С – 3–3,5 წთ-ის განმავლობაში. ხოლო დესტრუქციის პროცესი 350–360<sup>0</sup>С ტემპერატურაზე.

### RESEARCH OF SHOE POLYMER COMPOSITION MATERIALS BY METHODS OF THERMAL ANALYSIS

M.M.Shalamberidze, N.Z.Lomtadze

Kutayssky State University of Akakiyatsereteli

### SUMMARY

In article physical, phase and temperature transitions of processes of thermostructuring and destruction of polymer composition materials on a basis butadiene - styrene rubbers with a latent hardener of LO-3 are investigated. It is proved that process of thermostructuring polymeric compositions happens to a latent hardener of LO-3 at a temperature of 140-160<sup>0</sup>С during 3-3,5min. Process of destruction at a temperature of 350-360<sup>0</sup>С.

**ვაშლის მავნებლების საწინააღმდეგო  
ეკოლოგიურად ნაკლებად სახიფათო პრეპარატები**

ომარ ლომთაძე, ლუდმილა ცხვედაძე\*, დავით კაკაშვილი, ნინო ლომთაძე, რუსუდან ცისკარიშვილი

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

*\*სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო კვლევითი ცენტრის მცენარეთა ინტეგრირებული დაცვის  
დეპარტამენტი*

შესწავლილია ვაშლის მავნებლების საწინააღმდეგო, ახალი, მცირე ეკოლოგიური დატვირთვის პესტიციდების - ზეთოვან-ემულსიური პრეპარატისა და ინსექტო-აკარიციდული პრეპარატ “ანტიპესტი“-ს ეფექტურობა. საცდელი ზეთოვან-ემულსიური პრეპარატი ეფექტურობით აღემატება ეტალონად შერჩეულ იტალიური წარმოების (კომპანია Sipkam) პრეპარატ “სიპკამოლი“-ს. ვაშლის ნაყოფჭამიას, ბუგრების და რგოლურა ჩრჩილის წინააღმდეგ პრეპარატ “ანტიპესტი“-ს ეფექტურობა მცირედით ჩამორჩება იმპორტული წარმოების (კომპანია DuPont) პრეპარატების „ლანატი“-ს, კორაგენი“-ს და „ავანტი“-ს ეფექტურობას. მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, შემუშავებული პრეპარატები შესაძლებელია ჩართული იქნეს ვაშლის მავნებლების წინააღმდეგ ჩასატარებელ ღონისძიებათა სისტემაში.

საქართველოში, ხეხილოვან კულტურათა შორის, ვაშლი ყველაზე ფართოდაა გავრცელებული ქვეყნის თითქმის ყველა რეგიონში. არსებული ხეხილის ბაღების ფართობის დაახლოებით 70% ვაშლის კულტურას უკავია. აღნიშნული განპირობებულია, როგორც ვაშლის კულტურული ჯიშების ნაყოფის მაღალი მარკეტინგული პოტენციალით, ისე გემოვნური ღირებულებით და ბიოლოგიური თვისებებით (ვაშლის ნაყოფი შეიცავს შაქრებს, მჟავებს, პექტინს, ცილოვან ნივთიერებებს A,B,C ვიტამინებს, მიკროელემენტებს და სხვ.). საქართველოში გავრცელებული ვაშლის 200-მდე ჯიშიდან სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს ჯიშებს - გოლდენ დელიშესი, ზამთრის ბანანი, კეხურა, ივერია, შამპანური რენეტი, ქართული სინაპი, აიდარედი, თურაშაული, აბილაური და სხვ.

გასულ საუკუნეში საქართველოდან ექსპორტირებული ხეხილოვანი კულტურებიდან (ყოფილი საბჭოთა კავშირის რესპუბლიკებში) ვაშლს წამყვანი ადგილი ეკავა. იმისათვის, რომ ქართული ვაშლი საინტერესო გახდეს ამჯერად უკვე ევროკავშირის ბაზრისთვის და ქართველი ფერმერებისთვის კვლავ გახდეს შემოსავლიანი კულტურა, აუცილებელია ხილის მოსავლის ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესება თანამედროვე ეკოლოგიური მოთხოვნების გათვალისწინებით.

ვაშლის ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესება და მისი როგორც სასურსათო პროდუქტის უსაფრთხოების ამაღლება, თანამედროვე ეკოლოგიური მოთხოვნების გათვალისწინებით, უაღრესად მნიშვნელოვანი პრობლემაა. აღნიშნული საკითხის გადაწყვეტისათვის საჭიროა ხეხილის და კერძოდ ვაშლის მავნებელ-დაავადებებისგან დაცვის ეკოლოგიურად უსაფრთხო სისტემის შემუშავება. აღნიშნული სისტემის პრაქტიკული უზრუნველყოფის აუცილებელი პირობაა მცენარეების დაცვაში სინთეზური ქიმიური საშუალებების მაქსიმალურად შემცირება და ხეხილის მავნებელ-დაავადებთან ბრძოლის უსაფრთხო ინსექტო-აკარიციდული და ფუნგიციდური თვისებების პრეპარატების დამზადება ბუნებრივი ნედლეულის (ძირითადად მცენარეული ანარჩენების) გამოყენებით.

გამკაცრებული ეკოლოგიური მოთხოვნების გათვალისწინებით პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში შემუშავდა მცენარეთა მავნებლების საწინააღმდეგო, მცირე ეკოლოგიური დატვირთვის, ახალი რეცეპტურის ზეთოვან-ემულსიური პრეპარატი (მზადდება ვაზელინის ზეთის გამოყენებით) და ინსექტო-აკარიციდული პრეპარატი პირობით სახელწოდებით “ანტიპესტი” (მზადდება ფიჭვის ფისიდან მიღებული ბუნებრივი ნაერთის, ტერპენტინების ზეთის გამოყენებით).

“ანტიპესტი“-ს შედეგნილობაში ტერპენტინების შემცველობა განაპირობებს ძირითადი მომქმედი ნივთიერების (სინთეზური პირეტროიდი) ეფექტურობის გაძლიერებას. შედეგად, პრეპარატიდან მომზადებულ სამუშაო ხსნარებში პირეტროიდის დაბალი კონცენტრაცია საკმარისია მავნებლის განვითარების ციკლის ხანგრძლივობის მთელი პერიოდისთვის. ადრე ჩატარებული, ვაზის და ატმის მავნებლების (აბლაბუდიანი ტკიპა, ფქვილისებრი და იმერული ბალიშა ცრუფარიანები, ბუგრები და სხვ.)

წინააღმდეგ „ანტიპესტი“-ს ეფექტურობა შედარებულ იქნა ამერიკული წარმოების (კორპორაცია Agricultural Products Group) პირეტროიდული პრეპარატთან - „არივო“. საველე გამოცდის შედეგების მიხედვით, „ანტიპესტი“ მასში პირეტროიდის (ციპერმეტრინის), 30-40%-ით ნაკლები შემცველობის მიუხედავად, ეფექტურობით თითქმის „არივო“-ს, დონეზეა [1-3].

რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული № AR/116/10-101/13 საგრანტო პროექტის შესრულების ფარგლებში ზეთოვან-ემულსიური პრეპარატის და „ანტიპესტი“-ს ეფექტურობა გამოიცადა საველე პირობებში ფერმერ ვანო კაკაშვილის ვაშლის ბაღის საცდელ ნაკვეთში (გორის მუნიციპალიტეტი, სოფ. სკრა). ადრე გაზაფხულზე (მარტის პირველი დეკადა), ვაშლის მავნებლების მოზამთრე სტადიის საწინააღმდეგოდ, ვაშლის ხეები (ჯიში გოლდენი) დამუშავდა საცდელი ზეთოვან-ემულსიური პრეპარატით. ეტალონად გამოყენებული იყო იტალიური წარმოების (კომპანია Sipkam) ზეთოვანი პრეპარატი „სიპკამოლი“. საკონტროლოდ აღებული იყო შეუსხურებელი მცენარეები. შედეგები მოტანილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. ზეთოვანი პრეპარატების გავლენა ვაშლის მავნებლების მოზამთრე სტადიაზე

	პრეპარატის დასახელება	პრეპარატის სარჯი 1 ჰა-ზე, ლ	პრეპარატის შემცველობა 100 ლ. სამუშაო ხსნარში, ლ	ნაყოფებზე კალიფორნიის ფარიანის გავრცელება, %	ფოთლებზე რგოლური ჩრჩილის გავრცელება, %
1	შემუშავებული ზეთოვანი პრეპარატი (საცდელი)	15	1,5	2,6	3,0
2	სიპკამოლი 80%-იანი (ეტალონი)	15	1,5	3,5	3,7
3	შეუსხურებელი ხეები (საკონტროლო)			28,6	12,0

ცხრილის მონაცემებით, საცდელი ზეთოვან-ემულსიური პრეპარატი ეფექტურობით აღემატება ეტალონად შერჩეულ პრეპარატ „სიპკამოლი“-ს. საცდელი პრეპარატის შემთხვევებში ვაშლის ნაყოფებზე კალიფორნიის ფარიანის გავრცელებამ შეადგინა 2,6%, ფოთლებზე რგოლური ჩრჩილის გავრცელებამ 3,0%, ეტალონის შემთხვევაში მავნებლების გავრცელება შესაბამისად არის 3,5 % და 3,7 %, ხოლო შეუსხურებულ მცენარეებზე 28.6 % და 12,0%.

ვაშლის ბაღის საცდელ ნაკვეთში ძლიერ გავრცელებულა ბუგრები (*Aphis pomi*), რომელიც ძირითადად დასახლებულია მცენარის ფოთლებზე. ბუგრების მიერ წუწვნის შედეგად მასობრივად დაზიანებული ფოთლები ხუჭუჭდება, დეფორმირდება და ნაადრევად ცვივა. ყლორტები იგრიხება და აჩერებს ზრდას [4]. ბუგრების წინააღმდეგ საბრძოლველად პრეპარატი „ანტიპესტი“. გამოიცადა, როგორც ლაბორატორიულ, ისე ბუნებრივ პირობებში.

ლაბორატორიულ პირობებში „ანტიპესტი“-ს ეფექტურობა დადგინდა ვაშლის ყლორტებზე სხვადასხვა კონცენტრაციის სამუშაო ხსნარის შესხურების შედეგად ფოთლებზე დაზოცილი და ცოცხალი ბუგრების რაოდენობის აღრიცხვით. ბუგრების სიკვდილიანობის პროცენტის დადგენა ხდებოდა ფორმულით:

$$K = [(a - b) \cdot 100] / a$$

სადაც, a - დამუშავების შედეგად დაზოცილი ბუგრების რაოდენობაა;

b - დამუშავების შემდეგ ცოცხლად დარჩენილი ბუგრების რაოდენობა.

აღრიცხვის შედეგები მოტანილია ცხრილში 2. საკონტროლოში (შეუსხურებელი ატმის ყლორტები) ბუგრების ბუნებრივი სიკვდილიანობა არის 1-2 %.

ცხრილის მონაცემებით ბუგრების წინააღმდეგ გამოცდილი „ანტიპესტის“ სამუშაო ხსნარის სხვადასხვა კონცენტრაციებიდან საუკეთესო შედეგი აქვს 0.01%-იან ხსნარს, როდესაც დამუშავების შემდეგ არ დაფიქსირდა ცოცხალი ბუგრი (100% სიკვდილიანობა).

ბუნებრივ პირობებში „ანტიპესტი“-ს ეფექტურობის გამოცადის შემთხვევაში, ეტალონად შერჩეულ იქნა კომპანია DuPont-ის წარმოების ინსექტიციდი „ლანატი“, საკონტროლოდ აღებულია შეუსხურებელი მცენარეები. გამოყენებული პრეპარატების ეფექტურობის დასადგენად ბუგრების

სიკვდილიანობის აღრიცხვა ჩატარდა შესხურებიდან 2 დღის შემდეგ. აღრიცხვები ტარდებოდა ხის ოთხივე მხრიდან 10-10 ფოთოლზე ცოცხალი ბუერების დათვლით. მიღებული შედეგები მოტანილია ცხრილში 3.

**ცხრილი 2.** ვაშლის ბუერის წინააღმდეგ პრეპარატ „ანტიპესტი“-ს გამოცდის შედეგები ლაბორატორიულ პირობებში

„ანტიპესტი“-ს საშუალო ხსნარებში ციპერმეტრინის შემცველობა %	ერთ ფოთლებზე საშუალოდ ბუერების რაოდენობა		ბუერების სიკვდილიანობა %
	ცოცხალი	შულ	
1. 0,006	50	100	50,0
2. 0,0012	40	104	61,5
3. 0,0025	16	71	77,4
4. 0,005	15	90	83,3
5. 0,01	0	96	100

**ცხრილი 3.** ვაშლის ბუერის წინააღმდეგ პრეპარატ „ანტიპესტი“-ს ეფექტურობის გამოცდის შედეგები ბუნებრივ პირობებში

პრეპარატის დასახელება	ერთ ფოთოლზე ბუერების საშუალო რაოდენობა			ბუერების სიკვდილიანობა % -ში
	ცოცხალი	მკვდარი	შულ	
„ანტიპესტი“	8	82	90	91,10
„ლანატი“	7	81	88	92,05
კონტროლი: შეუსხურებელი ხეები				1-2

ანტიპესტით დამუშავების შემთხვევაში მე-2 დღეს ბუერების სიკვდილიანობის პროცენტი იყო 91,1%; „ლანატი“-ს შემთხვევაში 92,05%. ცხრილი 3-ის მონაცემების მიხედვით „ანტიპესტი“ ეფექტურობით „ლანატი“-ს მცირედით ჩამორჩება, მაგრამ ეკოლოგიურად ნაკლებად სახიფათოობის გამო მისი გამოყენება უფრო მიზანშეწონილია.

ვაშლის გავრცელებული მავნებლის ე.წ. „კუნელის რგოლური ჩრჩილი“-ს (*Leucoptera scitiella*) განვითარება ემთხვევა მავნებელ „ვაშლის ნაყოფიჭამია“-ს (*Cydia pomonella*) განვითარებას, ამიტომ ამ უკანასკნელის წინააღმდეგ ჩატარებული ღონისძიება „კუნელის რგოლური ჩრჩილი“-ს წინააღმდეგაც არის მიმართული. ვაშლის ნაყოფიჭამია და რგოლური ჩრჩილის წინააღმდეგ პრეპარატ „ანტიპესტი“-ს ეფექტურობა შედარებულ იქნა აღნიშნულ მავნებლებთან ბრძოლის დღეისათვის არსებულ ყველაზე ეფექტურ საშუალებასთან - კომპანია DuPont-ის წარმოების ინსექტიციდების „კორაგენი“-ს და „ავანტი“-ს კომბინაციასთან. გამოცდის შედეგები მოტანილია ცხრილში 4.

**ცხრილი 4.** ვაშლის ნაყოფიჭამიის და კუნელის რგოლური ჩრჩილის წინააღმდეგ „ანტიპესტი“-ს ეფექტურობის გამოცდის შედეგები

	ვარიანტი	პრეპარატი	ხარჯვის ნორმა ლ	ნაყოფებზე ვაშლის ნაყოფიჭამიის გავრცელება %	ფოთლებზე რგოლური ჩრჩილის გავრცელება, %
1	შაცდელი	1. ანტიპესტი 2. ავანტი 3. ანტიპესტი	0,35	5,1	3,6
2	ტალონი	1. კორაგენი 2. ავანტი 3. კორაგენი	0,20 0,35	3,2	2,1
3	საკონტროლო	შეუსხურებელი ხეები		28,9	18,6

ცხრილის მონაცემებით მავნებლების წინააღმდეგ კომპანია DuPont-ის ინსექტიციდების „კორაგენი“-ს და „ავანტი“-ს კომბინაციის გამოყენების შემთხვევაში მავნებლების განადგურების მაჩვენებელი შედარებით უკეთესია. ეტალონის ხეებზე ნაყოფიჭამიას გავრცელებამ შეადგინა 3,2%, ხოლო ფოთლებზე კუნელის რგოლური ჩრჩილის გავრცელებამ 2,1%. საცდელი ხეების „ანტიპესტი“-ს და „ავანტი“-ს კომბინაციით დამუშავების შემთხვევაში ნაყოფიჭამიისა და რგოლური ჩრჩილის გავრცელება შესაბამისად არის 5.1% და 3,6%. რამდენადაც შეუსხურებელ მცენარეებზე მავნებლების გავრცელება არის შესაბამისად 28,9 და 18,6 %, „ანტიპესტი“-ს გამოყენების შემთხვევაში მიიღებული შედეგი სავსებით დამაკმაყოფილებელია.

ჩატარებული სავსელე გამოცდების შედეგებიდან გამომდინარე, ჩვენს მიერ შემუშავებული ახალი რეცეპტურის ზეთოვან-ემულსიური პრეპარატი და ინსექტოაკარიციდი „ანტიპესტი“ გამოირჩევა მაღალი ეფექტურობით და შეიძლება მათი ჩართვა ვაშლის მავნებლების წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებათა სისტემაში.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. თარალაშვილი ლ., ლომთაძე ო., ცხვედაძე ლ. ვაშის აბლაბუდიანი ტკიპას წინააღმდეგ მოდიფიცირებული ინსექტო-აკარიციდის „ანტიპესტი“-ს გამოცდის შედეგები 2009-2010 წლებში. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 2010, №28, გვ. 95-99.
2. შალამბერიძე ნ., ცხვედაძე ლ., დოლიძე ა. მოდიფიცირებული პრეპარატი „ანტიპესტი“-ს გამოცდა ვაშის იმერულა ბალიშა და ფქვილისებრი ცრუფარიანების წინააღმდეგ დასავლეთ საქართველოში. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 2011, №29, გვ. 97-100.
3. ო.ლომთაძე, ლ.ცხვედაძე, დ.კაკაშვილი, ნ.ლომთაძე. ახალი ინსექტო-აკარიციდული პრეპარატი ატმის ბუგრების საწინააღმდეგოდ. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2014, ტ.40, №1, გვ. 71-73.
4. ირ.ბათიაშვილი, გ.დეკანოიძე. ენტომოლოგია, სპეციალური ნაწილი. გამომცემლობა „განათლება“ თბილისი, 1974, 514 გვ.

### ENVIRONMENTALLY LOW HAZARD DRUGS AGAINST APPLE PESTS

Omar Lomtadze, Ludmila Tskhvedadze\*, David Kakashvili, Nino Lomtadze, Rusudan Tsiskarishvili

*Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry of Tbilisi State University*

*\* Integrated Plant Protection Department of Agricultural Research Center*

### SUMMARY

The effectiveness of new, environmentally low-risk, pesticides (oil-emulsion preparation and insecticide-acaricide "Antipest" fungicide "Phosphate drug") have been studied against of apple pests. Experienced oil-emulsion formulation on the effectiveness exceeds the drug "sipkamol" (producer Italian company Sipkam). The effectiveness of insecticide-acaricide - "Antipest" against aphids apples, the codling moth and blister moth is slightly inferior to imported drugs, "Lanat," "Koragen" and "Avant" (company manufacturer DuPont). Based on the results of field tests, the effectiveness of "Antipest" and oil-emulsion preparation located at the level of foreign pesticides and can be included in the system action against apple pests.

### ЭКОЛОГИЧЕСКИ МАЛООПАСНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ПРОТИВ ВРЕДИТЕЛЕЙ ЯБЛОНИ

О.Г.Ломтадзе, Л.П.Цхведадзе\*, Д.М.Какашвили, Н.О.Ломтадзе, Р.П.Цискаришвили

*Тбилисский Государственный университет им. И. Джавахишвили, Институт физической и органической химии им. П. Меликишвили*

*\* Сельскохозяйственные научно-исследовательский центр, Департамент по интегрированной защите растений*

### РЕЗЮМЕ

Изучена эффективность против вредителей яблони новых, экологически малоопасных пестицидов – масляно-эмульсионного препарата и инсекто-акарицида «Антипест». Опытный масляно-эмульсионный препарат по эффективности превосходит препарат «Сипкамоль» (производитель Sipkam, Италия). Эффективность инсекто-акарицида «Антипест» против тли яблони, яблоневого плодового жука и кружковой моли немного уступает импортным препаратам «Ланат», «Кораген» и «Авант» (производитель DuPont). По результатам полевых испытаний, эффективность «Антипеста» и масляно-эмульсионного препарата находится на уровне апробированных зарубежных пестицидов и они могут быть включены в систему проводимых мероприятий против вредителей яблони.

## ვაზში ტოქსიკური ელემენტების შემცველობის დადგენა

ქეთევან ჩხაიძე, რევაზ ზედგინიძე  
სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

გარემოს დაბინძურებამ კაცობრიობის განვითარების დღევანდელ ეტაპზე გლობალური ხასიათი მიიღო. დაბინძურების წყაროები საკმაოდ მრავალგვარია: სამრეწველო და თბონერგეტიკული კომპლექსები, საყოფაცხოვრებო და მეცხოველეობის ნარჩენები, სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული სასუქები, პესტიციდები, ნავთობგადამამუშავებელი და წიაღისეულის მომპოვებელი საწარმოები და ა.შ.

გარემოს დამაბინძურებლებს შორის მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ტოქსიკური ელემენტები, მათ შორის მძიმე ლითონები. ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად, მძიმე ლითონებით ატმოსფეროს, ნიადაგის და წყლის დაბინძურება საგანგაშოა იმ თვალსაზრისით, რომ შემდგომში ისინი იწვევენ არა მარტო სასოფლო - სამეურნეო კულტურათა პროდუქტიულობის შემცირებას, არამედ პროდუქციის ხარისხის გაუარესებასაც ჭარბი რაოდენობით მათი შემცველობის თვალსაზრისით. აქედან გამომდინარე, სხვა მონაცემების თვალსაზრისი მაღალი კვებითი ღირებულების მქონე პროდუქცია შესაძლებელია ადამიანის ჯანმრთელობისთვის საშიში გახდეს. მეტად მნიშვნელოვანია არა მარტო საკვები პროდუქტების მუდმივი კონტროლი მათ შემცველობაზე, არამედ აგრეთვე იმ ძირითადი გზების გამოვლინება, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელი ხდება კვების პროდუქტებში მძიმე ლითონების ჭარბი რაოდენობით მოხვედრა. ამ მხრივ გამონაკლისს არც ვაზი და მისგან დამზადებული პროდუქცია (ალკოჰოლური სასმელები) წარმოადგენს. მით უმეტეს, რომ „ლითონური შხამების“ სახელწოდებით ცნობილი მძიმე ლითონების მათში მოხვედრა სხვასაზღვრით არის შესაძლებელი. ამ გზების გამოვლინება და მათ შორის დომინანტური როლის მატარებლის გამოვლენა მეტად მნიშვნელოვანია და ყველა სახის საკვები პროდუქტისთვის აქტუალური, დაბინძურების თავიდან აცილებისთვის პრევენციული ზომების მიღების მიზნით.

ჩვენს მიზანი იყო ვაზში მძიმე ლითონების შემცველობის განსაზღვრა.

კვლევის ობიექტი იყო გურჯაანის რაიონის სოფელ შილდაში ფერმერული მეურნეობის საკუთრებაში არსებული ნიადაგი და მასზე მოწეული ყურძენი.

ვაზში სპილენძის განსაზღვრის მეთოდი დამყარებულია სინჯის დანაცრების შემდეგ ნატრიუმის დიეთილდითიოკარბამატით სპილენძის დითიოკარბამატის წარმოქმნასა და ამ უკანასკნელის კოლორიმეტრირებაში. მეთოდით აღმოჩენის საზღვარია 2 მგ/კგ სპილენძის სინჯში, რაც შეესაბამება 7 მგ/კგ ბორდოულ სითხეს, ტოქსიკური საწყისი იყო მეტალაქსილი და მეტალაქსილი+მანკოცები. შედეგები იხილეთ ცხრილში 1.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მცენარეული ნიმუშების ანალიზისას, მოსავლის ალების შემდეგ, სპილენძის რაოდენობა იყო 8,5-10,5-13,9 მგ/კგ. ყველა ნიმუშში სპილენძის რაოდენობა აღემატება (დაახლოებით 2-ჯერ) ზღვრულად დასაშვებ ნორმას (5 მგ/კგ).

ასევე განისაზღვრა ნიადაგში სპილენძის შემცველობა სპექტროფოტომეტრული მეთოდით. 20გრ ნიადაგიდან მეტალაქსილი ექსტრაგირდება 2-ჯერ 100-100 მლ პორციებით. ექსტრაქტებს აერთიანებენ, აშრობენ უწყლო ნატრიუმის სულფატით. მოცულობა დაჰყავთ 200 მლ-მდე და შემდგომ მეტალაქსილის რაოდენობრივ განსაზღვრას აწარმოებენ სპექტროფოტომეტრზე (ტალლის სიგრძე 250 – 290 ნმ), წინასწარ იგება ყველა ნიმუშისთვის საკალიბრო მრუდი.

ნიადაგში მეტალაქსილის რაოდენობა ისაზღვრებოდა ფორმულით:

$$X=AV/P,$$

სადაც A – მეტალაქსილის რაოდენობა, ნაპოვნი საკალიბრო მრუდზე მკგ/მგ.

V – ექსტრაქტის საერთო მოცულობა მლ-ში.

P – საკვლევი ნიადაგის რაოდენობა გრ-ში ან მლ-ში.

ცხრილი 1. ვაზში სპილენძის შემცველობა

ნიმუშის დასახელება	სინათლის გამტარობა		შთანთქმა	სპილენძის რაოდენობა, მგ/კგ	
	Q სტ.	Q საკ.	Q სტ - Qსაკ	საანალიზო ხსნარში	ნიმუშში
ნაყოფი მოსავლის ალებისას: შილდა 1	100	84	16	19	13,9
შილდა 2	100	87	13	16	10,5
სოფ. ვაზისუბანი	100	90	10	112	8,5

ცხრილი 2. ნიადაგში სპილენძის შემცველობა მგ/კგ (285 ნმ).

ნიმუშის დასახელება	ნიადაგის ტიპი	ნიადაგის სიღრმე	ამტარობა		შთანთქმა	სპილენძის რაოდენობა	
			Q სტ.	Q საკ.	Q სტ - Qსაკ	საანალიზო ხსნარში	ნიმუშში
ნიადაგი მოსავლის ალებისას	ყავისფერი კარბონატული	0-20	100	76	24	31,2	55,8
		0-40	100	72	28	26	39,4
	ყავისფერი კარბონატული	0-20	100	81	19	23,1	21,4
		0-40	100	74	26	27,5	39,6
	ყავისფერი კარბონატული	0-20	100	77	23	24,7	35,1
		0-40	100	83	17	18,5	9,0

სპილენძის რაოდენობა ლოკალიზებულია სახნავ ფენაში. მოსავლის ალების შემდეგ ნიადაგის პროფილში (0-40სმ) სპილენძის რაოდენობა თითქმის უცვლელია (ცხრილი 2). ნიადაგის ნიმუშების ანალიზის შედეგად სპილენძის შემცველობა აღმოჩნდა 55,8-21,4-35,1 მგ/კგ. (285 ნმ).

ამრიგად, კვლევის შედეგებით დადგინდა, რომ სპილენძის შემცველობა ნიადაგსა და ვაზში ზერულად დასაშვებ ნორმაზე 2-ჯერ მეტია.

**ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES**

1. Баженова.И.В. Методические указания по определению микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. 1981г. Москва. №11. ст-59.
2. Кошнарковский. Т.А. Гиренко. Г.А. Методическое указания. ВНИГИНТОКС. Украина. Киев. 1983г. ст.53-54.
3. Мельников. Н.Н. Химия пестицидов.. Москва. №6. ст.77-80.

**DETERMINATION OF CONTENT OF TOXIC ELEMENTS IN THE VINEYARD**

K.Chkhaidze, R.Zedgenidze  
Samtskhe-Djavakhet State University

**SUMMARY**

Degradation of copper-containing pesticides have been studied. Their residual amounts were determined in plants and soils, quantitative analysis was carried out using spectrophotometer "Specol" at 285 nm. Analysis of plant samples during harvest has been shown the metalaxil in trace amounts, the amount of copper in plant samples approximately twice exceeds maximum permitted concentration (5mg/kg) and was 8,5-10.5-13,9 mg/kg, in the soil – 55,8-21,4-35,1 mg/kg.

**УСТАНОВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВИНОГРАДНИКЕ**

К.Чхаидзе, Р.Зедгинидзе  
Самцхе-Джавакхетский Государственный Университет

**РЕЗЮМЕ**

Изучено разложение пестицидов, содержащих медь. Определены их остаточные количества в растениях и почвах, количественный анализ проведен на спектрофотометре „Specol“ при 285 нм. Во время анализа растительных образцов в период сбора урожая в плодах был обнаружен металаксил в виде следов, количество меди в растительных образцах примерно в 2 раза превысило предельно допустимые нормы (5 мг/кг) и составило 8,5-10.5-13,9 мг/кг, в почве – 55,8-21,4-35,1 мг/кг.

**ოზონის ბამოყენება სოფლის მეურნეობაში ზოგადი კულტურის თესვების აღმოცენების და ზრდის ინტენსიფიცირების მიზნით**

რიმზეტ თუშურაშვილი, მერაბ ფანგიძე, ციური ბასილაძე, გივი ხიდეშელი,  
გენრიეტა შანიძე, მანანა მამარდაშვილი, ნინო კვიციანი  
*ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*  
*რაფიელ აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი*

შესწავლილია ოზონის გავლენა ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურის (კიტრის და პომიდორის) თესვებზე მათი აღმოცენების ინტენსიფიცირების და მოსავლიანობის ზრდის მიზნით. დადგენილია, რომ ოზონირებული წყლით და ოზონ-ჰაერის ნაკადით ამ კულტურების თესვების დამუშავება ახდენს მათი აღმოცენების ინტენსიფიცირებას, რაც გამოიხატება როგორც მცენარეთა ფოთლების უფრო მეტ ფართობში, ასევე უფრო მეტ სიმაღლეში. ეს მიუთითებს ოზონის გამოყენების პერსპექტიულობაზე სოფლის მეურნეობაში, კერძოდ, მეთესლეობაში.

უკანასკნელ წლებში ოზონმა ფართო გამოყენება ჰპოვა ძლიერი ჟანგვითი თვისებების გამო. ოზონირებული წყალი ფართოდ გამოიყენება ქიმიურ, ფარმაცევტულ და მსუბუქ მრეწველობაში, კერძოდ, ქსოვილების წარმოებისას. ოზონი ასევე გამოიყენება სოფლის მეურნეობაშიც – საცავების და პროდუქციის ცალკეული სახეობების დეზინფექციისათვის მათი შენახვის წინ. იგი ასევე ხასიათდება ზრდის მასტიმულირებელი ეფექტით. მიუხედავად იმისა, რომ ოზონი ძლიერი დამჟანგველია, ის უვნებელია ადამიანისა და გარემოსათვის. მისი სიცოცხლის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია გარემოს ტემპერატურაზე, რომლის ზრდისას ის სწრაფად გადადის ჩვეულებრივ ჟანგბადში. ჰაერში ოზონი არსებობს მხოლოდ რამდენიმე წუთი, სითხეში კი – 1,5-2 საათი.

წინამდებარე სამუშაოს მიზანია ოზონის ზემოქმედების შესწავლა ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურის (კიტრის და პომიდორის) თესვებზე მათი აღმოცენების ინტენსიფიცირების და მოსავლიანობის გაზრდის მიზნით.

ოზონის ნაკადი მიიღებოდა ოზონატორით, რომლის სიმძლავრე 220 ვატია. ოზონის კონცენტრაცია ოზონ-ჰაერის ნაკადში შეადგენდა 4გ/ლ, ხოლო ხსნარში – 3მგ/ლ. ოზონატორის წარმადობაა 2გ/სთ.

