

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები

363

ქ ი მ ი ა

**Proceedings
of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University**

363

CHEMISTRY

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები

363

*ედვინება საქართველოში ბიოორგანული და
ნახშირწყლების ქიმიის ერთ-ერთი ფუძემდებლის,
აკაკი გახოკიძის დაბადებიდან 100 წლისთავს*

ქიმიკა



**თბილისის
უნივერსიტეტის
გამომცემლობა**

სარედაქციო კოლეგია:

ნ. ლეკიშვილი (რედაქტორი),

მ. გვერდნითელი (რედაქტორის მოადგილე),
ე. ბუაძე, ვ. ბროსტოუ (აშშ), რ. გახოკიძე, რ. გოცირიძე,
ს. დავთიანი (სომხეთი), გ. ზაიკოვი (რუსეთი), ე. ელიზბარაშვილი,
უ. კაცმაიერი (გერმანია), რ. კუბლაშვილი, ო. მუკბანიანი,
ა. ფაინლეიბი (უკრაინა), ზ. ფაჩულია, შ. სამსონია,
მ. სიხარულიძე, ნ. თაყაიშვილი, გ. სუპატაშვილი,
მ. ცინცაძე, ა. ხიმენესი (ესპანეთი), ბ. ჭანკვეტაძე,
თ. ლობჯანიძე (პასუხისმგებელი მდივანი),
ხ. ბარბაქაძე (მდივანი)

Editorial Bord:

N. Lekishvili (Editor),

M. Gverdtsiteli (Associative Editor),

E. Buadze, R. Gakhokidze, R. Gotsiridze, B. Chankvetadze,
S. Davtyan (Armenia), E. Elizbarashvili, A. Jimenez (Spain),
A. Fainleib (Ukraine), U. Kazmaier (Germany), O. Mukbaniani,
Z. Pachulia, Sh. Samsoniya, N. Takaishvili, M. Sikharulidze,
G. Supatashvili, M. Tsintsadze, G. Zaikov (Russia),
T. Lobzhanidze (Executive secretary),
Kh. Barbakadze (Secretary)

შინაარსი

არაორგანული და მეტალორგანული ქიმია

მ. რუსია, ნ. რობაქიძე, ლ. არაბული,

მ. კიკალიშვილი, ი. დიდბარიძე, რ. გიგაური[†]

ოთხჩანაცვლებული არსონიუმის შემცველი კადმიუმის და

ვერცხლისწყლის(II) ფსევდოჰალოგენიდური აციდოკომპლექსი 9

მ. რუსია, მ. ჭაბუკიანი, რუს. გიგაური, მ. სამხარაძე,

ზ. მაჩაიძე, ბ. ფიჩხაია, რ. გიგაური[†]

დ-მეტალთა მონოსელენოარსენატების (V) კოორდინაციული

ნაერთების მიღების შესაძლებლობა პირიდინთან 19

ლ. არაბული, ნ. ლეკიშვილი, ქ. გიორგაძე, კ. სულაბერიძე, რ. გიგაური[†]

იოდმეთილენტრიალკილ(არილ)არსონიუმის იოდიდების კობალტის(II)

ციანატთან და მანგანუმის(II) თიოციანატთან ურთიერთქმედების

პროდუქტები 25

ნ. ლეკიშვილი, ზ. ფაჩულია, ხ. ბარბაქაძე, ქ. გიორგაძე, გ. ცინცაძე

ადამანტან-1-კარბონმჟავას ჰიდრაზიდის და აცეტონის 1-ადამანტოილ

ჰიდრაზონის, როგორც d-მეტალების კოორდინაციული ნაერთების

ლიგანდების კვანტურ-ქიმიური გამოკვლევა 33

ანალიზური და გარემოს ქიმია

გ. ჩახაია, რ. დიაკონიძე, თ. სუპატაშვილი, ფ. ლორთქიფანიძე, ნ. ლაბარტყავა

ტრანსკავკასიური სატრანსპორტო დერეფნების ეკოლოგიური

მდგომარეობის შეფასება საქართველოს ნიფა-ხარაგაულის

სარკინიგზო გზის მონაკვეთის მაგალითზე 44

გამოყენებითი ქიმია

ე. ლეკვიშვილი, ნ. ლეკიშვილი, ხ. ბარბაქაძე

საქართველოს ნავთობების მაღალმდულარე არომატული

ნახშირწყალბადები და მათი გამოყენების პერსპექტივები 53

მეცნიერება — წარმოებას

რ. გოცირიძე, ნ. ლეკიშვილი, ნ. მხეიძე, ს. მხეიძე, მ. ფიფაიშვილი

ფთოროპლასტის საფუძველზე დამზადებული მემბრანების

გამოყენება სასმელი წყლის ფილტრაციისთვის 62

ქიმიის ისტორია

რ. გიგაური, მ. რუსია, კ. რუხაია

ქიმიურ ელემენტთა ქართული სახელწოდებები

და მათი გავრცელება სხვა ხალხთა ენებში 68

პერსონალია

რ. სხილაძე, თ. ნივნივაძე, ბ. ფიჩხაია

ქართული ქიმიის კლასიკოსი 82

CONTENTS

INORGANIC AND METALORGANIC CHEMISTRY

- M. Rusia, N. Robakidze, L. Arabuli, M. Kikalishvili, I. Didbaridze, R. Gigauri[†]**
Quaternary Arsonium-containing Pseudohalide Acidocomplexes of Cadmium and Mercury (II) 9
- M. Rusia, M. Chabukiani, Rus. Gigauri, M. Samkharadze, I. Didbaridze, B. Pichkhaia, R. Gigauri[†]**
Synthesis of d-metal Monoselenoarsenates with Pyridine and its Study 19
- L. Arabuli, N. Lekishvili, M. Rusia, K. Giorgadze, K. Sulaberidze, R. Gigauri[†]**
Products of Interaction between Iodmethylenetrialkyl(aryl)Arsonium Iodides with Cobalt(II) Cyanate and Manganese(II) Thiocyanate 25
- N. Lekishvili, Z. Pachulia, Kh. Barbakadze, K. Giorgadze, G. Tsintsadze**
Quantum-chemical Investigation of Adamantane-1-carbonic Acid Hydrazide and 1-Adamantol Hydrazone of Acetone as Ligands of Coordination Compounds of d-Metals 33

ANALYTICAL AND ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

- G. Chakhaia, R. Diakonidze, T. Supatashvili, F. Lortkipanidze, N. Labartkava**
Estimation of the Ecological Condition of “Traseka” Transport Corridors on the Example of Tsipa-Kharagauli Section of the Trunk Railway of Georgia 44

APPLIED CHEMISTRY

- E. Lekveishvili, N. Lekishvili and Kh. Barbakadze**
High-Boiling Aromatic Hydrocarbons of Georgia Petroleum and the Perspective of their Application 53

SCIENCE FOR INDUSTRY

- R. Gotsiridze, N. Lekishvili, S. Mkheidze, N. Mkheidze, M. Pipaishvili**
The Use of Membranes Based on Fluorocarbon Polymer for the Purification of Drinking Water 62

THE HISTORY OF CHEMISTRY

R. Gigauri, M. Rusia, K. Rukhaia 68

PERSONAL

R. Skhiladze, T. Tsivtsivadze, B. Pichkhaia

A Classic of Georgian Chemistry 82

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები
Proceedings of Ivane Javakhishvili
Tbilisi State University
363, 2010

არაორგანული და მეტალორგანული ქიმია

ოთხნადაცვლადი არსონიუმის შემცველი კადმიუმის
და ვერცხლისწყლის(II) ფსევდოჰალოგენიდური აციდოკომპლექსი

მ. რუსია¹, ნ. რობაქიძე¹, ლ. არაბული¹, მ. კიკალიშვილი², ი. დიდბარიძე², რ. გიგაური¹
¹ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
²ქუთაისის ა. წერეთლის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

უკანასკნელ წლებში ფსევდოჰალოგენიდების ქიმია ინტენსიურად ვითარდება. მიზეზი უნდა ვეძებოთ იმაში, რომ ისინი წარმოქმნიან თითქმის ყველა ელემენტთან ქიმიურ ნაერთებს სხვადასხვა აღნაგობით. უფრო მეტიც, ერთი და იგივე ქიმიურ შედგენილობას ხშირად განსხვავებული აღნაგობა შეესაბამება, რაც ასახვას ჰპოვებს განსხვავებულ ბიოლოგიურ აქტივობაში. მეორე მხრივ, დადგენილია უაღრესად დიდი პერსპექტივა მეტალთა ფსევდოჰალოგენიდების გამოყენებისა ფერად მეტალურგიაში, გალვანოტექნიკაში, ელემენტ-ანალოგების ერთმანეთისაგან დაცილების საქმეში და, რაც არანაკლებ მნიშვნელოვანია, ახალი სინთეზური მასალის წარმოებაში.

ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ d^{10} -მეტალებში, მათ შორის, ცხადია, კადმიუმი და ვერცხლისწყალიც(II), იძლევიან მეტად მრავალფეროვანი აღნაგობის ფსევდოჰალოგენიდურ აციდოკომპლექსებს. ასე, მაგალითად, ვერცხლისწყლის(II) ციანიდური კომპლექსების წყალხსნარში გამოვლენილია $Hg[CH]_2$, $[Hg(CN)_3]^-$ და $[Hg(CN)_4]^{2-}$ არსებობა [1]. ციანიდური ნაერთების დაბალი კონცენტრაციებისას, როგორც ირკვევა [2], მოსალოდნელია აგრეთვე $[Hg_2(CN)]^{3+}$, $[Hg_3(CN)_2]^{4+}$ და $[HgOH(CN)]$ ტიპის კომპლექსური ნაერთების არსებობა. რაც შეეხება მაღალ კონცენტრაციებს (24-ჯერ მეტი რაოდენობით), ვარაუდობენ ასეთი კომპლექსური ანიონების არსებობასაც: $[Hg(CN)_5]^{3-}$, $[Hg(CN)_6]^{4-}$ და $[Hg(CN)_7]^{5-}$ [3].

ასეთივე მრავალფეროვნებით ხასიათდებიან კადმიუმის ციანიდური კომპლექსებიც. სახელდობრ, მათ ხსნარებში გამოვლენილია კომპლექსური ანიონები: $[CdCN]^+$, $[Cd(CN)_3]^-$, $[Cd(CN)_4]^{2-}$, $[Cd(CN)_5]^{3-}$ და $[Cd(CN)_6]^{4-}$ [3].

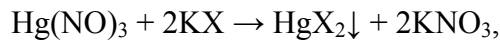
რაც შეეხება კადმიუმისა და ვერცხლისწყლის(II) როდანიდულ აციდოკომპლექსებს, ამ შემთხვევაში მკვლევართა უმეტესობა მიისწრაფვის როდანოჯგუფის კოორდინაციის დადგენისაკენ კომპლექსწარმომქმნელთან და არა ქიმიური ნაერთების

მრავალფეროვნების გამოვლენისაკენ. საქმე ის არის, რომ, როგორც ცნობილია [3], ზოგი მეტალის კატიონი SCდაჯგუფებას იერთებს აზოტის ატომის მეშვეობით; ზოგი – გოგირდისა, ხოლო ზოგჯერ კი ერთი და იგივე მეტალი ამ ჯგუფს იერთებს როგორც „ხისტი“ (N), ისე „რბილი“ ბოლოთი (S).

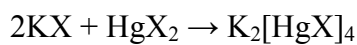
ამრიგად, ლიტერატურაში გვხვდება მეტად განსხვავებული მონაცემები, უფრო მეტიც, ხშირად ურთიერთგამომრიცხავი შედეგები, კადმიუმისა და ვერცხლისწყლის (II) ფსევდოჰალოგენიდური აციდოკომპლექსების შედგენილობისა და, განსაკუთრებით, აღნაგობის შესახებ. მხედველობაშია მისაღები, რომ ჩამოთვლილი ყველა ანიონის არსებობა დადგენილია მხოლოდ ხსნარებში კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით: პოტენციომეტრული, კალორიმეტრული, პოლაროგრაფიული, სპექტროფოტომეტრული, ხსნადობის მეთოდით; შესწავლილია I^{\ominus} და N^{\ominus} სპექტრებითა და მხოლოდ ცალკეულ წარმომადგენელთა ინდივიდუალურ მდგომარეობაში გამოყოფილი და შესწავლილი, ისიც მხოლოდ „მარტივი“ კატიონების შემცველი [4].

ვაგრძელებთ რა დარიშხანშემცველი კოორდინაციული ნაერთების სინთეზსა და გამოკვლევას [5, 6], ამჟამად მიზნად დავისახეთ – ქიმიურად სუფთა მდგომარეობაში მიგვეღო და შეგვესწავლა კადმიუმისა და ვერცხლისწყლის(II) ციანიდური და როდანიდული კომპლექსები დარიშხანშემცველი კატიონებით.

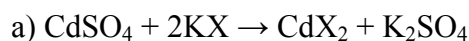
ვერცხლისწყლის(II) გამოსავალ ფსევდოჰალოგენიდებს ვიღებდით მიმოცვლითი რეაქციით [7].



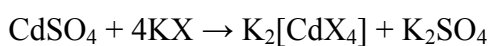
სადაც $\text{X} = \text{CN}$ ან SCN . ასეთნაირად მიღებულ ვერცხლისწყლის(II) ციანიდსა და როდანიდს ვხსნიდით ჭარბი კალიუმის შესაბამის ფსევდოჰალოგენიდში, იმ მოსაზრებით, რომ წასულიყო რეაქცია:



აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ, განსხვავებით ვერცხლისწყლის(II) ფსევდოჰალოგენიდებისაგან, კადმიუმის ფსევდოჰალოგენიდები ინდივიდუალურ მდგომარეობაში, როგორც ასეთი, არ მიგვიღია. ამ შემთხვევაში კადმიუმის სულფატის ხსნარს ემატებოდა კალიუმის ფსევდოჰალოგენიდი მოლური თანაფარდობით 1:4 (უკანასკნელი თეორიულთან შედარებით აღებულია “10%-ით მეტი), რომ წასულიყო რეაქცია:

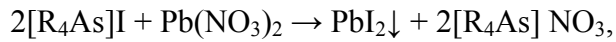


ან შეჯამებულად



პარალელურად ვამზადებდით ოთხჩანაცვლებული არსონიუმის ნიტრატების

სპირტ-წყალხსნარს, რომლებიც შემდეგი რეაქციის შედეგად წარმოიქმნებოდა:



სადაც R – ორგანული რადიკალია და იცვლება ფართო საზღვრებში.