შესწავლილი იქნა ოზონირებული წყლის და ოზონ-ჰაერის ნაკადის ზემოქმედება კიტრის და პომიდორის თესვებზე მათი აღმოცენების ხარისხის დადგენის მიზნით. პარალელურად ჩატარდა აღნიშნული თესვების დამუშავება სასმელი წყლით. ორივე შემთხვევაში თესვებს ვალდობდით ორი საათის განმავლობაში. ოზონირებული წყალი მიიღებოდა ოზონ-ჰაერის ნაკადის ბარბოტირებით გაჯერებამდე. დამუშავებული თესვები გადატანილი იქნა პეტრის თასებზე შესაბამის ნიადაგზე. თითოეულ თასზე მოთავსდა 50 ცალი თესლი. შვიდი დღის შემდეგ შეფასდა აღმოცენების ხარისხი.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ როგორც ოზონირებული წყლით, ასევე ოზონ-ჰაერის ნაკადით დამუშავებული თესვების აღმოცენების ხარისხი მეტია, ვიდრე სასმელი წყლით დამუშავებისას. კერძოდ, კიტრის თესვების აღმოცენების ხარისხი შეადგენს 96%-ს, 80%-ს და 80%-ს, შესაბამისად. პომიდორის შემთხვევაში მიღებულია ასეთი მნიშვნელობები: 96%, 90% და 74%.

დამუშავებული ნიმუშების ფოთლები აღმოცენების შემდეგ შედარებით უფრო მუქი მწვანე ფერის იყო, ვიდრე ოზონ-ჰაერის ნაკადით და სასმელი წყლით დამუშავებული ნიმუშები.

ერთი კვირის შემდეგ ნერგები პეტრის თასებიდან გადატანილი იქნა მიწიან ყუთებში. გაგრძელდა სისტემატური მორწყვა ოზონირებული წყლით და დაკვირვება 4 კვირის განმავლობაში. ამის შემდეგ თითოეულ ნიმუშში დათვლილ იქნა დაზიანებული ფოთლების რაოდენობა. მიღებული შედეგების თანახმად, დაზიანებული ფოთლების რაოდენობა კიტრის შემთხვევაში ოზონირებული წყლით და სასმელი წყლით დამუშავებისას პრაქტიკულად ერთნაირია (9% და 10%, შესაბამისად), ხოლო პომიდორის შემთხვევაში ეს მნიშვნელობები შეადგენს 12% და 24%-ს.

დათესვიდან 4 კვირის შემდეგ გაიზომა ნერგების სიმაღლე. აღმოჩნდა, რომ ოზონირებული წყლით დამუშავებული ნიმუშების ფოთლების როგორც ფართობი, ასევე მცენარეთა სიმაღლე მეტია, ვიდრე სასმელი წყლით და ოზონ-ჰაერის ნაკადით დამუშავებისას. კერძოდ, კიტრის შემთხვევაში, მცენარის

სიმაღლე, შესაბამისად, 37, 33 და 30სმ-ია, ხოლო ფოთლის ფართობი – 64, 33 და 28 კვადრატული სანტიმეტრია (ნახ.1).



ნახ.1. კიტრის მცენარე: მარცხნივ – დამუშავებული სასმელი წყლით, მარჯვნივ – ოზონირებული წყლით.

ამრიგად, მიღებული შედეგები ცხადყოფს, რომ ოზონის გამოყენება ხელს უწყობს კიტრის და პომიდორის თესვების აღმოცენების და ზრდის პროცესს. ამდენად, შეიძლება ვივარაუდოთ ოზონური მეთოდის გამოყენების პერსპექტიულობა სოფლის მეურნეობაში, კერძოდ, მეთესლეობაში.

### **OZONE APPLICATION IN THE AGRICULTURE FOR INTENSIFICATION OF GERMINATION AND GROWTH OF THE SEEDS OF SOME CROPS**

Rimzet Tushurashvili, Merab Panchvidze, Tsiuri Basiladze, Givi Khidesheli,  
Genrieta Shanidze, Manana Mamardashvili, Nino Kvirkvelia  
*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University*

*Rafael Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry*

#### **SUMMARY**

Ozone effect on the seeds of some crops (cucumbers and tomatoes) for intensification of their germination and to raise the level of crop yield has been studied. It was shown that the treatment of the seeds of mentioned cultures by ozonized water as well as by ozone-oxygen mixture causes an intensification of their germinability as expressed by the large area of plant leaves as well as by the high height. This suggests the availability of ozone application in the agriculture, particularly, in the seed farming.

### **ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ С ЦЕЛЬЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОРАСТАНИЯ И РОСТА СЕМЯН НЕКОТОРЫХ КУЛЬТУР**

Р.Г.Тушурашвили, М.В.Панчвидзе, Ц.М.Басиладзе, Г.И.Хидешели, Г.В.Шанидзе,  
М.И.Мамардашвили, Н.М.Квирквелия

*Тбилисский Государственный Университет им.Ив.Джавахишвили  
Институт неорганической химии и электрохимии им Р.И.Агладзе*

#### **РЕЗЮМЕ**

Изучено влияние озона на семена некоторых сельскохозяйственных культур (помидоров и огурцов) с целью интенсификации их прорастания и повышения урожайности. Показано, что обработка семян этих культур озонированной водой и озono-кислородной смесью интенсифицирует их всхожесть, что выражается как в большей площади листьев растений, как и в большей высоте. Это указывает на перспективность применения озона в сельском хозяйстве, в частности, в семеноводстве.

**ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ, СОДЕРЖАЩИХ СУММУ ЛИПОФИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ "АХТАЛА", ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОСМЕТОЛОГИИ И ФАРМАЦИИ**

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

*Институт Фармакохимии им. И. Кутателадзе, Тбилисского Государственного Медицинского Университета*

Изучено влияние отдельных технологических факторов на процесс экстракции суммы липофильных веществ из грязи "Ахтала", для создания соответствующей модельной системы экстракции суммы липофильных веществ из лечебной грязи "Ахтала". Используются 2 вида масла – оливковое, содержащее значительное количество липофильных веществ, и парфюмерное, свободное от этих соединений. Сравнение результатов показало, что схемы экстракции аналогичны, но эффективность экстракции зависит от насыщения масла, используемого для экстракции, липофильными соединениями. Модельная система опробована на ряде масел ( кукурузном, подсолнечном, из проростков пшеницы, шиповника, облепиховом, виноградном, из печени катрана). Полученные результаты соответствовали описанным данным.

В последние годы лечебные грязи стали широко применяться в косметологии, парфюмерии и для создания медицинских препаратов [1-7, 12], как в нативном виде, так и в виде масляных и водно – солевых извлечений, содержимое которых, по литературным данным, являются биологически активной составляющей грязевых масс. Лечебная грязь "Ахтала" уже в течение нескольких веков используется для лечения ряда заболеваний кожи, опорно-двигательного аппарата, гинекологических, практологических и других заболеваний [8]. Однако, имеются лишь единичные исследования по ее применению в лекарственной медицине, косметологии и парфюмерии, причем только в нативном виде [9-11].

В связи с широким использованием вышеуказанных экстрактов в косметических средствах, стала необходима отработка модельной схемы подобной экстракции с использованием разных масел, что не было сделано в предыдущих исследованиях [12,13]. В настоящем сообщении описывается влияние отдельных технологических факторов на процесс экстракции суммы липофильных веществ из грязи "Ахтала". В основной части эксперимента в качестве экстрагента использовались два масла. Первое – оливковое масло, насыщенное липофильными веществами. В состав масла входят: глицериды олеиновой кислоты (до 80%), глицериды пальмитиновой кислоты (до 10%), глицериды стеариновой кислоты (5-8%), глицериды линолевой кислоты, глицериды арахидиновой кислоты, терпены, фосфолипиды, витамины E, D, каротиноиды, флавоноиды, хлорофилл, сквален, олеокантал, терпеновые спирты, стеролы, токоферолы [14]. Второе – синтетическое парфюмерное масло, свободное от выше указанных веществ. Такой подход позволяет в большей мере провести сравнительный анализ процесса.

Методика эксперимента: Определенное количество грязи "Ахтала", содержащее до 30% водной фазы, помещают в колбу с обратным холодильником, добавляют соответствующее количество масла и 96% спирта. Двухкратная экстракция сырья проводится при  $t=60-70^{\circ}\text{C}$ . После охлаждения до комнатной температуры смесь помещают в центрифугу (6000об/мин в течение 10 минут). Полученную жидкую фазу переносят в делительную воронку и отделяют масляный экстракт, содержащий липофильные составляющие грязи "Ахтала". Сравнительное содержание их в экстракте определяется УФ-спектрофотометрическим методом в сравнении со спектром аналогичного количества чистого масла.

Рассмотрим процесс экстракции липофильной фракции оливковым маслом (табл. 1).

**თაბლ. 1.** Влияние изменения количества масла в соотношении сырье-масло-спирт при экстракции липофильной фракции (масло оливковое).

Соотношение сырья(г.), масла и спирта в жидком компоненте (объемных частях, в пересчете на мл.)	Исходное количество жидкого компонента (мл.)	Количество полученного масляного экстракта (мл.)	Прирост содержания липофильных веществ в масляном экстракте (%)
0,3:1:2	300,0	90,0	38,9
0,3:0,8:2	280,0	75,0	28,7
0,3:0,6:2	260	55,0	23,5
0,3:0,5:2	250	45,0	17,75

Примечание. Большие количества оливкового масла в соотношениях не использовались, т.к. предварительные эксперименты показали незначительное влияние.

Судя по полученным данным (табл. 1), явное снижение эффективности экстракции наблюдается при уменьшении в смеси основного экстрагента - оливкового масла. В то же время (табл. 2) изменение количества этилового спирта не оказывает значительного влияния. Это позволяет предположить следующий механизм движения липофильных веществ : сырье>спирт>масло. Таким образом имеется 3-х фазная система, в которой протекает 2 последующие экстракции. Видимо, движущей силой процесса следует считать разницу концентраций в системе спирт-масло. В пользу этого предположения свидетельствует и растворимость определенной части липофильных веществ в водно – спиртовых смесях.

**თაბლ. 2.** Влияние изменения количества этилового спирта в соотношении сырье-масло-спирт при экстракции липофильной фракции (масло оливковое).

Соотношение сырья(г.), масла и спирта в жидком компоненте (объемных частях, в пересчете на мл.)	Количество исходного жидкого компонента (мл)	Количество полученного масляного экстракта(мл)	Прирост содержания липофильных веществ в масляном экстракте(%)
0,3:1:2	300	90,0	38,92
0,3:1:1,6	260	90,0	36,9
0,3:1:1,4	240	93,0	38,14
0,3:1:1,2	220	92,0	37,9
0,3:1:1,0	200	92,0	35,83

При исследовании кинетики экстракции выяснилось, что оптимальным временем экстракции можно считать 1 час., т.к. увеличение продолжительности процесса не приводит к повышению количества липофильных веществ в экстракте (табл.3).

**თაბლ. 3.** Влияние длительности процесса экстракции на прирост количества липофильных веществ в масляном экстракте (оливковое масло).

Длительность процесса экстракции (час)	Соотношение сырья(г.), масла и спирта в жидком компоненте (объемных частях, в пересчете на мл.)	Прирост количества липофильных веществ в масляном экстракте (%)
1,0	0,3:1:2	38,17
2,0	0,3:1:2	38,17
2,5	0,3:1:2	38,17

При экстракции лечебной грязи парфюмерным маслом резко возрастает переход липофильных веществ в масляный экстракт, причем наблюдается также зависимость между количеством масла и насыщенностью масляного экстракта липофильным компонентом, (табл.4). В данном случае в достаточно малой степени проявляется влияние и спиртовой фракции(табл.5). Полученные данные подтверждают предполагаемый нами механизм экстракции. Отсутствие в парфюмерном масле липофильной фракции приводит к увеличению массообменных характеристик в области раздела фаз, что в свою очередь вызывает более интенсивный переход липофильных веществ из спиртовой фракции в масляную до наступления состояния равновесия.

**თბლ. 4.** Влияние изменения количества масла в соотношении сырье-масло-спирт при экстракции липофильной фракции (масло парфюмерное).

Соотношение сырья(г.), масла и спирта в жидком компоненте (объемных частях, в пересчете на мл.)	Количество исходного жидкого компонента (мл)	Количество полученного масляного экстракта(мл)	Увеличение содержания липофильных веществ в масляном экстракте (%)
0,3:1:2	300	89	195
0,3:0,8:2	280	73	186,9
0,3:0,6:2	260	56	149,2
0,3:0,5:2	250	43	115

**თბლ. 5.** Влияние изменения количества спирта в соотношении сырье-масло-спирт при экстракции липофильной фракции (масло парфюмерное).

Соотношение сырья(г.), масла и спирта в жидком компоненте (объемных частях, в пересчете на мл.)	Количество исходного жидкого компонента (мл)	Количество полученного масляного экстракта(мл)	Увеличение содержания липофильных веществ в масляном экстракте (%)
0,3:1:2	300	91	195
0,3:1:1,6	260	90	145
0,3:1:1,4	240	93	135
0,3:1:1,2	220	92	109,9
0,3:1:1,0	200	92	101,6

Изменение в кинетическом процессе экстракции(табл.6) по видимому, вызвано не столько структурой масла, а в большей мере резким увеличением количества липофильных веществ переходящих в масляную фазу.

**თბლ. 6.** Влияние длительности процесса экстракции на прирост количества липофильных веществ в масляном экстракте (парфюмерное масло).

Длительность процесса экстракции (час)	Соотношение сырья, масла и спирта в жидком компоненте (мл)	Прирост количества липофильных веществ в масляном экстракте (%)
1,0	0,3:1:2	122,2
1,5	0,3:1:2	160,3
2,5	0,3:1:2	172,5
3,0	0,3:1:2	195,9

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости увеличения кратности экстракции при экстракции лечебной грязи растительными маслами. Однако, уменьшение количества липофильных веществ в сырье, при практически их постоянно нарастающем количестве в растительно масле, связано со снижением разницы концентраций в системе и, как следствие, к уменьшению степени перехода липофильной фракции на последующих стадиях. Это приводит к падению концентрации каждого последующего извлечения и к увеличению расхода растительного масла без компенсации за счет существенного увеличения биологической активности. В среднем при проведение 3-го извлечения уже должно быть уменьшение степени перехода в 3-4 раза (в зависимости от вида масла). Таким образом, при выборе экстракционного масла в каждом конкретном случае необходимо ориентироваться на суммарный биологический эффект от применения составляющих конкретного масла и суммы липофильных веществ, экстрагированных из грязи.

Разработанная модельная система была опробирована на ряде масел (кукурузном, подсолнечном, из проростков пшеницы, шиповника, облепиховом, виноградном, из печени катрана). полученные результаты соответствовали приводимым выше данным.

#### ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

1. Крем Эсобел - эффективный массажный крем - Argo. Код доступа [www.argo-shop.com.ua/article-6261.html](http://www.argo-shop.com.ua/article-6261.html)
2. Серия Природная аптека Сибири ООО Биолит. Код доступа [www.rpoargo.com/catalog/catalog\\_bad\\_sib.htm](http://www.rpoargo.com/catalog/catalog_bad_sib.htm)

3. Капсулецкая М. Израильская косметика. Потребитель. Косметика и парфюмерия. Код доступа: <http://kosmetika.potrebitel.ru>
4. Ahava / Ахава // Сайт компании Ahava. Код доступа: <http://www.ahava.ru/>(дата обращения 07.09.2014).
5. Косметика Сакского озера // Сакское озеро: официальный сайт.Код доступа <http://sakilake.com> (дата обращения 20.09.2014).
6. Явич П.А., Чурадзе Л.И.Изучение физико- химических свойств лекарственной грязи Ахтала после добавления некоторых ингредиентов. Актуальные проблемы современной науки,2013, 6(74), с.7- 10.
7. Карагулов Х.Г., Евсеева С.Б. Косметические средства на основе лечебных грязей ,состав и технологические особенности .Курортная медицина, 2014, 2, с.54--59.
8. Бокучава.Н. Лечебные грязи Грузии, Тбилиси,2009,150с.
9. Гасвиани Э.Н., Иверели М. Д. , Явич П.А. Антибактериальное действие отечественных зубных паст , изготовленных на минеральных водах Грузии.Georgianmedicalnews, 2002, №10,p.52-55.
10. Явич П.А., Джавахия М.Ш. К вопросу использования лечебных грязей для получения лекарственных препаратов. Сб. тр. Межд. научно-практ.конф. Кутаиси,2011, с.285-287.
11. П. А. Явич, Л. И. Чурадзе, Джавахия М.Ш , Гасвиани Э.Н. К вопросу использования природной лекарственной грязи Ахтала для создания потенциальных лечебных и парфюмерно-косметических средств.2-ая научн. конф. Природные биологически активные соединения. Тбилиси, 2013, с.52-55.
12. Карагулов Х. Г.Разработка малоотходной технологии лекарственных препаратов пелоидов Тамбуканского озера, их исследование и стандартизация. Дис... канд. фарм. наук, 2003, Пятигорск, 132с.
13. Плетнева И. В.Разработка мягких лекарственных форм, содержащих биологически активные вещества грязи озера Эльтон.Автореф.... канд. фарм.наук, Москва,2011.
14. П. А. Явич, Л. И. Чурадзе, М. Б. Кахетелидзе, М. А. Габелая.К вопросу использования отдельных химических компонентов в косметических кремах(часть 3).Современные научные исследования и инновации. 2015, №7

**სამკურნალო ტალახ „ახტალიდან“ ლიპოფილური ნივთიერებების ჯამის უმცველი ექსტრაქტების მიღება კოსმეტოლოგიასა და ფარმაციაში მათი გამოყენების მიზნით**

პ.იავიჩი, ლ.ჭურადე, მ.კახეთელიძე, მ.გაბელაია

*თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ი. ქუთათელაძის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტი  
რეზიუმე*

შემუშავებულია „ახტალის“ სამკურნალო ტალახიდან ლიპოფილური ნივთიერებების ჯამის ექსტრაქციის მოდელური სისტემა. გამოყენებულიაზეთების ორი სახეობა-ზეითუნის ზეთი, რომელიც შეიცავს ლიპოფილურ ნივთიერებებს დიდი რაოდენობით და პარფიუმერული ზეთი, რომელიც ასეთ ნაერთებს არ შეიცავს. შედეგების შედარებამ აჩვენა, რომ ექსტრაქციის სქემები იდენტურია, მაგრამ ექსტრაქციის ეფექტურობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ ექსტრაქციისთვის გამოყენებული ზეთი რამდენად გაჯერებულია ლიპოფილური ნაერთებით. მოდელური სისტემა აპრობირებულია სხვადასხვა ზეთებზე (სიმინდის, მზესუმზირის, ხორბლის ჩანასახების, ასკილის, ქაცვის, ყურძნის წიპწების, კატრანის ღვიძლის). მიღებული შედეგები შეესაბამება ზემოთ აღწერილ მონაცემებს.

The resulting extract containing the amount of lipophilic substances of therapeutic mud "Akhtala", for use in cosmetics and pharmacy

P.A.Yavich, L.I.Churadze, M.B.Kahetelidze, M.A.Gabelaya

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

**SUMMARY**

A model system for extraction of sum of lipophilic substances from therapeutic mud “Akhtala” was developed. Two kinds of oils were used – olive oil, which contains a significant amount of lipophilic substances and perfume oil, which is free of such compounds. Comparison of the results showed that these extraction schemes are identical, but efficiency of extraction depends on the saturation of oil used for extraction, on initial content of lipophilic substances in it. The model system is tried out on a range of oils (corn, sunflower, wheat germ, rosehip, sea buckthorn, grape,liver of spiny dogfish). Obtained results comply with described data.

**РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ МАЗИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ГРИБКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ВЛАГАЛИЩА, ВЫЗВАННЫХ ГРИБКАМИ РОДА *CANDIDA***

Н.Б.Абуладзе, М.Ш.Джавахиya, К.У.Габуния, М.В.Габелашвили

*Государственный университет им. А.Церетели*

Судя по литературным данным основная масса грибковых заболеваний влагалища вызвана грибами рода *Candida*. В настоящем сообщении описывается рецептура мази, содержащей вещества растительного и природного происхождения, как потенциального средства для лечения гинекологических заболеваний. Мази готовятся на специально разработанной эмульсионной основе, содержат танин, галловую и молочную кислоты. В качестве активатора использован димексид. Биофармацевтические исследования показали соответствие мази существующим требованиям.

Наиболее распространенными гинекологическими заболеваниями среди женщин репродуктивного возраста являются кандидоз гениталий (преимущественно кандидозный вульвовагинит) и бактериальный вагиноз. Так, вульвовагиниты, вызванные грибами рода *Candida spp.*, составляют 24–36% в структуре инфекционных заболеваний вульвы и влагалища. Воспалительные процессы, вызываемыми грибковые заболевания во влагалище, в основном, вызывают грибы рода *Candida*, в том числе, в 80% случаев, *Candida Albicans*. Этот гриб, как правило, колонизирует влагалище бессимптомно (является сапрофитом) и только в случае возникновения определенных факторов способствует развитию воспаления. За последние десятилетия техногенные воздействия на современные экосистемы, внедрение в медицинскую практику достижений фармакологии привели к значительным изменениям как биоценоза самого человека, так и этиологической структуры инфекционной патологии, в этом одна из глобальных причин роста грибковых заболеваний, которыми сегодня, по данным Всемирной организации здравоохранения, страдает каждый пятый житель планеты. Среди всех микотических поражений организма второе место (после онихомикоза) приходится на кандидомикоз кожи и слизистых оболочек, до 20% случаев которого составляет урогенитальная локализация процесса. При этом наиболее важной современной тенденцией следует признать возрастание роли мочеполовых путей в качестве первичного источника грибковых инфекций, в том числе у реанимационных больных с кандидемией. К числу важнейших медико-социальных проблем относится инфекционная патология репродуктивной системы женщины, в структуре которой грибковые поражения играют весьма существенную роль. Согласно данным [1], частота выделения грибов в популяции женщин групп повышенного риска увеличилась с 3-4% в 60-70-е годы прошлого столетия до 17-20% в начале XXI века. Причем более 90% грибов *C. Albicans* сохранили чувствительность к имидазолам и триазолам.

Женщины, страдающие от вагинальной грибковой инфекции, жалуются на зуд во влагалище, боль, жжение, иногда вульве, водянистые, густые, творожистые выделения без запаха, отек и покраснение влагалища и беловатый, слабо прилегающий к слизистой оболочке налет. [2-5]. Дрожжевые грибки могут также поражать половые органы сексуального партнера, что проявляется жжением, зудом и покраснением крайней плоти, иногда возникновением пузырьков и бородавок на головке полового члена.

Вагинальный микоз лечится локально, принимая лекарства в форме вагинальных суппозиториев или крема, причем основными препаратами местного действия для лечения дрожжевых инфекций являются антибиотики -- нистатин, натамицин, тербинафин, нафтифин и др. [5-8]. Однако, побочные эффекты их действия - рвота, тошнота, понос, потеря аппетита, боли в верхней части живота, возможные повреждения печени, приводят к тому, что системный прием противогрибковых препаратов оправдан только в определенных случаях.

В связи с этим, при лечении микозов рекомендуется применение веществ растительного происхождения и некоторых органических кислот. Так, рекомендуются вагинальные или пероральные препараты, содержащие бактерии, продуцирующие молочную кислоту. Палочки молочной кислоты, физиологическая флора влагалища, подкисляют влагалищную среду, подавляя

рост грибковой флоры. В состав ряда противогрибковых препаратов входит танин и галловая кислота [9-11], которые по нашим данным, проявляют антимикозные свойства при наличии *Candida Albicans*.

Исходя из того, что основными технологическими показателями являются коллоидная стабильность мази, а также и степень и скорость высвобождения действующих биологически активных веществ, именно эти параметры *исследовались в данной работе*. При *подборе оптимального состава* основы изучены композиции содержащие ряд компонентов (табл.1).

Табл. 1. СОСТАВЫ ОСНОВ МАЗЕЙ (НА 100.0 г)

№	Компоненты основы, г											
	Вазелин	Моноглицериды Дистиллированные	Моностеарат глицерина	Глицерин	Цетилопальмитат	Воск эмульсионный	Хостецерин	Стеарин Косметический	Масло парфюмерное	Масло какао	Ланолин	Вода очищенная
1.	6,0	5,0			10,0	3,0						до 100,0
2.		1,0	4,0	3,0	2,0	6,0	2,0	6,0	7,0	6,0		до 100,0
3.		1,5	4,0		2,0	4,0	1,0	1,0	7,0			до 100,0
4.		2,5	5,0	3,0		6,0	2,0	6,0	7,0			до 100,0
5.		3,0	3,0	3,0		2,5	2,5	4,0	8,0			до 100,0
6.			5,0	1,0	4,0	2,0	2,0	1,0	8,0			до 100,0
6.			5,0	1,0	4,0	2,0	2,0	1,0	8,0			до 100,0
7.			5,0	1,0	4,0	2,0	2,5	2,0	8,0			до 100,0
8.	50,0										5,0	до 100,0
9.	60,0					5,0	5,0					до 100,0

Исследование качества полученных основ по физико-химическим показателям для мазей показало, что наиболее целесообразно применение основы № 2. В полученную основу вводились танин, галловая кислота, 40% молочная кислота. Ориентируясь, как на литературные данные, так и на результаты наших предыдущих исследований, возможно использование танина в концентрациях 3-7%, галловой кислоты 3-5%, 40% молочной кислоты до 8%.

Табл.2. ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ (%) ОТДЕЛЬНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СУБСТАНЦИЙ В МАЗИ НА ЕЕ КОЛЛОИДНУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ

Содержание БАВ (%)			Коллоидная стабильность (%)
Танин	Галловая кислота	Молочная кислота 40%	
3,0	3,0	3,0	Удовлетворяет
4,0	4,0	5,0	Удовлетворяет
5,0	5,0	5,0	Удовлетворяет
6,0	5,0	5,0	Удовлетворяет
7,0	3,0	5,0	Не удовлетворяет
7,0	3,0	7,0	Не удовлетворяет
7,0	3,0	8,0	Не удовлетворяет

Таким образом (табл. 2), возможно использование танина в мази в концентрациях 6%, галловой и 40% молочной кислот до 5%.

Изучение степени высвобождения БАВ из мазей проводилось методом диффузии через мембрану из целлофана для диализа в буферный раствор с pH=4.2, характерный для pH влагалища. Учитывая, что наибольшую молекулярную массу имеет танин, измерения проводилось методом перманганатометрического титрования с пересчетом на него.

Второй тест - диффузия БАВ в агаровый гель. Судя по полученным результатам, степень высвобождения суммы веществ титруемых перманганатом калия за 8 часов составляет до 64%, длина движения окрашенной зоны в агаровом геле за 12 часов равнялась 1.8-2.0 см. Эти данные показали необходимость проведения следующего этапа работы, а именно изучение возможности повышения степени высвобождения БАВ из основы путем добавления в нее стимулятора чрескожного всасывания. Был выбран и испытан димексид, который в гинекологии применяется при эрозии шейки матки, кольпите, аднексите, эндометрите, молочнице и др. Димексид при лечении гинекологических заболеваний применяется с помощью вагинальных тампонов. Используется 16%-17% водный раствор димексида. Быстро всасываясь через слизистую оболочку, димексид попадает непосредственно к воспаленным органам – матке или яичникам. Свечи Прополис-Д, содержащие два лекарственных вещества – димексид и прополис, обладающие противовоспалительным, обезболивающим и антибактериальным действием так же используются в гинекологии. Таким образом, введение димексида способно не только стимулировать всасывание, но и усилить лекарственный эффект. По нашим данным, при содержании в разработанной мази димексида 4%, степень перехода суммы веществ титруемых перманганатом калия за 8 часов составляет до 68%, а длина зоны движения в агаровом геле за 12 часов – 2.0-2.1см, при 6% соответственно - 73% и 2.2-2.4 см, при 8% - 77% и 2.4-2.55см, при 10% - 81% и 2.5- 2.65см. Таким образом, введение димексида в мазь достаточно резко стимулирует ее активность. Однако, уже при 10% содержании нарушается коллоидная стабильность, поэтому желательное содержание должно находиться на уровне 7-8%.

Критерием, определяющим дегидратирующую способность основ, является осмотическая активность. Разработанная рецептура мази имеет достаточно низкую осмотическую активность, что немаловажно в случае вагинальных препаратов, т.к. обеспечивает более „мягкое“ дегидратирующее действие (табл. 3).

Табл. 3. Осмотическая активность мази

Лекарственный препарат	Абсорбировано, %	Время абсорбции, час.
Контроль (10% раствор натрия хлорида)	32,1 ± 2,2	8
Композиция мази, без димексида	88,1 ± 2,2	8
Композиция мази с 7% димексида	102,3 ± 2,8	8

Стандартизацию мази проводили в соответствии с требованиями Фармакопеи Грузии по органолептическим свойствам, подлинности, количественному содержанию БАВ методом перманганатометрического титрования с пересчетом на танин. По внешнему виду мази представляют собой однородную массу от желтовато-коричневатого до темно-коричневатого цвета со слабым характерным запахом молочной кислоты. Результаты оценки качества мази в пяти сериях свидетельствуют о соответствии мазей нормативным требованиям.

Изучение стабильности проведено методом естественного старения на 5-ти сериях, хранение при комнатной температуре в защищенном от света месте. Анализы проводили каждые 3 месяца хранения. Судя по полученным результатам, в течении 9 месяцев стабильность мази сохраняется. Дальнейшее изучение продолжается.

Таким образом, разработано потенциальное средство для лечения грибковых заболеваний влагалища.

*Работа выполнена в рамках  
научного гранта FR/281/8-403/13.*

**ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES**

1. Анкирская А.С., Муравьева В.В., Миронова Т.Г. Генитальный кандидоз в структуре оппортунистических инфекций влагалища. Принципы лабораторной диагностики и значение мониторинга чувствительности грибов к антимикотикам//Акушерство и гинекология. 2009. № 5. С. 31–37.
2. Байрамова Г.Р. Оценка эффективности комплексной терапии больных с хроническим рецидивирующим вульвовагинальным кандидозом//Российский вестник акушера-гинеколога. 2011. Т. 2. С. 86–89.
3. Байрамова Г.Р. Современные возможности диагностики и лечения бактериального вагиноза//Consilium medicum. 2012. – № 6. – С. 44–47.
4. Лисовская С.А., Халдеева Е.В., Глушко Н.И. Взаимодействие *Candida albicans* и бактерий - ассоциантов при кандидозах различной локализации//Проблемы медицинской микологии. 2013. Т. 15, № 2. С. 40–43.
5. Прилепская В.Н., Вульвовагинальный кандидоз: клинические и терапевтические аспекты//Гинекология. 2011. № 4. Сс.: 47–49.
6. S. Sandini, R. La Valle, S. Deaglio. A highly immunogenic recombinant and truncated protein of the secreted aspartic proteases family (rSap2t) of *Candida albicans* as a mucosal anticandidal vaccine//FEMS Immunology & Medical Microbiology. 2011. Vol. 62, № 2. P. 215–224.
7. Aguin T.J., Akins R.A., Sobel J.D. High-dose vaginal metronidazole for recurrent bacterial vaginosis. Sex Transm. Dis. 2014 May. Vol. 41(5). P. 290-297.
8. Braga-Silva, L. A., Santos A.L. Aspartic protease inhibitors as potential anti-*Candida albicans* drugs: impacts on fungal biology, virulence and pathogenesis//Current Medicinal Chemistry. 2011. Vol. 18, № 16. P. 2401–2419.
9. П.А. Явич, Э.П. Кемертелидзе, Л.И. Чурадзе и др. Патент Грузии №304,1994.
10. П.А. Явич, Э.П. Кемертелидзе, Л.И. Чурадзе и др. Патент Грузии №958,1998.
11. Скүмпия обыкновенная. at [hnb.com.ua/articles/s-zdorovie-skumpiya\\_obyknovennaya-2282](http://hnb.com.ua/articles/s-zdorovie-skumpiya_obyknovennaya-2282)

**გვარი კანდიდას სოკოების მიერ გამოწვეული საშოს სოკოვანი დაავადების  
სამკურნალო პოტენციური მალამოს რეცეპტურის შემუშავება**

ნინო აბულაძე, მაკა ჯავახია, ქეთევანი გაბუნია, მანონი გაბელაშვილი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
**რეზიუმე**

ლიტერატურული მონაცემების თანახმად საშოს სოკოვანი დაავადებების დიდი ნაწილი გამოწვეულია კანდიდას გვარის სოკოებით. ამ ნაშრომში აღწერილია გინეკოლოგიური სოკოვანი დაავადებების სამკურნალო მცენარეული და ბუნებრივი წარმოშობის ნივთიერებების შემცველი პოტენციური მალამოს შემუშავება. მალამო მზადდება ამისათვის შემუშავებულ ემულსიურ ფუძეზე, რომელშიც შეყვანილია ტანინი, გალის მჟავა და რძის მჟავა. როგორც აქტივატორი გამოყენებულია დიმექსიდი. შემუშავებული მალამოს ბიოფარმაცევტულმა კვლევამ დაადასტურა მისი არსებულ მოთხოვნებთან შესაბამისობა.