როგორც გამოიჩვენა, არსონიუმის ნიტრატების (ინდივიდუალურ მდგომარეობაში გამოყოფის გარეშე) სპირტ-წყალხსნარების დამუშავებით ვერცხლისწყლისა(II) და კადმიუმის კომპლექსური მარილების ხსნარებით მაშინვე გამოიყოფა წყალში უხსნადი კრისტალური ნაერთები. ამ უკანასკნელთა ანალიზმა დაგვარწმუნა, რომ ისინი წარმოადგენენ ტრიფსევდოჰალოგენიდომერკურატებს(II) და ტეტრაფსევდოჰალოგენიდომერკურატებს შესაბამისი ოთხხანაცვლებული არსონიუმისა, რომელთა წარმოქმნა, როგორც ჩანს, უნდა აიხსნას შემდეგ რეაქციითა წარმართვით:



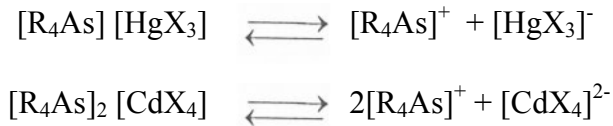
ამრიგად, თუმცა $[R_4As]NO_3$ და $K_2[HgX_4]$ სარეაქციოდ აიღებოდა მოლური თანაფარდობით 2 : 1, როგორც ამას ადგილი ჰქონდა კადმიუმის ტეტრაფსევდოჰალოგენიდური კომპლექსის დალექვისას, მიუხედავად ამისა, ნაცვლად მოსალოდნელი ტეტრაფსევდოჰალოგენიდომერკურატებისა(II) ადგილი აქვს ტრიფსევდოჰალოგენიდომერკურატების(II) დალექვას. მაშასადამე, ამ შემთხვევაში ვერცხლისწყლის(II) საკოორდინაციო რიცხვი შეადგენს 3-ს. ეს ფაქტი იმაზე მეტყველებს, რომ ვერცხლისწყლის(II) როდანიდისა და ციანიდის გახსნით ჯამში კალიუმის ფსევდოჰალოგენიდის შესაბამის ხსნარში არ წარმოიქმნებიან საერთოდ ტეტრაციანო- და ტეტრაროდანომერკურატები(II) ან, შესაძლოა არსონიუმის ნიტრატებით დამუშავებისას ადგილი აქვს გარდაქმნას თანახმად შემდეგი სქემისა:



იმდენად, რამდენადაც ვერცხლისწყლის(II) იოდიდისა და ქარბი კალიუმის იოდიდის ხსნარიდან არსონიუმის მარილები ლექავენ მხოლოდ ტრიოდომერკურატებს(II) [8], შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ გ(II) ჰალოგენიდურ და ფსევდოჰალოგენიდურ ხსნარებში, ყოველ შემთხვევაში ძირითადად, იმყოფება სამკოორდინირებულ მდგომარეობაში. სწორედ ამ უკანასკნელის დალექვის პროდუქტს წარმოადგენს სინთეზირებული არსონიუმის ტრიფსევდოჰალოგენიდომერკურატები(II). ასე, რომ (1) რეაქცია, როგორც ირკვევა, უფრო სააღბათოა (3) რეაქციასთან შედარებით.

აცვიდოკომპლექსების კოორდინაციული ფორმულები დადგენილ იქნა მოლური ელექტრული გამტარობითაც. ვინაიდან საკვლევი ნაერთები, როგორც აღინიშნა, არ იხსნებიან წყალში, მათი μ შესწავლილი იქნა ახლად გასუფთავებულ და დიმეთილფორფამიდის ხსნარებში. ამ გამოკვლევის შედეგები მოცემულია 1 და 2 ცხრილებში, საიდანაც ირკვევა, რომ მოლური ელგამტარობა ტრიციანო- და ტრი-

როდანიმერკურატებისა(II) მერყეობს საზღვრებში 62-88 ომი⁻¹ · სმ² · მოლი⁻¹, მაშინ, როდესაც შესაბამისი არსონიუმების ტეტრაფსევდოჰალოგენდომერკურატების(II) ელექტრული გამტარებლობა – 140 ÷ 150 ომი⁻¹სმ² მოლი⁻¹ ფარგლებში. ეს მონაცემები შესაძლებლობას იძლევა დავასკვნათ, რომ დიმეთილფორმამიდის ხსნარებში დასინთეზებული ნაერთები განიცდიან შემდეგი სახის ელექტროლიტურ დისოციაციას:



მამასადამე, პირველი ორიონიანი ელექტროლიტია, ხოლო კადმიატები – სამიონიანი.

ინ სპექტრების შესწავლით გამოკვლეული იქნა სინთეზირებულ კოორდინაციულ ნაერთთა სტრუქტურა. კოორდინირებულ CN-ჯგუფს, როგორც ცნობილია, აქვს ინ სპექტრებში სამი სისტემა შთანთქმისა: ზოლებს 1900-2250 სმ⁻¹ უბანში ჩვეულებრივად მიაკუთვნებენ CN ბმის ვალენტურ რხევებს, ხოლო დაბალსიხშირიანი ზოლები 600 სმ⁻¹ უბანამდე M-C ბმის ვალენტურ რხევებს -C=N და C-M-C დეფორმაციულ რხევებს. უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენ მიერ შესწავლილი კადმიუმისა და ვერცხლისწყლის(II) კოორდინაციული ნაერთების ინ სპექტრები ერთმანეთს დიდად ემსგავსებიან. ამიტომ საილუსტრაციოდ ნახ. 1-ზე მოტანილია ტრი-მ-ტოლილმეთილარსონიუმის ტრიციანომერკურატისა(II) (ა) და ტრიფენილმეთილარსონიუმის ტრიროდანიმერკურატის(II) (ბ) და ტეტრაროდანოკადმოატის(II) (გ) ინ სპექტრები. მიღებული ნაერთების ინ სპექტრებში შეინიშნება შთანთქმის ზოლები 430სმ⁻¹, 515 სმ⁻¹ უბნებში რაც, შესაბამისად, ν(MC) და δ(MCN) ახასიათებს. კავშირებს As-C_{არომ.} და As-C_{ალიფ.} შეესაბამებათ შთანთქმის ზოლები 525 და 640 სმ⁻¹ უბნებში. კოორდინირებული CN-ჯგუფის ν(CN) შეიმჩნევა 2160 სმ⁻¹ უბანში.

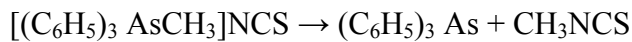
როდანიდული აციდოკომპლექსების ინ სპექტრების დეტალური განხილვა გვიჩვენებს, რომ (ნახ. 1) NCS-ჯგუფი იმყოფება კომპლექსის შიდა სფეროში და დაკავშირებულია ვერცხლისწყალთან და კადმიუმთან აზოტის ატომის მეშვეობით. მართლაც სიხშირეები ν(CN) ≈ 2080-2100 სმ⁻¹, ხოლო სიხშირეები ν(CS) = 770 – 800 სმ⁻¹. უნდა აღინიშნოს, რომ ოთხჩანაცვლებადი არსონიუმის ტრიტოდანიმერკურატების(II) სპექტრებში არსებობენ სინგლეტური შთანთქმის ზოლები, მაშინ, როდესაც შესაბამის არსონიუმის ტეტრაროდანოკადმოატების(II) ინ სპექტრებში შეიმჩნევა ν(CN) შთანთქმის ზოლების გახლეჩა ორ კომპონენტად, რაც, ალბათ, უნდა აიხსნას იზოთიოციანატოჯგუფების ურთიერთგანსხვავებული განლაგებით კადმოატებში(II).

ამრიგად, დასინთეზება როდანიონანრმების ინ სპექტრებიდან ირკვევა, რომ სი-

ნამდვილეში ისინი წარმოადგენენ ოთხჩანაცვლებულ არსონიუმების ტრიიზოთიოცი-
ანომერკურატებსა(II) და ტეტრაიზოთიოციანოკადმოატებს(II).

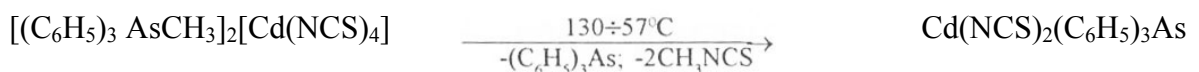
შევისწავლეთ დერივატოგრაფიული მეთოდით დასინთეზებულ ნაერთთა თერ-
მოლიზი. ნახ. 2-ზე ნიმუშის სახით მოტანილია ტრიფენილმეთილარსონიუმის ტეტრა-
იზოციანოკადმოატის თერმოგრაფიგრამა, საიდანაც ირკვევა, რომ 670⁰-მდე ნიმუშის
გახურებისას მიმდინარეობს მეტად საინტერესო პროცესები, რაც ცხადია, ახსნას სა-
ჭიროებს. მასის სწრაფი კლება იწყება თითქმის ნიმუშის დნობის ტემპერატურის შემ-
დეგ, სახელდობრ 130⁰-დან (კაპილარული მეთოდით – $t_{ღვ} = 116 - 117^{\circ}\text{C}$) და ინტენსიუ-
რად მიმდინარეობს 325⁰C-მდე. ამ ტემპერატურაზე მასის კლების სიჩქარე დიდად
მცირდება და 550⁰C-ზე ასეთი კლება შეადგენს 70%-ს.

არსონიუმის მარილების დაშლა, როგორც ცნობილია, ხდება, ძირითადად, 140-
200⁰C-ზე, დიფერენციულ-თერმული ანალიზის მრუდზე 130⁰C-დან 670⁰C-მდე შეიმ-
ჩნევა ერთი ენდოფექტი მაქსიმუმით 140⁰C და სამი ეგზოფექტი მაქსიმუმებით: 325,
550 და 590⁰C, თუმცა ამ უკანაკნელთა გამოვლენის ტემპერატურულ ინტერვალში მა-
სის მატებას ადგილი არ ჰქონია. იმის გამო, რომ არსონიუმის მარილები 140-150⁰C-
დან განიცდიან თერმულ დისოციაციას თანახმად ტოლობისა:

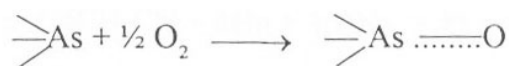


ხოლო მეთილის იზოთიოციანატის აორთქლების (მოცილების) ტემპერატურა გაცილ-
ებით დაბალია ტრიფენილარსინის დუღილის ტემპერატურაზე (300⁰C), ცხადია, პირ-
ველ რიგში მოსცილდება მეთილის ნანარმი, ხოლო შემდეგ – არსინი. ეს უკანასკნელი,
ისევე, როგორც ფოსფინი [9], ავლენს ლიგანდის თვისებებს, წარმოქმნის რა კოორდი-
ნაციულ ნაერთებს გარდამავალ მეტალთა იონებთან.

თუ ზემოთ ნათქვამს მხედველობაში მივიღებთ, 130⁰C-დან 570⁰C-მდე კომპლექ-
სური ნაერთის მოლეკულას ალბათ, სცილდება 1 მოლი არსინი (C₆H₅)₃-ს და 2 მოლი
მეთილროდანიდი, რაც თეორიულად შეადგენს 69.97%-ს. ფაქტობრივად კი აკლდება
70.0%, რაც კარგ თანხვედენაშია ექსპერიმენტთან. მაშასადამე, ტრიფენილმეთილარ-
სონიუმის ტეტრაიზოთიოციანოკადმოატის თერმოლიზი ასე წარმოგვიდგება:



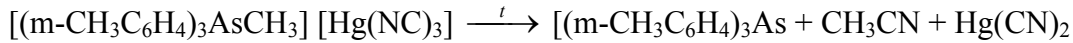
როგორც ვხედავთ, 550⁰C-მდე კადმიუმის როდანიდი იკავებს მხოლოდ ერთ მოლ
ტრიფენილარსინს. ტემპერატურის შემდგომი მომატებისას ხდება მასის მცირედი
მატება, რაც, ალბათ, უნდა აიხსნას დარიშხანის ნანილობრივი დაჟანგვით:



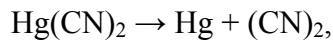
თუმცა გაუგებარია, რატომ არ ხდება ტემპერატურის შემდეგი მომატებისას მასის

კლება?

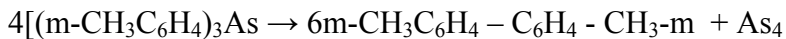
ფრიად საინტერესო სურათს იძლევა ტრი-მ-ტოლილმეთილარსონიუმის ტრიციანომერკურატის(II) თერმოლიზი. როგორც აღვნიშნეთ, არსონიუმის მარილის დაშლა იწყება 160°C-დან, ხოლო ვერცხლისწყლის ციანიდისა – 320°C-დან. თუ საერთო თვისებებს გავითვალისწინებთ არსონიუმის შემცველი კომპლექსური ნაერთებისა, ტრი-მ-ტოლილმეთილარსონიუმის ტრიციანომერკურატის(II) თერმოლიზი ყველაზე სააღბათოდ ასე უნდა წარმოგვედგინა:



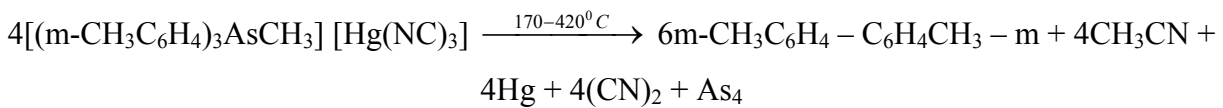
მაგრამ თერმოგრაფიგრაფიიდან (იხ. ნახ. 2) ირკვევა, რომ ნიმუშის წონის კლება იწყება 170°C-დან ტ_{დგ.}=141-142°C. ამ ინტერვალში DTA-ზე აშკარად შეიმჩნევა ენდოფექტი და სწრაფად მიმდინარეობს 310°C-მდე, შემდეგ სიჩქარე იკლებს და 600°C-მდე თითქმის არ იცვლება. მასის კლების მრუდის (თ) ასეთი სახე გვაფიქრებინებს, რომ შესწავლილი ნივთიერების თერმოლიზი სრულიად განსხვავებულად უნდა მიმდინარეობდეს სხვა არსონიუმის შემცველ კოორდინაციულ ნაერთებთან შედარებით. არ არის გამორიცხული, რომ აქ გავლენას ახდენს – 300°C-ზე ვერცხლისწყლის ციანიდის დაშლა თანახმად ტოლობისა:



ვერცხლისწყალი (ან დიციანი) კატალიზურ ზემოქმედებას ახდენს მესამადი არსინის დაშლაზე ელემენტური დარიშხანის წარმოქმნით:



თუ ამ მოსაზრებას მხედველობაში მივიღებთ, მაშინ ტრი-მ-ტოლილმეთილარსონიუმის ტრიციანომერკურატის თერმოლიზი ასე წარმოგვიდგება:



ბუნებრივია, არ არის გამორიცხული რომ დიციანი კი არ მოეხლიჩებოდეს საკვლევ ნივთიერებას, არამედ, მაგალითად, მისი მიერთების პროდუქტი მ-ტოლილის რადიკალთან:



ეს ფაქტი თერმოლიზის საერთო სურათს არსებითად არ ცვლის. მაშასადამე, 320°C-დან ნაშთში რჩება ელემენტური დარიშხანი, ამ ფაქტს ნათელყოფს წონის კლება, რაც პრაქტიკულად 87%-ს შეადგენს (თეორიულია 88.3%). გარდა ამისა, DTA-ზე აშკარად შეიმჩნევა ორი ეგზოფექტი მაქსიმუმებით 400°C და 480°C, რაც განპირობებული უნდა იყოს (ენდოფექტთან ერთად) ელემენტური დარიშხანის ალიტროპიული ცვლილებებით მასის კლების გარეშე.

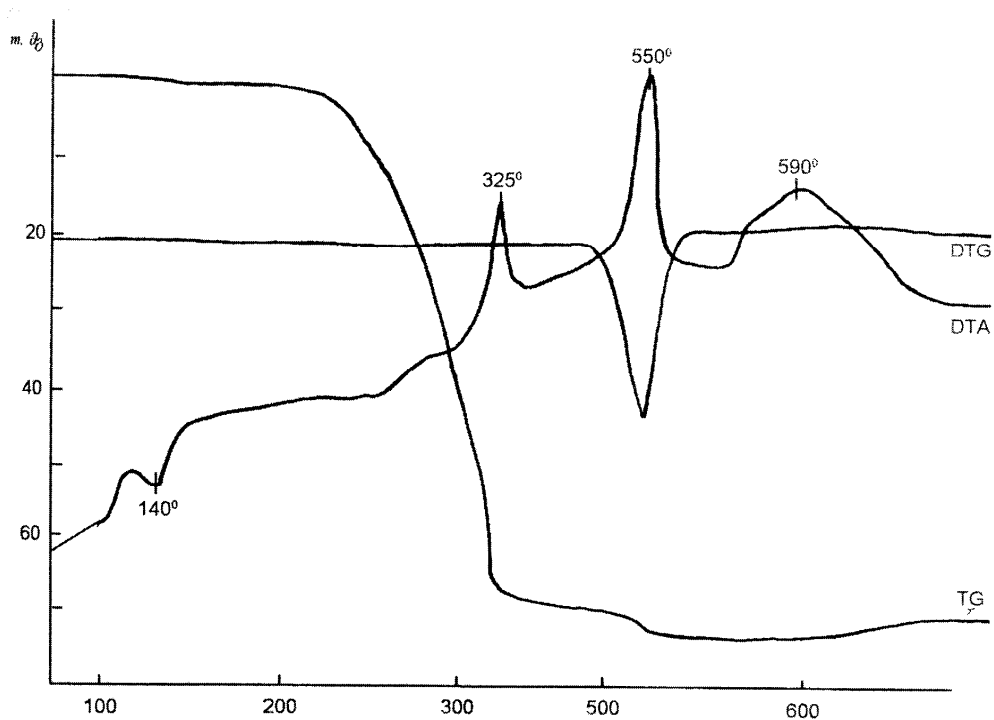
უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთივე სურათს იძლევა ტრიფენილმეთილარსონიუმის ტრიციანომერკურატის თერმოლიზიც. ამიტომ მისი დეტალური აღწერისაგან თავს ვიკავებთ. ერთი რამ კი ცხადია, იმდენად საინტერესოა არსონიუმის შემცველი ამ ნაერთების თერმული დაშლის ეს შედეგები, რომ ის შეიძლება გახდეს ცალკე კვლევის საგანი, ცხადია, სრულიად სხვა შედეგნილობის არსონიუმის მარილებზე. ეს კი დიდად სცილდება ჩვენი ნაშრომის მიზანდასახულობას.

დასინთეზებული $[Ar_2AsRR']_2[Cd(NCS)_4]$ -ის და $[Ar_2AsRR']_2[Hg(NCS)_4]$ -ის ზოგადი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები

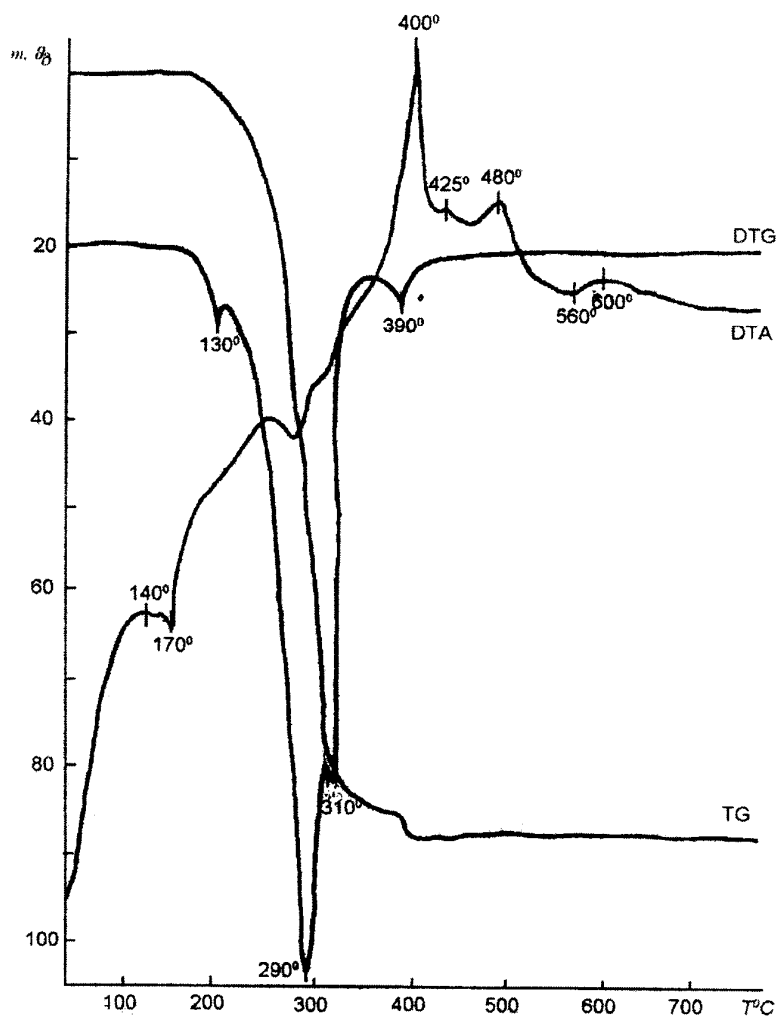
№	Ar	R	R	R	Me	დნობის t, °C	მოლური ელვამტარობა დიმეთილფორ- მამიდიში 25°C, ომი·სმ ² მოლი ⁻¹	ნაპოვნია, %			მრუტოფორმულა	გამოთვლილია, %		
								As	S	Me		As	S	Me
1	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	CH ₃	Cd	116-117	114.4	15.10	12.68	11.17	C ₄₂ H ₃₆ As ₂ CdN ₄ S ₄	15.21	12.98	12.36
2	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	CH ₂ =CH- CH ₂	Cd	104-105	111.5	14.24	12.22	10.34	C ₄₆ H ₄₀ As ₂ CdN ₄ S ₄	14.45	2.33	10.79
3	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	C ₂ H ₅	Cd	128-129	110.7	14.67	12.50	10.89	C ₄₄ H ₄₅ As ₂ CdN ₄ S ₄	14.79	12.62	11.05
4	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	CH ₃	Hg	180-181	67.8	10.66	13.60	28.76	C ₂₂ H ₁₈ AsHgN ₃ S ₃	10.78	13.79	28.88
5	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	CH ₂ =CH- CH ₂	Hg	175-176	68.4	10.21	13.25	27.63	C ₂₄ H ₂₀ AsHgN ₃ S ₃	10.39	13.29	27.84
6	m-CH ₃ -C ₆ H ₄	m-CH ₃ -C ₆ H ₄	m-CH ₃ -C ₆ H ₄	CH ₃	Hg	170-171	70.6	10.11	12.88	27.12	C ₂₅ H ₂₄ AsHgN ₃ S ₃	10.16	13.00	27.24

დასინთეზებული $[Ar_2AsRR']_2[Cd(NCS)_4]$ -ის და $[Ar_2AsRR']_2[Hg(NCS)_4]$ -ის სოკერითი ფიზიკურ-ქიმიური კონსტანტა

	Ar	R	R	Me	დნობის $t, ^\circ C$	მოლური ელვამტარობა დიმეტილფორმამიდიში $25^\circ C, \text{ omi}^{-1} \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{moli}^{-1}$	ნაპოვნია, %		ბრუტოფორმულა	გამოთვლილია, %	
							As	Me		As	Me
1	C_6H_5	C_6H_5	$CH_2=CH-CH_2$	Cd	111-112	111.5	16.22	12.26	$C_{46}H_{40}As_2CdN_4$	16.48	12.31
2	C_6H_5	C_6H_5	CH_3	Cd	120-121	120-121	17.36	12.98	$C_{42}H_{36}As_2CdN_4$	17.48	13.05
3	m- $CH_3C_6H_4$	m- $CH_3C_6H_4$	CH_3	Cd	144-145	144-145	15.88	11.57	$C_{48}H_{48}As_2CdN_4$	15.92	11.89
4	C_6H_5	CH_3	izo- C_3H_7	Hg	172-173	172-173	13.10	35.50	$C_{17}H_{20}As_2HgN_3$	12.25	35.51
5	C_6H_5	C_6H_5	$CH_2=CH-CH_2$	Hg	152-153	152-153	11.59	32.14	$C_{24}H_{20}As_2HgN_3$	11.98	32.11
6	m- $CH_3C_6H_4$	m- $CH_3C_6H_4$	CH_3	Hg	140-140	140-140	11.48	31.25	$C_{25}H_{24}As_2HgN_3$	11.68	31.31
7	C_6H_5	C_6H_5	CH_3	Hg	160-161	160-161	12.47	33.46	$C_{22}H_{18}As_2HgN_3$	12.50	33.50



ნახ. 2. $[(C_6H_5)_3AsCH_3]_2[Cd(NCS)_4]$ -ის თერმოგრაფიკამა



ნახ. 3. $[(p-CH_3C_6H_4)_3AsCH_3][Hg(NC)_3]$ -ის თერმოგრაფიკამა

References:

1. G.N. Chanrty, R.A. Plane. "J.Chem Phis."-1960.
2. R.A Penneeman, L.H. Jones. "J.Inorg.Nucl.Chem." 1961.
3. Химия псевдогалогенидов. Под редакцией А.М. Голуба. Х.Келера, В.В. Склпенко. Перевод с немецкого. Киев. Выша школа. 1981.
4. J.Hvoslef. "Acta. Chem. Scand." -1958.
5. Гигаური Р.Д., Доксопуло Э.П., Намидзе Н.В., Мания М.М. О продуктах взаимодействия роданида кобальта с некоторыми иодидами арсония. Сообщ. АН ГССР. 1984, т.115, № 1.
6. Инджия М.М., Гигаური Р.Д., Чернокальский Б.Д., Угулава М.М., Гвилава Ц.Е. Сообщ. АН ГССР. 1976. Т.82, № 1.
7. Брауэр Т. Руководство по неорганическому синтезу. М. Мир, 1985, т. 4., с 1144.
8. Чачава Г.Н., Гигаური Р.Д., Угулава М.М., Гургенидзе Н.И. Сообщ. АН ГССР. 1988, №1, с. 65.
9. Накамото К. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. М.Мир, 1966.

ოთხნაწევრული არსონიუმის შემცველი კადმიუმის და ვერცხლისწყლის(II) ფსევდოჰალოგენიდური აციდოკომპლექსი

მ. რუსია¹, ნ. რობაკიძე¹, ლ. არაბული¹, მ. კიკალიშვილი², ი. დიდბარიძე², რ. გიგაური[†]
¹ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
²ქუთაისის ა. წერეთლის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ ოთხნაწევრული არსონიუმის ნიტრატებთან ვერცხლის-წყლის (II) და კადმიუმის ფსევდოჰალოგენური კომპლექსების ურთიერთქმედებით სპირტწყალხსნარებში მაღალი გამოსავლით მიღებულია შესაბამისი ოთხნაწევრული არსონიუმის შემცველი კატიონურ-ანიონური კომპლექსები.