**ELABORATION OF THE POTENTIAL OINTMENT FOR TREATMENT VAGINAL YEAST  
INVASIVE DISEASES CAUSED BY FUNGUS OF THE GENUS CANDIDA**

Nino Abuladze, Maka Javakhia, Ketevan Gabunia, Manoni Gabelashvili

*Akakhi Tsereteli State University*

**SUMMARY**

According to literature data most yeast infections are caused by *Candida albicans*. This report describes the formulation of an ointment containing substances of vegetable and natural origin as a potential agent for the treatment of gynecological diseases. Ointments are prepared on the specially developed emulsion basis, contain tannin, gallic acid and lactic acid. As the activator used Dimexid. Biopharmaceutical study has shown accordance of the ointment with the existing requirements.

**РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ СУППОЗИТОРИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ГРИБКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ВЛАГАЛИЩА, ВЫЗВАННЫХ ГРИБАМИ РОДА *CANDIDA***

Н.Б.Абуладзе, М.Ш.Джавахиya, К.У.Габуния, М.В.Габелашвили  
*Государственный университет им. А.Церетели*

Судя по литературным данным основная масса грибковых заболеваний влагалища вызвана грибами рода *Candida*. В настоящем сообщении описывается рецептура и технология суппозиторий, содержащей вещества растительного и природного происхождения, как потенциального средства для лечения гинекологических заболеваний. Суппозитории готовятся на основе, где введены танин, галловую и молочную кислоты. В качестве активатора использован диметилсульфоксид (димексид). Биофармацевтические исследования показали соответствие суппозиторий существующим требованиям.

Судя по литературным данным, одним из наиболее часто встречающихся распространенных гинекологических заболеваний среди женщин репродуктивного возраста, является кандидоз гениталий (преимущественно кандидозный вульвовагинит) и бактериальный вагиноз [1, 2, 3], вызванный грибами *Candida spp.* [4]. Бактериальный вагиноз встречается у 19% женщин репродуктивного возраста и у 87% женщин с патологическими белями [5]. В структуре воспалительных заболеваний половых органов его частота составляет 30-80% [6]. Кандидоз гениталий и бактериальный вагиноз существенно нарушают качество жизни и являются одной из частых причин развития воспалительных осложнений во время беременности, родов и послеродового периода [7]. Имеется широкий арсенал эффективных лекарственных препаратов для терапии кандидоза гениталий и бактериального вагиноза, однако нередко течение этих заболеваний приобретает рецидивирующий характер, в основном благодаря привыканию к этим препаратам. Следует также учитывать их побочные эффекты. Для профилактики эпизодов хронического рецидивирующего кандидоза гениталий широко применяют противорецидивную антимикотическую терапию [2, 3]. И все же у 35-40% женщин после прекращения этиотропной терапии в течение следующих шести – десяти месяцев возникает очередной эпизод инфекции [3, 8-10]. В последнее время интерес направлен на изучение лечения влагалищных заболеваний лекарственными препаратами растительного и природного происхождения, этому и посвящена данная работа - разработке подобной лекарственной формы в виде суппозиториев.

При разработке состава и технологии суппозиториев основными задачами являются подбор оптимального состава суппозиторных основ и метода введения в них биологически активных веществ, исследования по их резорбции, в дальнейшем разработка технологии и методики аналитического контроля.

При разработке состава суппозиториев использовались масло какао, витепсол, твердый жир, моноглицериды дистиллированные, моностеарат глицерина в комбинации с некоторыми эмульгаторами. (Табл. 1.).

Исследовалась возможность приготовления основ суппозиториев, как эктемпорального, так заводского изготовления. По литературным данным и результатам наших более ранних исследований [11-13] для лечения грибковых заболеваний, вызванных грибами рода *Candida*, могут быть использованы ряд природных веществ таких, как танин, галловая кислота, 40% молочная кислота. В мазевых формах возможно использование танина в концентрациях 3-6%, галловой кислоты 3- 5%, 40% молочной кислоты до 5%. Исходя из количества мази помещаемого во влагалищный тампон, это эквивалентно содержанию в среднем в суппозиториях массой 5.0 г – танина 0,3-0,8 г, галловой кислоты 0,35-0,6 г, 40% молочной кислоты 0,25-0,5г, концентрация диметилсульфоксида (димексида) подбиралась ориентируясь на его содержание в существующих суппозиториях - 0,1-0,2 г. [14-15].

Лекарственное вещество в полученную расплавленную основу вводились в виде порошка и жидкости. В первой серии экспериментов в основу для суппозиториев вводилось минимальное

количество лекарственных веществ. Полученные суппозитории номера 2,3 имели правильную овально-торпедовидную форму темно-коричневого цвета без внешних изъянов и однородные на разрез. Они и использовались в дальнейшем.

Таблица 1. Состав основ суппозиторий

Наименование Компонента	Количество компонентов в основе (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масло какао	94	94					30			
Витепсол			94	91						90
Твердый жир							55	5	85	
моностеарат глицерина					91	94		90		
эмульсионный воск	3		3	2	3	3				3
Хостецерин		3		3	2		5	5		3
Вода дистиллирован.	3	3	3	4	4	3	5		5	4
Моноглицериды дистиллированные							5		10	

Таблица 2. Состав суппозиториев

Наименование лекарственных веществ	№ основы и количество лекарственных веществ									
	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
танин	0,3	0,5	0,6	0,65	0,75	0,3	0,4	0,60	0,65	0,8
галловая кислота	0,30	0,35	0,40	0,40	0,6	0,3	0,35	0,4	0,45	0,6
40% молочная кислота	0,25	0,3	0,35	0,45	0,5	0,25	0,3	0,35	0,45	0,5
диметил- сульфоксид	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Результаты экспериментов	Удов.	Удов.	Удов.	Удовл.	н/ уд.	Удовл.	Удовл.	Удовл.	Удовл.	н/ уд.

Исходя из полученных результатов (табл.2), определено максимальное количество лекарственных веществ, которое можно вводить в суппозитории. Температура плавления суппозиторий в этом случае находится в пределах 32-35 С<sup>0</sup>.

Высвобождение лекарственных веществ из суппозиторий изучалось методом равновесного диализа через полупроницаемую мембрану. Диализной средой являлся буферный раствор с рН=4.2-4.4, что соответствует значению рН слизистой оболочки влагилица. Наряду с этим использовались методы диффузии в агаровом геле и т.н. разрушающая экстракция (с использованием воды при Т=80-85 С<sup>0</sup>).

Количественное содержание лекарственных веществ в диализате и водном растворе проводилось методом перманганатометрического титрования с пересчетом на танин, учитывая, что его молекула с наибольшей молекулярной массой.

Судя по полученным результатам, степень высвобождения в диализат составляет для суппозиторий с маслом какао - 69-71%, с витепсолом – 70-72%; при использовании метода разрушающей экстракции соответственно 76-77% и 79-80%, длина пробега окрашенной зоны в среднем 2.1-2.3 см.

Оценку качества суппозиториев проводили согласно основным положениям Фармакопеи Грузии. Внешний вид: суппозитории правильной и одинаковой торпедообразной формы, достаточной твердости, обеспечивающей удобство введения, темно-коричневого цвета, со слабым характерным запахом. Отсутствие вкраплений, определяемых визуально на срезе, свидетельствует об однородности суппозиториев. Количественное содержание определяли методом перманганатометрического титрования.

Средняя масса суппозиториев составила 4, 92±0,12 г. В случае получения суппозиторией массой 2.0 г. 1,94±0,15 г, отклонения в массе не превышает норм.

Изучение стабильности разработанных составов суппозиториев проводили методом естественного старения (на 5-ти сериях препарата) при хранении при температуре (4-8)<sup>0</sup> С в защищенном от света месте. Результаты показали, суппозитории не изменили свои свойства в течении 10 месяцев, дальнейшее изучение продолжается.

*Работа выполнена в рамках научного гранта FR/281/8-403/13.*

#### ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

1. Анкирская А.С., Муравьева В.В. и др. Генитальный кандидоз в структуре оппортунистических инфекций влагалища. Принципы лабораторной диагностики и значение мониторинга чувствительности грибов к антимикотикам. *Акушерство и гинекология*. 2009. – № 5. – С. 31–37. 5.
2. Sobel, J.D. Genital candidiasis *Medicine*. – 2010. – Vol. 38, issue 6. – P. 286–290.
3. Sobel, J.D. Management of recurrent vulvovaginal candidiasis: unresolved issues . *Current Infectious Disease Reports*. – 2006. – Vol. 8, N 6. – P. 481–486.
4. Прилепская В.Н. Байрамова Г.Р. Вульвовагинальный кандидоз: клинические и терапевтические аспекты. *Гинекология*. – 2011. – № 4. – С. 47–49.
5. Кира Е.Ф. Бактериальный вагиноз . – М.: МИА, 2012. – 472 с.
6. Радзинский В.Е., Хамошина, М.Б., Календжян А.С. Эффективная коррекция нарушений биоценоза влагалища вне и во время беременности. *Доктор. Ру (Гинекология)*. – 2010. – № 7 (58). – Ч. 1. – С. 20–26.
7. Мирзабалаева А.К. Диагностика и лечение кандидоза половых органов у женщин, девочек и подростков: учебное пособие. – СПб, 2009. – 59 с.
8. Mendling, W. Guideline vulvovaginal candidosis of the german society for gynecology and obstetrics, the working group for infections and infectimmynology in gynecology and obstetrics . *Mucoses*. – 2012. – № 55. – P. 1–13.
9. Sobel J. H., Wiesenfeld J. H, Maintenance fluconazole therapy for recurrent vulvovaginal candidiasis . *The New England Journal of Medicine*. – 2004. – Vol. 351. – P. 876–883.
10. Rosentul D. C., Delsing C.B, L.A. Joosten L.A, Polymorphism innate immunity genes and susceptibility to recurrent vulvovaginal candidiasis . *Journal de Mycologie Médicale* . – 2009. – Vol. 19, issue 3. – P. 191–196.
11. П.А. Явич, Э.П. Кемертелидзе, Л.И. Чурадзе и др. Патент Грузии №304, 1994.
12. П.А. Явич, Э.П. Кемертелидзе, Л.И. Чурадзе и др. Патент Грузии №958, 1998.
13. Скумпия обыкновенная. [hnb.com.ua/articles/s-zdorovie-skumpiya\\_obyknovennaya-2282](http://hnb.com.ua/articles/s-zdorovie-skumpiya_obyknovennaya-2282)
14. СВЕЧИ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПРОКТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ, патент России, RU (11) 2157185 (13)
15. Димексид (мазь, гель, свечи) – инструкция. [www.tiensmed.ru/news/dimexid-d2s.html](http://www.tiensmed.ru/news/dimexid-d2s.html)

**ბგარი კანდიდას სოკოების მიერ ბამოწვეული საშოს სოკოვანი დაავადების სამკურნალო პოტენციური სუპოზიტორიების რეცეპტურის შემუშავება**  
ნინო აბულაძე, მაკა ჯავახია, ქეთევანი გაბუნია, მანონი გაბელაშვილი  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
**რეზიუმე**

ლიტერატურული მონაცემების თანახმად საშოს სოკოვანი დაავადებების დიდი ნაწილი გამოწვეულია კანდიდას გვარის სოკოებით. ამ ნაშრომში აღწერილია გინეკოლოგიური სოკოვანი დაავადებების სამკურნალო მცენარეული და ბუნებრივი წარმოშობის ნივთიერებების შემცველი პოტენციური სუპოზიტორიების შემუშავება. სუპოზიტორიები მზადდება ამისათვის შემუშავებულ ფუძეზე, რომელშიც შეყვანილია ტანინი, გალის მჟავა და რძის მჟავა. როგორც აქტივატორი გამოყენებულია დიმექსიდი. შემუშავებული სუპოზიტორიების ბიოფარმაცევტულმა კვლევამ დაადასტურა მისი შესაბამისობა არსებულ მოთხოვნებთან.

#### **ELABORATION OF THE POTENTIAL SUPPOSITORIES FOR TREATMENT VAGINAL YEAST INVASIVE DISEASES CAUSED BY FUNGUS OF THE GENUS CANDIDA**

Nino Abuladze, Maka Javakhia, Ketevan Gabunia, Manoni Gabelashvili  
*Akaki Tsereteli State University*

#### **SUMMARY**

According to literature data most yeast infections are caused by *Candida albicans*. This report describes the formulation and technology of suppositories containing substances of vegetable and natural origin as a potential agent for the treatment of gynecological diseases. Suppositories were prepared on the basis where were introduced tannin, gallic acid and lactic acid. As the activator used dimethyl sulfoxide (Dimexid). Biopharmaceutical study has shown accordance of the suppositories with the existing requirements.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

## СОВРЕМЕННЫЕ СВЕДЕНИЯ О САХАРНОМ ДИАБЕТЕ

Т.И.Цивцивадзе, Н.Ш.Чигогидзе, Р.Ш.Клдиашвили

*Научный центр исследований биологически активных веществ  
Грузинского технического университета*

В статье приведены современные сведения о сахарном диабете, его симптомах и основных типах этого заболевания, а также разработанная авторами памятка, как жить с диабетом, избегая осложнений. Выявлены факторы риска, приводящие к возникновению сахарного диабета. Рассмотрены сопутствующие диабет серьезные осложнения, могущие при отсутствии лечения привести к летальному исходу. Показано, что достижение лечебно-профилактического эффекта – это здоровый образ жизни, отказ от вредных привычек и личная ответственность каждого пациента за собственное здоровье.

**Синдром сахарного диабета.** Количество лиц в мире, страдающих различными типами диабета, неуклонно возрастает из года в год. Каждые 5 лет число больных диабетом на планете удваивается. Проблема сахарного диабета из чисто медицинской превратилась в медико-социальную. Сравнительно недавно сахарный диабет перешел из крайне опасного заболевания в специфический образ жизни. Конечно, диабет был и остается серьезным хроническим заболеванием, но уже можно жить с этим заболеванием, прогнозируя и преодолевая развитие осложнений. Сахарный диабет – это особый синдром, симптомокомплекс. Наиболее распространенные симптомы диабета: повышенный уровень глюкозы в крови (гипергликемия), сильное чувство жажды, увеличение диуреза (обильное мочеотделение) с высоким содержанием глюкозы в моче, кожный зуд, общее ослабленное состояние организма. Если игнорировать диабет и не лечить его, он обязательно проявится в серьезных осложнениях: атеросклероз, поражение почек и сосудов глаз, диабетическая стопа, инфаркт миокарда, а гипергликемическая кома может привести к летальному исходу. В организме наблюдается не только гипергликемия и недостаток инсулина, но и нарушается катаболизм белков и жиров. Само слово «диабет» переводится как мочеизнурение. С мочой выводится глюкоза. По вкусу сладкой мочи древние лекари ставили диагноз «сахарный диабет». Следует заметить, что синдром сахарного диабета может сопутствовать некоторым заболеваниям, а также может появляться при приеме некоторых лекарств, например глюкокортикоидов. Но в большинстве случаев сахарный диабет – это самостоятельное заболевание, точнее, разные заболевания с общим симптомом – гипергликемией.

В медицинской практике сахарный диабет делится на несколько типов:

**Сахарный диабет 1-го типа.** На сегодняшний день сахарный диабет 1-го типа принято рассматривать как аутоиммунное заболевание, приводящее к развитию абсолютной инсулиновой недостаточности вследствие деструкции  $\beta$ -клеток поджелудочной железы. Этот тип диабета поражает, как правило, детей и подростков. В человеческом организме не существует других клеток, кроме  $\beta$ -клеток островков Лангерганса поджелудочной железы, способных производить инсулин. Количество вырабатываемого ими инсулина начинает постепенно снижаться из-за гибели  $\beta$ -клеток, подвергшихся аутоагрессии собственной иммунной системы. Как только выработка инсулина достигает определенно низкого уровня, у человека появляются симптомы диабета. Причем, они нарастают намного быстрее, чем при других типах диабета: уже в течение первого года у больных появляются резкая слабость, жажда, обильное мочеиспускание, потеря веса. Несмотря на все известные современной науке достижения развивающихся биотехнологий, специфической иммунотерапии этого заболевания не существует до сих пор. Единственным известным в настоящее время методом лечения сахарного диабета 1-го типа является заместительная инсулинотерапия. К сожалению, приходится констатировать, что пока сахарный диабет первого типа является хроническим, пожизненным, неизлечимым заболеванием.

**Диабет LADA.** В относительно редких случаях сахарный диабет первого типа развивается у лиц старше 30-40 лет. В этом случае мы имеем дело с латентным аутоиммунным диабетом взрослых

LADA (latent autoimmune diabetes in adults). Он возникает у взрослых людей из-за появления специфических антител к одному из факторов  $\beta$ -клеток. Этот диабет развивается медленнее, чем классический первый тип, но в итоге также требует назначения заместительной терапии инсулином.

Ранняя постановка диагноза «диабет LADA» возможна, когда врач своевременно назначает пациенту специальный анализ: исследование антител к GAD (глутаматдекарбоксилазе).

При сахарном диабете первого типа очень важно выявить уровень инсулина в крови собственной выработки. Наиболее информативное исследование уровня инсулина обеспечивает определение количества С-пептида. В процессе образования инсулина молекула проинсулина разрывается на две части: гормон инсулин и неактивный белок, получивший название С-пептид. Количество С-пептида всегда эквивалентно количеству произведенного собственного инсулина. Определение уровня этого белка точно отражает собственное производство инсулина в организме.

**Сахарный диабет 2-го типа.** Согласно прогнозам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) заболеваемость сахарным диабетом второго типа будет прогрессивно расти, эта заболеваемость связана с ростом количества лиц, страдающих ожирением. Сахарный диабет второго типа передается по наследству и развивается у взрослых людей на фоне избыточной массы тела. Способность к накоплению жира на генетическом уровне передали нам наши далекие предки. В результате собственного отбора появились первобытные люди, отличавшиеся способностью быстро накапливать в организме жир в короткие периоды наличия обильной пищи и благодаря этому выживать во время вынужденных периодов полуголодного существования. Для реализации этой способности требуется большое количество инсулина. Накопление большого количества жира связано с гиперинсулинизмом. На фоне гиперинсулинизма организму требовалась защита от резкого снижения уровня сахара в крови. В результате появился механизм «инсулинорезистентности», заключающийся в снижении чувствительности клеток организма к сахаропонижающему эффекту инсулина.

Развитие сахарного диабета второго типа тесно связано с феноменом инсулинорезистентности. Но инсулинорезистентность не приводит к развитию сахарного диабета до тех пор, пока она полностью компенсирована гиперинсулинизмом. При этом, многие люди с выраженной инсулинорезистентностью не способны отвечать на нее бесконечной гиперсекрецией инсулина. От хронической перегрузки  $\beta$ -клетки начинают гибнуть, а количество инсулина – снижаться. И однажды наступает момент, когда выработанного инсулина уже не хватает для преодоления инсулинорезистентности и доставки глюкозы в клетки. Уровень глюкозы в крови начинает нарастать, а внутриклеточный уровень глюкозы снижается. Наступает развитие сахарного диабета. Следует упомянуть еще об одном механизме, повреждение которого способствует развитию сахарного диабета второго типа. В пищеварительном тракте человека в ответ на употребление пищи, богатой углеводами, вырабатываются специальные белки – инкретины, которые всасываются из кишечника в кровь и вместе с глюкозой стимулируют  $\beta$ -клетки поджелудочной железы, увеличивая количество выработки инсулина после приема пищи. Одним из наиболее важных инкретинов, участвующих в углеводном обмене, является GLP-1. При сахарном диабете второго типа количество GLP-1 снижено, что приводит к уменьшению выработки инсулина в ответ на прием пищи.

Все перечисленные механизмы являются мишенями для целенаправленного лечения сахарного диабета второго типа.

В 90-х годах прошлого века был предложен термин «метаболический синдром», получивший впоследствии широкое распространение среди клиницистов. В него входит «смертельный квартет»:

- 1) абдоминальное ожирение;
- 2) нарушение жирового обмена с повышением в крови уровня липопротеидов низкой плотности;
- 3) повышение артериального давления;
- 4) нарушение обмена глюкозы.

Распространенность этого симптомокомплекса приобретает характер эпидемии: способствует прогрессированию атеросклероза и артериальной гипертензии, и, следовательно, повышает смертность от сердечно-сосудистой патологии.

Обычно сахарный диабет второго типа практически бессимптомно протекает несколько лет. Более половины больных этим заболеванием в мире не подозревают о своей болезни. Поэтому, зная о широком распространении данного заболевания, следует хотя бы раз в году проверять уровень глюкозы в крови.

**Гестационный диабет.** Иногда сахарный диабет развивается во время беременности, на поздних сроках. Это особое состояние именуется гестационным сахарным диабетом, которое бесследно исчезает после родов. Для его лечения беременным, как правило, назначают препараты инсулина.

#### Специфические типы сахарного диабета

- 1) Генетические дефекты функции  $\beta$ -клеток (диабет MODY с различными цифровыми обозначениями в зависимости от варианта повреждения функции  $\beta$ -клеток). Этому относятся редкие случаи диабета новорожденных;
- 2) Генетические дефекты действия инсулина;
- 3) Заболевания и повреждения поджелудочной железы (панкреатит, травма, опухоль, муковисцидоз, гемохроматоз, амилоидоз и др.);
- 4) Эндокринопатии (в эту группу входят те эндокринные заболевания, которые сопровождаются вторичными нарушениями углеводного обмена по типу хронической гипергликемии: акромегалия, синдром Кушинга, тиреотоксикоз, феохромоцитома, альдостерома, глюкагонома и др.);
- 5) Сахарный диабет, индуцированный лекарственными препаратами, химическими веществами или инфекциями;
- 6) Необычные формы иммунологически опосредованного диабета;

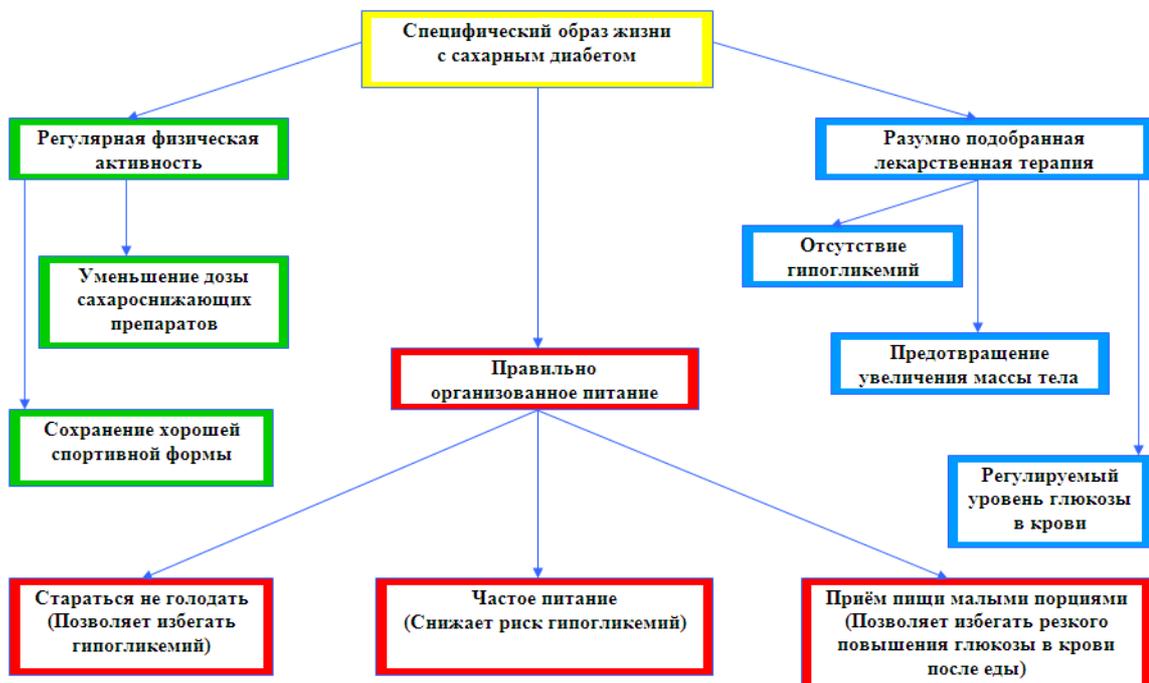
Здесь входят редкие заболевания, при которых образуются антитела к инсулину, либо антитела к рецептору инсулина. К этому же типу относят так называемый «синдром ригидного человека» (stiff person syndrome).

- 7) Другие генетические синдромы, иногда сочетающиеся с сахарным диабетом.

Но несмотря на многочисленные типы сахарного диабета, коварность этого заболевания, у которого много мишеней в организме – сердечно-сосудистая и нервная системы, глаза, почки, ноги и др., можно уверенно сказать, что диагноз «сахарный диабет» - это не приговор, не тупик.

#### Памятка!

#### *Схема специфического образа жизни с различными типами сахарного диабета*



**Выход всегда есть:** организовать свою жизнь таким образом, чтобы диабет не повреждал клетки вашего организма. Нужно научиться поддерживать уровень глюкозы в крови близким к норме. Это не так уж сложно, если соблюдать разработанную авторами памятку (смотри схему №1, «Схема специфического образа жизни с различными типами сахарного диабета»).

На рекомендуемых положениях памятки базируется принцип компенсации сахарного диабета.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Балаболкин М.И. Сахарный диабет. М., 1994, с. 245-255.
2. Волкова И.В., Кочнев Н.К. Использование топинамбура в мучных изделиях. Материалы I-ой международной научно-практической конференции «Растительные ресурсы для здоровья человека (Возделывание, переработка, маркетинг)». Москва, 2002, с. 314-316.
3. Зеленков В.Н., Шаин С.С. Многоликий топинамбур в прошлом и настоящем. Новосибирск, 2000, 241с.
4. Цивцивадзе Т.И., Чигогидзе Н.Ш., Парцхаладзе К.Г., Схиладзе Р.А., Клдиашвили Р.Ш., Сулаквелидзе Г.А., Доквадзе Т.А. Внедрение в общественное питание диетических продуктов нового поколения антидиабетической направленности. Сборник трудов международной научной конференции «Проблемы безопасности продовольствия», Тбилиси, Грузия, 2009, с. 99-104.
5. Барнаулов О.Д. и др. Лекарственные свойства пряностей. СПб, 2001, 239с.
6. Багаутдинова Р.И., Федосеева Г.П., Рост, продуктивность и фракционный состав углеводного комплекса разных по скороспелости сортов топинамбура. Сельскохозяйственная биология, 2000, №1, с. 55-63.
7. Федосеева Г.П., Багаутдинова Р.И., Подобедов В.И. Рост, продуктивность и химический состав топинамбура при выращивании на Среднем Урале и в Подмосковье. Материалы Международной конференции «Современные проблемы интродукции и сохранение биоразнообразия растений». Воронеж: Изд-во Воронежского госуниверситета. 2007, с. 233-238.
8. Катренко Л.В. Топинамбур. М.: Изд-во «Диля», 2005, 275с.
9. Кочнев Н.К., Калиничева М.В. Топинамбур биоэнергетическая культура XXI века. М.: Типография «Арес», 2002, 76с.
10. Рейнгард Э.С., Старовойтов В.И. и др. Технология возделывания топинамбура. Доклады Международной конференции. М.: ВИМ, 2002.
11. წიფწივაძე თ., ჩიგოგიძე ნ., სხილაძე რ., კლდიაშვილი რ., სულაქველიძე გ. ტოპინამბურისა და მისი გადამუშავების პროდუქტების მედიკობიოლოგიური გამოყენების პერსპექტივები და ძირითადი მიმართულებები. საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. 2008, თბილისი, 10-11გვ.
12. Цивцивадзе Т.И., Чигогидзе Н.Ш., Клдиашвили Р.Ш., Схиладзе Р.А., Сулаквелидзе Г.А. Глобальное ухудшение экологической обстановки и возможности науки в производстве дополнительных пищевых ресурсов. Труды международной научно-технической конференции. Тбилиси, 2010, с. 125-127.)
13. Цивцивадзе Т.И., Чигогидзе Н.Ш., Клдиашвили Р.Ш., Схиладзе Р.А., Сулаквелидзе Г.А. Проблемы и перспективы производства новых пищевых продуктов. Труды международной научно-технической конференции «Иновационные технологии и современные материалы». Кутаиси, 2010, с. 125-126.
14. Цивцивадзе Т.И., Чигогидзе Н.Ш., Схиладзе Р.А., Клдиашвили Р.Ш., Сулаквелидзе Г.А. Состав-строение-свойства биокоординационных соединений и их роль при разработке нетрадиционных лечебных средств, биологически активных добавок и пищевых продуктов. Тбилиси, 2009, с. 172-180.
15. წიფწივაძე თ., ჩიგოგიძე ნ., კლდიაშვილი რ., სხილაძე რ., სულაქველიძე გ. ბიოაქტიური კომპლექსნაერთები ახალ ტექნოლოგიებში. თბილისი, 2011, გვ. 255.
16. წიფწივაძე თ., ჩიგოგიძე ნ., კლდიაშვილი რ., სხილაძე რ., სულაქველიძე გ. ბიოლოგიურად აქტიური ახალი თაობის სამკურნალო-პროფილაქტიკური კვების დანამატები. საქ. მეცნ. ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია. 2010, ტ. 36, №4, გვ. 474-482.
17. Пищевая химия. Под. ред. А.П. Нечаева. Санкт-Петербург. ГИОРД, 2007.

18. Дараселия Г.Я. Биологическая безопасность продуктов питания. Астрахань, Изд-во «АГТУ», 2006, 424с.
19. წივწივაძე თ.ი., კლდიაშვილი რ.შ., ჩიგოგიძე ნ.შ., სხილაძე რ.ა., სულაქველიძე გ.ა. ბიოკორდინაციული ნაერთების შედგენილობა-აღნაგობა-თვისებები და მათი როლი არატრადიციული სამკურნალო საშუალებების, ბიოლოგიურად აქტიური დანამატებისა და კვების პროდუქტების შემუშავებაში. მონოგრაფია, 2009, 171გვ.
20. Йозеф Пис. Коллойдное серебро на страже иммунитета. Действие, применение, опыты. Перев. с нем. – СПб.: Изд. «Диля», 2009, с. 128.
21. Кукес В.Г., Стародубцев А.К. Клиническая фармакология и фармакотерапия. М., 2006.
22. Биологически активные добавки (сост. Соловьева В.А.), СПб, изд-во «Нева», 2003, с. 128.
23. Биологически активные добавки к пище. Полная энциклопедия (сост. Натарева Н.А.). СПб, ИД «Весь», 2001.
24. დიაბეტით დაავადებულთა სახელმძღვანელო. რედაქტორები: მელიზბარაშვილი, ჯ. ელიზბარაშვილი, ჯ. ჩაჩიბაია. კავშირი „დიაბეტიკონი“, საქართველო, 2007, 152გვ.
25. Л.В. Николайчук, Э.В. Владимиров. Настольная книга диабетика. – 2-е изд. Минск: «Современное слово», 2004. – 480с.
26. В.Д. Казьмин, З.В. Казьмин. Диабет. Секреты его компенсации, профилактика, лечение осложнений. М. : ИКЦ «МарТ»; Ростов н/д: «МарТ», 2004. – 256с.
27. Н.И. Мазнев. Сахарный диабет и ожирение. Профилактика и лечение растениями. М. : ООО «АСС-Центр», 2005. – 160с.
28. Сахарный диабет. Семейная медицинская энциклопедия. №1, 2014. ЗАО «ИД «Комсомольская правда». – 80с.
29. Диабет. «Народный лекарь. Спецвыпуск», №123. ООО «ИГ «Питер-Медиа». 2014, 64с.
30. Эксклюзивный лекарственный справочник. «Аиф. Спецвыпуск» №4, 2015. – с. 30-47.