დასინთეზებულ ნივთიერებათა შედგენილობა-აღნაგობა დადგენილ იქნა როგორც ქიმიური, ისე ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით.

QUATERNARY ARSONIUM-CONTAINING PSEUDOHALIDES ACIDOCOMPLEXES OF CADMIUM AND MERCURY(II)

M. Rusia¹, N. Robakidze¹, L. Arabuli¹, M. Kikalishvili², I. Didbaridze², R. Gigauri[†]

¹Ivane Javakhishvili Tbilisi State University ²

Akaki Tsereteli Kutaisi State University

Summary

It has been shown that complexes of mercury and cadmium(II) pseudohalides react with quaternary arsonium nitrates in water-ethanol solutions to form corresponding cationic-anionic quaternary arsonium-containing complexes in high yields. A composition of synthesized compounds has been investigated by chemical, as well as physico-chemical methods.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები

Proceedings of Ivane Javakhishvili

Tbilisi State University

363, 2010

**SYNTHESIS OF d -METAL MONOSELENOARSENATES
WITH PYRIDINE AND ITS STUDY**

M. Rusia, M. Chabukiani, Rus. Gigauri, M. Samkharadze,

I. Didbaridze, B. Pichkhaia, R. Gigauri[†]

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

The coordination compounds of d -metal monoselenoarsenates with pyridine were synthesized and studied. As initial substances for the synthesis were used the water soluble salts of transition metals such as: mercury (II) nitrate, the sulfates of zinc and copper (II), the chlorides of cadmium and nickel (II) and as an arsenic containing compound was used sodium monoselenoarsenate(V) - $\text{Na}_3\text{AsO}_3\text{Se}\cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, while as a ligand - pyridine (Py).

In the human body metal is present in the form of coordination compounds. The deficiency or abundance of these substances in the human body destroys the ordinary physiological and biochemical processes and causes different diseases. In order to find the effective medicines, studies for evaluating the role of coordination compounds in biosystems were performed.

Up to the recent period, complex compounds were used for the elimination of toxic metals from the human body through the selection of ligands with the ability to produce low toxic cycles. They form stable complexes with appropriate metals and are easily eliminable from the human body.

The recent discovery of platinum containing complex compounds, such as $\text{cis-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ and $[\text{Pt}(\text{Py})_2\text{Br}_2]$ characterized by anticarcinogenic qualities, has triggered the study of therapeutic means based on coordination compounds. The coordination substances of gold and copper are known as antiinflammation compounds and that of zinc and iron complexes - as antianemia.

The dependence between the composition/structure and properties is well-demonstrated in coordination compounds. In case of coordination compounds it is possible to change salts, in other words, complexing agents and ligands.

Together with the changes of a central cation, it is possible to change functional groups of a ligand, which allows a synthesis of compounds with preliminarily determined characteristics.

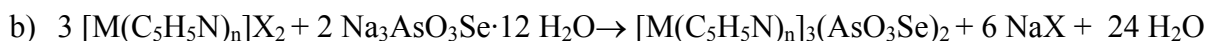
From this point of view, the pnyctogens - elements of the main subgroup of the fifth group of the periodic system - have great possibilities. All these elements produce both cationic and anionic coordination compounds. In case of cationic complexes, ns^2 the unshared electronic pair of pnyctogens is most important. The compounds obtained by using this unshared electronic pair

are considered to be the compounds with nucleophilic connection/combination. The production of anionic coordination compounds is explained by the tendency of the central atom to convert into sp^3d^2 hybridization. Thermodynamically, compounds belonging to this type are in most favourable condition – the chemical bond is determined by the acceptoral feature of the central atom whose valence grows respectively.

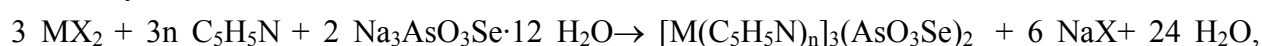
Arsenates of transition metals, as complexing agents, have one main disadvantage, they are insoluble in water and other solvents. This problem was solved in the TSU Inorganic Chemistry laboratory by means of using the original method of synthesis of coordination compounds of transition metals [1-3]. Today it is possible to obtain and study all types of complexes of transition metals if the precipitator is water soluble.

The arsenates of alkali elements are the best water soluble compounds. Hence, were performed investigations for obtaining coordination compounds of d-metal monoarsenates (V) with pyridine using physical and chemical methods. For the synthesis as parent substances were used water soluble salts of transition metals, such as $Hg(NO_3)_2$, $ZnSO_4$, $CuSO_4$, $CdCl_2$ and $NiCl_2$, as an arsenate containing compound was used sodium monoselenoarsenate (V) $Na_3AsO_3Se \cdot 12 H_2O$ and as a ligand - pyridine (C_5H_5N).

The synthesis of d-metal pyridinates was performed through displacement reaction between the pyridinates of transition metal salts and saturated solution of sodium monoarsenate, immediately producing acicular crystal substances, which can be depicted by the following reactions:

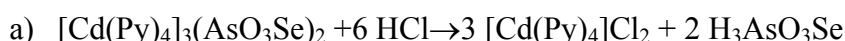


i.e. totally:



where: $M=Zn, Cd, Hg, Cu$ and Ni ; $X=Cl$ or $\frac{1}{2} SO_4$, and $n=4$ or 6 .

The obtained compounds are acicular crystals with different colors not soluble in water, alcohols and alkali, except for zinc salt. In case of acid treatment the compounds are converted, producing arsenic (V) selenide, e. g. after the reaction of HCl on cadmium monoselenoarsenate pyridine coordination compound As_4S_{10} is obtained, which can be depicted by the following reactions:



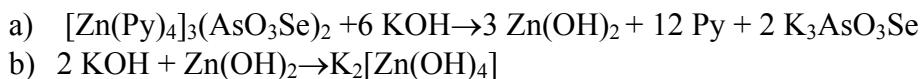
i.e. totally:



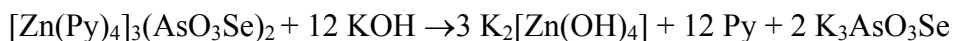
The dependence of synthesized substances on alkali is different, in ordinary conditions (at

room temperature and atmospheric pressure) only pyridinate of zinc monoselenoarsenate reacts on the sodium and potassium alkali, other synthesized substances are water insoluble, are not converted and do not change the color and shape.

The dissolving ability of zinc pyridinate in 12 % potassium alkali can be explained by the amphoteric nature of zinc hydroxide:



i.e. totally:



The results of chemical analysis of coordination compounds of d-metal monoselenoarsenates(V) is shown in table 1.

The composition and structure, in addition to element analysis, was studied by using IR spectroscopy, roentgenography and thermogravimetry.

In the spectrum of synthesized compounds [4] the characteristic absorption maximums are reflected, namely the valence vibration pyridine $\text{C}=\text{C}$ - bonds, as a medium intensity peaks at the 1600 cm^{-1} and 1450 cm^{-1} , the deformative vibration of C-H bonds is presented at 750 cm^{-1} as an intensive absorption line, also the absorption line at 3000 cm^{-1} , which belongs to pyridine should be taken into consideration. The aforementioned absorption line is shifted (40 cm^{-1}) to the longwave region, this proves the existence of M-Py bond. The absence of the broad line of absorption maximum at the region $3600\text{-}3200 \text{ cm}^{-1}$ means that the complex compound does not contain the crystallization water.

Unlike other synthesized complexes, the cobalt pyridinate precipitates with the crystallization water, which is proved by the appearance of absorption lines (Fig. 1) at the regions 3400 , 3290 , 3180 and 1630 cm^{-1} on the IR spectrum, these lines confirm the existence of water molecules [5, 6].

The location of water molecules requires a separate study. It is doubtful that all water molecules is present in cation, in such case the coordination number of cobalt (II) should be 5, which is very rare. The roentgenograms of Zn, Cd and Co (II) salts describe the diffusion picture, which is caused by the metastability of substance structure. On the other hand, this is a result of high dispersity of the above-mentioned compounds. As for the mercury (II) and nickel (II) monoselenoarsenate pyridinate, the characteristic reflexes of parent substance on the roentgenograms is not discovered (Table 2).

The physico-chemical behavior of the tested substances was studied under high temperature using the thermal analysis method. The thermolysis of all of them was conducted equally. As an example is attached the derivatogram of copper (II) monoselenoarsenate tetrapyridinate. From this analyses it becomes clear that the process of thermal destruction encloses one endothermic effect (**Fig. 2**) at the temperature range $320\text{-}630^\circ\text{C}$; the decrease of mass is $64,23 \%$, which indicates the detachment of 12 pyridine molecules (theoretically $62,37\%$).

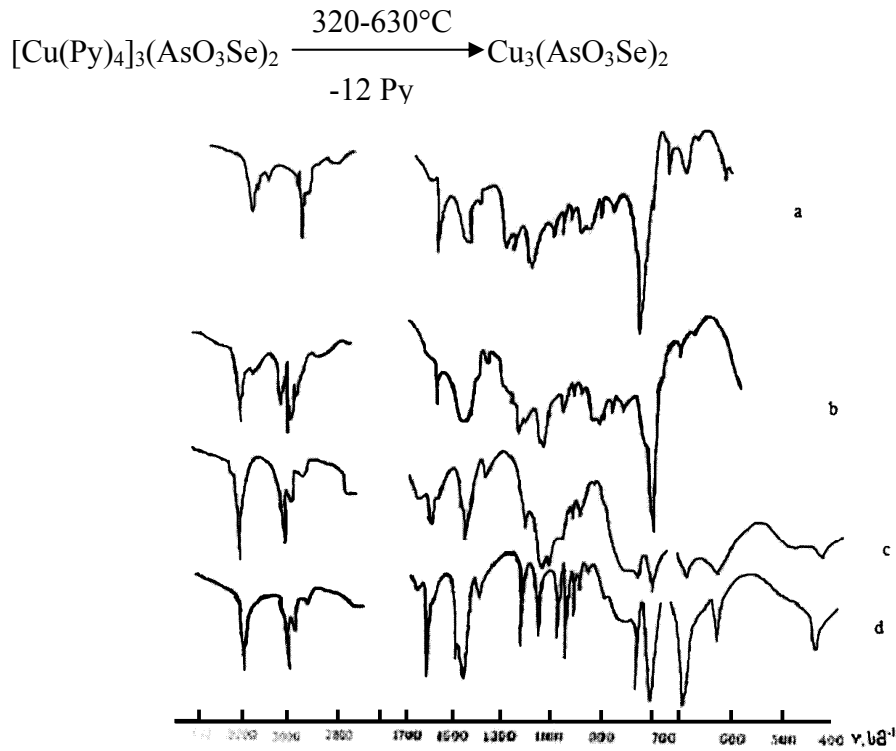
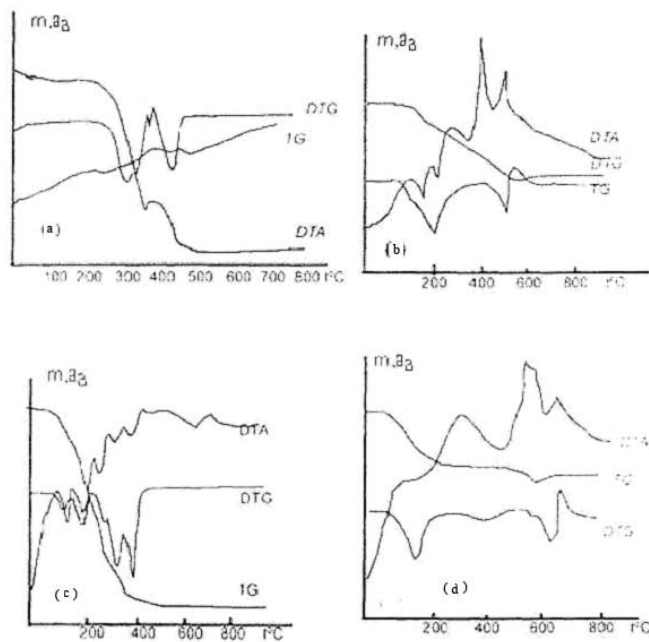


Figure 1. IR spectra of pyridine complexes of monochelatearsenates of d- metals
 $[\text{Cu}(\text{Py})_4]_3(\text{AsO}_3\text{Se})_2$ (a), $[\text{Hg}(\text{Py})_4]_3(\text{AsO}_3\text{Se})_2$ (b),
 $[\text{Cd}(\text{Py})_4]_3(\text{AsO}_3\text{Se})_2$ (c), $[\text{Zn}(\text{Py})_4]_3(\text{AsO}_3\text{Se})_2$ (d)

Thus, the perfored chemical and physicochemical studies state that synthesized complex compounds represent d-metal monoselenoarsenate pyridinates.



2. Thermogravigrams of:
 $[\text{Cu}(\text{Py})_4]_3(\text{AsO}_3\text{Se})_2$ (a), $[\text{Hg}(\text{Py})_4]_3(\text{AsO}_3\text{Se})_2$ (b),
 $[\text{Cd}(\text{Py})_4]_3(\text{AsO}_3\text{Se})_2$ (c) $[\text{Zn}(\text{Py})_4]_3(\text{AsO}_3\text{Se})_2$ (d)

Table 1.

The results of chemical analysis of pyridine complexes of d-metal monoselenoarsenate(V).

#	Color	Calculated, %				Formula	Found, %			
		M	As	Se	N		M	As	Se	N
1	yellow	37.93	10.72	1.86	7.72	[Co(Py) ₆] ₃ (AsO ₃ Se) ₂	37.00	9.78	1.99	6.98
2	dark green	8.84	7.49	7.89	12.58	[Ni(Py) ₆] ₃ (AsO ₃ Se) ₂	8.01	6.88	7.00	11.85
3	grey	12.61	9.70	10.21	10.86	[Zn(Py) ₄] ₃ (AsO ₃ Se) ₂	11.99	9.00	9.89	9.89
4	dark violet	20.05	8.87	9.34	9.94	[Cd(Py) ₄] ₃ (AsO ₃ Se) ₂	19.95	8.01	8.97	9.00
5	black	35.66	7.67	8.08	8.59	[Hg(Py) ₄] ₃ (AsO ₃ Se) ₂	34.67	6.98	7.88	7.98
6	black	12.63	9.87	10.40	11.05	[Cu(Py) ₄] ₃ (AsO ₃ Se) ₂	11.98	9.00	9.60	10.79

Table 2.