### თანამედროვე ცნობები შაქრიანი დიაბეტის შესახებ

თენგიზ წივწივაძე, ნოდარ ჩიგოგიძე, რეზო კლდიაშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიოლოგიურად  
აქტიურ ნივთიერებათა კვლევის სამეცნიერო ცენტრი

### რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია თანამედროვე ცნობები შაქრიანი დიაბეტის, მისი სიმპტომებისა და ამ დაავადების ძირითადი ტიპების შესახებ. აგრეთვე ავტორთა მიერ სქემის სახით წარმოდგენილია სამახსოვრო თუ როგორ უნდა იცხოვროს და იღვაწოს დიაბეტის დროს, გართულებების გარეშე. გამოვლენილია რისკ-ფაქტორები, რომლებიც იწვევს შაქრიანი დიაბეტის წარმოშობას. განხილულია დიაბეტის თანმდევი გართულებები, რომელთა უგულვებელყოფისას შესაძლებელია დიაბეტით დაავადებულთა ლეტალური შედეგის მიღება. ნაჩვენებია, რომ სამკურნალო-პროფილაქტიკური ეფექტი მიიღწევა ჯანმრთელი ცხოვრების წესის დაცვის, მავნე ჩვევებზე უარისთქმისა და თითოეული ადამიანის მიერ საკუთარ ჯანმრთელობაზე პირადი პასუხისმგებლობის აღებისას.

### MODERN INFORMATION ABOUT SUGAR DIABETES

T.I.Tsivtsivadze, N.Sh.Chigogidze, R.Sh.Kldiashvili

Research Center of Biologically Active Substances at Georgian Technical University

### SUMMARY

The article contains the modern information about sugar diabetes, its symptoms and main types of this disease, as well as the leaflet developed by the authors on how to live with the sugar diabetes. Risk factors that lead to the sugar diabetes are revealed. The serious complications related to the sugar diabetes are considered that are able to lead to the lethal end in case of the absence of the treatment. It is indicated that the achievement of therapeutic and prophylactic effect is the result of healthy lifestyle, avoiding harmful habits and personal responsibility of each patient for their own health.

## ბიოსფეროს ქიმიური დამაბინძურებლები და მცენარეები

ნინო ქარქაშაძე, ქეთევან ებრაღიძე, ირმა მიქაძე, მარინე ლუარსაბიშვილი\*, როზა კუბლაშვილი\*\*

*ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელწიფო უნივერსიტეტის  
ქვეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი  
\*საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი*

*\*\*ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელწიფო უნივერსიტეტი*

მრეწველობისა და ტრანსპორტის განვითარებამ, სოფლის მეურნეობის ინტენსიურმა ქიმიზაციამ გამოიწვია გარემოს სისტემატიური დაბინძურება. დამაბინძურებელი ნივთიერებები ბიოსფეროში განიცდიან სხვადასხვა ქიმიურ გარდაქმნებს. მცენარეებს გააჩნიათ სხვადასხვა სახის რეზისტენტულობა ბიოსფეროში ქიმიური დამაბინძურებლების მიმართ, აგრეთვე სხვადასხვაგვარია მათი შთანთქმის და ლეტოქსიკაციის უნარიც.

ბიოსფეროს ქიმიური დაბინძურება თანამედროვეობის ერთ-ერთი საჭირობო პრობლემაა. მრეწველობისა და ტრანსპორტის მუდმივმა ზრდამ გამოიწვია უამრავი მავნე ნაერთის დაგროვება ბიოსფეროში - ჰაერში, წყალსა და ნიადაგში. ტექნიკის, მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის განვითარება ქიმიური ნედლეულის ფართო გამოყენებას საჭიროებს. ნავთობი, ქვანახშირი, ხე-ტყე, საწვავი, გაზი, პლასტიკური მასები, ლაქ-საღებავები, მედიკამენტები, პესტიციდები და სინთეზური ქიმიის სხვა მრავალფეროვანი პროდუქტები ეს ის მასალებია, ურომლისოდაც წარმოუდგენელია ტექნიკის თანამედროვე დონე და მისი შემდგომი პროგრესი. ამ მასალების გამოყენებას უდიდეს სარგებლობასთან ერთად მნიშვნელოვანი ზიანიც ახლავს. წარმოების ამა თუ იმ დარგში მათი გამოყენების შედეგად წარმოიქმნება ამ საწარმოო პროცესისათვის უსარგებლო უამრავი პროდუქტი, რომელსაც ზოგადად წარმოების ნარჩენს უწოდებენ. სამრეწველო ნარჩენების სახით უამრავი ქიმიური ნაერთი გროვდება ბიოსფეროში -ჰაერში, წყალში, ნიადაგში. მათი უმეტესობა ტოქსიკურია ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. ადამიანის სასიცოცხლო გარემოში ტოქსიკური ქიმიური ნაერთების დაგროვების ასეთი პროცესი ბიოსფეროს ქიმიური დამაბინძურებლების სახელითაა ცნობილი. დამაბინძურებელი ნაერთების გამოყოფა ატმოსფეროში ძირითადად დაკავშირებულია წვის პროცესთან, ამიტომ ბუნებრივია, რომ დამაბინძურებელი ნაერთების ძირითადი რაოდენობა ჟანგეულებსა და ორგანულ ჟანგბადშემცველ ნაერთებზე მოდის. დამაბინძურებლების უჟანგბადო ნაერთებიდან ატმოსფეროში ძირითადად წარმოდგენელია ნახშირწყალბადები, მაგრამ დაბინძურებული ატმოსფერო, გარდა ნახშირწყალბადებისა, შედარებით დაბალი კონცენტრაციით შეიცავს უამრავ ორგანულ და არაორგანულ ნაერთს: განსაკუთრებით მრავალფეროვანია ორგანული სამყარო, სადაც წარმოდგენილია თითქმის ყველა კლასის ნაერთი. ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ნაერთების უმთავრესი წარმომადგენლებია:

**არაორგანული ნაერთები:** ნახშირბადნაერთები: ნახშირბადის ჟანგი - CO; ნახშირბადის ორჟანგი - CO<sub>2</sub>; გოგირდნაერთები: გოგირდოვანი გაზი - SO<sub>2</sub>, გოგირდის ანჰიდრიდი -SO<sub>3</sub>, გოგირდწყალბადი - H<sub>2</sub>S, აზოტნაერთები: აზოტის ჟანგი NO, აზოტის ორჟანგი NO<sub>2</sub>, ამონიაკი - NH<sub>3</sub>. ოზონი - O<sub>3</sub>; ციანწყალბადი - HCN; ჰალოგენნაერთები: ფტორი, ქლორი, ფტორწყალბადი, ქლორწყალბადი *მეტალები:* რკინა, სპილენძი, ტყვია, ვერცხლისწყალი, მანგანუმი, კალა, დარიშხანი, ნიკელი, თუთია, ქრომი, მათი ჟანგეულები და მარილები.

**ორგანული ნაერთები:** ნახშირწყალბადები: პარაფინები - მეთანი, ეთანი, პროპანი, 2-მეთილპროპანი, 2,2 დიმეთილპროპანი, ნ-ბუტანი, 2,2-დიმეთილბუტანი, ნ -პენტანი, ნ-ჰექსანი, გრძელჯაჭვიანი პარაფინები, *ოლეფინები* - ეთილენი, 2-მეთილპროპენი, ბუტენ-1, ოქტენ-1, ნონენ-1. *აცეტილენები* - აცეტილენი, ჰექსინ-3, ჰეპტინ-1. *არომატული ნახშირწყალბადები*-ბენზოლი, ტოლუოლი, ქსილიდები, ტრიმეთილბენზოლები, დიმეთილბენზოლები, ბენზპირენები, ბენზპერილენები, პირენი, ბენზანტრაცენი, ფლუორანტენი. *ქლორილებული ნახშირწყალბადები* - მეთილქლორიდი, დიქლორეთილენები, ტრიქლორეთილენი; *აღლექილები და კეტონები*-ფორმალდეჰიდი, აცეტალდეჰიდი, აკროლენი, აცეტონი. *სპირტები და ფენოლები:* მეთანოლი, ეთანოლი, პროანოლი, ბუტანოლი, ფენოლი, კრეზილები,

ქსილოლები; ამინები - მეთილამინი, დიეთილამინი, მერკაპტანები - მეთილმერკაპტანი, ეთილმერკაპტანი. მოცემული ნუსხა შეიცავს მხოლოდ ყველაზე გავრცელებულ ნაერთებს. გარდა ამ დამაბინძურებლებისა, ატმოსფეროში შედარებით უმნიშვნელო კონცენტრაციით გვხვდება მრავალი სხვა სინთეზური ნაერთიც, რომელიც ფართოდ გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში და არსებით როლს ასრულებს ბიოსფეროს დაბინძურებაში.

ატმოსფეროში მოხვედრილი დამაბინძურებლები მრავალნარ გარდაქმნას განიცდის, ურთიერთქმედებს ჰაერის ჟანგბადთან, გარდაიქმნება სინათლის გავლენით, რეაგირებენ ერთმანეთთან. ამ გარდაქმნის შედეგად (ფოტოქიმიური და კატალიზური გარდაქმნები, დაჟნგვა, აღდგენა, პოლიმერაზაცია, კონდენსაცია და ა.შ.) წარმოიქმნება ახალი ნაერთები, რომლებიც ზშირად მაღალი ტოქსიკურობით გამოიჩევიან. ასეთ ნაერთებს მეორად, ანუ წარმოებულ დამაბინძურებლებს უწოდებენ. ატმოსფეროში მოხვედრილი ქიმიური ნაერთებიდან ახალი პროდუქტების წარმოქმნის პროცესები ძალზე რთულია და მხოლოდ ზოგიერთი ნაერთისათვის არის შესწავლილი. საკვებ ნივთიერებებთან ერთად მცენარეები გარემოდან დამაბინძურებლებსაც შთანთქავენ. წყალსა და მასში გახსნილ ნაერთებს მცენარე ფესვებიდან ითვისებს, ხოლო გაზებსა და წყლის ორთქლს - ფოთლებიდან. ფოთოლი გაზთა ცვლას მის ებიდერმისზე განლაგებული ბაგეების მეშვეობით აწარმოებს, ამასთან, გაზური მიმოცვლის რეგულირება ბაგეების გახსნა-დაკეტვით ხდება, ასევე რეგულირებადია ფესვიდან წყლისა და მასში გახსნილ ნივთიერებათა შეწოვის პროცესი. ნორჩი ფესვის რიბოდერმისი (კანი) ნაზი, წყალგამტარი ქსოვილია, მართალია, მასზე არ არის ბაგეები, მაგრამ სამაგიეროდ უამრავი ფესვის ბეწვია განლაგებული, რომელთა ძირითად ფუნქციას შეადგენს ნიადაგიდან წყლისა და წყალში გახსნილი საკვები ნივთიერებების შეთვისება ოსმოსის გზით.

ატმოსფეროს დამაბინძურებელ ნაერთთა შთანთქმა ძირითადად ფოთლებით წარმოებს. ბაგეებიდან ფოთოლი ნახშირორჟანგთან ერთად ითვისებს ატმოსფეროში არსებულ ყველა გაზსა და ორთქლს, მათ შორის დამაბინძურებლებსაც. ზშირად ბაგეებიდან ფოთოლში მოხვედრილ ტოქსიკურ ნაერთს წყობიდან გამოჰყავს ბაგეების გამხსნელი მექანიზმი, რასაც შედეგად გაზური მიმოცვლის პროცესის დარღვევა და მცენარის დაღუპვა მოჰყვება ხოლმე.

ატმოსფეროში არსებული მყარი ნაწილაკები ეფინება რა ფოთლის ზედაპირს, ამოავსებს ხოლმე ბაგეთა ჭრილებს, ამის გამო ბაგე ვეღარ ასრულებს თავის ფუნქციას. საბედნიეროდ, მტერის ასეთი ეფინა ძალზე მჭიდროდ არის ფოთლის ზედაპირზე მიკრული და შერხევით ჩამოცივია ხოლმე. ამრიგად, ფოთლები თავისებური ატმოსფერული ფილტრის როლს ასრულებენ, თანაც ხაოიან ზედაპირიანი ფოთლები 3-5 ჯერ უფრო მეტ მტვერს აკავენ, ვიდრე პრიალა ზედაპირიანები. ახლად გამოტანილი ფოთოლი, აწარმოებს რა ინტენსიურ გაზურ მიმოცვლას, ნახშირორჟანგთან ერთად შთანთქავს ატმოსფეროს დამაბინძურებელ გაზებსაც. თავდაპირველად ფოთოლში ამ ტოქსიკური ნაერთების შემცველობა დაბალია და დროთა განმავლობაში თანდათან მატულობს. მაქსიმუმს კი შემოდგომაზე აღწევს. ფოთოლცვენასთან ერთად მცენარე თავისუფლდება ამ ტოქსიკანტებისგან. ამგვარი მოწამლული ფოთლები, როგორც წესი ნორმალურ ფოთლებთან შედარებით უფრო ადრე ცვივა. განსაკუთრებით მაღალია მეტალების შემცველობა იმ მცენარეებში, რომლებიც უშუალოდ წარმოების ნარჩენებზე იზრდება. წყალბადში გახსნილ მინერალურ მარილებს მცენარე ფესვებით ითვისებს. ძლიერ ტოქსიკურ ზემოქმედებას ავლენენ მცენარეებზე მძიმე მეტალთა (რკინა, ტყვია, სპილენძი, ქრომი, კობალტი, მანგანუმი, ვერცხლისწყალი, თუთია და სხვ.) მარილები. ამ მარილებით დაბინძურებულ ნიადაგზე მცენარეულობა საერთოდ ისპობა. მძიმე მეტალებით მოწამვლისას მცენარის ფესვები ზრდას წყვეტენ და მუქ ყავისფერ შეფერილობას იღებენ. ძლიერი ქლორიზი უვითარდებათ და მოკლე ხანში მცენარე იღუპება. ქვეყნის მრავალ ადგილას ხდებოდა მძიმე მეტალების ამოღება, გამოდნობა ან გამოყენება სხვადასხვა სამრეწველო პროცესებში. ნარჩენები (კუდები, შლაკი და სხვ.) ზშირად ანაგვიანებდნენ ზედაპირსა და სიღრმულ წყლებს მძიმე მეტალებით. ამ ნარჩენებში გვხვდება დარიშხანი, ქრომი, სპილენძი, ტყვია, ნიკელი და თუთია, რომლებსაც მცენარე ითვისებს ფესვიდან და ეს კი წარმოადგენს საშიშროებას ადამიანის ჯანმრთელობისთვის და გარემოსთვის. ნიადაგის მძიმე მეტალებით დაბინძურება ხდება ქარისა და წყლის მეშვეობით ნიადაგში დაგროვებით.

მცენარეებზე ორგანული ნაერთების ტოქსიკური ზემოქმედების შესწავლას დიდი ხნის ისტორია აქვს. ჰელერმა ჯერ კიდევ წინა საუკუნის დასაწყისში აჩვენა, რომ არომატული ნახშირწყალბადები გაცილებით უფრო ტოქსიკურნი არიან მცენარეთათვის, ვიდრე ალკანები, მოლეკულური მასის ზრდასთან

ერთად იზრდება ნახშირწყალბადების ტოქსიკურობაც. მაგ, ბენზოლის მოლეკულაში გვერდითი ჯაჭვების შეყვანა ზრდის მოლეკულის ტოქსიკურობას, ამრიგად, ტოლუოლი უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე ბენზოლი, ქსილოლები უფრო მეტად, ვიდრე ტოლუოლი და ა.შ.

ვიზილავთ რა, ორგანული რიგის ტოქსიკურ ნაერთებს, უნდა გავითვალისწინოთ, რომ მათ ხშირად ახასიათებთ შერჩევითი ტოქსიკურობა. მაგალითად, შერჩევითი ტოქსიკურობა შეიმჩნევა უმდაბლესი ალკანების (C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>) რიგში: სალათის (*Lactuca sativa*) თესლის აღმოცენება შერჩევითად ითრგუნება - 80%-იანი პროპანით, ბუტანითა და მეთანით, და ნორმალურად მიმდინარეობს 80%-იანი ეთანის არეში. თუ ჰაერის აზოტს შევცვლით მეთანით, ასეთ ატმოსფეროში პომიდორის ზრდა ითრგუნება, ხოლო ქერის - სტიმულირდება. ასევე სტიმულირდება ბრინჯის ფესვების ზრდა. ბიოსფეროს დაბინძურება პესტიციდებით ადამიანის გემაზომიერი საქმიანობის შედეგია. პესტიციდების სახელწოდების ქვეშ გაერთიანებულია ყველა ის ნივთიერება, რომელიც ამა თუ იმ არასასურველი (მაგნე) ორგანიზმის გასანადგურებლად გამოიყენება. ასეთია, მაგალითად ჰერბიციდები - სარეველა მცენარეების მომსპობი პრეპარატები. აღმცილები-წყალმცენარეების და წყლის მცენარეების საწინააღმდეგო საშუალებანი, ინსექტიციდები-მწერებისგან დამცავი ნივთიერებები, ბაქტერიციდები - ანტიბაქტერიული პრეპარატები და სხვ. აღნიშნული პრეპარატების მსოფლიო წლიური წარმოება და მოხმარება ასეული ათასობით ტონას შეადგენს და ყოველწლიურად ფართოვდება. პესტიციდების ასეთი მასშტაბით გამოყენებას თან სდევს ბიოსფეროს დაბინძურება ამ ნაერთებით. მცენარეზე ზემოქმედების თვალსაზრისით განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს ჰერბიციდები - სარეველების საწინააღმდეგო პრეპარატები. მცენარეზე მოქმედების ხასიათის მიხედვით არსებობენ ჰერბიციდები მოქმედების უწყვეტი სპექტრით და სელექციური ანუ შერჩევითი მოქმედების სპექტრით. მაგ.: 2,4-დიქლორფენოქსი ძმარმჟავა და მისი წარმოებულები ძლიერ ტოქსიკურნი არიან ორლებნიანთა მიმართ და იმავე კონცენტრაციით ტოქსიკურნი ან მცირედ ტოქსიკურნი ერთლებნიანებისთვის. დიქლორმარდოვანა და დალაპონი კი პირიქით, ძლიერ ტოქსიკურნი არიან ერთლებნიანთა მიმართ, ხოლო იმავე კონცენტრაციით ორლებნიანებს არ აზიანებენ.

ატმოსფეროს დაბინძურებას მცენარისთვის ზოგჯერ გარკვეული სარგებლობის მოტანაც შეუძლია. მხედველობაში გვაქვს ის შემთხვევები, როდესაც დამბინძურებლების კონცენტრაცია ატმოსფეროში შედარებით დაბალია, არატოქსიკური ან მცირედ ტოქსიკური მცენარისთვის, ხოლო ძლიერ ტოქსიკურია მცენარის დაავადებელი ორგანიზმისთვის, როგორებიცაა პათოგენური სოკოები, მიკროორგანიზმები და სხვ. მაგ.: ვარდის დაავადება „მურა სილაქსე“, რომლის გამომწვევეა *diplocarpom rosae*, ძლიერ იშვიათად გვხვდება ისეთ სამრეწველო რაიონებში, სადაც გოგირდოვანი გაზის შემცველობა 1მ<sup>3</sup> ჰაერში 100 მგ-ს აღწევს. დაბინძურებულ ატმოსფეროში საერთოდ არ გვხვდება ისეთი პათოგენური სოკოები, როგორიცაა მუხის ნაცრის გამომწვევე *microspheara alphitoldes*, წიწვოვანთა ჟანგის გამომწვევეები: *Melampsora cerastii*, *pragmidium spp*, მარცვლეულთა ღეროს ჟანგის გამომწვევე *puccinia graminis* და ა.შ.

დასასრულს უნდა აღვნიშნოთ, რომ ხშირად მძიმე მეტალებით გარემოს დაბინძურების შეჩერება მცენარეთა ზრდის მეშვეობით ხდება. 1988 წელს ამ პროცესს უწოდეს ფიტორემედიაცია.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. დ. უგრეხელიძე, ს. ღურმიშიძე. ბიოსფეროს ქიმიური გაჭუჭყიანება და მცენარე, თბილისი, 1980, გვ. 94
2. ბარათაშვილი ი. ნიადაგი და მისი ნაყოფიერება. თბილისი, 1956, გვ. 9
3. ერისთავი დ. მინერალური წყალი და მისი ქიმიური ანალიზი. თბილისი, 1954, გვ. 14
4. Goldsmith J.R. In. "Air pollution" ed stern A. C., New-York, London, 1968, vol. 1, gv. 547-615
5. ლორთქიფანიძე ა. ბოტანიკა, თბილისი, 1961, გვ. 98;
6. Дурмишидзе С.В. Расщепление ароматического кольца некоторых экзогенных соединений в растениях. Тбилиси, 19677, с. 134
7. Батган Л. Дж. Загрязненное небо. М., 1967, с. 23
8. Руководство по гигиене атмосферного воздуха (ред. Буштуева К.А.), М., 1976, с. 26-42

9. Haagen Smit A.J., Wayne L.G. In "Air pollution", (ed. Stern A.C.) New-York – London, vol. 1, p.149-186
10. Altshuller A.P. In. "urban climates" technical note. WHO, Geneva, 1970, N 254, p. 179-193
11. Cholek J. Arch. Ind. Hlth. 1955, p. 11, 280
12. Леопольд А. Рост и развитие растений. М., 1950, с. 149-227
13. Либберт Э. Физиология растений. М., 1976, с. 264-399
14. Heller A. Flora, 1904, v. 42, p.211
15. Vlamia J., Davis A.R. Plant Physiol., 1944, 19, N 1, p. 33
16. Мельников Н. Н. Химия пестицидов М., с. 1972;
17. Фисюнов А.В. Справочник по борьбе с сорняками. М., с. 1976
18. Тарр С. Основы патологии растений. М., 1975, с. 29-30
19. Lambert M., Leven B.A., Green R.M. New methods of cleaning up heavy metal in soils and water. Journ. Environmental Science and Technology Briefs for Citizens. 2012, p. 89-120;
20. ადლოიძე, იმიქაძე, ნ.ქავთარაძე, ლ.დლოიძე, ნ.ბარბაქაძე, რ.ურდილა. გარემოში დიოქსინების მიგრაციისა და დაბინძურების დეტოქსიკაციის შესახებ. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2013, ტ. 39, №1-2, გვ. 95-98.

### THE BIOSPHERE CHEMICAL POLLUTION AND PLANT

N.Karkashadze, K.Ebralidze, I.Mikadze, M.Luarsabushvili\*, R.Kublashvili\*\*

*TSU Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry*

*\* Georgian Agrarian University*

*\*\* Iv. Javakhishvili Tbilisi State University*

### SUMMARY

Development of industry and transport, and intensified chemicalization of agriculture is accompanied by the systematic environmental pollution. Pollutants in the biosphere undergo various chemical conversions. Plants have varied stability to exposure to the chemical pollutants of the biosphere. Their capacity to absorb and detoxicate allogenic substances differs as well.

### ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БИОСФЕРЫ И РАСТЕНИЯ

Н.Г.Каркашадзе, Л.Г.Эбралидзе, И.И.Микадзе, М.С.Луарсабишвили\*, Р.Кублашвили\*\*

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

*\* Грузинский аграрный университет*

*\*\* Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили*

### РЕЗЮМЕ

Развитие промышленности и транспорта, интенсификация химизации сельского хозяйства сопровождаются систематическим загрязнением окружающей среды. Загрязнители в биосфере подвергаются разнообразным химическим превращениям. Растения обладают различной устойчивостью к воздействию химических загрязнителей биосферы. Разнообразна и их способность поглощать и детоксицировать чужеродные вещества.

## სპილენძის ნაერთების ზემოქმედება ბიოსფეროსა და ცოცხალ ორგანიზმებზე

ირინე ბაზლაძე, ირინე გელეიშვილი, მაია გუგეშიძე, სოსო ცოცხალაშვილი

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

სატიტაში განხილულია სპილენძის და მისი ნაერთების გავლენა ბიოსფეროზე, ცოცხალ ორგანიზმებზე, სპილენძის ბიოლოგიურ როლზე და მისი ნაერთების ტოქსიკური ზემოქმედება მათზე.

თანამედროვე კაცობრიობა გარემოზე მზარდი ზემოქმედების და ამის შედეგად გლობალური ცვლილებების პერიოდში იმყოფება. გარემოს გაბინძურების ანთროპოგენულმა ფაქტორმა შეცვალა და დააზიანა მისი არსებობისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობის ისეთი სისტემები, როგორცაა: ატმოსფერო, ჰიდროსფერო, ლითოსფერო, რისი შედეგაცაა ნიადაგის დეგრადაცია, კლიმატის ცვლილება, ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შემცირება, საფრთხე ექმნება ადამიანის ჯანმრთელობას. სხვადასხვა გამაჭუჭყიანებლები გროვდება ბიოსფეროს ყველა ნაწილში და ვრცელდება დიდ მანძილზე. მრეწველობის სხვადასხვა დარგები, ასევე სოფლის მეურნეობა იყენებს ქიმიურ სასუქებს, პესტიციდებს, ფუნგიციდებს. ბიოსფეროს გაჭუჭყიანება გარდაუვალია საომარი კონფლიქტების პირობებში. სხვადასხვა ნაერთების ტოქსიკური ზემოქმედების შესწავლა გულისხმობს მათი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების დადგენას ბიოსფეროში, რათა არ მოხდეს ცოცხალი ორგანიზმების ნორმალური ზრდა-განვითარების შეფერხება.

დღეისათვის ცნობილი 118 ელემენტიდან ცოცხალ ორგანიზმებში მათი ნაწილი შედის (ადამიანის მასის 3%). ლითონური ელემენტები შედიან ფერმენტების აქტიური ცენტრების შემადგენლობაში, მათი საშუალებით ხდება უჯრედებში ოსმოსური წნევის რეგულირება და მემბრანების შესაბამისი სტრუქტურების წარმოქმნა „სიცოცხლის ელემენტებს“ შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია სპილენძი. დედამიწის ქერქში სპილენძის კლარკი  $4,7 \cdot 10^{-3}\%$ . იგი 1000-ჯერ მცირეა ალუმინთან და 600-ჯერ მცირეა რკინასთან შედარებით. სპილენძის მსოფლიო მარაგი 465 მილიონ ტონას შეადგენს. გავრცელებულია სულფიდების, ქლორიდების, ფოსფატების, კარბონატების და ოქსიდების სახით. მოიპოვება თვითნაბადი სახითაც სპილენძი არსებობს ვულკანურ დანალექ ქანებში. მსოფლიო ოკეანეში  $\text{Cu} - 10^9$  ტონაა. მდინარეებსა და ტბებში.  $\text{Cu}$ -ის საშუალო კონცენტრაცია 7 მკგ/ლ-ია. ოკეანეებში 0,9 მკგ/ლ.  $\text{Cu}$  ზღვის წყალში დანალექი შლამისა და კონკრეციების შემადგენლობაში გვხვდება. ჰიდროსფეროში სპილენძის მიგრაციის პროცესში დიდ როლს ასრულებენ ჰიდრობიონატ-პლაქტინი, ზოო და ფიტობენტოსი. ნიადაგში სპილენძის შემცველობა საშუალოდ 15 – 20 მგ/კგ. ნიადაგური ხსნარები  $\text{Cu}$ -ს შეიცავენ 0,001 – 0,006 მგ/ლ კონცენტრაციით.  $\text{Cu}$ -ის მიგრაციული თვისებები მნიშვნელოვნად იცვლება სარეაქციო არის მჟავური, ტუტოვანი, ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციებით. მცენარეებში  $\text{Cu}$ -ის მასური წილი  $2 \cdot 10^{-4} \%$ . იგი მცენარეთათვის აუცილებელი ბიოელემენტია.  $\text{Cu}$ -ის შემცველობა წყალმცენარეებში 0,4 – 2,4 მგ/ლ, ხმელეთის მცენარეებში 1 – 4,0 მგ/კგ-ია. ბალახსა და ხავსებში 5 – 9 მგ/კგ.  $\text{Cu}$  მონაწილეობს ატმოსფეროს მიგრაციაში. სპილენძი ჰაერში აეროზოლების სახითაა რომლებიც 0,25 – 0,5 მკმ ზომის მყარ ნაწილაკებს შეიცავს. ატმოსფეროში სპილენძის შემცველობის ბიონდიკატორებია ფრინველები, ხოლო ჰიდროსფეროში ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, ინფუზორები, მოლუსკებია. ისინი ახდენენ სპილენძის კონცენტრირებას. მათთვის  $\text{Cu}$ -ის ლეტალური კონცენტრაცია 0,45 – 0,7გ/ლ. სხვადასხვა საწარმოების სპილენძის შემცველი სასუქების, პესტიციდების, ფუნგიციდების ჩამდინარე წყლები,

ნავთობისა და ქვანახშირის წვის შედეგად როგორც ჰიდროსფეროში, ასევე ატმოსფეროში გროვდება სპილენძი. რომლის ხსნადი მარილები ნიადაგური მიკროფლორისათვის ტოქსიკურია. კუპროზანის და ბორდოს ხსნარით მცენარის დამუშავებისას ისინი ზემოქმედებენ სპოროვან მიკროორგანიზმებზე და მათი რაოდენობა მნიშვნელოვნად მცირდება. ეს ნაერთები ამცირებენ ნიტროფიცირების ბაქტერიების აქტიურობას, მცირდება აზოტოვანი ნაერთების მინერალიზაცია.

ცხრილი 1.  $CuSO_4$  – ის ჰიგიენური ნორმატივები

ნივთიერება	ზღკ სამუშაო ზონაში, მგ/მ <sup>3</sup>	საშუალო დღიური ზღკ, მგ/მ <sup>3</sup>	მაქსიმალური ერთჯერადი ზღკ, მგ/მ <sup>3</sup>	ერთჯერადი წყალი ზღკ, მგ/ლ
ბორდოს ხსნარი	0,3	0,008	0,01	0,1
უპროტოქსი	0,1	0,0008	0,003	-
უპრონილი	0,005	-	-	-

სპილენძის რაოდენობა, რომელიც ამცირებს მოსავალს 60 მგ/კგ-ია ნიადაგში სპილენძის ზედმეტი შემცველობა იწვევს ქლოროზს. სპილენძის ნაერთები ცხოველებისათვის ძლიერი ტოქსიკანტებია, რადგან იწვევენ ცილების და ფერმენტების SH ჯგუფების ბლოკირებას. ლითონური Cu-ის მტვრის ჩასუნთქვა 20 მგ/მ<sup>3</sup> რაოდენობით ცხოველებში იწვევს ფილტვების ანთებას, ცვლილებებს ღვიძლში. მალაქიტის  $Cu_2(OH)_2CO_3$ -ის მტვერი ღვიძლის პარენქიმის ცვლილებას და ნეკროზული კერების გაჩენას განაპირობებს. CuO-ს შესუნთქვა 100 მგ/მ<sup>3</sup> კონცენტრაციით ცხოველებში ზედასასუნთქი გზების, ლორწოვანი გარსების, თვალების გაღიზიანებას და ფილტვების შეშუპებას იწვევს. ფუნგიციდები, რომლებიც შეიცავენ  $CuCO_3$  -ს და 0,005% დარიშხანის დანამატით ადამიანებში იწვევს ძლიერ ციებას (t 39°C). თავისა და კუნთების ტკივილს, ხახისა და ხორხის ლორწოვანის გაღიზიანებას. ასეთი სურათია (შაბიამნის, ბორდოს ხსნარით) ვენახის შეწამ-ვლისას. ადამიანის ორგანიზმში Cu-ის მოხვედრა შეიძლება გამოიწვიოს სპილენძის მილგაყვანილობამ ან სპილენძის ჭურჭელში მომზადებულმა საკვებმა (განსაკუთრებით მუავე საკვებმა).

ადამიანის ორგანიზმში სპილენძი მრავალ ფუნქციას ასრულებს: ასტიმულირებს ქალის სქესობრივ ჰორმონებს, თიროქსინის (ფარისებური ჯირკვლის ძირითადი ჰორმონია). სპილენძს შეიცავს ადამიანის ორგანიზმის ყველა ორგანო.

ცხრილი 2. სპილენძის შემცველობა ადამიანის ორგანიზმის ზოგიერთ ორგანოში

მიკრო- ლემენტი	მიკროელემენტების შემცველობა, მგ %						
	ღვიძლი	თირკმელები	ელენთა	ფილტვები	გულმკერდის კუნთი	ჩონჩხის კუნთი	თავის ტვინი
სპილენძი	0,71	0,116-0,36	0,12-0,24	0,11	0,19	1,25	0,22-0,45

ამ ელემენტის მაქსიმალური კონცენტრაციაა ღვიძლში, თირკმელებში, ტვინში, გულში. სპილენძი აუცილებელია ჰემის სინთეზისათვის, რომლისგანაც წარმოიქმნება ჰემოგლობინი და ნეირომედიატორები, ნერვული სიგნალების გადაცემები. სპილენძი მნიშვნელოვანია შემაერთებელი ქსოვილების, ზრტილების, სისხლძარღვთა კედლების მედეგობისათვის. სპილენძის ნაკლებობა უარყოფითად მოქმედებს Fe-ის შეთვისებაზე, სისხლის წარმოქმნასა და ნერვული ქსოვილების აღდგენაზე. სპილენძის სიჭარბე დაფიქსირებულია ც.ნ.ს. დაავადებები შეზოფრენიისას, მიოკარდის ინფაქტისას. სპილენძის შემცველი და ბიოლოგიურად აქტიური პრეპარატები გამოიყენება საყრდენ-მამოძრავებელი აპარატის, ჰიპოთირეოზის პროფილაქტიკისათვის. ადამიანისათვის სპილენძის ტოქსიკური დოზა 25 მგ-ია. ორგანიზმში

სპილენძის დისბალანსის მიზეზები და ორგანიზმში მისი მოხვედრის გზებია ზორცისა და ზღვის პროდუქტების ნაკლებობა. სასმელი წყალი და სხვ. სპილენძის დისბალანსი აისახება შემდეგი ორგანოების მუშაობაზე: იმუნური სისტემები (ტვინის ძუძუსა და პანკრეასის ჯირკვლის სიმსივნის რისკი); ღვიძლის (ჰეპატიტი, ციროზი, ქოლეცისტიტი, თირკმლების (პიელონეფრიტი). სისხლმბადი სისტემები (ანემია); საყრდენ-მამოძრავებელი აპარატი (სკოლიოზი, ოსტეოპოროზი, სახსრების ტკივილი); ენდოკრინული სისტემები, ცნს (გაზრდილი ალგზნებადობა, მოძრაობის კოორდინაციის დარღვევა).

ორგანიზმში სპილენძის საერთო რაოდენობა შეადგენს 100-150მგ-ს მოზრდილი ადამიანის ღვიძლი საშუალოდ 25მგ/კგ-ზე შეიცავს. ნაყოფის ღვიძლი 10-ჯერ მეტ სპილენძს შეიცავს, ვიდრე მოზრდილი ადამიანი. სპილენძი მონაწილეობს ორგანიზმის ზრდა-განვითარებასა და გამრავლებაში, ასევე პიგმენტაციის პროცესებში, შედის მელანი ნის შემადგენლობაში.

სპილენძის ნაკლებობისას ფიქსირდება შეფერხება ზრდაში, ანემია, დერმატოზი, თმების პიგმენტაცია, მადის კარგვა, ჰემოგლობინის დონის შემცირება, გულის კუნთის ატროფია.

სპილენძის სიჭარბე იწვევს თუთიისა და მოლიბდენის, ასევე მანგანუმის დეფიციტს. დღიური ნორმა ადამიანის ორგანიზმში (100გრ მშრალ მასაზე) ღვიძლში 5 მგ, ძვლებში 0,7მგ, სისხლში 10მკგ (100მლ), ძვლის ტვინი სითხეში 10 მკმ.

სპილენძი შედის რიგი ფერმენტების შემადგენლობაში (თიროზინაზა, ციტოქრო მოქსიდაზა); ასტიმულირებს ძვლის ტვინში სისხლწარმოქმნის ფუნქციებს. სპილენძის დაბალი დოზები ზემოქმედებენ ნახშირწყლების ცვლაში (სისხლში შაქრის შემცველობის შემცირება), მინერალური ნივთიერებების (სისხლში ფოსფორის რაოდენობის შემცირება) შემცველობაზე. სპილენძი ასტიმულირებს ჰემოგლობინის სინთეზის პროცესებს ღვიძლში დაგროვილი რკინის საშუალებით. სპილენძით ადამიანის მოწამვლა იშვიათია, რაც განპირობებულია მისი შეწოვის და გამოდევნის მექანიზმზე. დიდი დოზები იწვევენ ღებინებას, გულის მუშაობის შესუსტებას, მოგუდას.

საკვებ პროდუქტებში სპილენძის ზღვ მგ/კგ: თევზი -10,0; პური, მარცვლეული - 5,0; წვენები - 5,0; ბოსტნეული - 10,0; ხორცი - 5,0; ხილი - 10,0; რძე - 0,5.

სპილენძის შენადნობებისათვის ჰაერში ზღვ დადგენილია და შეადგენს 0,004 მგ/ლ.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. მ. მჭედლიშვილი. სასამართლო-ქიმიური ექსპერიზის საფუძვლები. სტუ 2009 წ 228 გვ
2. ა. შველაშვილი. ბიოარორგანული და ბიოფიზიკური ქიმიის შესავალი „განათლება“, თბილისი, 1999 წ. გვ. 760
3. А.Н. Бондаренко, А.А. Калиева. Биогеохимический потенциал и здоровье. Павлодар. 2008 г. С.78

#### EFFECT OF METAL CU ON THE ENVIROMENT AND LIVING ORGANISMS

Irine Bazghadze, Irine Geleishvili, Maia Gugeshidze, Soso Tsotskhalashvili

Georgian Technical University

#### SUMMARY

Article describes the biological role of chemical element Cu, inside the organisms and human beings, as well as in animals and plants; known causes of inpection with copper are considered.

#### ВОЗДЕЙСТВИЕ МЕТАЛЛА МЕДИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ

И.Г.Базгадзе, И.Т.Гелиашвили, М.К.Гугешидзе, С.Г.Цоцхалашвили

Грузинский Технический Университет

#### РЕЗЮМЕ

Описана биологическая роль меди в человеческом организме, а также в организмах животного и растительного происхождения, рассмотрены случаи отравления медью.

## დაბალხარისხიანი კვარციტის მახინჯიერებულ ალდენის გზით მახინჯის სილიციდისა და სილანის მიღების პროცესების გამოკვლევა

იუზა ფულარიანი, ნოდარი კეკელიძე, მერაბი კერესელიძე, როლანდი რაზმაძე,  
ნუნუ ხუციშვილი

სსიპ ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

განსაზღვრულია დაბალხარისხიანი(ბაჯიტი) კვარციტის მახინჯიერებული ალდენისას მახინჯის სილიციდის წარმოქმნის პროცესზე მოქმედ ფაქტორთა ოპტიმალური მნიშვნელობანი სილიციდის მაქსიმალური გამოსალის მიღების თვალსაზრისით. ტემპერატურა- 800C, კვარციტის ძირითადი ფრაქცია 8-10მკმ და დამატებული მახინჯის რაოდენობა 1,6 სტექიომეტრულთან შედარებით. დადგენილია სილიციდის შემცველი რეაქციის პროდუქტის მარილმჟავით დამუშავების პროცესის ოპტიმალური მართვის პირობები და დამუშავებულია სილიციდის მჟავებით დამუშავებისას წარმოქმნილ აირად პროდუქტებში სილანის განსაზღვრის მეთოდიკა.

„მზიური“ ხარისხის სილიციუმი, მისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებისა და წარმოების თანამედროვე მაღალი ტექნოლოგიების გამო წარმოადგენს ფოტოელექტრული გარდამქმნელების (ფეგ) წარმოებისათვის სასურველ მასალას, თუმცა აღნიშნული მიმართულების განვითარებას აფერხებს დღემდე არსებული ტექნოლოგიებით მიღებული სილიციუმის ბაზაზე წარმოებული კვტ სიმძლავრის ენერჯის მაღალი თვითღირებულება ტრადიციულ წყაროებთან შედარებით.

სილიციუმის თვითღირებულების შემცირება, როგორც აუცილებელი პირობა ფოტოელექტრული ენერჯის კონკურენტუნარიანობისა ენერჯის სხვა წყაროებიდან მიღებულ ენერჯისთან შედარებით, შესაძლებელია ორი გზით: ა) ნახევარგამტარული სისუფთავის იაფი სილიციუმის მიღება; ბ) შედარებით დაბალი სისუფთავის (და უფრო იაფი), მაგრამ მზიური ელემენტების წარმოებაში გამოყენებადი-ე.წ. „მზიური“ სილიციუმის მიღება.

მონოსილანისა და მისგან მიღებული მაღალი სისუფთავის სილიციუმზე ფასების დაწვეის მიზნით მსოფლიოში მიმდინარეობს მისი მიღების ეფექტური ხერხების ინტენსიური ძიება. ნახევარგამტარული სილიციუმის მიღების სრული ტექნოლოგიური ციკლი შედგება შემდეგი ეტაპებისაგან: 1. ტექნიკური(მეტალურგიული) სილიციუმის მიღება; 2. სილიციუმის ადვილად აორთქლებად ნაერთად გარდაქმნა, რომელიც გასუფთავების შემდეგ ადვილად შეიძლება ალდგეს; 3. ნაერთის გასუფთავება და ალდგენა, სილიციუმის მიღება პოლიკრისტალური ღეროების სახით; 4. სილიციუმის საბოლოო გასუფთავება კრისტალიზაციის მეთოდით; 5. ლეგირებული მონოკრისტალური სილიციუმის გამოზრდა.

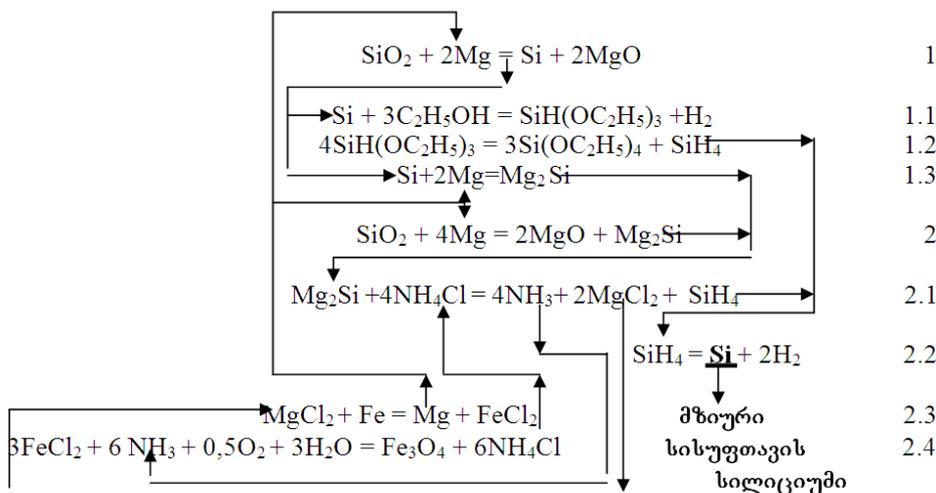
„მზიური სილიციუმი“-ის თვითღირებულების შემცირების მიმართულებით ჩატარებულ სამუშაოთა შორის ყურადღებას იმსახურებენ სამუშაოები, რომლებიც ორიენტირებულნი არიან იაფი საწყისი ნედლეულის გადამუშავებაზე. WO/2006/041271 ამერიკული პატენტის თანახმად ფოსფორის წიდის, ალუმოთერმული ალდგენით 1400-1600°C ტემპერატურაზე მიიღება სილიციუმის ლობილის ფაზა. ლობილის გაციების შემდეგ წარმოიქმნება წვრილმარცვლოვანი სილიციუმი (<1მმ), რომლის მჟაური წყალხსნარებით დამუშავების შედეგად მიიღება მაღალი სისუფთავის ტექნიკური სილიციუმი[10-1]. მეორე ამერიკული პატენტით[11-2] იგივე პროცესში აღმდგენელს (ალუმინი) იღებენ ჭარბი რაოდენობით. შედეგად წარმოიქმნება Ca/Al/Si ტიპის შენადნი, რომლის მჟაური წყალხსნარებით დამუშავებით მიიღება სილანი (SiH<sub>4</sub>). ფოსფორის წარმოების წიდების გადამუშავებაზე დამყარებული ყაზახი მეცნიერების მიერ დამუშავებული ტექნოლოგია[12-3].

ცნობილია აგრეთვე ტექნოლოგია, რომელიც ითვალისწინებს ტექნიკური სილიციუმისა და კვარციტის ნარევის გახურებას არგონის პლაზმაში, სადაც ხდება დნობა, აორთქლება და ქიმიური ურთიერთქმედება რეაქციით:  $Si + SiO_2 = 2SiO$ . ამ დროს შესაძლებელი ხდება გასუფთავებული სილიციუმის მონოქსიდის მიღება მყარ ფაზაში. პროცესის უარყოფით მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს მონოქსიდის სილიციუმამდე შემდგომი ალდგენის სირთულე[13-4,14-5]. გ. პეტროვისა და ნ. იასამანოვის ნაშრომის თანახმად[15-6] ჩატარებულია ექსპერიმენტები სუფთა სილიციუმის დიოქსიდის ნაირსახეობიდან ასეთივე მაღალი სისუფთავის ნახშირბადით ალდგენით სუფთა სილიციუმის მონოქსიდის მიღების

მიმართულებით. დღეისათვის პოლიკრისტალური სილიციუმის (პკს) მიღებისათვის ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულად ითვლება ალკოქსისილანური ხერხი[16–7].

საქართველოს ტერიტორიაზე მზის რადიაციის მნიშვნელოვანი რესურსების არსებობის გამო მზის ენერგია ჩვენი ქვეყნისათვის წარმოადგენს ენერგეტიკის ტრადიციულ სახეობათა სერიოზულ ალტერნატივას. ამიტომ ინსტიტუტში ჩატარებულია წინასწარი ექსპერიმენტები ნახევარგამტარული სისუფთავის სილიციუმის წარმოების გაიაფების მიმართულებით.

შემოთავაზებული ტექნოლოგიის განხორციელების მიზანია “მზიური“ სისუფთავის სილიციუმის წარმოების წინა პროდუქტის-სილანის მიღების პროცესის გაიაფება, რაც მიიღწევა დაბალხარისხოვანი და შესაბამისად იაფფასიანი კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენისა და შედეგად მიღებული პროდუქტების ამონიუმის ქლორიდით ან აბსოლიტური სპირტით დამუშავების გზით. ტექნოლოგიური პროცესები გამოისახება ქვემოთმოყვანილ განტოლებათა ერთობლიობით:

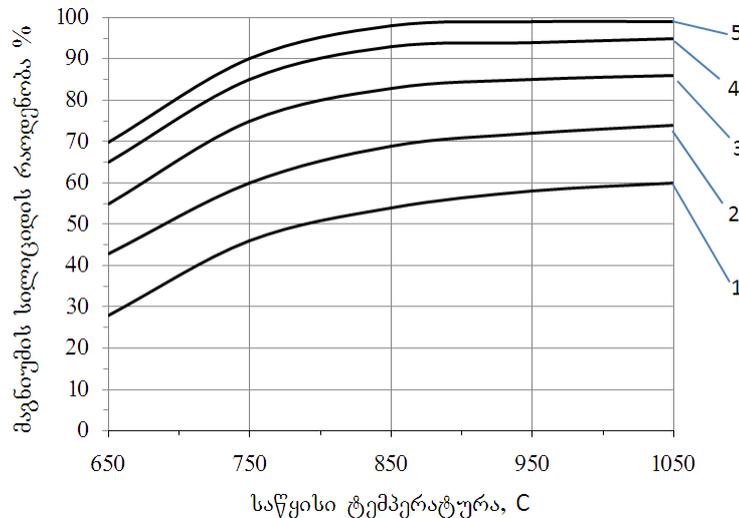


ეს პროცესი წარმოადგენს სუფთა სილიციუმის მიღების კლასიკურ მეთოდს, რომელმაც ვერ პოვა სათანადო განვითარება მაგნიუმის სიძვირის გამო.

კვარციტის მაგნიუმით აღდგენისას დამატებული მაგნიუმის რაოდენობიდან გამომდინარე შეიძლება აღდგენილი იქნას სილიციუმი, კვარციტის მინარეები და ერთდროულად მიღებული იქნას მაგნიუმის სილიციდი. მაგნიუმის დაჟანგვის თავიდან აცილების მიზნით პროცესს ვატარებთ გერმეტულად დახურულ უჟანგავი ფოლადის მილისაგან დამზადებულ რეტორტაში. მაგნიუმის სილიციდის მაქსიმალური რაოდენობის მიღებისათვის ოპტიმალური პირობების დასადგენად განსაზღვრული უნდა იქნას კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენის პლოცესზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორები: საწყისი ტემპერატურა, დამატებული მაგნიუმის რაოდენობის ფარდობა სტექიომეტრიულ რაოდენობასთან და აღდგენის პროცესში გავითარებულ ტემპერატურაზე დაყოვნების ხანგრძლივობა. ამ უკანასკნელის მნიშვნელობა შერჩეული იყო წინასწარი ექსპერიმენტების საფუძველზე სადაც წინა ორი ფაქტორის(საწყისი ტემპერატურა, ფარდობა) მნიშვნელობა მუდმივია და შესაბამისად ტოლია-800<sup>0</sup>C-ს და 1,6-ს. გარდაქმნის მაქსიმალური ხარისხი მიღწეული იქნა ერთსაათიანი დაყოვნების დროს. მუდმივი ფაქტორების აღნიშნულ მნიშვნელობათა პირობებში ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტები კვარციტის მაგნიუმით აღდგენისას მაგნიუმის სილიციდის მაქსიმალური რაოდენობის წარმოქმნისათვის საჭირო ოპტიმალური პირობების განსაზღვრის მიზნით. შედეგები მოცემულია სურ. 1-ზე. სურათიდან ჩანს, რომ წარმოქმნილი მაგნიუმის სილიციდის რაოდენობის ზრდის კანონზომიერება საწყისი ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ერთნაირია და სწრაფად იზრდება დამატებული მაგნიუმის რაოდენობის გაზრდისას. ასე მაგალითად: როდესაც მაგნიუმის რაოდენობის ფარდობა მის სტექიომეტრულ რაოდენობასთან ტოლია 1,2, კვარციტის მაგნიუმის სილიციდად გარდაქმნის ხარისხი იცვლება 30-დან 60%-მდე მაშინ, როდესაც საწყისი ტემპერატურის ცვლილების იგივე ინტერვალში სილიციდად გარდაქმნის ხარისხი იცვლება 70-დან 99%-მდე.

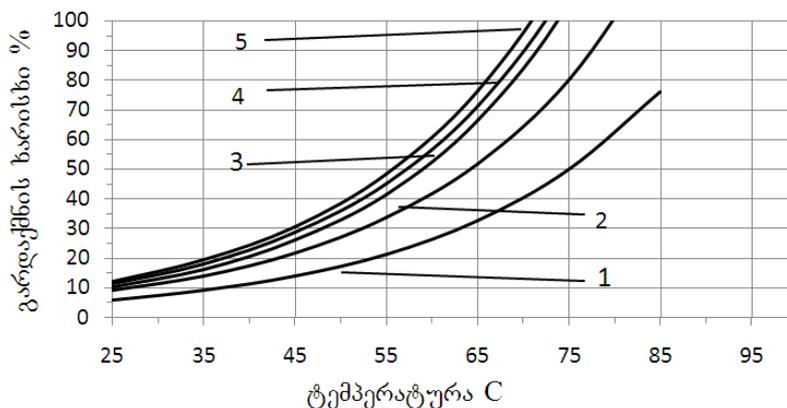
ენერგოდანახარჯების ეკონომიის მიზნით ჩავთვალეთ, რომ კვარციტის მაგნიუმით აღდგენის პროცესის ოპტიმალურ პირობებად მიჩნეული იქნას საწყისი ტემპერატურა-800<sup>0</sup>C-მდე, მაგნიუმის სტექიომეტრული რაოდენობა-1,6, ხოლო მაგნიუმისა და კვარციტის ფრაქციული შემადგენლობა 8–10მკმ. აღნიშნულ პირობებში ჩატარებული იქნა სერიული ექსპერიმენტები რის შედეგადაც მიღებული იქნა

კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენის პროდუქტი 100გ რაოდენობით, რომელშიაც მაგნიუმის სილიციდის შემცველობა შეადგენს 90%.



**სურ. 1.** კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენის პროცესში წარმოქმნილი მაგნიუმის სილიციდის რაოდენობის დამოკიდებულება საწყისი ტემპერატურასა და დამატებული მაგნიუმის რაოდენობაზე დამატებული მაგნიუმის რაოდენობის ფარდობა მაგნიუმის სილიციდის წარმოქმნისათვის საჭირო სტექიომეტრიულ რაოდენობასთან: 1-1,2, 2-1,3, 3-1,4 4-1,5, 5-1,6

ჩატარებული სამუშაოს შემდეგ ეტაპს წარმოადგენდა ჩვენს მიერ მიღებული მაგნიუმის სილიციდიდან სილანის მიღების პროცესის შესწავლა. აღნიშნულ პროცესზე მოქმედებენ შემდეგი ძირითადი ფაქტორები: 1-ტემპერატურა, 2-ხანგრძლივობა, 3-მარილმჟავას კონცენტრაცია და 4-ფარდობა თხ/მყ(თხევადი მყართან). ხანგრძლივობისა და თხ/მყ ფარდობის მნიშვნელობანი აღებული იქნა წინასწარ ექსპერიმენტთა შედეგებიდან გამომდინარე, როდესაც დადგენილი იქნა მათი შემდეგი მნიშვნელობანი: ხანგრძლივობა-1საათი და თხ/მყ ფარდობა 1:4. აღნიშნული ფაქტორების დადგენილ მნიშვნელობათა გათვალისწინებით დარჩენილი ორი ფაქტორის ოპტიმალურ მნიშვნელობათა განსაზღვრის მიზნით ჩატარდა ექსპერიმენტები, როდესაც შესწავლილი იქნა კვარციტის მაგნიუმით აღდგენის პროდუქტიდან სილანის მიღების პროცესზე ტემპერატურისა და მარილმჟავის კონცენტრაციის გავლენა(სურ. 2). როგორც სურათზე მოცემული შედეგებიდან ჩანს კვარციტის მაგნიუმით აღდგენის პროდუქტების მარილმჟავასთან ურთიერთქმედება იწყება უკვე ოთახის ტემპერატურაზე, როდესაც გარდაქმნის ხარისხი 10%-ის მახლობლობაშია. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად პროდუქტის სილანად გარდაქმნის ხარისხი ექსპონენციალურად იზრდება. 70<sup>0</sup>C ტემპერატურაზე 2N მჟავით დამუშავებისას გარდაქმნის ხარისხი 100%-ს აღწევს. ე.ი. კვარციტის მაგნიუმით აღდგენის პროდუქტის მარილმჟავით დამუშავებისას გარდაქმნის მაქსიმალური ხარისხის მიღწევის თვალსაზრისით ოპტიმალური



**სურ. 2.** მაგნიუმის სილიციდის სილანად გარდაქმნის ხარისხის დამოკიდებულება ტემპერატურასა და მარილმჟავის კონცენტრაციაზე დამატებული მარილმჟავის კონცენტრაცია: 1-1,6, 2-1,7, 3-1,8, 4-1,9, 5-2.

პირობებია: ტემპერატურა-70<sup>0</sup>C, მარილმჟავის კონცენტრაცია-2N, ხანგრძლივობა-1სთ და ფარდობა თხ/მყ-1:4. აღნიშნულ პირობებში ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტთა სერია, რომელთა შედეგად მიღებული და დაგროვილი იქნა სილანი.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Patent USA # WO/2006/041271
2. Patent USA # WO/2006/041272
3. PCT/KZ2005/000007
4. 4 Ранжуров Ц.В., Базаржапов Б.С., Дандарон Н.Б., Шагдаров В.Б. Численное моделирование физико-химических процессов при восстановлении кремния. Тезиси докладов 1 конференция по фундаментальным и прикладным проблемам физики. Улан-Уде, 1999, с. 60-61.
5. 5. Кожевников Г.Н. Низшие окислы кремния и алюминия в электрометаллургии. М., Наука, 1977.
6. Г. Петров, Н. Ясаманов. Новейшие технологии путь к ноосфере или природной катастрофе? «Вестник РАН» том 68, Кл2, 1998.
7. United States Patent #7,495,120

#### STUDY OF PROCESSES OF MAGNESIUM SILICIDE AND SILAN RECEIPT BY MAGNESIUM THERMAL REDUCTION OF LOW-QUALITY QUARTZITE

Iuza Pulariani, Nodar Kekelidze, Merab Kereselidze, Roland Razmadze, Nunu Khutsishvili\*  
Ferdinand Tavadze Institute of metallurgy and Materials Science  
\* Georgian Technikal University

#### SUMMARY

Optimum values of factors acting on magnesium silicide generation process during magnesium-thermal reduction of low-quality quartzite (Bajite) are determined from the viewpoint of receipt of maximum yield of silicide. Temperature – 800<sup>0</sup>C, basic quartzite fraction – 8-10 μm and amount of additional magnesium is 1,6 in comparison with stoichiometric quantity. Optimum control conditions for processes of treatment of silicide-containing reaction products by hydrochloric acid are established and methodology of silan determination in gaseous products generated during silicide treatment by acids is worked out.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИЦИДА МАГНИЯ И СИЛАНА ПУТЁМ МАГНИЙТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ НИЗКОСОРТНОГО КВАРЦИТА

Ю.И.Пулариани, Н.Р.Кекелидзе, М.В.Кереселидзе, Р.С.Размадзе, Н.Т.Хуцишвили  
Институт металлургии и материаловедения им. Фердинанда Тавадзе  
\*Грузинский технический университе

#### РЕЗЮМЕ

Определены оптимальные, в смысле получения максимального выхода силисида магния, значения факторов влияющих на процесс магнийтермического восстановления низкосортного(Баджити) кварцита. Температура-800C, основная фракция кварцита-8-10μm и отношение добавленного магния к его стехиометрическому количеству-1,6. Установлены оптимальные условия ведения процесса обработки продуктов реакции содержащих силицид соляной кислотой разработана методика определения силана в образованных газообразных продуктах.

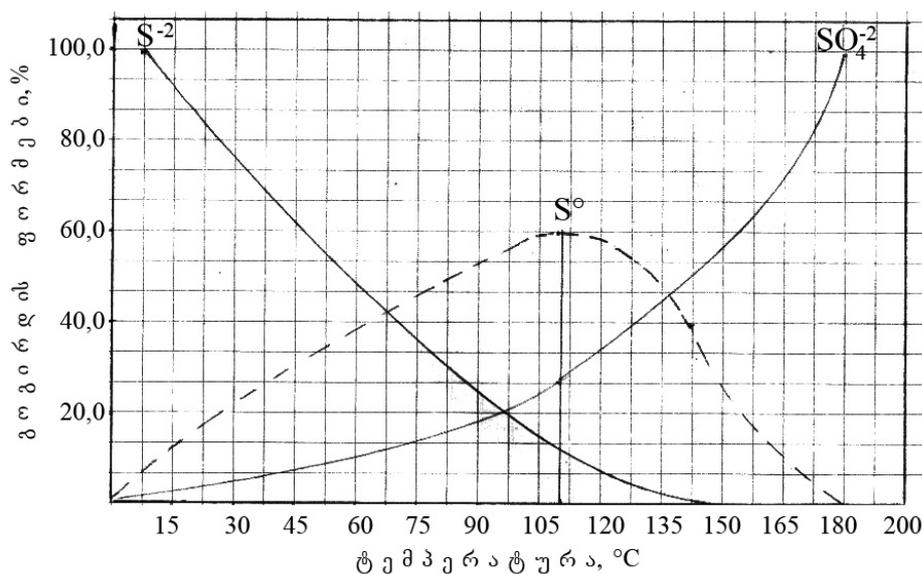
## მანგანუმის ოქსიდური მადნის გამოტუტვა პირიტის კონცენტრატის ავტოკლავური ჟანგვის პროდუქტის გამოყენებით

ირინე გელეიშვილი, იზოლდა ბაზლაძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დადგენილია, რომ პირიტის კონცენტრატის ავტოკლავური ჟანგვის პროცესის საწყისი პროდუქტი – ორვალენტური რკინის სულფატისა და გოგირდმჟავის წყალხსნარი შეიძლება გამოყენებული იქნას მანგანუმის ნედლეულში არსებული მანგანუმის ოქსიდური ნაერთების აღმდგენელ და გამოტუტვავ რეაგენტად. მანგანუმის გამოტუტვის პროცესის შედეგად მიღებული კინეტიკური მახასიათებლები ნათლად მეტყველებენ, რომ კეთილშობილი ლითონების შემცველი პირიტის კონცენტრატის ავტოკლავური მჟანგავი გამოტუტვის პროცესში მიზანშეწონილია მეორე კომპონენტად მანგანუმის ნედლეულის გამოყენება.

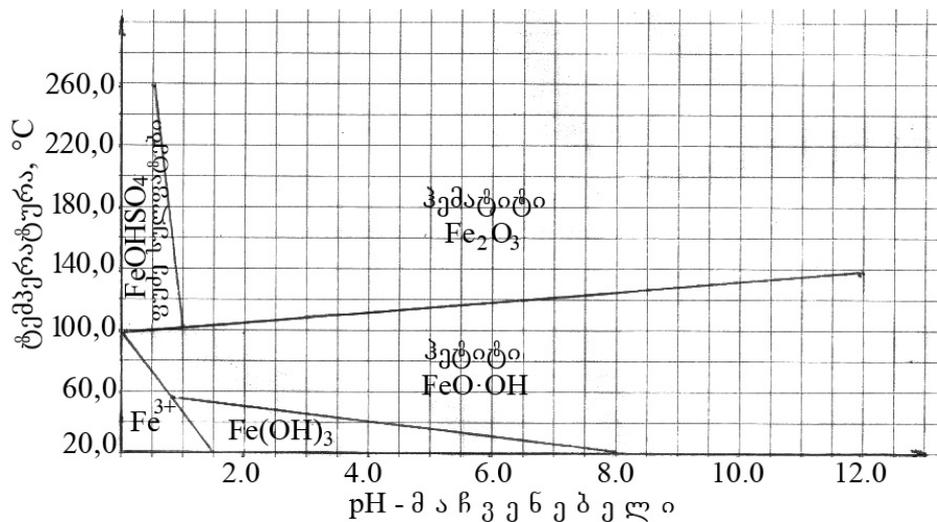
ცნობილია, რომ პირიტის კონცენტრატებში არსებული კეთილშობილი ლითონების მნიშვნელოვანი ნაწილი, სუბმიკროსკოპული ნაწილაკებისა და მყარი ხსნარების სახით, ასოცირებულია სულფიდური მინერალების კრისტალების მიკრობზარებში, კრისტალურ მესერში და ეკრანირებულია რკინის სულფიდებით. აღნიშნულის გამო მათი გადაშეშების ტრადიციული ციანიდური მეთოდი ხასიათდება ოქროსა და ვერცხლის ხსნარში ამოღების დაბალი ტექნოლოგიური მაჩვენებლებით (<40,0%) [1,2,3].

ასეთი ტიპის ნედლეულიდან კეთილშობილი ლითონების გამოთავისუფლება შესაძლებელია პირიტის კონცენტრატის ავტოკლავური მჟანგავი გამოტუტვის პროცესის მეშვეობით, რომელიც მიმდინარეობს წყალხსნარებში, მაღალი ტემპერატურის და ჟანგბადის მაღალი პარციალური წნევის პირობებში. პროცესის ოპტიმალური პარამეტრები უზრუნველყოფენ სულფიდური მინერალების ჟანგვას, მათი კრისტალური მესერის დაშლას და, შესაბამისად, მათში ასოცირებული კეთილშობილი ლითონების თავისუფალი სახით ავტოკლავურ შლამში გადაყვანას. გამოთავისუფლებული ოქრო და ვერცხლი ადვილად ექვემდებარებიან ციანირების პროცესს, თუმცა მის ეფექტურობაზე დიდ გავლენას ახდენს ავტოკლავური შლამის შემადგენლობა, რომელიც მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული პირიტის კონცენტრატის ავტოკლავური ჟანგვის პროცესის pH-ის მაჩვენებელზე.