The results of roentgenophasic analysis of monoselenoarsenate(V)
pyridine complexes of d-metals

[Hg(C ₅ H ₅ N) _n] ₃ (AsO ₃ Se) ₂		[Ni(C ₅ H ₅ N) _n] ₃ (AsO ₃ Se) ₂		[Cu(C ₅ H ₅ N) _n] ₃ (AsO ₃ Se) ₂	
I/I ₀	dα/n	I/I ₀	dα/n	I/I ₀	dα/n
100	7.85	95	7.99	60	7.8
83	7.40	100	8.4	60	7.06
30	5.55	15	6.00	100	6.71
25	5.25	15	6.81	60	5.76
15	4.30	15	5.55	20	4.87
15	4.10	25	4.75	25	4.63
50	3.36	10	4.38	25	4.49
30	3.20	25	4.30	10	4.23
68	3.00	20	4.20	15	4.005
75	3.10	15	3.70	10	3.867
80	2.88	20	3.15	10	3.613
50	2.70	30	3.53	15	3.427
30	2.63	25	3.35	20	3.079
25	2.49	15	2.68	30	2.84
50	2.43	20	2.75	30	2.77
20	2.30	30	2.25	55	2.60
10	2.15	15	1.99	45	2.44
17	1.99	15	1.98	45	2.41
15	1.80	10	1.86	50	2.39
20	1.85	20	1.99	15	2.23
20	1.82	10	1.77	10	2.18
10	1.55	15	1.73	20	2.08
10	1.52	15	1.69	10	2.03
20	1.83	10	1.64	15	1.97

References:

1. Khelashvili G. K., d-Metal Monothioarsenates and their Coordination Compounds with Nitrogen Ligand, Synthesis and Research. PHD, Tbilisi, 1998.
2. Khelashvili G. K., Gigauri R. I, Indjia M. G., Gurgenishvili L.V., Gigauri R. D., Coordination Compounds of d-Metal Monothioarsenates with pyridine. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences. 1996, 157, №3.
3. Didbaridze I. S., d-Metal Tetrathioarsenic Acid Salts and their Coordination Compounds with Mono and Bidentant Nitrogen Containing Ligands, PhD, Tbilisi, 1998.
4. Webb D.I., Synthesis, Structure and Magnetic Properties of Pave-Earth Zinc Compo-unds $Eu_{14}MnPn_{11}$ and $E_{14}InPn_{11}$ (Pn=Sb, Bi). Chemistry of Materials, 1997, vol. 9, №10.
5. Nakomoto K. IR Spectra of the Inorganic and Coordination Substances. Mir, 1966.
6. Baldwin M.E. Spectrochem Acta, 1963, vol. 19, №1.

ძ-მეტალთა მონოსელენოარსენატების (V) კოორდინაციული ნაერთების მიღების შესაძლებლობა პირიდინთან

*მ. რუსია, მ. ჭაბუკიანი, რუს. გიგაური,
მ. სამხარაძე, ზ.მაჩაიძე, ბ. ფიჩხაია, რ. გიგაური*

რეზიუმე

მიღებულია და კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით შესწავლილია ძ-მეტალთა მონოსელენოარსენატების(V) კოორდინაციული ნაერთები პირიდინთან. მათი სინთეზის მიზნით გამოსავალ ნივთიერებად გამოყენებულ იქნა გარდამავალ მეტალთა წყალში ხსნადი მარილები: ვერცხლისწყლის (II) ნიტრატი, თუთიისა და სპილენძის (II) სულფატები, კადმიუმისა და ნიკელის (II) ქლორიდები, დარიშხანშემცველ ნაერთად ნატრიუმის მონოსელენოარსენატი (V) – $Na_3AsO_3Se \cdot 12 H_2O$, ხოლო ლიგანდად გამოყენებულ იქნა პირიდინი.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები
Proceedings of Ivane Javakhishvili
Tbilisi State University
363, 2010

**PRODUCTS OF INTERACTION BETWEEN IODMETHYLENETRIALKYL
(ARYL)ARSONIUM IODIDES WITH COBALT(II)
CYANATE AND MANGANESE(II) TIOCYANATE**

*L. Arabuli, N. Lekishvili, M. Rusia, K. Giorgadze, K. Sulaberidze, R. Gigauri[†]
Ivane. Javakhishvili Tbilisi State University*

The reaction between quaternary arsonium iodides with Co(II) cyanate and Mn(II) thiocyanate in alcohol-water solutions has been studied. The composition and texture of reaction products, cobalt and manganese containing acidocomplexes have been investigated by chemical analysis, as well as by using IR spectroscopy and molar electric conductivity. As a result, complexes with N-coordinated acidogroups were obtained. The synthesis of the new complexes is described in the given article.

Introduction

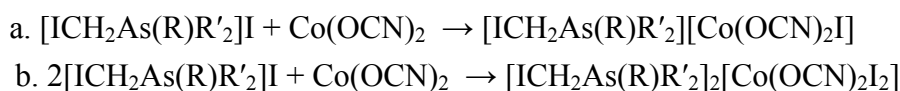
Since Alfred Werner synthesis and research of complexes have become one of the most important branches of inorganic chemistry [1]. Until the 1970s, main efforts of researchers had been concentrated on the investigation of either cationic or anionic coordination complexes [2], and scientists began intensive synthesis and investigation of physicol-chemical properties of cationic-anionic complexes, as well as determining the possibility of their practical application [3]. In this aspect, coordination compounds containing “onium” ions as cations and negative fragments of acidocomplexes as anions are of great interest for their practical applications, for example, in medicine, veterinary science [4], etc.

Recently [5] we have shown that in the interaction of quaternary arsonium salt alcohol solution with the aqueous solution of cobalt thiocyanate, Co (II) precipitates immediately in the form of cationic-anionic complex with high yield (>90%). It is necessary to emphasize that in this reaction instead of thiocyanate complexes, izothiocyanate (N-coordination) compounds are produced. This is distinctly confirmed by the detailed study of infrared spectra of the synthesized compounds.

Presented work is a logical continuation of the researches [6,7]. We have already studied optimum conditions for the synthesis of iodmethylenetrialkyl(aryl)arsonium iodides [6].

Results and Discussion

The aim of the research was to investigate the influence of the above-mentioned quaternary arsonium salt on the cobalt(II) cyanate and manganese(II) thiocyanate in alcohol-water solutions. In addition, we expected that the reaction would proceed in two directions:



Taking into account that the coordination number of Co^{2+} is, generally, equal to four [1], we preferred the second possibility (b) between these two reactions. For this reason, reagents were taken in the molar ratio $[\text{ICH}_2\text{As}(\text{R})\text{R}'_2]\text{I} : \text{Co}(\text{OCN})_2 = 2 : 1$.

Moreover, in order to shift the equilibrium to the right and, therefore, increase the yield of the desired product, the amount of arsonium salt taken for the reaction was 5-10% more than the theoretical amount.

It was established that by mixing alcohol-water solutions of reagents, adducts with different colors precipitate immediately. Since these adducts are insoluble in water and common organic solvents, their separation from each other is connected with great technical difficulties. Nevertheless, in order to determine the chemical composition of the precipitates, we scrupulously studied the mass fraction of arsenic, cobalt, iodine and nitrogen in these precipitates, but this did not give a result. This may be caused by the fact that such ratio of the reagents does not confine the possibility to synthesize acidocomplexes with mixed ligands.

In order to limit the binding of different ligands with cobalt in anion and, thus, promote the formation of tetracyanatocobalt(II) complexes, we preliminarily added potassium cyanate to the solution of cobalt(II) chloride in mole ratio of $\text{CoCl}_2 : \text{KOCN} = 1 : 4$. Moreover, the amount of potassium cyanate taken for the reaction was 5-10% more than the theoretical amount.

As a result of this approach, Co(II) precipitates almost quantitatively in the form of cationic-anionic complex (reaction yield is – 93-95 %).

Synthesized compounds are complexes with different colors (Table 1), insoluble in water, benzene, diethyl ether and other non-polar organic solvents. After the purification (first by water, then by ethanol), they melt at the same temperature. This fact indirectly indicates on the identity and purity of the investigated compounds.

The composition and structure of the target products, in addition to the chemical (elemental) analysis, were also studied using physical and chemical methods of analysis: IR spectroscopy and molar conductivity of diluted solutions.

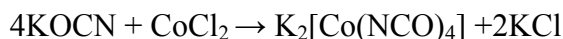
In contrast to the initial substances, in the spectra of cyanatocomplexes new absorption bands appear (Fig. 1). It is significant that in the cation that arsonium has a tetrahedral configuration and the anion has a shape of a planar square. Such structure of the cation is confirmed by the As-C bond stretching absorption bands in $650\text{-}671\text{ cm}^{-1}$ (aliphatic) and $440\text{-}470\text{ cm}^{-1}$ (aromatic) regions [8].

The absorption bands in the form of intensive singlet in 2175-2244 cm^{-1} region correspond to the coordinated cyanato-group stretching vibration - $\nu(\text{CN})$. In comparison with the absorption bands of uncoordinated NCO- [8], in the investigated complexes the absorption bands $\nu(\text{CN})$ are shifted to the relatively high frequency region. This indicates that the NCO-group is in the inner coordination sphere. The absorption bands at 1296 cm^{-1} (Fig. 1 a, b) and 1342 cm^{-1} (c, d) are assigned to $\delta(\text{CO})$, at 1211 cm^{-1} – to $2\delta(\text{NCO})$. Like KOCN, $\delta(\text{CO})$ is also shifted to the high frequency region, which indicates that in the anion of investigated compounds, the ligand (NCO) is bound to the central atom (Co) via its nitrogen atom $[\text{Co} \leftarrow \text{NCO}]$ [9].

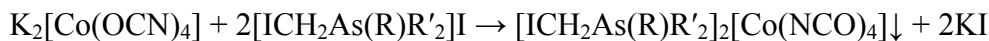
The ionic structure of synthesized compounds is unambiguously confirmed by the study of molar electrical conduction of the diluted solutions in dimethylformamide. It was established that conductivity of the above-mentioned salts ranges in the interval of 129-142 $\text{om}^{-1} \text{cm}^{-1} \text{mol}^{-1}$. This is characteristic of three-ionic electrolytes [10].

Taking into account the above-mentioned, the formation of reaction products should be explained by the proceeding of the following processes:

1. Mixing of cobalt(II) chloride and potassium cyanate aqueous solutions produces acidocomplexes according to the following equation:



2. The obtained tetracyanatocobalt (II) takes part in the exchange reaction with four-substituted arsonium iodides alcoholic solutions:



These steps can be summarized as follows:



where $\text{R} = \text{Pr}, \text{i-Pr}, \text{Bu}, \text{i-Bu}, \text{Am}, \text{Ph}$; $\text{R}' = \text{Bu}, \text{Ph}$.

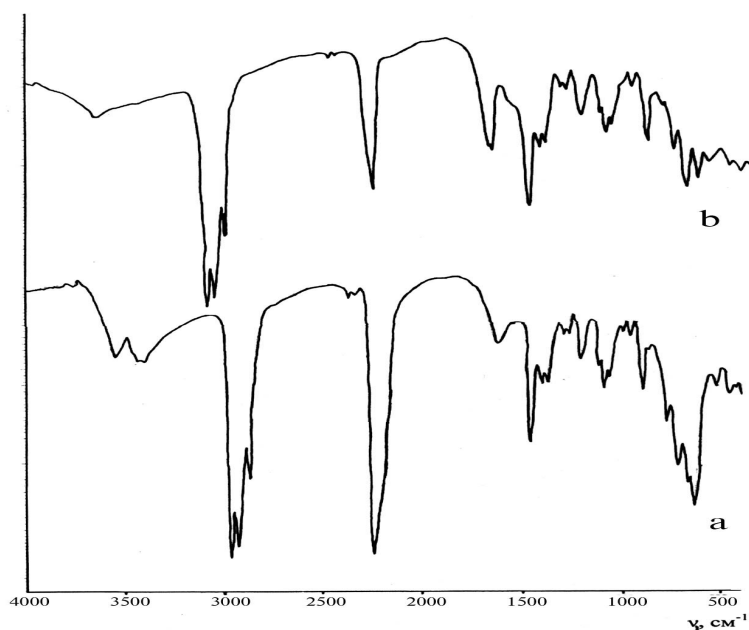


Figure 1a. IR spectra of iodmethylenetri-buthylarsonium-tetra-N-cyanatocobaltate(II) (a) and iodmethylenetri-izo-buthylarsonium-tetra-N-cyanatocobaltate(II) (b).