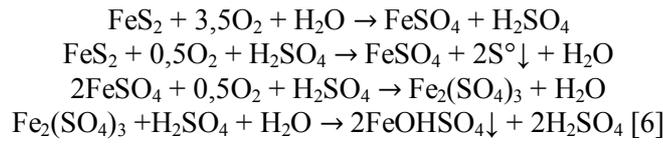
ნახ. 1. პირიტის სუსპენზიაში არსებული გოგირდის სხვადასხვა ფორმების რაოდენობრივი თანაფარდობის დამოკიდებულება ავტოკლავური ჟანგვის პროცესის ტემპერატურაზე [4]

დიაგრამებზე (ნახ. 1, 2) წარმოდგენილი ინფორმაციის საფუძველზე შესაძლებელია შემდეგი დასკვნების გაკეთება:



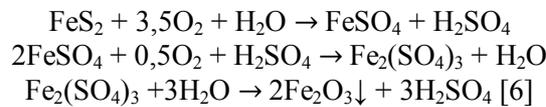
ნახ. 2. Fe – O – S სისტემის ფაზური დიაგრამა [5]

1. პირიტის კონცენტრატის ავტოკლაუზური მჟანგავი გამოტუტვის პროცესი, რომლის სარეაქციო არეში ადგილი აქვს გოგირდმჟავის გენერაციას და, შესაბამისად, ძლიერი მჟავა გარემოს (pH < 1) ფორმირებას, შეიძლება წარმოდგენილ იქნას შემდეგი ქიმიური რეაქციების სახით:



ამდენად, კეთილშობილი ლითონების შემცველ ავტოკლაუზურ შლამში, ელემენტარული გოგირდისა და რკინის ფუჟე სულფატის არსებობა, მათი ციანმარილებთან აქტიური ურთიერთქმედების გამო, არ იძლევა ოქროსა და ვერცხლის ციანირების პროცესის განხორციელების საშუალებას. შესაბამისად, გარდაუვალი ხდება აღნიშნული მინარევებისაგან ავტოკლაუზური შლამის გაწმენდის დამატებითი ტექნოლოგიური ოპერაციების განხორციელება, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ტექნოლოგიური პროცესის ეკონომიკურ ეფექტურობას.

2. პირიტის კონცენტრატის ავტოკლაუზური მჟანგავი გამოტუტვის პროცესი, რომლის სარეაქციო არეში ადგილი აქვს ჭარბი გოგირდმჟავის ნეიტრალიზაციას და, შესაბამისად, სუსტი მჟავა გარემოს (pH = 1,7-2,2) ფორმირებას, შეიძლება წარმოდგენილი იქნას შემდეგი ქიმიური რეაქციების სახით:



ავტოკლაუზური პროცესის ასეთ პირობებში განხორციელებისას თავიდან არის აცილებული ელემენტარული გოგირდისა და რკინის ფუჟე სულფატების წარმოქმნა და წონასწორული მყარი ფაზის სახით ავტოკლაუზურ შლამში ადგილი აქვს ციანიდების მიმართ ინერტული, რკინის ოქსიდის (ჰემატიტი) გამოლექვას.

შესაბამისად, პირიტის კონცენტრატის ავტოკლაუზური მჟანგვის პროცესის სუსტ მჟავა გარემოში განხორციელება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ სარეაქციო არეში წარმოქმნილი გოგირდმჟავის მნიშვნელოვანი ნაწილი, მეორე კომპონენტის მეშვეობით, უწყვეტ რეჟიმში იქნება ნეიტრალიზებული.

ამ მხრივ საინტერესოა მეორე კომპონენტად მანგანუმის ნედლეულის გამოყენების შესაძლებლობის დადგენა, რადგან სუსტ მჟავა გარემოში მიმდინარე პირიტის კონცენტრატის ავტოკლაუზური მჟანგვის პროცესის საწყის სტადიაზე წარმოქმნილი ორვალენტიანი რკინის სულფატისა და გოგირდმჟავის

წყალხსნარი შეიძლება გამოყენებული იქნას მანგანუმის მადნებში არსებული მანგანუმის ოქსიდების აღმდგენელ და გამოტუტავ რეაგენტად.

აღნიშნული მოსაზრების მართებულობა შესწავლილი იქნა ორვალენტური რკინის სულფატისა და გოგირდმჟავის მოდელური წყალხსნარით, მანგანუმის ჟანგეულით მადნის ავტოკლავური გამოტუტვის მაგალითზე. ექსპერიმენტული კვლევა განხორციელდა შემდეგ პირობებში:

1. მანგანუმის გამოტუტვის პროცესის კინეტიკა შესწავლილი იქნა ჭიათურის საბადოს მანგანუმის ჟანგეულის შემცველი მადნის ნიმუშზე, რომლის ქიმიური და გრანულომეტრული შემადგენლობები წარმოდგენილია ცხრილებში 1,2.

ცხრილი 1. მანგანუმის მადნის ქიმიური შემადგენლობა, %

Mn	MnO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O
54,0	85,5	10,5	1,5	2,0	0,5

ცხრილი 2. მანგანუმის მადნის გრანულომეტრული შემადგენლობა

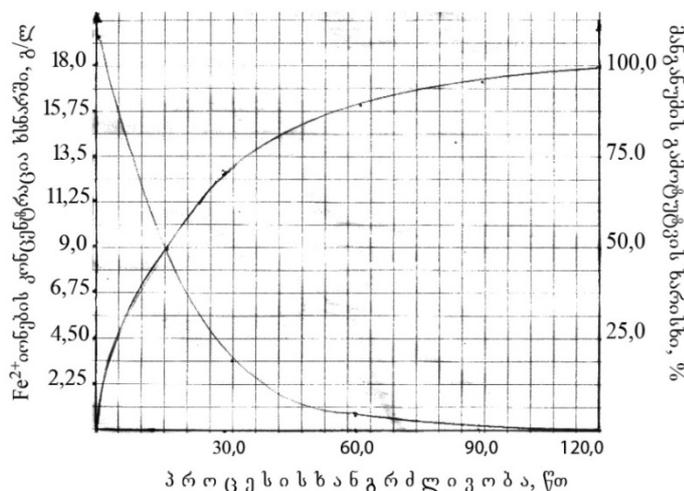
ფრაქცია, მმ	1,0-0,5	0,5-0,1	0,1-0,05	0,05-0
რაოდენობა, %	12,5	40,3	22,2	25,0

2. მოდელური წყალხსნარის შემადგენლობა შერჩეული იქნა სტექიომეტრული გათვლების საფუძველზე და შეესაბამებოდა 50 გ პირიტის კონცენტრატის ავტოკლავური მჟანგავი გამოტუტვის პროცესში წარმოქმნილი ორვალენტური რკინის სულფატისა და გოგირდმჟავის ჯამურ კონცენტრაციებს, რამაც შეადგინა – FeSO<sub>4</sub> – 67,3გ/ლ; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 43,2გ/ლ.

3. მანგანუმის მადნისა (67გ) და მოდელური წყალხსნარის (750 მლ) ურთიერთშერევის შედეგად მომზადებული სუსპენზია თავსდებოდა ავტოკლავში და ექვემდებარებოდა ავტოკლავური გამოტუტვის პროცესს, 160°C ტემპერატურისა და აირადი აზოტის 0,1 მპა წნევის პირობებში. აზოტი, როგორც ინერტული აირი, გამოყენებული იყო ავტოკლავის აირადი ფაზიდან ჰაერის განბერვის მიზნით, რაც თავის მხრივ, გამორიცხავდა ჰაერში არსებული ჟანგბადის მონაწილეობას ორვალენტური რკინის იონების ჟანგვის პროცესში.

ავტოკლავი აღჭურვილი იყო სპეციალური კონსტრუქციის სარეველათი, რომელიც უზრუნველყოფდა საკვლევი სუსპენზიის ინტენსიური მორევის პროცესს.

4. ავტოკლავურ პროცესზე დაკვირვება ხორციელდებოდა ავტოკლავიდან სინჯების პერიოდული აღებით. სინჯების დამუშავება წარმოებდა ფილტრაციის მეშვეობით, მიღებული ნალექის გარეცხვით, გაშრობით და მიღებული პროდუქტების – მანგანუმის სულფატის ხსნარისა და ავტოკლავური შლამის ქიმიური ანალიზით.



ნახ. 3. Fe<sup>2+</sup> იონების ჟანგვის და მანგანუმის გამოტუტვის პროცესების კინეტიკური მახასიათებლების ურთიერთდამოკიდებულება

ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში 3, 4 და დიაგრამაზე (ნახ. 3).

ცხრილი 3. მანგანუმის ავტოკლავური გამოტუტვის პროცესის კინეტიკა

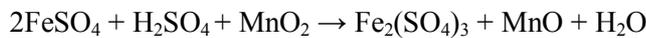
მოდელური ხსნარის შემადგენლობა, გ/ლ		მანგანუმის მადნის რაოდენობა, გ	მოდელური ხსნარის რაოდენობა, მლ	ავტოკლავური პროცესის პარამეტრები		პროცესის ხანგრძლივობა, წთ			
FeSO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			T, °C	P <sub>N<sub>2</sub></sub> , მპა	მანგანუმის ხსნარში გამოტუტვის ხარისხი, %			
67,3	43,2	67,0	750,0	160°C	0,1	30,0	60,0	90,0	120,0
						71,7	89,6	95,3	99,8

ცხრილი 4. ავტოკლავური შლამის ქიმიური შემადგენლობა, %

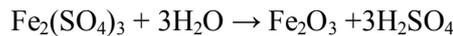
MnO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O
0,28	19,81	2,68	76,36	0,87

ექსპერიმენტული კვლევის შედეგად მიღებულია Fe<sup>2+</sup> იონების ჟანგვისა (99,7%) და მანგანუმის ხსნარში გამოტუტვის (99,8%) მაღალი ტექნოლოგიური მაჩვენებლები. ეს მონაცემები იძლევა იმის საშუალებას, რომ მანგანუმის ჟანგეული მადნის ავტოკლავური გამოტუტვის პროცესი ორვალენტიანი რკინის სულფატისა და გოგირდმჟავის წყალხსნარით წარმოდგენილი იქნას შემდეგი ქიმიური რეაქციებით:

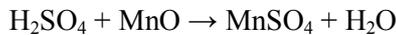
მანგანუმის დიოქსიდთან ურთიერთქმედების შედეგად Fe<sup>2+</sup> იონი იჟანგება და გადადის სამვალენტიან ფორმაში, ხოლო ოთხვალენტიანი მანგანუმის დიოქსიდი აღდგება მანგანუმის ქვეჟანგად:



მაღალ ტემპერატურაზე (160°C) გააქტიურებულია სამვალენტიანი რკინის სულფატის ჰიდროლიზის პროცესი:



ჰიდროლიზის შედეგად გამოთავისუფლებული გოგირდმჟავისა და მანგანუმის ქვეჟანგის ურთიერთქმედებით მიიღება მანგანუმის სულფატი



შესაბამისი გათვლების საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ მანგანუმის ხსნარში გამოტუტვის ქიმიური რეაქციის სიჩქარემ შეადგინა 0,06 გ/ატომი/მ<sup>2</sup>სთ.

ამდენად, დადგენილია, რომ პირიტის კონცენტრატის ავტოკლავური ჟანგვის პროცესის საწყისი პროდუქტი – ორვალენტიანი რკინის სულფატი და გოგირდმჟავის წყალხსნარი, შეიძლება გამოყენებული იქნას მანგანუმის ნედლეულში არსებული მანგანუმის ოქსიდური ნაერთების აღმდგენელ და გამოტუტავ რეაგენტად. მიღებული შედეგების თანახმად, კეთილშობილი ლითონების შემცველი პირიტის კონცენტრატის ავტოკლავური მჟანგავი გამოტუტვის პროცესში მიზანშეწონილია მეორე კომპონენტად მანგანუმის ნედლეულის გამოყენება.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. T.T. Chen. Characterizing gold in refractory sulfate ores and residues. *JOM*, 2002, pp. 20-22.
2. C.S. Palenik. “Invisible” gold revealed: Direct imaging gold nanoparticles in a Cuzinc-type deposit. *American Mineralogist*. vol. 89, 2004, p. 1359-1366.
3. И.Н. Масленицкий, В.В. Доливо-Добровольский, Г.Н. Доброхотов и др. Автоклавные процессы в цветной металлургии, изд. Металлургия, М., 1969, с. 227-233.
4. K.G. Thomas. Pressure oxidation overview //Advances in gold ore processing. Edited by M.D. Adams. 2005-chapter 15, p. 346-369.
5. C.A. Fleming. Basic iron sulfate – a potential killer for pressure oxidation processing of refractory gold concentrates if not handled appropriately. *SGS Minerals Services Technical Bulletin*, 2009, p. 1-10.
6. E. Posnyak, H.J. Mervin. *Amer. Chem. Soc.* 1922, v. 44, p. 1967.

**LEACHING OF OXIDIZED MANGANESE ORE WITH THE USE OF PRODUCT OF PRESSURE OXIDATION OF PYRITE CONCENTRATE**

Irine Geleishvili, Izolda Bazgadze  
*Georgian Technical University*

**SUMMARY**

It is established that the product of pressure oxidation of pyrite concentrate – the solution of divalent iron sulfate and sulfuric acid can be successfully used in the process of manganese extraction from manganese oxidized ore, as reductive and leaching reagent. Obtained kinetic characteristics of manganese extraction from the ore testifies the expediency of use of manganese raw material as the second component in the process of pressure oxidation leaching of gold- and silver-containing pyrite concentrate.

**ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ОКИСЛЕННОЙ МАРГАНЦЕВОЙ РУДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКТА АВТОКЛАВНОГО ОКИСЛЕНИЯ ПИРИТНОГО КОНЦЕНТРАТА**

И.Т.Гелеишвили, И.Г.Базгадзе  
*Грузинский технический университет*

**РЕЗЮМЕ**

Установлено, что продукт автоклавного окисления пиритного концентрата – раствор двухвалентного сульфата железа и серной кислоты с успехом может быть использован в процессе извлечения марганца из марганцевой окисленной руды, в качестве восстановительного и выщелачивающего реагента. Полученные кинетические характеристики извлечения марганца из руды свидетельствуют о целесообразности использования марганцевого сырья в качестве второго компонента, в процессе автоклавного окислительного выщелачивания золото- и серебро-содержащего пиритного концентрата.

## ქიმიური ტექნოლოგია

## ქლორიდების ლლობილში დაბალხარისხოვანი კვარციტის მახინჯთერმული აღდგენის პროცესის ბამოკვლევა

იუზა ფულარიანი, ნოდარი კეკელიძე, მერაბი კერესელიძე, როლანდი რაზმაძე, ნუნუ ხუციშვილი\*

ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილია დაბალხარისხოვანი კვარციტის მაგნიუმით აღდგენის პროცესის კვლევის ზოგიერთი შედეგი. დადგინდა, რომ აღდგენელის სტექიომეტრიული რაოდენობით დამატებისას პროცესი ბოლომდე არ მიმდინარეობს და ამ დროს მიღწეული აღდგენის ხარისხი არ აღემატება 90%. მაგნიუმის რაოდენობის გაზრდით შეიძლება მიღებული იქნას ტექნიკური სილიციუმი, მაგრამ აღდგენის დროს მიღებული პროდუქტი შეიცავს სილიციდს და შესაბამისად მჟავით დამუშავების დროს გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სილანი, რომელიც ართულებს ტექნოლოგიურ პროცესს. დიფუზიური პირობების გაუმჯობესების მიზნით პროცესი ჩატარებული იქნა NaCl-KCl-ის ექვიმოლურ ნარევეში. შედეგად მიღწეული იქნა აღდგენის მაქსიმალური ხარისხი და აღდგენილი მასის მხოლოდ მარილმჟავით დამუშავებით მიღებული იქნა რენტგენულად ამორფული სილიციუმი, რომლის სისუფთავე 99%-ს აღემატება და იგი ჩონხრალსკის მეთოდით გასუფთავების შემდეგ გამოდგება „მზიური“ სისუფთავის სილიციუმის წარმოებისათვის.

ჩატარებული გამოკვლევების თანახმად 2020 წლისათვის ორგანული საწვავი მსოფლიო ენერგეტიკის მოთხოვნებს დააკმაყოფილებს მხოლოდ ნაწილობრივ. ენერგომოთხოვნილების დანარჩენი ნაწილი შეიძლება დაკმაყოფილებული იქნას განახლებადი წყაროების ხარჯზე. ორგანული საწვავის მარაგების ამოწურვასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტის გზებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს მიმართულებას, რომელიც დაფუძნებულია მზის ბატარეების საშუალებით მზის ენერჯის პირდაპირ გარდაქმნაზე ელექტროენერჯად. ეკოლოგიური პრობლემის გადაჭრის ასეთი გზა ძლიერ მიმზიდველია მისი სისუფთავით, ენერჯის პრაქტიკულად ამოწურავი წყაროს გამოყენებით, გაზურების ხანგრძლივი ციკლებისა და მბრუნავი მექანიზმების არ არსებობით.

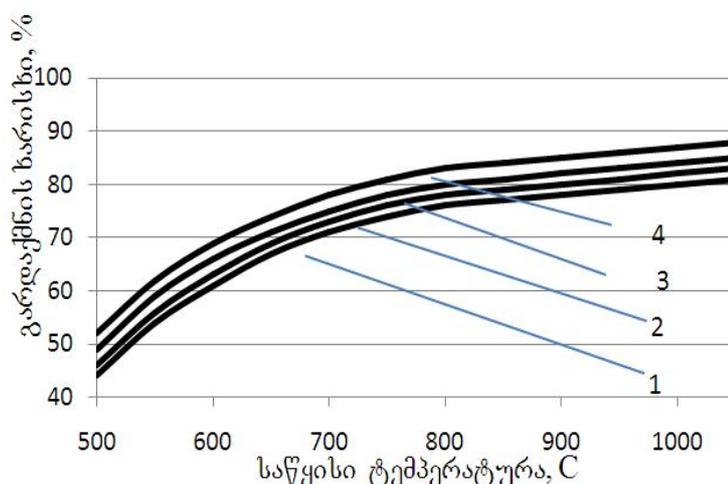
პირველი მზის ბატარეების შექმნის მეცნიერულ ბაზას წარმოადგენდა p-n გადასვლაზე დამყარებული ხელსაწყოთა სტრუქტურებისა და ნახევარგამტარული მასალების თეორიისა და ტექნოლოგიების დამუშავება. XIX საუკუნის 60-იანი წლების დასაწყისში გალიუმის არსენიდის ბაზაზე შეიქმნა პ-ნ გადასვლის მქონე მზის პირველი ფოტოელემენტები. შემდგომში განხორციელებული იქნა მზიური სისუფთავის პოლიკრისტალური სილიციუმის ბაზაზე შექმნილი ფოტოგარდამქმნელების სამრეწველო მასშტაბით წარმოება, რომელიც დღეისათვის გიგანტური ნაბიჯებით მიდის წინ[1,2,3].

„მზიური“ ხარისხის სილიციუმი, მისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებისა და წარმოების თანამედროვე მაღალი ტექნოლოგიების გამო წარმოადგენს ფოტოელექტრული გარდამქმნელების(ფეგ) წარმოებისათვის სასურველ მასალას, თუმცა აღნიშნული მიმართულების განვითარებას აფერხებს დღემდე არსებული ტექნოლოგიებით მიღებული სილიციუმის ბაზაზე წარმოებული კვტ სიმძლავრის ენერჯის მაღალი თვითღირებულება ტრადიციულ წყაროებთან შედარებით.

„მზიური“ სისუფთავის სილიციუმის წარმოების მეთოდების უდიდესი უმრავლესობა დამყარებულია ტექნიკური სილიციუმის შედგომ გადამუშავებაზე, რომელიც თავის მხრივ იწარმოება მადანთერმულ ელექტროლუმელებში, რომლის განსახორციელებლად აუცილებელია: მაღალი ხარისხის კვარციტი(მინიმუმ 99% SiO<sub>2</sub>); მაღალხარისხოვანი აღდგენელი(ხის ნახშირი); მაღალხარისხოვანი გრაფიტის ელექტროდების მასალა და რაც მთავარია, ხასიათდება მაღალი ენერგოდანახარჯებით(15კვ/კგ).

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ტექნოლოგიის განხორციელების მიზანია დაბალხარისხოვანი კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენით ისეთი სისუფთავის ტექნიკური სილიციუმის მიღება, რომლის ჩონხრალსკის მეთოდით შემდგომი გასუფთავების გზით შესაძლებელი იქნება „მზიური“ სისუფთავის სილიციუმის წარმოება. როგორც ჩვენს მიერ აღრე ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა[4,5] აღნიშნული პროცესის თმს რეჟიმში ჩატარებისას ადგილი აქვს მცირე დაუწვადობას რაც იმის მაჩვენებელია, რომ აღდგენელი რჩება კვარციტის მცირე ნაწილი, რომლის მოცილება შესაძლებელია ფთორმჟავით რაც ართულებს ტექნოლოგიას და აუარესებს პროცესის ეკოლოგიას.

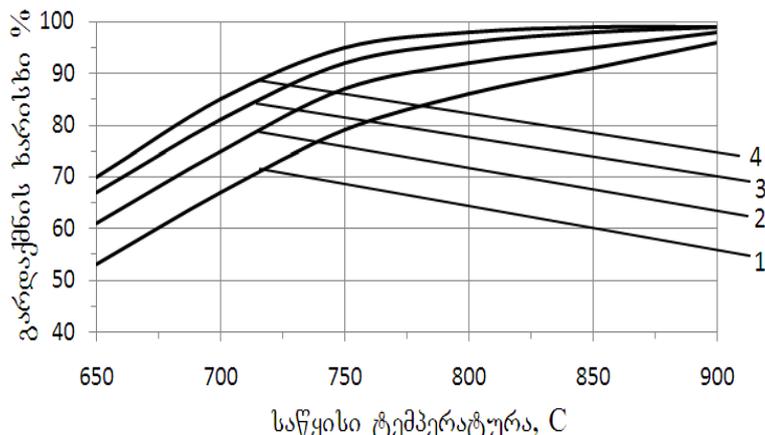
კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენის პროცესი შესწავლილია შახტურ ლუმელში ჩაშვებულ უჟანგავი ფოლადის ცილინდრულ რეტორტაში, რომელშიც დაცულია ინერტული ატმოსფერო. აღდგენის პროცესზე მოქმედებს 4 ფაქტორი, რომელთაგან ორი ფაქტორის (კვარციტის ფრაქციული შედგენილობა, აღდგენის პროცესის ხანგრძლივობა) მნიშვნელობა შერჩეულია წინასწარი ექსპერიმენტების შედეგების საფუძველზე. კვარციტი დაფქვილი იყო ფაიფურის წისქვილში 6 საათის განმავლობაში და მიღებული იქნა ფრაქციული შედგენილობა 10მკმ-ის ფარგლებში. მიღებული ფრაქციული შედგენილობის კვარციტის მაგნიუმით აღდგენით 15 წუთის განმავლობაში მიღწეული იქნა აღდგენის მაქსიმალურად შესაძლო ხარისხი დანარჩენი ფაქტორების მუდმივი მნიშვნელობისას. პროცესის ასეთი მცირე ხანგრძლივობა განპირობებულია იმით, რომ ძლიერი ეგზოთერმულობის გამო ვითარდება მაღალი ტემპერატურა და ძირითადი პროცესი მთავრდება სულ რაღაც წამებში. დაყოვნების დანარჩენი დრო საჭიროა თხევადი აღმდგენელის დიფუზიისათვის აღსადგენ ფაზამდე, რომლის სიჩქარე გაცილებით დაბალია რეაქციის სიჩქარესთან შედარებით. შემდგომში ჩატარებულია კვლევები აღდგენის პროცესზე საწყისი ტემპერატურისა და დამატებული მაგნიუმის რაოდენობის ოპტიმალურ მნიშვნელობათა დადგენის მიზნით. კვლევის შედეგები წარმოდგენილია სურ. 1-ზე.



სურ. 1. კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენის ხარისხის დამოკიდებულება დამატებული მაგნიუმის რაოდენობასა და საწყის ტემპერატურაზე დამატებული მაგნიუმის რაოდენობის ფარდობა სტექიომეტრულთან: 1-1; 2-1,1; 3-1,2; 4-1,3

როგორც სურათიდან ჩანს ფაქტორთა შერჩეული მნიშვნელობებისათვის გარდაქმნის ხარისხი მცირედ არის დამოკიდებული, როგორც საწყის ტემპერატურაზე ისე დამატებული მაგნიუმის რაოდენობაზე. საწყის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება შესამჩნევად იცვლება 800C-მდე, როდესაც მიიღწევა 80% გარდაქმნის ხარისხი. საწყისი ტემპერატურის შემდგომი ზრდა მცირედ ზრდის პროცესის სიჩქარეს და ამ დროს მიღწეული გარდაქმნის ხარისხი არ აღემატება 87%. კვარციტის მაგნიუმით აღდგენის პროცესი მიმდინარეობს კონდენსირებულ ფაზებში, რომელთაგან მაგნიუმი გამდნარ მდგომარეობაშია. ეს მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს აღდგენის პროცესს, რადგან კონდენსირებულ სისტემებში დიფუზიის სტადია მალიმიტირებულია. ჩვენს მიერ შესწავლილ პროცესში მორეაგირე ფაზების გამყოფ ზედაპირზე წარმოიქმნება მაგნიუმის ოქსიდი, რომლის დნობის ტემპერატურა საკმაოდ მაღალია და პროცესში გავითარებულ ტემპერატურაზე რჩება მყარ მდგომარეობაში. გარდა ამისა სარეაქციო არეში ადგილი აქვს MgO-სა და SiO<sub>2</sub>-ის შეცხობას ორმაგი ოქსიდის წარმოქმნით. ამის გამო გართულებულია გამდნარი მაგნიუმის ტრანსპორტირება MgO-ს გავლით SiO<sub>2</sub>-ის ფაზამდე, რაც მნიშვნელოვნად აართულებს და ზოგ შემთხვევაში შეუძლებელსაც კი ხდის მაგნიუმით კვარციტის აღდგენას. აღნიშნული მოვლენის, როგორც აღდგენის პროცესის დამამუხრუჭებელი ფაქტორის ეფექტის შემცირება შესაძლებელია თხევადი ფაზის მოცულობის გაზრდით სარეაქციო კაზში დამატებული მაგნიუმის რაოდენობის მომატების საშუალებით. ამ გზით შესაძლებელია აღდგენის მაქსიმალური ხარისხის მიღწევა, მაგრამ ამ დროს წარმოიქმნება სხვადასხვა რაოდენობის სილიციუმი და მაგნიუმის სილიციდი დამატებული მაგნიუმის რაოდენობის და მიხედვით.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე შეიძლება პროცესის ისე წარმართვა, რომ შედეგად მიღებული იქნას სილიციუმი და სლიციდი წინასწარ განსაზღვრული ფარდობით.



სურ.2 კვარციტის ქლორიდების ნალღობში მაგნიუმთერმული აღდგენის ხარისხის დამოკიდებულება დამატებული მაგნიუმის რაოდენობასა და საწყის ტემპერატურაზე (ნალღობი წარმოადგენს NaCl-სა და KCl ექვიმოლურ ნარევს). დამატებული მაგნიუმის რაოდენობის ფარდობა სტექიომეტრულ რაოდენობასთან: 1-1, 2-1,1, 3-1,2, 4-1,3

როგორც აღნიშნული იყო კვარციტის მაგნიუმის სტექიომეტრული რაოდენობით აღდგენისას მისი აღდგენის ხარისხი არ აღემატება 87% და შესაბამისად ამ მეთოდის გამოყენება სილიციუმის მისაღებად მიზანშეწონილი არ არის. ამიტომ ამოცანას წარმოადგენდა შერჩეული და შესწავლილი ყოფილიყო ისეთი მეთოდი, რომელიც გააუმჯობესებდა პროცესის კინეტიკას, გააადვილებდა დიფუზიას და უზრუნველყოფდა კვარციტის აღდგენის პროცესის მაღალ სიჩქარესა და სიღრმეს. ამ მიზნით დაიგეგმა და განხორციელდა კვლევები კვარციტის მაგნიუმთერმული აღდგენის პროცესის ქლორიდების ღლობილში ჩატარების მიმართულებით. აპრიორული მონაცემების თანახმად შერჩეული იქნა ნატრიუმისა და კალიუმის ქლორიდების ექვიმოლური ნარევი. ასეთ ნარევს გააჩნია ლითონთა ოქსიდების კარგად გახსნის უნარი ნარევის ღლობის შესაძლო მინიმალურ ტემპერატურაზე (760°C). კვლევის მეთოდიკა იგივეა, რაც კვარციტის მაგნიუმით აღდგენისას იყო იმ განსხვავებით, რომ სარეაქციო კაზში დამატებულია NaCl და KaCl.

შესწავლილია პროცესზე მოქმედი ოთხი ფაქტორის გავლენა კვარციტის მაგნიუმით აღდგენის ხარისხზე: საწყისი ტემპერატურა, დამატებული მაგნიუმის რაოდენობა, ხანგრძლივობა და ქლორიდების მასის ფარდობა სარეაქციო მასის რაოდენობასთან. ამათგან ბოლო ორის გავლენა დადგენილია წინასწარი ექსპერიმენტების შედეგების საფუძველზე. 1000°C-ზე 15 წუთიანი დაყოვნების შედეგად მიღებული იქნა სილიციუმის მაქსიმალური გამოსავალი. ამ დროს ქლორიდების მასის ფარდობა სარეაქციო მასასთან შეადგენდა 3-ს და საერთო მასა ხასიათდებოდა კარგი თხევადდენადობით.

NaCl-სა და KaCl-ს ღლობილში კვარციტის მაგნიუმით აღდგენის პროცესზე საწყისი ტემპერატურისა და დამატებული მაგნიუმის რაოდენობის გავლენის განსაზღვრის მიზნით ჩატარებულ ექსპერიმენტთა შედეგები მოყვანილია სურათ 2-ზე. შედეგებიდან ჩანს, რომ საწყისი ტემპერატურის 750-1000°C ინტერვალში მნიშვნელოვნად იცვლება და შეადგენს 56%-ს 750°C-ზე, ხოლო 1000°C-ზე კვარციტი თითქმის მთლიანად აღდგება სილიციუმამდე. მართალია პროცესი მიმდინარეობს შედარებით მდორედ, მეორე ხარისხის პოლინომიალური მოდელის მიხედვით, მაგრამ ადგილი აქვს გარდაქმნის ხარისხის სიჩქარის მნიშვნელოვან შემცირებას. იწყება მაქსიმალური სიჩქარით და 1000°C-ზე თითქმის ნული ხდება. დამატებული მაგნიუმის რაოდენობის გავლენა მნიშვნელოვანია 650-800°C ინტერვალში და მცირდება 800°C ზემოთ. აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ 800°C საწყისი ტემპერატურისა და დამატებული მაგნიუმის რაოდენობის ფარდობისას მის სტექიომეტრულ რაოდენობასთან, რომელიც 1,3 ტოლია მიიღწევა კვარციტის სილიციუმად გარდაქმნის მაქსიმალური ხარისხი, რომელიც 99%-ის მახლობლობაშია. აღნიშნული გარემოება საშუალებას იძლევა აღდგენის პროდუქტები დამუშავებული იქნას მხოლოდ მარილმჟავით, რომელშიაც იხსნება აღდგენის ყველა პროდუქტი სილიციუმის გარდა.

ჩატარებულია საბალანსო ექსპერიმენტები, რომელთა შედეგად დაგროვებულია 100გრ რენტგენულად ამორფული სილიციუმი, რომლისგანაც ჩონხალსკის მეთოდით გასუფთავების შემდეგ მიღებული იქნება მზიური ხარისხის სილიციუმი.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Технология полупроводникового кремния // Под ред. Э.С. Филькевича. – М.: Металлургия, 1992. – 408 с.
2. Попов С.И. Металлургия кремния в трёхфазных руднотермических печах. – Иркутск, 2004. – 237 с.
3. Справочник металлурга. Производство кремния // А.Е.Черных, Б.И.Зельберг, А.Р.Школьников, А.И.Гринберг, Д.З.Баймашев, М.Р.Школьников, Е.Ю.Пологов, С.Б.Громов– С.-Пб: Изд-во МАНЭБ, 2004. – 555 с.
4. იფულარიანი, მ.კერესელიძე, ვ.ბაძოშვილი, ა.რუსაძე, თ.ბაძოშვილი, ნ.ხუციშვილი. სილიციუმის დიოქსიდის მაგნიუმთერმული აღდგენის პროცესის თერმოდინამიკური ანალიზი წვის რეჟიმში. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 13(2), 2013.
5. И.Пулариани. Исследование некоторых кинетических закономерностей процесса магнийтермического восстановления диоксида кремния методом зажигания. Журнал физической химии, том 77, №5, 2002, с. 801-804.

#### STUDY OF MAGNESIUM-THERMAL REDUCTION PROCESS OF LOW-QUALITY QUARTZITE IN CHLORIDE MELT

Iuza Pulariani, Nodar Kekelidze, Merab Kereselidze, Roland Razmadze, Nunu Khutsishvili\*

*Ferdinand Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science, Tbilisi, Georgia*

*\* Georgian Technikal University*

#### SUMMARY

Some results of study of process of low-quality quartzite reduction by magnesium are represented in the work. There was established that process doesn't proceed to completion when adding stoichiometric amount of reducing agent and degree of reduction reached at this time doesn't exceed 90%. Technical silicide may be obtained via increase of magnesium quantity, but the product received during reduction contains silicide and, consequently, a large amount of silan is excreted during the treatment by acid treatment, which makes engineering process complicated. With the purpose of improvement of diffusion conditions this process were carried out in equimolar mixture of NaCl-KCl. As a result, the maximum degree of reduction was reached and while using only hydrochloric acid for treatment of reduced mass there was received X-ray amorphous silicon, purity of which is above 99%, which will be fit for production of silicon with "sunny" purity after its treatment according the Chokhralsky method.

#### Исследование процесса магниумтермического восстановления низкосортного кварцита в расплаве хлоридов

И. Пулариани, Н. Кекелидзе, М. Кереселидзе, Р. Размадзе, Н Хуцишвили\*

*институт металлургии и материаловедения им. Фердинанда Тавадзе*

*\*Грузинский технический университет*

#### РЕЗЮМЕ

В работе представлены некоторые результаты исследования процесса магниумтермического восстановления низкосортного кварцита. Установлено, что при добавлении стехиометрического количества восстановителя процесс протекает не до конца и достигаемая при этом степень восстановления не превышает 90%. Увеличением количества добавленного магния можно получить технический силиций, но полученный при восстановлении продукт содержит силицид и во время обработки кислотой образуется большое количество силана, который осложняет технологический процесс. С целью улучшения диффузионных условий процесс был проведён в эквимолярной смеси NaCl-KCl. В итоге была достигнута максимальная степень восстановления и путём обработки восстановленной массы только соляной кислотой был получен рентгенноаморфный кремний чистота, которого больше 99% и который после очистки методом чохраньского пригоден для производства кремния «солнечного» качества.

**ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ ГРУЗИИ В  
ТЕХНОЛОГИИ ЦЕМЕНТ-БЕТОНОВ**

Георгий Цинцкаладзе, Владимир Цицишвили, Бела Кешелава\*, Ражден Схвитаридзе\*\*, Тинатин Шарашенидзе, Манана Бурджанадзе, Шалва Верулава\*\*

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

*\*Национальное бюро судебной экспертизы им. Левана Самхараули*

*\*\*Грузинский технический университет*

Изучены химический состав и содержание цеолитной фазы природных цеолитов Грузии – сколецита, анальцима, морденита, филлипсита, ломонтита, клиноптилолита. Показано, что их введение в виде добавок в состав цемента улучшает его качество, особенно эффективным в этом плане оказался клиноптилолит.

Строительному рынку Грузии требуются цементы и бетоны нового поколения, которые и в XXI веке остаются востребованными строительными материалами. Для удовлетворения этих потребностей необходимо освоение современных технологий, их привязка к местным условиям. Это возможно путём разработки эталонных вариантов состава бетонов высокого класса на основе природных заполнителей Грузии и цементов местного производства, а также подбором добавок, модифицирующих свойства бетона.

Одним из распространенных методов модифицирования структуры композиционных строительных материалов является введение в их состав высокоактивных микро- и нанодобавок. В современном научном материаловедении в качестве таких добавок используются мелкодисперсные оксиды кремния и алюминия. В свете сказанного понятно, что природные цеолиты можно рассматривать как перспективные минеральные добавки, имеющие научный и практический интерес [1-2], поскольку они являются кристаллическими, гидратированными алюмосиликатами; при этом их структура содержит пустоты, в которых находятся свободно перемещающиеся ионы и молекулы воды, они также обладают молекулярно-ситовой способностью и могут активно участвовать в реакциях ионного обмена.

В природе цеолиты встречаются в основном двух видов – вулканические и вулканически-осадочные. Вулканические цеолиты в виде кристаллов и монокристаллов встречаются в щелях базальтовых и моноклинной породы. Их исследование имеет только научный интерес. Такие цеолиты в практическом аспекте не актуальны. Вулканически-осадочные цеолиты из-за огромных запасов вызывают особое внимание исследователей с целью их практического применения.

На сегодняшний день известны 43 вида природных цеолитов, из них 15 распространены в Грузии. Их общий запас составляет более 250 миллион тонн [3,4]. Понятно, что исследование этих минералов, изучение их свойств и затем их использование на практике является приоритетным направлением для развития нашего государства.

В сферу наших интересов попали те распространённые в Грузии цеолиты, запасы которых имеют промышленное значение. Объектом исследования были осадочные цеолиты: анальцим (Кутаиси, Гелати); ломонтит (Тбилиси, ботанический сад); морденит (Болниси, Ратевани); клиноптилолит (Каспи, Хандаки); филлипсит (Гурия, Шухути) а также цеолит вулканического происхождения сколецит (Кутиаси, курсеби).

Природные цеолиты отличаются друг от друга как химическим составом, так и структурой. Оба этих фактора значительно влияют на их свойства. Поэтому весьма интересно было исследование возможности применения цеолитов различного химического состава и структуры в качестве добавок в технологии цемента и бетона.

Были изучены химический состав природных цеолитов Грузии. Результаты приведены в таблице 1. Исследованные цеолиты вводились в состав цемента (20%) и изучалось их влияние на прочностные показатели вяжущего. Результаты экспериментов приведены в таблице 2.

Из представленных в таблице 2 данных видно, что все виды цеолитной добавки увеличивают прочность на изгиб, но при этом прочность на сжатие уменьшается. Исключение составляет клиноптилолит, добавка которого увеличивает прочность цемента как на сжатие, так и на изгиб.

Таким образом, введение в состав цемента в определённом количестве цеолитов, кроме экономии цемента, может улучшить качество цемента, что увеличивает перспективу возможности использования цеолитов в строительной сфере.

**Таблица 1.** Химический состав некоторых распространённых в Грузии природных цеолитов.

Оксиды, %	Анальцим (Кутаиси, Гелати)	Ломонтит (Тбилиси, ботанический сад)	Морденит (Болниси, Ратевани)	Клиноптилолит (Каспи, Хандаки)	Филлипсит (Ахалцихе, Цинаубани)	Сколецит (Кутаиси, курсеби)
SiO <sub>2</sub>	53.92	62.75	70.00	61.26	50.04	48.55
TiO <sub>2</sub>	-	0.31	0.20	0.32	0.39	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.67	14.45	9.25	12.29	16.49	18.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.77	2.32	3.85	3.05	3.89	-
FeO	1.22	0.51	0.38	0.15	0.36	-
MnO	0.01	0.04	0.003	0.04	0.07	-
MgO	0.65	1.32	0.38	1.01	1.90	-
CaO	1.05	5.67	3.30	3.93	4.56	10.8
Na <sub>2</sub> O	9.43	3.73	1.60	2.21	0.40	7.7
K <sub>2</sub> O	2.82	0.42	1.25	0.82	7.50	7.1
SO <sub>3</sub>	-	-	0.20	0.21	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	0.32	0.14	0.24	-	-
H <sub>2</sub> O	9.0	8.32	8.52	14.72	14.02	8.5
Цеолитная фаза, %	65-75	55-65	50-65	70-80	60-80	80-95

**Таблица 2.** Влияние цеолитной добавки на прочность цемента

№	Тип цемента	Цеолитная добавка	плотность ρ (т/м <sup>3</sup> )	предел прочности, мПа	
				на изгиб	на сжатие
1	GEM/42.5	-	2.24	6.14	45.56
2		Морденит	2.20	6.36	25.80
3		Сколецит	2.23	6.32	26.18
4		Ломонтит	2.24	6.55	29.87
5		Анальцим	2.24	6.69	31.01
6		Филлипсит	2.253	6.07	35.64
7		Клиноптилолит	2.26	7.28	47.57

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Тейлор А.С. Химия цемента. Пер. с англ. М.: Мир, 1996.
2. Королев А.С., Хакимова Э.Ш. Мелкозернистые бетоны с нанодобавками синтетического цеолита. ЖБ/№6, М., 2008.
3. Tsitsishvili G.V., Andronikashvili T.G., Kirov G.N., Filisova L.D. Natural Zeolites. Ellis Horwood, London, 1992
4. Схиртлаძე Н.И. Осадочные цеолиты Грузии. Тбилиси: АН ГССР, 1951

**ცემენტ-ბეტონის ტექნოლოგიაში საქართველოს  
ბუნებრივი ცეოლიტების გამოყენების შესაძლებლობები**

გიორგი წინწკალაძე, ვლადიმერ ციციშვილი, ბელა კეშელავა\*, რაჟდენ სხვიტარიძე\*\*,  
თინათინ შარაშენიძე, მანანა ბურჯანაძე, შალვა ვერულავა\*\*

*პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი  
\*ლევან სამხარაულის სახელობის სასამართლო ექსპერტიზის ბიურო  
\*\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

**რეზიუმე**

შესწავლილია საქართველოს ბუნებრივი ცეოლიტების – სქოლეციტი, ანალციმი, მორდენიტი, ფილიფსიტი, ლომონტიტი, კლინოპტილილიტი – ქიმიური შემადგენლობა და ცეოლიტური ფაზის შემცველობა. ნაჩვენებია, რომ ცემენტებში მათი დანამატების სახით შეტანა აუმჯობესებს მის ხარისხს. ამ მხრივ განსაკუთრებით ეფექტური გამოდგა ცეოლიტი კლინოპტილილიტი.

**POSSIBILITIES OF APPLICATION OF GEORGIAN NATURAL ZEOLITES IN CEMENT AND  
CONCRETE TECHNOLOGY**

Giorgi Tsintskaladze, Vladimer Tsitsishvili, Bela Keshelava\*, Rajden Skhvitaridze\*\*, Tinatin Sharashenidze,  
Manana Burdjanadze, Shalva Verulava\*\*

*Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry  
\* Levan Samkharauli National Forensics Bureau  
\*\*Georgian Technical University*

**SUMMARY**

Chemical composition of Georgian natural zeolites (analcime, phillipsite, mordenite, laumontite, clinoptilolite) and zeolite phase content have been examined. There is shown, that the introduction of the zeolites into the cement compositions, as a additions, leads to the improvement of the cement quality. From this point of view, the clinoptilolite was revealed the most effective.

## РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЗУБНЫХ ЭЛИКСИРОВ

М.В.Нишнианидзе, Т.Г.Цинцадзе, Л.В.Хоситашвили\*, П.А.Явич\*\*

*Грузинский технический университет**\*ООО «Пигмент»**\*\*Институт фармакохимии им. И.Г.Кутателадзе Тбилисского государственного медицинского университета*

Зубные эликсирсы являются одним из лучших средств профилактики и лечения заболеваний десен, зубов, полости рта. В настоящее время широко применяются зубные эликсирсы, содержащие экстракты и настои из лекарственных растений с наличием широкого спектра биологически активных веществ. Флора Грузии весьма богата, как растительным сырьем, так и уникальными минеральными водами, что позволяет на их основе создать новые активные комбинации зубных эликсиров. В данном сообщении приводятся сведения по разработке рецептуры и технологии подобных эликсиров на основе ресурсов Грузии.

Лечение заболеваний зубов и полости рта становится одной из самых актуальных задач. Во всем мире публикуется весьма большое количество работ по этому вопросу [1-7], в частности, и по средствам профилактики подобных заболеваний [8-10], причем число публикаций, связанных с применением природных веществ, особенно растительных, возрастает [11-13]. Наряду с зубными пастами, увеличивается количество исследований, связанных с зубными эликсирами (ЗЭ) [14-15].

Исходя из литературных данных по преимуществу применения в (ЗЭ) биологически активных лекарственных растений и учитывая весьма богатую флору Грузии, наличие в ней растений, обладающих противовоспалительной, антибактериальной, антисептической и т.п. активностью, многие из которых не использованы в известных(ЗЭ), создание нового эффективного ополаскивателя (возможно и включающего известные компоненты) является актуальной задачей. Она имеет не только научную новизну, но и возможность получения экономического эффекта, благодаря производству (ЗЭ) с использованием грузинского сырья и выходом на рынок.

Рассмотрим некоторые из растений как потенциальные источники сырья для (ЗЭ). Фенольные соединения, в частности танины, обладают весьма широким лекарственным спектром действия, широко применяются для получения лекарственных препаратов, оказывающих антисептическое, вяжущее, кровоостанавливающее, противомикробное, противовоспалительное и др. действия. Таниды содержатся во многих растениях, например, в галлах (патологических наростах на листьях скумпии), в листьях скумпии, сумаха, эвкалипта, чая, листьях и коре дуба, каштана, квебрахо, коре акации, ели, лиственницы, коже плодов гранатового дерева, плодах хурмы, и других. Танины придают листьям и плодам терпкий вяжущий вкус. По литературным данным и по нашим исследованиям листья скумпии *Cotinus coggygria*, в зависимости от места произрастания в Грузии, содержат 12-20% суммы танидов, основная часть из которых представлена танином пирогаллового ряда. Наиболее высокое содержание наблюдается в сырье, собранном в июле –августе месяцах в зоне Шираки до 20%, наименьшее в горных районах Рачи до 10-12%. Эвкалипты *Eucalyptus*. Эвкалипт прутовидный, либо шариковый – наиболее распространенные виды в Грузии. Произрастает в основном на побережье Черного моря. Листья эвкалипта содержат эфирное масло, флавоноиды и дубильные вещества. По литературным данным [16-17] содержание дубильных веществ достигает 5%, эфирного масла не менее 2,5%. Содержание компонента эфирного масла – цинеола – должно быть не менее 45- 60%.Экстракт, отвар и настойка эвкалипта, содержат таниды, эфирное масло, терпеновые соединения, органические кислоты, альдегиды, кетоны и др. Боярышник *Crataegi*. В Грузии произрастает несколько видов боярышника -боярышник однопестичный (*C.rrionogyna*), пятипестичный боярышник (*C.pentagyna*), крупноплодный — понтийский боярышник (*C.pontica*), боярышник кроваво-красный (*C.sanguinea*) и др. В состав плодов боярышника входят сахара (от 4 до 11%), жирные кислоты, дубильные вещества, пектины, фитостерины, винная и лимонная кислоты, флавоноиды, гликозиды, фенолкарбоновые и тритерпеновые кислоты, витамины, микро- и макроэлементы и другие биологически активные вещества. В цветках боярышников содержатся флавоноиды, кислоты, эфирные масла ,жирные масла и др. Масло, экстракты, настойка проявляют

сильные антиоксидантные свойства. На основе плодов боярышника получают настои, сборы и препарат «Боярышника настойка» [16-17]. Большое количество эфирного масла содержится в соцветиях перечной мяты *Méntha piperita* – 4-6%, в листьях – от 2,5 до 3 %, в стеблях – до 0,3% [16-17]. Выпускается ряд препаратов, в том числе настойка. Пустырник пятилопастный *Leonurus quinquelobatus*, в траве содержатся дубильные вещества до 2%, гликозиды, эфирное масло, сахара, сапонины, флавоноиды, аскорбиновая кислота, витамины. Настойка содержит дубильные вещества, стероидные и флавоноидные гликозиды и др. [16-17].

При разработке рецептуры, используя имеющиеся литературные данные по их химическому составу и биологической активности, были использованы спирто-водные экстракты из листьев скумпии, настойки из плодов боярышника, травы и листьев пустырника, листьев эвкалипта, травы мяты. Последние две обеспечивают и ароматизацию зубного эликсира. Противовоспалительное, антимикробное, бактерицидное, биостимулирующее и дезинфицирующее действие достигается благодаря комплексу веществ, содержащихся в выбранных препаратах – танидам и другим фенольным соединениям, каротиноидам, маслам, сесквитерпеноидам и др. Эпителизирующее, заживляющее, витаминизирующее действие оказывают на слизистую каротиноиды, витамины А, РР, К, витамины группы В и др. из настоек мяты, пустырника и боярышника. Антисептический и дубящий эффект достигается применением танидосодержащего экстракта из листьев скумпии или сумаха. Наличие в плодах боярышника витаминов А и Е создает в комплексе с настойкой из листьев эвкалипта, содержащей мононенасыщенные и полиненасыщенные кислоты, достаточный антиоксидантный эффект, обеспечивающий ингибирование перекисных реакций и образование свободных радикалов.

Входящий в состав эликсира ксилит, наряду с улучшением вкусовых ощущений, обладает противокариесным эффектом. Применение минеральной воды с определённым содержанием минеральных элементов в рецептуре позволяет интенсифицировать синтез коллагена соединительной ткани, насыщение десен и зубов минеральными элементами, ингибирует воспалительные реакции, стимулирует регенерационные процессы в клетках эпителия слизистой оболочки полости рта. В качестве минерального компонента эликсира использованы 2 минеральные воды, насыщенной, анионами, так и катионами. Вода Чаргали с общей минерализацией до 9 г/л содержит до 1650 мг/л катиона натрия, 440 мг/л кальция, 150 мг/л магния, 5100 мг/л иона бикарбоната, 1200 мг/л иона хлора. Для активации ее действия использована вода Уцера, которая содержит до 15-17 мг/л ионов железа [18]. В связи с тем, что соли железа при хранении минеральной воды выпадают в осадок, разработана методика их стабилизации при добавлении аскорбиновой кислоты, что еще более увеличивает биологическую активность эликсира. В качестве консистентной, повышающей влагоемкость эликсира добавки в рецептуру входит многоатомный спирт глицерин, который оказывает и стабилизирующее действие, смягчает и фиксирует состав. Для придания эликсиру микробиологической и коллоидной стабильности содержание этилового спирта в эликсире составляет не менее 30%, кроме этого добавляется парабен. Судя по нашим наблюдениям, наиболее целесообразно применение смеси пропилпарабена (Е216) и метилпарабена (Е218), разрешенных к использованию в косметических продуктах в ряде стран.

Варианты состава рецептур эликсира, основанные как на литературных данных, так и полученные путем органолептического анализа, приводятся в таблице 1.

Предлагаемые органолептические и физико-химические показатели приводятся в таблице 2.

Испытания проведены на группе добровольцев, всего 15 человек (мужчины и женщины в возрасте 35-60 лет, сотрудники лаборатории, кафедры и авторы). Эликсир устраняет болевые ощущения, зуд и жжение в деснах, предотвращает их отечность и кровоточивость, активно снимает воспаления при заболеваниях слизистой полости рта, освежает дыхание, предупреждает появление неприятного запаха изо рта. Ориентируясь на литературные данные, это, очевидно, связано с улучшением микроциркуляции крови в тканях пародонта, минеральным питанием зубов и десен [1-7]. Из разработанных вариантов рецептур отобраны №3 и №7 как по технологическим характеристикам, так и по органолептическим показателям. Следует применять в профилактических целях эликсир №3, при заболеваниях полости рта - №7 с большим содержанием суммы дубильных веществ.

**Технология получения.** Все компоненты в последовательности согласно табл. 1 при перемешивании загружаются в реактор. После 0,5 час перемешивания раствор фильтруется,

выдерживается при комнатной температуре 24 часа и снова фильтруется. После чего выдерживается при температуре 8-10 градусов в течение 10 суток и снова фильтруется. Фасуется в стеклянную либо полиэтиленовую (пищевую) посуду, с хорошо закрывающимися пробками, по 100мл. Употребление: 1 десертная ложка эликсира добавляется к 50 мл воды, Тщательно прополоскать полость рта 2-3 раза в день после еды.

Таблица 1. Разработка рецептуры лечебного эликсира

Наименование ингредиентов	Количественное содержание ингредиентов в элексире, %						
	№ эликсира						
	1	2	3	4	5	6	7
Спирт этиловый 95%	10,0	15,0	30,0	10,0	15,0	20,0	25,0
Глицерин	10,0	10,0	10,0	15,0	15,0	15,0	20,0
Водно-спиртовой экстракт из листьев скумпии(1:4) упаренный в 3 раза.	5,0	5,0	5,0	8,0	8,0	8,0	10,0
Водно-спиртовая настойка из листьев эвкалипта	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0	8,0
Водно-спиртовая настойка из плодов боярышника	3,0	3,0	1,0	5,0	1,5	2,0	2,5
Водно-спиртовая настойка из листьев мяты перечной	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
Водно-спиртовая настойка из травы и листьев пустырника	1,5	3,0	2,0	3,0	2,0	1,5	2,5
Ксилит	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Пропилпарабен (E216)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Метилпарабен (E218)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
50%-ный водный раствор смеси минеральных вод Чаргали и Уцера (обогащенная витамином С) в соотношении 1:1	до 100%						

Таблица 2. Органолептические и физико-химические показатели эликсира по проекту разработанных технических условий

Наименование показателя
1. Внешний вид зубного эликсира. Однородная прозрачная жидкость.
2. Цвет. Зеленовато-желтоватый с коричневым оттенком.
3. Запах зубного эликсира. Свойственный запаху настоек мяты и эвкалипта.
4. Вкус зубного эликсира. Горьковато- сладковатый, с легка вяжущим оттенком.
5. Водородный показатель PH=6,0-8,0
6. Массовая доля суммы тяжелых металлов, %, не более 0,005
7. Массовая доля фторидов. Отсутствие.
9. Массовая доля этилового спирта, %, не более 32.
10. Допускается слабая опалесценция и незначительное количество осадка при хранении более 6 месяцев.
11. Массовая доля дубильных веществ не менее 0,45% не более 0,9%.
<b>Примечание:</b> Анализы проводятся согласно требованиям Государственной фармакопеи Грузии с необходимыми дополнениями.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

- Alapati S.B., Brantley W.A., Svcc T.A., Powers J.M., Nusstein J.M., Daehn G.S. SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical Use J. Endod. 2009. -Vol. 37, №2, p. 40-43.
- Bahcall J.K., Carp S., Miner M., Scidmore E. The causes, prevention, and clinical management of broken endodontic rotary files. Dent. Today. 2005. - Vol. 24, № 1 1, P. 74-80.

3. Balbosh A., Ludwig K., Kern M. Comparison of titanium dowel retention using four different luting agents. J. Prosthet Dent. 2005. -Vol. 94, №3. , P. 227-233.
4. Cheung G.S., Peng B., Bian X., Shen Y., Darvell B.W. Defects in ProTaper SI instruments after clinical use: fractographic examination. Int. Endod. J.- 2010. Vol. 45, № 11, P. 802-809.
5. Ingle J., Bakland L. Endodontics. Fifth Edition, BC Decker Inc. Hamilton. - London, 2002, p.477 p.
6. Knowles K.J., Hammond N.B., Biggs S.G., Ibarrola J.L. Incidence of instrument separation using light speed rotary instruments. Journal of Endodontics. 2010, Vol. 36, № 1, P. 14-16.
7. Nakashima K., Terata R. Effect of pH modified EDTA solution to the properties of dentin . J. Endod. 2005, Vol. 31, № 1, P. 47-49.
8. Биденко Н.В., Х. Саккас, Слабковский В.В. Опыт применения препаратов на основе МТА в детской эндодонтии. Материалы XXI и XXII Всероссийских научно-практических конференций. Москва, 2009г. - С. 326-328.
9. Беленова, И.А. Влияние водородного показателя пломбирочных материалов на обмен ионов кальция в эмали зуба. Автореф. дис. ...канд. мед. наук. Воронеж, 2008, 19 с.
10. Белова, Т.А. Односеансное лечение пульпитов и их профилактика с применением гидрата окиси кальция Автореф... дис. канд. мед. наук. 2009, 33 с.
11. Perry N. J. Klink J. Alkamid levels in Echinacea purpurea: effects of processing, drying and storage .PlantaMtd. 2000. - Vol. 66, № 1.-P. 54-56.
12. Simoniene G. Kondrotas A. Immunostimulatory properties of a new plant source preparation. Inter. J. Immunorehabil. 2007, № 12, P. 65-70.
13. Wagntr H. Herbal immunostimulants. Z. Phytother. 2003, Vol. 28, P. 79-95.
14. Сирак С.В. Профилактика кариеса зубов и воспалительных заболеваний пародонта с использованием зубных эликсиров. Вестник медицинского стоматологического института. Москва, 2011, №1, С.32-35.
15. Зубные эликсиры - Stomat-clinic.ru, stomat-clinic.ru/zubnye-eliksiry. Зубные эликсиры | Ароматика
16. Муравьева Д.А., Самылина И.А., Яковлев Г.П., Фармакогнозия. Отсканированные страницы. 2002.
17. Куркин В.А. Фармакогнозия. Учебник для фармацевтических вузов и факультетов, Самара: СамГМУ, 2004, 1239 с.
18. Бальнеологические курорты - Компания SakartveloTour, sakartvelotour.com/balneologicheskie

### კბილის ელიქსირების რეცეპტურისა და ტექნოლოგიის შემუშავება

მარიამ ნიშნიანიძე, თამარ ცინცაძე, ლევან ხოსიტაშვილი\*, პავლე იავიჩი\*\*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

\*შპს „პიგმენტი“

\*\*თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის იოველ ქუთათელაძის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტი

#### რეზიუმე

კბილის ელიქსირები, ანუ სავლები საშუალებები, წარმოადგენენ პირის ღრუს ჰიგიენის დამატებით საშუალებებს. მათ შემადგენლობაში შეაქვთ სუბსტანციები, რომლებსაც გააჩნიათ ანთების საწინააღმდეგო, სოკოს საწინააღმდეგო, პლასტიკომასტიმულირებელი, მადესენსიბილიზირებელი და სხვა თვისებები. ვითვალისწინებთ რა საქართველოს მდიდარ ფლორას, რიგი მცენარეული ექსტრაქტების საკმაოდ მაღალ ანტიბაქტერიულ და ანტიინფლემატორულ აქტივობას, ასევე შეზვევის არარსებობას მათი გამოყენებისას, ბალახების ფიტოკომპლექსების შემცველი სამკურნალო-პროფილაქტიკური ელიქსირების შემუშავებისას გამოყენებული იქნა თრიმლის ფოთლების, ეკალიპტის ფოთლების, კუნელის ყვავილებისა და ნაყოფის, სალბის, ეკალიპტის ზეთის ექსტრაქტები.

### FORMULATION AND TECHNOLOGY OF TOOTH ELIXIRS

M.V.Nishnianidze, T.G.Tsintsadze, L.V.Khositashvili\*, P.A.Iavich\*\*

Georgian Technical University

\*"Pigment" Ltd

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

#### SUMMARY

Dental elixirs are one of the best means of prevention and treatment of diseases of the gums, teeth, mouth. Currently are widely used tooth elixirs containing extracts and tinctures of medicinal plants with the presence of a wide spectrum of biologically active substances. Flora of Georgia is very rich with a vegetable raw materials, and unique mineral waters as well, which allows to create on their basis new active combination of active tooth elixirs. This article provides information on the development of recipes and technologies of such elixirs, based on the resources of Georgia.

**К вопросу концепции разработки рецептур жидких кремов (косметического молочка)**

Х.Т.Мишелашвили, Т.Г.Цинцадзе, Л.В.Хоситашвили\*, П.А.Явич\*\*

*Грузинский технический университет**\*ООО «Пигмент»**\*\*Институт фармакохимии им. И.Г.Кутателадзе Тбилисского государственного медицинского университета*

Общая концепция создания рецептур жидких кремов (косметического молочка) на сегодняшний день в литературных источниках отсутствует. В рекламных проспектах приводятся рецептуры косметического молочка различных фирм, однако, как правило, не раскрывается полный состав, позволяющий им получать стабильные во времени коллоидные эмульсионные системы. В немногочисленных патентах и научных публикациях, как правило, содержатся ноу-хау, не позволяющие получить полную информацию. В публикуемом сообщении приводятся данные, позволяющие получить косметическое молочко, используя общепринятые в косметике вещества.

В последние десятилетия потребление косметических товаров во всем мире резко возросло. Крупнейшим производителем косметических товаров являются США (около 13% общего объема производства), примерно столько же продукции производится в Европе [1]. Этому способствует широкий масштаб исследовательских работ, новые технологии, высокий уровень художественного оформления, реклама, маркетинг и др. исследования. Однако, доля косметических средств грузинского производства весьма мала, только фабрика Иверия выпускает ассортимент 5-6 наименований, в то время, как до 90-х годов являлась одним из ведущих предприятий бывшего Советского Союза. Благодаря широкому ареалу лекарственного сырья, наличию минеральных ресурсов, минеральных вод, лекарственных грязей, Грузия может стать одним из ведущих производителей парфюмерно-косметической промышленности. Постоянно развивающийся рынок косметической продукции требует от производителей новых и оригинальных решений, нацеленных на высокое качество продукции, повышенные потребительские характеристики, оригинальный внешний вид и доступную цену. Необходимо увеличение количества научно-исследовательских работ в этой области с использованием отечественных ресурсов. К сожалению, только весьма ограниченное количество ученых работает в этой области.

Эмульсии представляют собой один из самых распространенных видов косметической продукции. Они являются основой для кремов различной консистенции, в том числе и для косметического молочка. Известные свойства эмульсионных форм обусловлены возможностью сочетания масляной и водной фаз, что позволяет повысить уровень впитываемости и равномерность распределения на коже. Эмульсии характеризует высокая увлажняющая способность, возможность введения различных биологически активных веществ [1], что позволяет получить косметическое молочко с антибактериальными и дезинфицирующими свойствами. Косметическое молочко является одной из самых сложных эмульсионных систем с точки зрения стабилизации и распределения по коже, что связано в первую очередь с его консистенцией. В данной работе рассматриваются вопросы, связанные, как с проблемой стабилизации косметического молочка, так и с процессами, которые могут нарушать его стабильность, используя данные научной литературы по стабилизации эмульсионных систем и полученные в собственных экспериментах.

Будучи типичной лиофобной системой, косметическое молочко в стабильном виде может существовать только в присутствии стабилизатора. Исходя из литературных данных и основ коллоидной химии, стабилизации косметического молочка можно добиться, только выбрав соответствующее поверхностно-активное вещество (ПАВ) либо их смесь, которые способны создать нужную устойчивость эмульсии и стабилизировать определенное количество дисперсной фазы. При этом необходимо определить, в каких концентрационных пределах данное ПАВ является стабилизатором [5], существует и ряд других показателей, которые необходимо учитывать, так например, дисперсность, химические свойства ПАВ [4], тип эмульсии (м/в или в/м), который определяется и геометрией молекулы, и энергетикой ее взаимодействия с фазами [5], срок годности, величина гидрофильно-липофильного баланса – ГЛБ. Судя по литературным данным, при величине

ГЛБ в пределах 3-6 образуется обратная эмульсия в/м. Эмульгаторы с числом ГЛБ, равным 8-13, дают прямую эмульсию м/в. Изменяя природу эмульгатора и его концентрацию, можно добиться обращения фаз эмульсии, что так- же немаловажно при попытках стабилизации. При выборе ПАВ следует учитывать физико-химические свойства всей системы и область применения эмульсии, возможное химическое взаимодействие между ПАВ и компонентами фаз (например, гидролиз, комплексообразование), их биологическую активность [4]. В настоящее время имеется ассортимент ПАВ самых различных классов с примерно одинаковой эмульгирующей способностью. Так, в кислой среде рекомендуется применение катионоактивных эмульгаторов, а в щелочной – анионоактивных. При наличии в полярной фазе определенного количества минеральных солей и при колебаниях рН среды рекомендуется использование неионогенных эмульгаторов [6]. Исходя из имеющихся данных, применение смесей ПАВ различной химической структуры может дать эффект повышения устойчивости эмульсий. При этом возможно образование более плотной и упорядоченной упаковки молекул на поверхности, и, как следствие, межмолекулярное взаимодействие ПАВ на межфазной границе [7]. Видимо, более эффективна смесь ионогенных и неионогенных ПАВ [8].