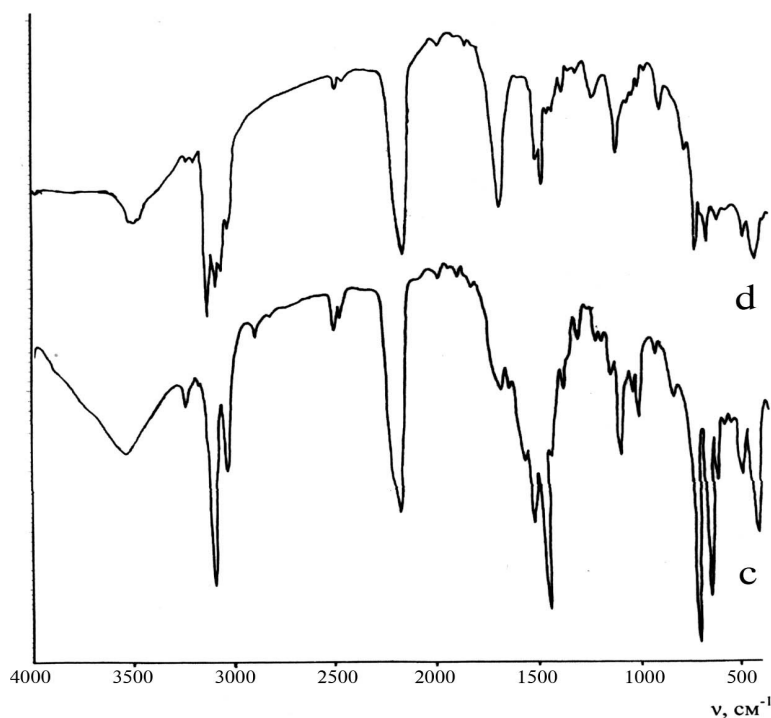
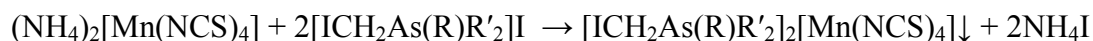


Figure 1b. IR spectra of iodmethylenetriphenylarsonium-tetra-N-cyanatocobaltate(II) (c) and iodmethylenedibuthyl(phenyl)arsonium-tetra-N-cyanatocobaltate(II) (d).

In addition, the role of the excess amount of potassium cyanate is to ensure optimum conditions for the formation of homogenous complexes in the hydrochemical interaction between reagents and, therefore, to exclude the synthesis of coordination compounds with mixed ligands, because we were not able to separate these coordination compounds from each other.

Thus, as a result of the research it was unambiguously established that iodmethylenetrialkyl(aryl)arsonium-N-cyanates are synthesized almost quantitatively in the reaction between quaternary arsonium iodides and cobalt (II) cyanate. In other words, the arsenic atom in the cation of reaction products is in sp^3 -hybridization state, and the ligand is bonded to the complexing agent via the nitrogen atom of the cyanate-group.

Iodmethylenetrialkyl(aryl)arsonium-N-tiocyanates have been obtained in the same way by the interaction of iodmethylenetrialkyl(aryl)arsonium iodides with manganese(II) thiocyanates in water-alcohol solutions:



These steps can be summarized as follows:



where: R = Pr, i-Pr, Bu, i-Bu, Am, Ph; R'=Bu, Ph.

By the study of molar electrical conduction of diluted solutions in dimethylformamide, it

was established that the conductivity of the above-mentioned salts ranges within the interval of $131\text{-}143 \text{ om}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$. This is characteristic of three-ionic electrolytes [10].

Synthesized compounds are complexes with different colors (Table 2), insoluble in water, benzene, diethyl ether and other nonpolar organic solvents.

In contrast to the initial substances, in the spectra of cyanatocomplexes new absorption bands appear (Figures 2 and 3). The absorption bands in the form of a broad, intensive singlet in $2059\text{-}2067 \text{ cm}^{-1}$ region correspond to the coordinated thiocyanato-group stretching vibration - $\nu(\text{CN})$. In comparison with the absorption bands of uncoordinated NCS-, the absorption bands $\nu(\text{CN})$ in investigated complexes are shifted to the relatively high frequency region. This indicates that the NCS-group is in the inner coordination sphere. The absorption bands at 802 cm^{-1} are assigned to $\delta(\text{CS})$. Compared with KSCN, $\delta(\text{CS})$ is also shifted to the high frequency region, which indicates that in the anion of the investigated compounds the ligand (NCS) is bound to the central atom (Mn) via its nitrogen atom $[\text{Mn} \leftarrow \text{NCS}]$ [9,10]. For better understanding of the obtained results, the corresponding experimental section is presented below.

Experimental

The IR-spectra of the studied compounds were recorded on a Thermo Nicolet Avator spectrometer within the range of $400\text{-}4000 \text{ cm}^{-1}$, in KBr tablets. Specific conductivities of the compounds in diluted solutions were measured on a conductometer of an impulse mark at the accuracy of 1.5% (25°C). Constancy of the temperature was maintained with the accuracy of 0.5°C . The value of molar electrical conductivity (μ) was calculated by the formula: $\mu = \chi / c$ ($\text{om}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$), where χ and c are specific conductance and the concentration of the solution, respectively.

The required solvents – ethanol and dimethylformamide were purified and dried according to the procedure described in [11].

Arsenic was determined quantitatively by Evins method [12], iodine – by mercurimetry [13], nitrogen – by Duma's method [14], cobalt and manganese – by complexometry [15].

Synthesis of the iodmethylenetripropylarsonium tetra-iso-cyanatocobaltate(II). The aqueous solution of 1.0 g cobalt(II) chloride hexahydrate ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) and 2.1 g (10% excess amount) potassium cyanate were mixed with the saturated alcoholic solution of 3.6 g iodmethylenetripropylarsonium iodide in 100 ml Erlenmeyer flask. The content of the flask changed color at once – pale lilac color turned into dark blue. In addition, the solution became turbid, due to the formation of the precipitate. In order to obtain complete crystal shape of the product, the mother solution was allowed to stand for 3 days. Then the precipitate was filtrated, rinsed with absolute ethanol and water and dried in vacuo containing phosphorus pentoxide and paraffin. As a result, 3.2 g product was obtained, the practical yield of which constitutes 94.1 %.

Synthesis of iodmethylenetripropylarsonium tetra-izo-thiocyanatomanganate(II). The aqueous solution of 0.11 g manganese (II) chloride tetrahydrate ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) and 0.25 g (10% excess amount) ammonium rodanide (NH_4SCN) were mixed with the saturated alcoholic solution of

0.53 g iodmethylenetripropylarsonium iodide in 100 ml Erlenmeyer flask. In order to obtain complete crystal shape of the product, the mother solution was allowed to stand for 3 days. Then the precipitate was filtrated, rinsed with absolute ethanol and water and dried in vacuo containing phosphorus pentoxide and paraffin. As a result, 0.51 g product was obtained, the practical yield of which constitutes 93.0%.

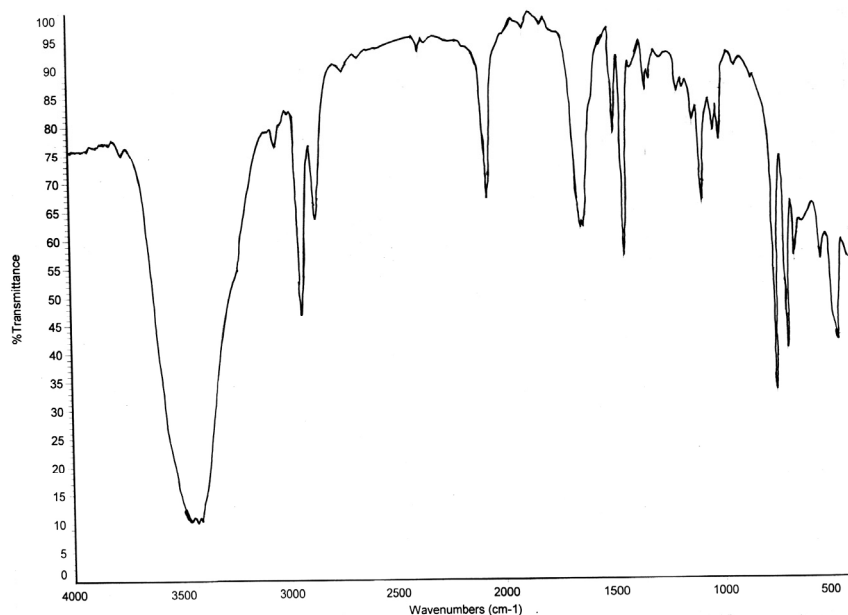


Figure 2. IR Spectrum of Iodmethylenetriphenylarsonium tetra-N-tiocyanatomanganate (II)

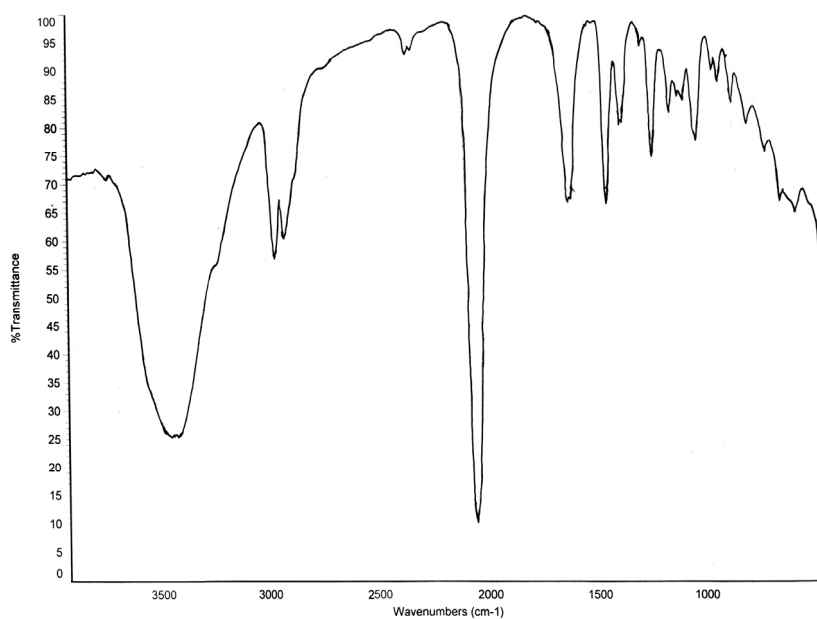


Figure 3. IR Spectrum of Iodmethylenetri-izo-propylarsonium tetra-N-tiocyanatomanganate (II).

The bioactivity of the obtained compounds has been studied. It was shown that they are characterized with the active bactericide properties. Some of them may be used against phytopathogenic microorganisms.

Preliminary investigations show that the synthesized arsenic-manganese complexes, plotted on the several functional polymer matrixes, may serve as a basis to prepare new bioactive materials with regular duration of the action: antibiocoordination covering of multifunctional purpose, foamed polyurethane materials and various dipping compounds.

References:

1. Cotton F. Albert, Geoffrey Wilkinson, Paul L. Gaus. Basic Inorganic Chemistry. New York, Pristine, Toronto, Singapore. John Wiley and Sons, Inc. 1995.
2. Chemistry of Pseudo-halides. Kiev. "Vishcha shkola", 1981, p.146.
3. Gringberg A. A. An Introduction to the Chemistry of Complex Compounds. L.: „Khimia“.
4. Gegenava A.G. Achievements of Veterinar Helminthology in Practice. Tbilisi.
5. Gigauri R.D., Kikalishvili M.A., Kutsia L.I, Injia M.A. Russian Journal of General Chemistry. 2005.
6. Gigauri R.D., Arabuli L.G., Rusia M.Sh., Machaidze Z.I. Russian Journal of General Chemistry. 2005.
7. Gigauri R.D., Arabuli L.G., Gigauri G.I., Gurgenzidze N.I., Injia M.A. Russian Journal of General Chemistry. 2006.
8. Minwitz Rolf, Claudia Hirsch and Thorsten Barends. European Journal of Inorganic Chemistry. 1999.
9. Nakamoto K. IR and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds, 1995. Moscow, "Mir".
10. Kukuskin I.I. Chemistry of Coordination Compounds. M.: Mir, 1985, p. 8.
11. Loginov N.I., Voskresenski L.G., Solodkin I.C. Analytical Chemistry. Moscow, "Prosveshchenie".
12. Freidlina R.Kh. Synthetic Methods in the Field of Organoarsenic Compounds.
13. M.-L.: IZD AH GSSR, 1945.
14. Gigauri R.D., Arabuli L.G., Rusia M.Sh., Kikalishvili M.A. Georgia Chemical Journal. 2002.
15. Guben-Veil. Organic Chemistry Methods. Moscow 1967. Khimia.
16. Umand F., Iansen A., et al. Complexes in Analytical Chemistry. Moscow "Mir", 1975.

Table 1.

Some physico-chemical characteristics of
 iodmethylenetrialkyl(aryl)arsoniumtetra-izo-cyanatocobaltates(II)

№	R	R'	t _{melt} , °C	μ	Color	Found, %				Calculated, %			
						As	Co	I	N	As	Co	I	N
1.	C ₃ H ₇	C ₃ H ₇	176-177	142.2	yellow	16.60	6.11	27.33	5.90	16.35	6.42	27.67	6.11
2.	i-C ₃ H ₇	i-C ₃ H ₇	181-182	139.4	colorless	16.03	6.78	27.90	6.37	16.35	6.42	27.67	6.11
3.	C ₄ H ₉	C ₄ H ₉	140-141	136.8	colorless	15.33	5.79	25.01	5.47	14.98	5.88	25.35	5.59
4.	i-C ₄ H ₉	i-C ₄ H ₉	189-190	136.4	violet	15.41	5.61	24.89	5.41	14.98	5.88	25.35	5.59
5.	C ₄ H ₉	C ₆ H ₅	152-153	134.1	violet	14.02	6.07	24.14	5.52	14.41	5.66	24.38	5.38
6.	C ₅ H ₁₁	C ₆ H ₅	132-133	133.0	violet	13.92	5.63	23.56	4.92	13.68	5.37	23.13	5.10
7.	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	197-198	129.7	brown	13.77	5.60	23.20	4.74	13.38	5.26	22.64	4.99

Table 2.