Введение в композицию структурообразующих веществ- это фактически дополнительная стабилизация эмульсий, что является необходимым компонентом при разработке рецептур косметического молочка. Соответствующий подбор физико-химических свойств структурообразующих веществ, ориентируясь на их химическую структуру, позволяет получить необходимую консистенцию и коллоидную устойчивость косметического молочка. В настоящее время их ассортимент достаточно широк – растительные и синтетические полимеры, в том числе целлюлозы, глицерин, гидрогенизированные растительные масла, воски растительного и животного происхождения, эфиры высокомолекулярных спиртов и высших карбоновых кислот [9]. Определенные комбинации, в зависимости от их физико- химических свойств, при создании рецептур косметического молочка, позволяют увеличить его стабильность за счет понижения вероятности расслоения фаз, даже при достаточно широких колебаниях значений рН. Изменяя физико-химические свойства косметического молочка, на основе данных о свойствах различных структурообразующих веществ, при их использовании, удается добиться не только дополнительной стабилизации, но и изменить ряд питательных свойств крема – резорбцию воды глицерина и спирта этилового, растекаемость на кожном покрове, время удерживания и т.п.

Исходя из вышеизложенного, для получения стабильной эмульсионной системы при разработке рецептуры косметического молочка необходимо подобрать стабилизатор, индивидуальный, либо состоящий из смеси ПАВ, установить взаимосвязь между характеристиками исходных компонентов и свойствами конечной композиции, позволяющую получение агрегативно устойчивых эмульсий.

Рассмотрим основные процессы, которые могут происходить при получении и хранении косметического молочка. Эмульсии относятся к лиофобным дисперсным системам, они являются термодинамически неустойчивыми, т.к. величина энергии Гиббса на поверхности раздела фаз достаточно высока [10, 11]. Причем ее уменьшения можно добиться путем уменьшения межфазной поверхности или добавлением определенного количества эмульгаторов и структурообразующих веществ, благодаря изменению величины межфазного натяжения. В результате чего должна повыситься седиментационная устойчивость, а также уменьшиться вероятность снижения агрегативной устойчивости [11]. Следует учитывать, что в жидких кремах – косметическом молочке – могут проходить также флокуляция, коалесценция, коагуляция, прямая или обратная седиментация, обращение фаз. Имеются в литературных источниках рекомендации, как избежать подобных явлений. Так, во избежание действия Ван-дер-Ваальсовых сил [12], т.е. возможности флокуляции, наиболее целесообразно использование неионогенных ПАВ или полимеров, обеспечивающих стерическую стабилизацию эмульсии [10, 13, 14], либо использование ионогенных поверхностно-активных веществ [15, 16]. Следует учитывать, что, например, седиментация происходит при возникновении гравитационных и центробежных воздействий, т.е. связана с действием внешних сил. Желательно подобрать такую композицию, чтобы плотности капель дисперсной фазы была бы равна или близка к плотности дисперсионной среды [17]. Не желательна разница в растворимости мелких и крупных капель эмульсии, т.к. при этом возможно растворение капель меньшего размера и увеличение размеров более крупных. Способствует процессу седиментации нарушение величин гидрофильно-липофильного баланса и увеличение концентрации дисперсной фазы, при этом может наблюдаться изменение вида эмульсии от прямой к обратной или наоборот [17, 18, 19, 20]. Необходимо

равномерное распределение частиц дисперсной фазы по объёму. Однако, в случае эмульсий жидких кремов-косметического молочка, когда используются растительные масла, плотность которых меньше, чем плотность воды [21, 22, 10], может происходить всплывание масляных капель дисперсной фазы, коалесценция и образование отдельного слоя. При этом возможно соединение капель – коалесценция, т.е. выделение отдельных компонентов эмульсии. Это связано с утоньшением и разрывом поверхностной пленки. Несколько капель образуют более крупную каплю, уменьшая тем самым общую площадь поверхности. Этот процесс связан с тем, что в данном случае защитный слой (адсорбционный, адсорбционно-сольватный, двойной электрический и т.д.) не обладает большой механической прочностью и не препятствует слиянию капель. Для сохранения стабильности косметического молочка защитный слой должен иметь плотную упаковку (регулярную или нерегулярную) стабилизированных отдельных капель дисперсной фазы. Следует отметить, что плотная упаковка в определенных случаях не является гарантом стабильности эмульсий, например, в тех случаях, когда прочные защитные слои (стабилизация высокодисперсными порошками) вокруг капель практически образуют твердую защитную оболочку. Подобные капли – это твердые частицы с жидкой внутренней фазой, при сближении которых и происходит слипание частиц. Процессы коалесценции и коагуляции достаточно тесно связаны. Многие авторы считают, что коагуляция является началом коалесценции [13, 14]. При получении косметического молочка возможно получение как разбавленных эмульсий, так и относительно концентрированных, что необходимо учитывать при введении в его состав эмульгаторов и наполнителей. В разбавленных эмульсиях вероятность столкновения капелек низка, и, как следствие, она практически не эффективна. Эмульсии подобного типа (содержание дисперсной фазы на уровне 0,01-0,1%), достаточно устойчивы при наличии малых количеств стабилизаторов, которыми могут быть и некоторые электролиты – водорастворимые соли. По литературным данным у них достаточная толщина слоев для разбавленных эмульсий прямого типа – м/в, с высоким значениям электрокинетического потенциала. В достаточно концентрированных эмульсиях агрегатирование капелек более вероятно, и коалесценция может происходить более интенсивно, причем она протекает с прорывом пленок дисперсионной среды. Как следствие, эмульсии могут быть устойчивы только в присутствии достаточно активных стабилизаторов, которые механически препятствуют агрегатированию и коалесценции. По [23] это связано с образованием коллоидно-адсорбционной диффузной оболочки на поверхности капелек эмульсии со стороны дисперсионной среды. Для того, чтобы избежать коагуляции и соответственно, коалесценции, необходимо введение в косметическое молочко стабилизаторов, способных к созданию адсорбционного слоя, который настолько прочен, что не разрушается при сближении капель и при их непосредственном контакте [13, 24-29].

На основании вышеизложенного основной проблемой при получении косметического молочка является подбор оптимального варианта видов (химического состава) стабилизаторов, эмульгаторов и структурообразующих веществ, способных к снижению возможности коагуляционно-сендIMENTационных процессов. Ориентируясь на разработанную концепцию, для создания защитного слоя с плотной упаковкой стабилизированных отдельных капель дисперсной фазы, в качестве первичного эмульгатора структурообразователя использованы моноглицериды дистиллированные (МГД) и цетилпальмитат (ЦП). Моноглицериды дистиллированные – глицериновые эфиры стеариновой и пальмитиновой кислот, вырабатываются на основе различных масел. Содержание моноглицеридов не менее 90%, свободного глицерина не более 1,5%. Кислотное число не более 3; температура плавления 65-66°C. Обладают более высокой эмульгирующей способностью по сравнению с моностеаратом глицерина, но также не являются самостоятельным эмульгатором. Стабильные эмульсии образуются в присутствии дополнительных поверхностноактивных веществ (анионоактивных и неионогенных). Применяют концентрации до 7%. Цетил пальмитат, пальмитиновый эфир цетилового спирта – основной компонент спермацета (синтетический вариант). Обладает ранозаживляющим, смягчающим, противовоспалительным и охлаждающим действиями. Применяют концентрации до 5% [30-36]. Изучение их влияния на стабильность молочка в пределах для (МГД) 1-7%. и (ЦП) 0.5-4% показало, что при низких концентрациях порядка 1-2% для (МГД) и 1-1,4 для (ЦП) не удается добиться стабильности разбавленных эмульсионных систем. Также увеличение количества каждого из компонентов в отдельности не приводит к положительному результату. Увеличение в смеси (МГД) выше 3%, а (ЦП) выше 2,3-2,5% приводит к получению кремов более густой консистенции. Очевидно, оптимальная концентрация (МГД) 2,5-2,6%, а (ЦП)

1,8-2%. Для предотвращения процессов седиментации, коалесценции и коагуляции, а также преобразования фаз, использована смесь эмульгаторов разного химического состава- воск эмульсионный (ВЭ) – хостоцерин DGI (X) [37-43]. Использование их в комплексе было обусловлено тем, что (ВЭ) неионогенный эмульгатор, состоит из смеси солей эфиров фосфорной кислоты с высшими жирными спиртами. Фосфорная группа в составе эмульсионного воска делает его похожим на лецитин, который является одной из составляющих кожного жира. Эмульсионный воск сочетается с различными косметическими и фармацевтическими компонентами, а также устойчив в кислой среде, которую намеренно создают в эмульсиях для жирной кожи и кожи с акне. (X) является структурообразующим эмульгатором, эфир жирной полиглицериновой кислоты с добавлением стабилизаторов и восков. Последний предотвращает потерю воды, не оставляет ощущения жирности на коже.

Изучение влияния их на качество молочка изучалось при варировании концентраций в пределах (ВЭ) 1-5%, ( X) 1-3%, т.е. обычно рекомендуемых пределах. Изменение концентраций (ВЭ) показало, что 1-3% его количества обладает достаточно слабой эмульгирующей способностью, которая достигается только при 4% концентрации. Структурообразующие свойства (X) начинают проявляться при его содержании на уровне 2%, наиболее явный эффект эмульгирования достигается при содержании (ВЭ) 2.5-4% в сочетании с 2-2,5% ( X). В рецептуре косметического молочка в качестве жировой основы, обеспечивающей впитывающий и смягчающий эффект, использован липофильный экстракт из лечебной грязи Кумиси маслом парфюмерным[44] в сочетании с глицерином и стеарином косметическим. По данным УФ-спектроскопии и тонкослойной хроматографии экстракт содержит каротиноиды и хлорофиллы. В качестве водной фазы использована вода дистиллированная в смеси с водно- солевым экстрактом из той же лечебной грязи. В подобранных сочетаниях обеспечен стабильный гидрофильно-липофильный баланс, что также обеспечивает стабильность эмульсии.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Кутц Г. Косметические кремы и эмульсии: состав, получение, методы испытаний. М.: Косметика и медицина, 2004. – 267с.
2. Aronson M.P. The Role of Free Surfactant in Destabilizing Oil-in-Water Emulsions // *Langmuir* 1989, 5, 494-501.
3. Monica A. James-Smith, Kile Alford, Dinesh O. Shah A novel method to quantify the amount of surfactant at the oil/water interface and to determine total interfacial area of emulsions // *Journal of Colloid and Interface Science* 310 (2007), 590–598.
4. Ichikawa T., Dohda T., Nalajima Y. Stability of oil-in-water emulsion with mobile surface charge. *Colloids and Surfaces*, 2006, № 279, p. 128 – 141.
5. Boris Niraula, Tan Cok King, Tham Kok Chun, Misni Misran. Rheology properties of glucopyranoside stabilized oil–water emulsions: effect of alkyl chain length and bulk concentration of the surfactant // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 251 (2004) 117–132.
6. Serge Laplante, Sylvie L. Turgeon, Paul Paquin Effect of pH, ionic strength, and composition on emulsion stabilizing properties of chitosan in a model system containing whey protein isolate // *Food Hydrocolloids* 19 (2005) 721–729.
7. О.А. Соболева, М.В. Кривобокова. Смешанные мицеллы и адсорбционные слои неионогенного поверхностно-активного вещества с катионным (мономерным и димерным) // *Вестн. Моск. Ун-Та. Сер. 2. Химия*. 2004. Т. 45. № 5, 344-349.
8. Suwimon Ariyaprakai, Stephanie R. Dungan Solubilization in monodisperse emulsions // *Journal of Colloid and Interface Science* 314 (2007) ,673–682.
9. P. Izquierdo, J. Esquena, Th. F. Tadros, C. Dederen, M. J. Garcia, N. Azemar, C. Solans Formation and Stability of Nano-Emulsions Prepared Using the Phase Inversion Temperature Method // *Langmuir* 2002, 18, 26-30.
10. Tadros Th.F. *Emulsion Science and Technology* ISBN: 978-3-527-32525-2 Hardcover, 344 pages, March 2009.

11. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебник для вузов. М.: Альянс, 2004. - 464 с.
12. Tadros Th.F. Rheology of Dispersions / ISBN: 978-3-527-32003-5, Hardcover, 216 pages, 2010
13. Monique H. Vingerhods, Erika Silletti, Jolan de Groot, Raymond G. Schipper, George A. van Aken Relating the effect of saliva-induced emulsion flocculation on rheological properties and retention on the tongue surface with sensory perception// Food Hydrocolloids 23 (2009) 773–785.
14. Margaret M. Robins, Andrew D. Watson, Peter J. Wilde Emulsions -creaming and rheology // Current Opinion in Colloid & Interface Science 7 (2002) ,419-425.
15. German Urbina-Villalba, Maximo Garcia-Sucre Influence of surfactant distribution on the stability of oil/water emulsions towards flocculation and coalescence // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 190 (2001) ,111–116.
16. I. B. Ivanov, K. D. Danov, P. A. Kralchevsky Flocculation and coalescence of micron-size emulsion droplets // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 152 (1999) 161–182.
17. S. Sajjadi, M. Zerfa, B.W. Brooks Phase inversion in p-xylene/water emulsions with the non-ionic surfactant pair sorbitan monolaurate/polyoxyethylene sorbitan monolaurate (Span 20/Tween 20) // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 218 (2003) 241-254.
18. Tadros Th.F. Applied Surfactants: Principles and Applications / Wiley-VCH, 2005, Pages: 634, ISBN: 3527306293.
19. T. Ichikawa, T. Dohda, Y. Nakajima Stability of oil-in-water emulsion with mobile surface charge // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 279 (2006) ,128–141.
20. F. Bouchama, G.A. van Aken, A.J.E. Autin, G.J.M. Koper On the mechanism of catastrophic phase inversion in emulsions // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 231 (2003) 11–17.
21. Самуйлова Л., Пучкова Т. Косметическая химия в 2 ч. Часть 1. Ингредиенты. М.: Школа косметических химиков, 2005. – 336 с
22. Андреева С.В. Использование вспомогательных веществ в современных косметических средствах по уходу за кожей. Провизор, 2002, 11, 23-26.
23. Junji Fukushima, Haruki Tatsuta, Naruya Ishii, Jingyuan Chen, Toyohiko Nishiumi, Koichi Aoki Possibility of coalescence of water droplets in W/O emulsions by means of surface processes // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 333 (2009) 53–58.
24. Улитин М.В., Филиппов Д.В., Лукин М.В. Физико-химические свойства, устойчивость и коагуляция лиофобных дисперсных систем: И., 2007. – 108 с.
25. G.Urbina-Villalba, M. Garcia-Sucre Brownian Dynamics Simulation of Emulsion Stability // Langmuir 2000, 16, 7975-7985.
26. McClements, D. J. Food Emulsions. Principles, Practices, and Techniques; Chapter 4, 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, 2005.
27. N.A. Mishchuk, A. Sanfeld, A. Steinchen Interparticle interactions in concentrate water–oil emulsions // Advances in Colloid and Interface Science 112 ,2004, 129– 157.
28. Ichikawa T., Dohda T., Nalajima Y. Stability of oil-in-water emulsion with mobile surface charge. Colloids and Surfaces, 2006, № 279, p. 128 – 141.
29. Silletti, E., Vingerhods, M. H., Norde, W., & Van Aken, G. A. (2007). The role of electrostatics in saliva-induced emulsion flocculation. Food Hydrocolloids, 21(4), 596–606.
30. Моноглицериды дистиллированные. [cosmetikamoya.ru/.../monoglitseridyi-distillirovannyie...](http://cosmetikamoya.ru/.../monoglitseridyi-distillirovannyie...) 555
31. RU (11) 2032398 (13) C1 ) Косметический крем. Асафов А.В.; Аносова И.Г.; Безюлев В.В.; Зобова О.Б.; Казарова И.Л.; Королева Н.Б.; 1995.04.10
32. Косметические средства | Kursak.NET. [kursak.net/kosmeticheskie-sredstva/](http://kursak.net/kosmeticheskie-sredstva/)
33. Живая косметика Сибири. Крем защитный для ... [ecogorodok.ru/product\\_info.php/cPath/0.../162](http://ecogorodok.ru/product_info.php/cPath/0.../162)
34. Косметические растительные ингредиенты от А до Я. – Форум ... [forum.aroma-vita.com.ua/index.php?showtopic=569](http://forum.aroma-vita.com.ua/index.php?showtopic=569)
35. Цетил пальмитат – это пальмитиновый эфир цетилового ... [www.maslolen.ru/terms/cetyl\\_palmitate/](http://www.maslolen.ru/terms/cetyl_palmitate/)
36. Теана Пятый элемент увлажняющий ... - Neven.ru [www.neven.ru](http://www.neven.ru) ›
37. Ингредиенты — Воск эмульсионный - Банк Красоты [bank-krasoty.ua](http://bank-krasoty.ua) › Ингредиенты
38. Эмульсионный воск Полавакс (Polawax) [soap-market.ru/.../emulgator-polawax-detail.html](http://soap-market.ru/.../emulgator-polawax-detail.html)
39. Косметические средства | Kursak.NET [kursak.net/kosmeticheskie-sredstva/](http://kursak.net/kosmeticheskie-sredstva/)
40. Детский крем - FindPatent.ru [www.findpatent.ru/patent/221/2216305.html](http://www.findpatent.ru/patent/221/2216305.html)

41. Королева М. Ю. Кинетика процессов и квазиравновесие в концентрированных обратных эмульсиях .Автореф. дисс. ....доктора хим. наук , М. 2011, 37с.
42. Эмульсионный воск (Polawax) – [Aromashka.ru](http://Aromashka.ru) [www.aromashka.ru](http://www.aromashka.ru) > ... > Эмульгаторы
43. Тимофеев В. А. Разработка рецептурного состава и совершенствование технологий, обеспечивающих создание инновационного косметического продукта Anti-Age направленности. автореф. дисс.... канд. техн.наук. М. 2013, 37с.
44. Карагулов Х. Г. Разработка малоотходной технологии лекарственных препаратов пелоидов Тамбуканского озера, их исследование и стандартизация. Автореф дис. ... канд. фарм. наук, 2003, Пятигорск, 32с.

### თხევადი კრემის (კოსმეტიკური რძის) რეცეპტურის შემუშავებასთან დაკავშირებული კონცეფციები

ხატუნა მიშელაშვილი, თამარ ცინცაძე, ლევან ხოსიტაშვილი\*, პავლე იავიჩი\*\*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

\*შპს „პიგმენტი“

\*\*თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის იოველ ქუთათელაძის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტი

#### რეზიუმე

თხევადი კრემების (კოსმეტიკური რძის) რეცეპტურის შექმნის ზოგადი კონცეფცია დღეისათვის ლიტერატურულ წყაროებში არ მოიპოვება. სარეკლამო პროსპექტებში მოცემულია სხვადასხვა ფირმის კოსმეტიკური რძის რეცეპტურები, მაგრამ, როგორც წესი, არ მჟღავნდება სრული შემადგენლობა, რომელიც საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნას სტაბილური კოლოიდური ემულსიური სისტემები. მცირერიცხოვანი პატენტები და სამეცნიერო პუბლიკაციები, როგორც წესი, შეიცავენ ნოუ-ჰაუს, რომლებიც არ გვაძლევენ საშუალებას მივიღოთ სრული ინფორმაცია. ნაშრომში მოყვანილია მონაცემები კოსმეტიკური რძის მისაღებად, რომელსაც ფართო გამოყენება აქვს როგორც კოსმეტიკურ საშუალებას.

### ON THE QUESTION OF THE CONCEPT OF DEVELOPMENT OF LIQUID FORMULATIONS OF CREAMS (COSMETIC MILK)

Kh.T.Mishelashvili, T.G.Tsintsadze, L.V.Khositashvili\*, P.A.Iavich\*\*

Georgian Technical University

\*"Pigment" Ltd

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

#### SUMMARY

The general concept of the creation of liquid formulations of creams (cosmetic milk) to date in the literature is absent. The brochures are compounding cosmetic milk recipes of different companies, however, usually they do not reveal the full composition that allows them to obtain colloid emulsion systems, stable in time. A few patents and scientific publications, as a rule, contain know-how, which do not let to get a full information. The article provides data allowing to obtain milky lotion, using substances, common in cosmetics.

## ელისაბედ ბენაშვილი (1915-2015 წ.წ.)



2015 წლის 10 დეკემბერს შესრულდა 100 წელი მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწის, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორის, პროფესორის, პ. მელიქიშვილის სახელობის პრემიის ლაურეატის, ღირსების ორდენის კავალერის ელისაბედ ბენაშვილის დაბადებიდან.

ქალბატონი ელისაბედ ბენაშვილი დაიბადა ჭეშმარიტი ქართველი ინტელიგენტების ოჯახში. მამამისი, მიხეილ ბენაშვილი გახლდათ ცნობილი ინჟინერი, რომლის სახელსაც უკავშირდება ბაქო-ბათუმის ნავთობსადენის მშენებლობის წარმოება. მის აღზრდასა და პიროვნულ ჩამოყალიბებაზე დიდი გავლენა იქონიეს მამიდამ, ნინო ბენაშვილმა და მისმა მეუღლემ, გამოჩენილმა ქართველმა მწერალმა ვასილ ბარნოვმა, რომელთა ოჯახში თავს იყრიდნენ იმ დროისთვის ცნობილი პიროვნებები და გოგონას მათ წრეში ხშირად უხდებოდა ყოფნა. მომავალი პროფესიის არჩევაში კი გარკვეული როლი ითამაშა ბიძამ,

თბილისის უნივერსიტეტის ერთ-ერთმა დამაარსებელმა, თვალსაჩინო მეცნიერმა, ასტრონომიისა და გეოდეზიის პროფესორმა ანდრია ბენაშვილმა, რომელიც იმ პერიოდში პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში (მაშინდელ ინდუსტრიულ ინსტიტუტში) მოღვაწეობდა.

ელისაბედ ბენაშვილმა მიიღო კლასიკური განათლება. საშუალო სკოლაში სწავლების პარალელურად დაამთავრა მაშინდელი სახელმწიფო მუსიკალური სასწავლებელი, სრულყოფილად ისწავლა რუსული და გერმანული ენები. 1934 წელს ელისაბედ ბენაშვილმა წარჩინებით დაამთავრა სკოლა და იმავე წელს გახდა საქართველოს ინდუსტრიული ინსტიტუტის ქიმიურ-ტექნოლოგიური ფაკულტეტის სტუდენტი. იგი ინსტიტუტს ასევე წარჩინებით ამთავრებს და 1940 წლიდან ორგანული სინთეზის დარგში ასპირანტურის კურსის გავლას იწყებს საკავშირო მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის ალექსანდრე პეტროვის ხელმძღვანელობით. მეორე მსოფლიო ომმა გარკვეულად შეაფერხა სამეცნიერო კონტაქტები თბილისსა და მოსკოვს შორის და 1943 წლიდან ელისაბედ ბენაშვილი საკანდიდატო დისერტაციის თემაზე მუშაობას აგრძელებს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში (რომელსაც მაშინ ქიმიის ინსტიტუტი ეწოდებოდა), იმ დროისთვის ახლადშექმნილი ნავთობის ქიმიის ლაბორატორიაში ლაბორატორიის გამგის, შემდგომში აკადემიკოს ქრისტეფორე არეშიძის უშუალო ხელმძღვანელობით. დისერტაციის წარმატებით დაცვის შემდეგ ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი ელისაბედ ბენაშვილი ამავე ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი ხდება.

იგი არის თვალსაჩინო და გამორჩეული ქიმიკოსი, რომელმაც გასული საუკუნის 40-იანი წლებიდან დაიწყო სისტემატური კვლევა ნავთობქიმიური სინთეზისა და ნავთობის ქიმიის დარგში:

ქიმიის აქტუალურ საკითხებს ეძღვნებოდა მეცნიერი ქალბატონის სადოქტორო დისერტაცია, კერძოდ, ნავთობის ნახშირწყალბადების ადსორბციულ დაყოფას და მათი თერმული და კატალიზური გარდაქმნის შესწავლას, ახალი ადსორბენტების და კატალიზატორების შემუშავებას. მნიშვნელოვანია მისი წვლილი სინთეზური და ბუნებრივი ცეოლითების

კომპლექსური შესწავლის სფეროში, ამ იაფი ნედლეულის ნავთობქიმიურ პროცესებში გამოყენებისა და მათ საფუძველზე ახალი ადსორბენტებისა და კატალიზატორების შექმნის მიმართულებით. ამ უმნიშვნელოვანესი კვლევის შემდგომი მეცნიერული შესწავლისათვის საჭირო გახდა ახალი სპეციალური პროფილის, თხევადი საწვავის ქიმიის ლაბორატორიის შექმნა, რომელიც ორგანიზებული იყო 1975 წელს და ხელმძღვანელად ელისაბედ ბენაშვილი დაინიშნა.

ფუნდამენტურ კვლევებს მეცნიერი შესანიშნავად უხამებდა სახალხო მეურნეობისათვის მნიშვნელოვან პრაქტიკული ხასიათის სამუშაოებს. ამ მიზნით მას მჭიდრო ურთიერთობა ჰქონდა ბათუმის ნავთობგადამამუშავებელ ქარხანასთან. იგი ქარხნის მეცნიერ-კონსულტანტი გახლდათ.

უაღრესად საგულისხმოა ელისაბედ ბენაშვილის გამოკვლევები, რომლებიც გოგირდისა და მისი ნაერთებისაგან ნავთობის გასუფთავების პრობლემას ეხება. ეს საკითხები დღესაც აქტუალურია აღნიშნული ნედლეულის გადაამუშავებისათვის, რადგან გოგირდშემცველი ნავთობი დაბალხარისხოვანია, როგორც გადამამუშავების, ისე მაღალხარისხოვანი პროდუქტების მიღების თვალსაზრისით. მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ აღნიშნული მეთოდის საფუძველზე შექმნილია უნარჩუნო ტექნოლოგია, რომელიც თავის მხრივ, გარემოს გაჭუჭყიანებისაგან იცავს.

1983 წელს ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორ ელისაბედ ბენაშვილს მიენიჭა საქართველოს მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწის წოდება. იგი 200-ზე მეტი სამეცნიერო შრომის, არაერთი გამოგონების და რამდენიმე მონოგრაფიის ავტორია. მონოგრაფიისთვის “ნავთობის ნახშირწყალბადების და ჰეტეროატომური ნაერთების დაყოფა” იგი დაჯილდოებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პეტრე მელიქიშვილის სახელობის პრემიით. ასევე მიღებული ჰქონდა ღირსების ორდენი.

ელისაბედ ბენაშვილის შრომებმა ფართო გამოხმაურება ჰპოვა ყოფილ საბჭოთა კავშირსა და საზღვარგარეთის მთელ რიგ ქვეყნებში: აშშ, უნგრეთი, გერმანია, პოლონეთი, ჩეხოსლოვაკია, ბულგარეთი. მას ხშირად იწვევდნენ უცხოეთში სამეცნიერო კონფერენციებსა და სიმპოზიუმებზე. მეგობრული დამოკიდებულება ჰქონდა სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერებთან, კოლეგებთან, რაც კიდევ ერთხელ ხაზს უსვამს მის პიროვნულ ღირსებებს. დაუღალავ, ფართო სამეცნიერო-კვლევით მუშაობასთან ერთად ქალბატონი ელისაბედი ნაყოფიერად ემსახურებოდა ახალგაზრდა, მაღალკვალიფიციური კადრების აღზრდის საქმეს. იგი კითხულობდა ნავთობის ქიმიის კურსს ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში, მეცნიერულ ხელმძღვანელობას უწევდა ასპირანტებს და მაძიებლებს, გულისხმიერებით ეკიდებოდა ცოდნის გაღრმავების სურვილის მქონე ყველა ახალგაზრდას და უანგარო, ენერგიულ დახმარებას უწევდა მათ.

პროფესორი ელისაბედ ბენაშვილი წლების განმავლობაში იყო თსუ-ს და საქართველოს მეცნიერების აკადემიის პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის სამეცნიერო ხარისხების მიმნიჭებელი საკვალიფიკაციო საბჭოს წევრი, სსრკ მეცნიერების აკადემიის ნავთობქიმიის სამეცნიერო საბჭოს საქართველოს სექციის თავმჯდომარის მოადგილე, სსრკ მეცნიერების აკადემიის კატალიზის სამეცნიერო საბჭოს საქართველოს სექციის წევრი, საქართველოს საზოგადოება “ცოდნის” გამგეობის წევრი, ამავე საზოგადოების მუდმივმოქმედი საკონკურსო კომისიის წევრი.

ქალბატონი ელისაბედი, როგორც უაღრესად განათლებული და ჭეშმარიტი ინტელიგენტი, გულისხმიერი და კეთილმოსურნე პიროვნება დიდი პატივისცემით და გულწრფელი სიყვარულით სარგებლობდა თავისი კოლეგების, მრავალრიცხოვანი აღზრდილების და მეგობრების წრეში. ამასთან ერთად იგი სამაგალითო მეუღლე, დედა და მზრუნველი ბებია გახლდათ. ქალბატონ ელისაბედის მეუღლე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწე პეტრე ცისკარიშვილი საქართველოს ნახშირების ქიმიის მამამთავარი გახლდათ.

მათ ჰყავთ 2 შვილი, 3 შვილიშვილი და 4 შვილთაშვილი. ოჯახში ქიმიკოსთა ტრადიციები გრძელდება.

ქალბატონმა ელისაბედმა 88 წელი იცოცხლა და ასაკის მიუხედავად არ დაუკარგავს სიცოცხლის ხალისი, ნათელი გონება და აქტიური საზოგადოებრივი ინტერესი. მან დამსახურებულად მოიპოვა მეგობრებისა და კოლეგების, მრავალრიცხოვანი აღზრდილების სიყვარული და დაფასება, მოიპოო ის, რასაც ხანგრძლივი ცხოვრების მანძილზე ყოველდღიური სიყვარულით, კეთილგანწყობით და დიდი ადამიანური გულისხმიერებით ქმნიდა.

იგი დაკრძალულია საბურთალოს საზოგადო მოღვაწეთა პანთეონში.

## ЕЛИЗАВЕТА МИХАЙЛОВНА БЕНАШВИЛИ

Посвящается памяти заслуженного деятеля науки, доктора химических наук, профессора, лауреата премии им. П.Г.Меликишвили, кавалера Ордена Чести, Елизаветы Михайловны Бенашвили (1915-2015), которой 10 декабря 2015 года исполнилось бы 100 лет.

## ELIZABETH BENASHVILI

In memory of the Honored Scholar, Doctor of Chemical Sciences, Laureate of the Petre Melikishvili prize, Holder of the Order of Honor, Professor Elizabeth Benashvili (1915-2015). On December 10, 2015 would be 100 anniversary has been celebrated.

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის  
ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიების განყოფილება

ი.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ჟურნალი  
„მაცნე“, ქიმიის სერიის სარედაქციო კოლეგია

## 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 პასუხისმგებელ მდივანთან, ავტორებმა ტექსტი უნდა წარმოადგინონ ელექტრონულ ფორმაში, Microsoft Word 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 რეფერატულ ჟურნალში (ქართულ და ინგლისურ ენებზე) სტატიის რეფერირებისათვის ავტორი ვალდებულია გაითვალისწინოს შინაარსობრივი რეზიუმეების 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 Microsoft Word 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.

## 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 Microsoft Word (\*.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.