Some physico-chemical characteristics of
 iodmethylenetrialkyl(aryl)arsoniumtetra-izo-tiocyanatomanganates(II)

№	R	R'	t _{melt} , °C	μ	Color	Found, %				Calculated, %			
						As	Mn	I	N	As	Mn	I	N
1.	C ₃ H ₇	C ₃ H ₇	148-149	161.5	yellow	15.01	5.39	26.31	5.50	15.35	5.63	25.99	5.73
2.	i-C ₃ H ₇	i-C ₃ H ₇	114-115	161.3	green	15.80	5.87	25.53	6.02	15.35	5.63	25.99	5.73
3.	C ₄ H ₉	C ₄ H ₉	139-140	160.0	yellow	13.89	5.26	24.39	5.03	14.14	5.18	23.94	5.28
4.	i-C ₄ H ₉	i-C ₄ H ₉	193-194	158.6	colorless	14.50	4.90	23.61	5.60	14.14	5.18	23.94	5.28
5.	C ₄ H ₉	C ₆ H ₅	98-99	156.3	brown	13.18	4.56	23.50	5.35	13.68	4.99	23.07	4.09
6.	C ₅ H ₁₁	C ₆ H ₅	154-155	152.4	grey	13.42	4.47	21.90	4.47	13.19	4.84	22.34	4.93
7.	C ₆ H ₅	C ₆ H ₅	160-161	151.1	yellow	12.44	4.34	21.18	4.51	12.70	4.66	21.51	4.74

**იოდმეთილენტრიალკილ(არილ)არსონიუმის
 იოდიდების კობალტის(II) ციანატთან და მანგანუმის(II)
 თიოციანატთან ურთიერთქმედების პროდუქტები**

*ლ. არაბული, ნ. ლეკიშვილი, მ. რუსია,
 ქ. გიორგაძე, კ. სულაბერიძე, რ. გიგაური,
 ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*

რეზიუმე

შესწავლილია კობალტის(II) ციანატისა და მანგანუმის(II) თიოციანატის ურთი-
 ერთქმედება ოთხჩანაცვლებული არსონიუმის იოდიდებთან სპირტ-წყალხსნარებში.
 რეაქციის პროდუქტების, კობალტ- და მანგანუმმემცველი აციდოკომპლექსების
 შედგენილობა და აღნაგობა დადგენილია ქიმიური ანალიზით, იწ სპექტროსკოპიითა
 და მოლური ელექტროგამტარობით. ნაჩვენებია, რომ ორივე შემთხვევაში მიიღება
 კომპლექსები N-კოორდინირებული აციდოჯგუფებით. აღწერილია ახალი კომპლექს-
 ების სინთეზის მსვლელობა.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები
Proceedings of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University
363, 2010

**ადამანტან-1-კარბონმჟავის ჰიდრაზიდის და აცეტონის 1-ადამან-
ტოილ ჰიდრაზონის, როგორც d-მეტალბის კოორდინაციული
ნაერთების ლიგანდების კვანტურ-ქიმიური გამოკვლევა**

*ნ. ლეკიშვილი¹, ზ. ფაჩულია¹, ხ. ბარბაქაძე¹, ქ. გიორგაძე¹, გ. ცინცაძე²
¹ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
²საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი*

ჩატარებულია ადამანტან-1-კარბონმჟავის ჰიდრაზიდის და აცეტონის 1-ადამან-ტოილ ჰიდრაზონის, როგორც ორგანული ლიგანდების და ზოგიერთი d-მეტალის მარილების ბაზაზე ახალი კოორდინაციული ნაერთების მიზნობრივი სინთეზი. მოდელური სისტემის გამოყენებით ნახევრადემპირიული კვანტურ-ქიმიური AM1 მეთოდით გათვლილია ადამანტანშემცველი ჰიდრაზიდისა და ჰიდრაზონის მოლეკულაში ენერგეტიკული და გეომეტრიული მახასიათებლები, ატომებზე ეფექტური მუხტები და ელექტრონული სიმკვრივე. გამოვლენილია ორი პოტენციალურად ელექტრონოდონორული ატომი – კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადატომი და აზოტის ატომი, რის გამოც ისინი გვევლინებიან, როგორც ბიდენტატური ლიგანდები და d-მეტალბთან წარმოქმნიან კოორდინაციულ ნაერთებს ხუთწევრიანი ციკლის სახით.

ლიტერატურიდან [1-5] ცნობილია, რომ ადამანტანის ზოგიერთი აზოტშემცველი წარმოებული, კერძოდ, 4-(1-ადამანტილ)ანილინი, ადამანტანის რიგის ამინომჟავების წარმოები, ადამანტან-1-კარბონმჟავის ჰიდრაზიდი ხასიათდებიან ფართო სპექტრის ფარმაკოლოგიური აქტიურობით, მათ შორის იჩენენ ცოფის ვირუსის და ადამიანის იმუნოდეფიციტური ვირუსის დამთრგუნველ მოქმედებას. ამავე დროს საქართველოში ინტენსიურად ვითარდება კარბონმჟავათა ჰიდრაზიდების და ჰიდრაზონების ბაზაზე მიღებული კოორდინაციული ნაერთების გამოკვლევა, რომლებიც გამოსავალ ორგანულ ლიგანდებთან შედარებით ხასიათდებიან მაღალი სპეციფიკური ბიოლოგიური აქტიურობით [6-9].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, პერსპექტიულად მივიჩნით ადამანტან-1-კარბონმჟავის ჰიდრაზიდის და აცეტონის 1-ადამანტოილ ჰიდრაზონის, როგორც ორგანული ლიგანდების და ზოგიერთი d-მეტალის მარილების ბაზაზე ახალი კოორდინაციული ნაერთების მიზნობრივი სინთეზი როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით. ელექტრონოდონორული და ფარმაკოფორული ადამანტანის რადიკალის გავლენის შეფასება მიღებული კოორდინაციული ნაერთების რეაქციისუნარიანობასა და სპეციფიკურ ბიოლოგიურ აქტიურობაზე.

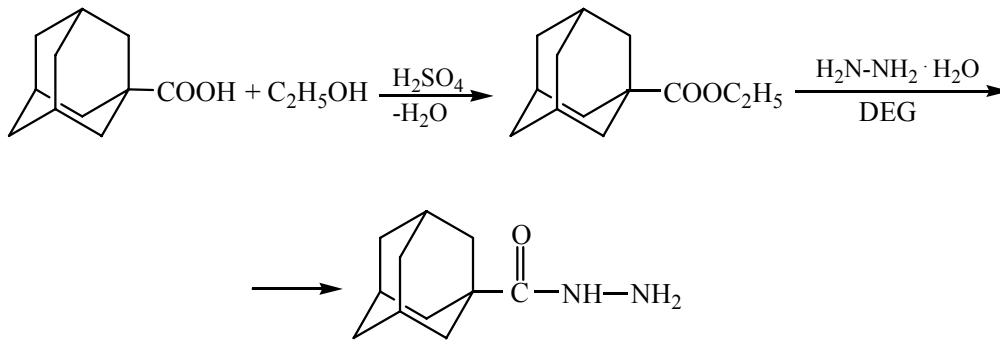
ჩვენს ამოცანას წარმოადგენდა ადამანტან-1-კარბონმჟავას ჰიდრაზიდისა და

აცეტონის 1-ადამანტოილ ჰიდრაზონის ბაზაზე ზოგიერთი d-მეტალის კოორდინაციული ნაერთების სინთეზის მეთოდების დამუშავება.

კობალტის (II), ნიკელის (II), სპილენძის (II) და კადმიუმის (II) ზოგიერთი მარილის კოორდინაციულ ნაერთთა სინთეზი განვახორციელეთ ორ ეტაპად:

1. ორგანული ლიგანდის სინთეზი:

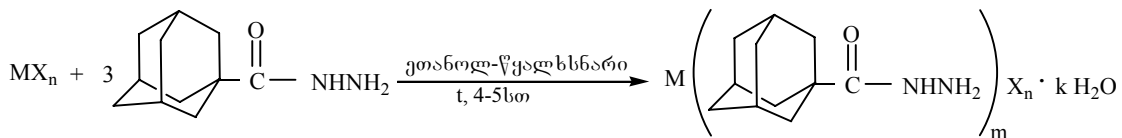
ადამანტან-1-კარბონმჟავის ჰიდრაზიდი მიღებულ იქნა ადამანტან-1-კარბონმჟავის ეთერიფიკაციით კონცენტრირებული გოგირდმჟავას თანაობისას და მიღებული ადამანტან-1-კარბონმჟავის ეთილის ეთერის ჰიდრაზინოლიზით დიეთილენგლიკოლის არეში:



სქემა 1

2. ორგანულ ლიგანდთან d-მეტალთა მარილების ურთიერთქმედება:

ა) ადამანტან-1-კარბონმჟავის ჰიდრაზიდისა (L) და d-მეტალების მარილების (MX_n) ურთიერთქმედებას ვატარებდით ეთანოლ-წყალხსნარში წყლიან აბაზანაზე 5-6 საათის განმავლობაში, დუღილის პირობებში (მოლური თანაფარდობა MX_n: L – 1:1 და 1:3):

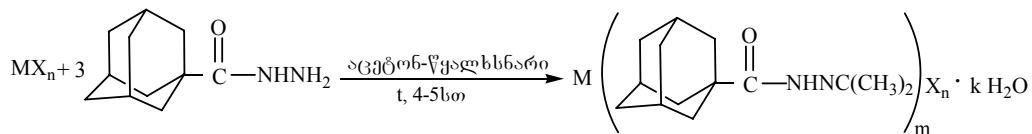


სადაც, M = Cu, Cd, Co, Ni; X = Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, CH₃COO⁻;

n = 1, 2; m = 2, 3; k = 0, 1, 2.

სქემა 2

ბ) ადამანტან-1-კარბონმჟავის ჰიდრაზიდისა (L) და d-მეტალების მარილების (MX_n) ურთიერთქმედებას ვატარებდით აცეტონ-წყალხსნარში წყლიან აბაზანაზე 5-6 საათის განმავლობაში, დუღილის პირობებში (მოლური თანაფარდობა MX_n: L – 1:3):



სადაც, M = Co, Ni; X = Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻; n = 1, 2; m = 2, k = 0, 1, 2.

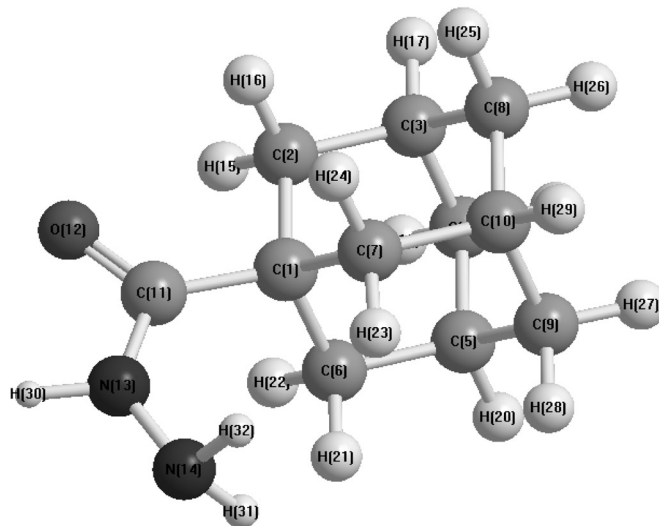
სქემა 3

დასინთეზებული კოორდინაციული ნაერთები წარმოადგენენ სხვადასხვა ფერის

წვრილკრისტალურ ნივთიერებებს. მიღებული ნაერთების აგებულება დადგენილ იქნა ელემენტური ანალიზის, ინფრანითელი სპექტროსკოპიული და თერმოგრაფი-მეტრიული ანალიზის მეთოდებით. მიღებულ კოორდინაციულ ნაერთებში განსაზღვრულია ასევე მოლეკური ელექტროგამტარობა.

ინფრანითელი სპექტრები გადაღებულია ხელსაწყოზე Specord IR-75, ვაზელინის ზეთში და ჰექსაქლორბუთადიენში, სპექტროფოტომეტრზე FT-IR “THERMO NICOLET”, KBr-ის მონოკრისტალსა და Ge-ის ფირფიტებში და Spectrum BX FT-IR Perkin Elmer ($400-4000\text{cm}^{-1}$) – ვაზელინის ზეთში. მეტალის შემცველობა განსაზღვრულია ატომურ-აბსორბციულ სპექტროფოტომეტრზე PerkinElmer 603.

ჩავატარეთ საწყისი ლიგანდების ელექტრონული სტრუქტურისა და კომპლექს-ნარმოქმნის უნარის კვლევა ნახევრადემპირიული კვანტურ-ქიმიური მეთოდით AM1 (Austin Model 1) [CS MOPAC-ის (Chem 3D Ultra-version 8.03) საშუალებით] [10, 11]. განვსაზღვრეთ მათი ენერგეტიკული და გომეტრიული მახასიათებლები, ატომებზე ეფექტური მუხტები და ელექტრონული დასახლება ატომურ ორბიტალებზე (ელექტრონული სიმკვრივე).



ნახაზი 1. ადამანტან-1-კარბონმჟავას ჰიდრაზიდის 3D მოდელი

ადამანტან-1-კარბონმჟავას ჰიდრაზიდის მოლეკულაში (ნახ.1) ატომთაშორისი მანძილების სიდიდეთა (ცხრილი 1) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ C-C ბმის სიგრძის მნიშვნელობები (R_{ij}) ადამანტანის ბირთვში ($C_{10}H_{15}^+$) ძვეს $1.522-1.542 \text{ \AA}$ -ის ფარგლებში, რაც მიუთითებს ნახშირბადის ატომების (C_1-C_{10}) sp^3 ჰიბრიდიზებულ მდგომარეობაზე. რაც შეეხება ნახშირბადის C_{11} ატომს, მეზობელ ატომებთან ბმის სიგრძეები და სავალენტო კუთხეები ($\angle C_1-C_{11}-O_{12} = 121.1^\circ$, $\angle C_1-C_{11}-N_{13} = 123.6^\circ$ და $\angle O_{12}-C_{11}-N_{13} = 115.3^\circ$) მიუთითებს მის ძირითადად sp^2 ჰიბრიდიზებულ მდგომარეობაზე. ჟანგბადის ატომი O_{12} , როგორც მისი სავალენტო კუთხეების მნიშვნელობები გვიჩვენებს, იმყოფება sp^2 ჰიბრიდიზებულ მდგომარეობაში. აზოტის ატომები სავალენტო კუთხეების მნიშვნელობების ($\angle C_{11}-N_{13}-N_{14} = 131.6^\circ$, $\angle C_{11}-N_{13}-H_{30} = 116.1^\circ$, $\angle N_{14}-N_{13}-H_{30} = 112.3^\circ$ და $\angle N_{13}-N_{14}-H_{31} = 110.4^\circ$, $\angle N_{13}-N_{14}-H_{32} = 110.0^\circ$, $\angle H_{31}-N_{14}-H_{32} = 106.8^\circ$) მიხედვით იმყოფებიან sp^2 (N_{13}) და sp^3 (N_{14}) ჰიბრიდიზებულ მდგომარეობაში.

ატომებზე ფარდობითი მუხტების სიდიდეთა (ცხრილი 2) ანალიზი გვიჩვენებს,

რომ პოტენციალურად ელექტრონოდონორულ ატომებს წარმოადგენენ O_{12} ($q_{12} = -0.3643$), N_{13} ($q_{13} = -0.3492$) და N_{14} ($q_{14} = -0.1787$). ატომთა ორბიტალების ელექტრონული დასახლება (ცხრილი 3) გვიჩვენებს, რომ ჟანგბადის ატომის ერთ-ერთი ელექტრონული წყვილი იმყოფება $2s$ ორბიტალზე (ელექტრონული დასახლება 1.91695-ია) და მას შეუძლია მეტალის ატომთან σ -ბმის წარმოქმნა დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით. მიუხედავად N_{13} ატომის უფრო მაღალი უარყოფითი ფარდობითი მუხტისა, ვიდრე აქვს N_{14} ატომს, მას არ შეუძლია მეტალის ატომთან σ -ბმის წარმოქმნა დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით, რადგანაც ელექტრონული წყვილი იმყოფება ჰიბრიდიზაციის გარეშე დარჩენილ $2P_z$ ორბიტალზე (ელექტრონული დასახლება 1.76977-ია). რაც შეეხება N_{14} ატომს, ელექტრონული წყვილი იმყოფება ერთ-ერთ ჰიბრიდულ sp^3 ორბიტალზე, რომელზეც ელექტრონული დასახლება 1.62247-ია და ამგვარად, მიდრეკილია წარმოქმნას მეტალის ატომთან σ -ბმა დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით.

ცხრილი 1.

ატომთაშორისი მანძილები (R_{ij})

ატომები, ij	R_{ij} , Å	ატომები, ij	R_{ij} , Å	ატომები, ij	R_{ij} , Å
C ₁ -C ₂	1.542	C ₄ -H ₁₉	1.120	C ₉ -C ₁₀	1.526
C ₁ -C ₆	1.532	C ₅ -C ₆	1.526	C ₉ -H ₂₇	1.120
C ₁ -C ₇	1.530	C ₅ -C ₉	1.525	C ₉ -H ₂₈	1.120
C ₁ -C ₁₁	1.527	C ₅ -H ₂₀	1.123	C ₁₀ -H ₂₉	1.123
C ₂ -C ₃	1.522	C ₆ -H ₂₁	1.118	C ₁₁ -O ₁₂	1.248
C ₂ -H ₁₅	1.121	C ₆ -H ₂₂	1.121	C ₁₁ -N ₁₃	1.392
C ₂ -H ₁₆	1.120	C ₇ -C ₁₀	1.527	N ₁₃ -N ₁₄	1.349
C ₃ -C ₄	1.525	C ₇ -H ₂₃	1.118	N ₁₃ -H ₃₀	1.005
C ₃ -C ₈	1.525	C ₇ -H ₂₄	1.120	N ₁₄ -H ₃₁	1.014
C ₃ -H ₁₇	1.123	C ₈ -C ₁₀	1.524	N ₁₄ -H ₃₂	1.016
C ₄ -C ₅	1.524	C ₈ -H ₂₅	1.120		
C ₄ -H ₁₈	1.120	C ₈ -H ₂₆	1.120		

ცხრილი 2.

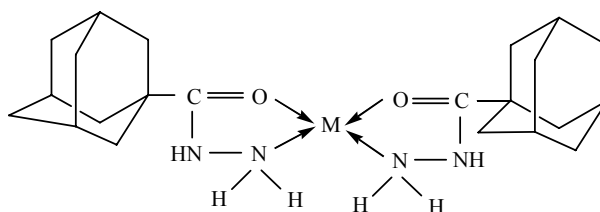
ატომთა ფარდობითი მუხტი (q_i) და ელექტრონული სიმკვრივე [$q_i(d)$]

ატომი, i	ფარდობითი მუხტი, q_i	ელექტრონული სიმკვრივე, $q_i(d)$	ატომი, i	ფარდობითი მუხტი, q_i	ელექტრონული სიმკვრივე, $q_i(d)$
C ₁	-0.0586	4.0586	H ₁₇	0.0958	0.9042
C ₂	-0.1378	4.1378	H ₁₈	0.0854	0.9146
C ₃	-0.1039	4.1039	H ₁₉	0.0831	0.9169
C ₄	-0.1502	4.1502	H ₂₀	0.0927	0.9073
C ₅	-0.1012	4.1012	H ₂₁	0.0730	0.9270
C ₆	-0.1426	4.1426	H ₂₂	0.0972	0.9028
C ₇	-0.1432	4.1432	H ₂₃	0.0687	0.9313
C ₈	-0.1503	4.1503	H ₂₄	0.0949	0.9051
C ₉	-0.1515	4.1515	H ₂₅	0.0847	0.9153
C ₁₀	-0.1010	4.1010	H ₂₆	0.0834	0.9166
C ₁₁	0.2876	3.7124	H ₂₇	0.0863	0.9137
O ₁₂	-0.3643	6.3643	H ₂₈	0.0774	0.9226
N ₁₃	-0.3492	5.3492	H ₂₉	0.0919	0.9081
N ₁₄	-0.1787	5.1787	H ₃₀	0.2578	0.7422
H ₁₅	0.1037	0.8963	H ₃₁	0.1376	0.8624
H ₁₆	0.0985	0.9015	H ₃₂	0.1326	0.8674

ატომთა ორბიტალების ელექტრონული დასახლება

ატომი	2s	2p _x	2p _y	2p _z	ატომი	1s
C ₁	1.21010	0.98773	0.89404	0.96671	H ₁₅	0.89632
C ₂	1.22452	0.90642	0.95956	1.04732	H ₁₆	0.90155
C ₃	1.21162	0.99956	0.94692	0.94576	H ₁₇	0.90419
C ₄	1.22229	0.94337	1.00636	0.97817	H ₁₈	0.91458
C ₅	1.21223	0.96027	0.94784	0.98084	H ₁₉	0.91685
C ₆	1.22350	0.99516	0.95812	0.96584	H ₂₀	0.90730
C ₇	1.22310	0.99273	0.96067	0.96668	H ₂₁	0.92700
C ₈	1.22209	0.94313	1.00697	0.97809	H ₂₂	0.90283
C ₉	1.22271	0.99956	0.98992	0.93927	H ₂₃	0.93126
C ₁₀	1.21230	0.96058	0.94670	0.98142	H ₂₄	0.90511
C ₁₁	1.24005	0.81379	0.91192	0.74659	H ₂₅	0.91533
O ₁₂	1.91695	1.51656	1.46034	1.47045	H ₂₆	0.91660
N ₁₃	1.47071	1.00026	1.10848	1.76977	H ₂₇	0.91374
N ₁₄	1.62247	1.18049	1.29435	1.08141	H ₂₈	0.92262
					H ₂₉	0.90808
					H ₃₀	0.74215
					H ₃₁	0.86235
					H ₃₂	0.86737

ამგვარად, მოლეკულაში არის ორი პოტენციალურად ელექტრონოდონორული ატომი – O₁₂ და N₁₄, რის გამოც ის გვევლინება, როგორც ბიდენტატური ლიგანდი. ამის გამო, მას შეუძლია d-მეტალებთან წარმოქმნას კოორდინაციული ნაერთები ხუთნევრიანი ციკლის სახით (სქემა 4):

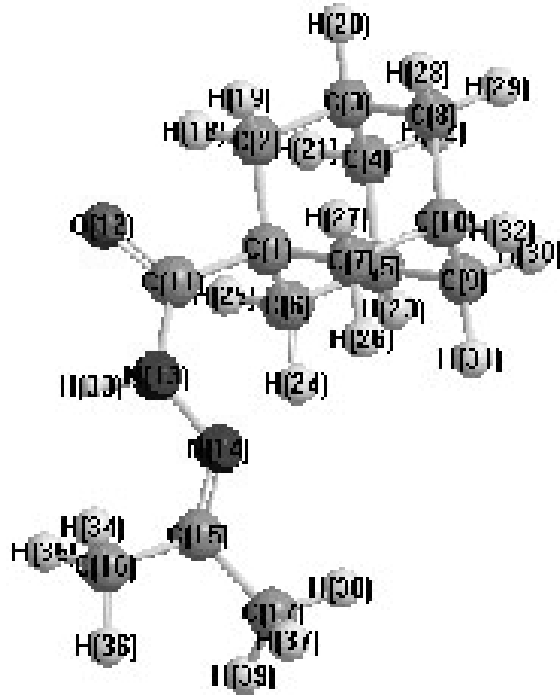


სქემა 4

რაც შეეხება აცეტონის 1-ადამანტიოლ ჰიდრაზონის მოლეკულას (ნახ. 2), აზოტის ატომები (N₁₃ და N₁₄) სავალენტო კუთხეების მნიშვნელობების ($\angle C_{11}-N_{13}-N_{14} = 125.2^\circ$, $\angle C_{11}-N_{13}-H_{33} = 114.6^\circ$, $\angle N_{14}-N_{13}-H_{33} = 120.2^\circ$ და $\angle N_{13}-N_{14}-C_{15} = 121.7^\circ$) მიხედვით იმყოფებიან sp² ჰიბრიდიზებულ მდგომარეობაში. იგივე მდგომარეობაშია ნახშირბადის C₁₅ ატომიც ($\angle N_{14}-C_{15}-C_{16} = 126.8^\circ$, $\angle N_{14}-C_{15}-C_{17} = 118.9^\circ$, $\angle C_{16}-C_{15}-C_{17} = 114.3^\circ$), რომელიც აზოტის N₁₄ ატომთან ქმნის ორმაგ ბმას.

ატომებზე ფარდობითი მუხტების სიდიდეთა (ცხრილი 5) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ პოტენციალურად ელექტრონოდონორულ ატომებს აქაც წარმოადგენენ O₁₂ (q₁₂ = -0.3585), N₁₃ (q₁₃ = -0.3156) და N₁₄ (q₁₄ = -0.0374). ატომთა ორბიტალების ელექტრონული დასახლება (ცხრილი 6) გვიჩვენებს, რომ ჟანგბადის ატომის ერთ-ერთი ელექტრონული წყვილი იმყოფება 2s-ორბიტალზე (ელექტრონული დასახლება 1.91635-ია) და მას შეუძლია მეტალის ატომთან σ-ბმის წარმოქმნა დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით. მიუხედავად N₁₃ ატომის ბევრად უფრო მაღალი უარყოფითი ფარდობითი მუხტისა, ვიდრე აქვს N₁₄ ატომს, მას არ შეუძლია მეტალის ატომთან σ-ბმის წარ-

მოქმნა დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით, რადგანაც ელექტრონული წყვილი იმყოფება ჰიბრიდიზაციის გარეშე დარჩენილ $2P_z$ ორბიტალზე (ელექტრონული დასახლება 1.72317-ია). რაც შეეხება N_{14} ატომს, ელექტრონული წყვილი იმყოფება ერთ-ერთ ჰიბრიდულ sp^2 ორბიტალზე, რომელზეც ელექტრონული დასახლება 1.72500-ია და ამგვარად, მიდრეკილია წარმოქმნას მეტალის ატომთან σ -ბმა დონორულ-აქცეპტორული მექანიზმით.



ნახაზი 2. აცეტონის 1-ადამანტოილ ჰიდრაზონის 3D მოდელი

ცხრილი 4.

ატომთაშორისი მანძილები (R_{ij})

ატომები, ij	R_{ij} , Å	ატომები, ij	R_{ij} , Å	ატომები, ij	R_{ij} , Å
C ₁ -C ₂	1.541	C ₅ -C ₉	1.525	C ₁₁ -O ₁₂	1.246
C ₁ -C ₆	1.531	C ₅ -H ₂₃	1.123	C ₁₁ -N ₁₃	1.407
C ₁ -C ₇	1.531	C ₆ -H ₂₄	1.118	N ₁₃ -N ₁₄	1.327
C ₁ -C ₁₁	1.523	C ₆ -H ₂₅	1.120	N ₁₃ -H ₃₃	1.009
C ₂ -C ₃	1.522	C ₇ -C ₁₀	1.527	N ₁₄ -C ₁₅	1.312
C ₂ -H ₁₈	1.120	C ₇ -H ₂₆	1.118	C ₁₅ -C ₁₆	1.496
C ₂ -H ₁₉	1.120	C ₇ -H ₂₇	1.120	C ₁₅ -C ₁₇	1.498
C ₃ -C ₄	1.525	C ₈ -C ₁₀	1.524	C ₁₆ -H ₃₄	1.119
C ₃ -C ₈	1.525	C ₈ -H ₂₈	1.120	C ₁₆ -H ₃₅	1.119
C ₃ -H ₂₀	1.123	C ₈ -H ₂₉	1.120	C ₁₆ -H ₃₆	1.117
C ₄ -C ₅	1.524	C ₉ -C ₁₀	1.525	C ₁₇ -H ₃₇	1.118
C ₄ -H ₂₁	1.120	C ₉ -H ₃₀	1.120	C ₁₇ -H ₃₈	1.117
C ₄ -H ₂₂	1.120	C ₉ -H ₃₁	1.120	C ₁₇ -H ₃₉	1.118
C ₅ -C ₆	1.526	C ₁₀ -H ₃₂	1.123		

ცხრილი 5.

ატომთა ფარდობითი მუხტი (q_i) და ელექტრონული სიმკვრივე [$q_i(d)$]

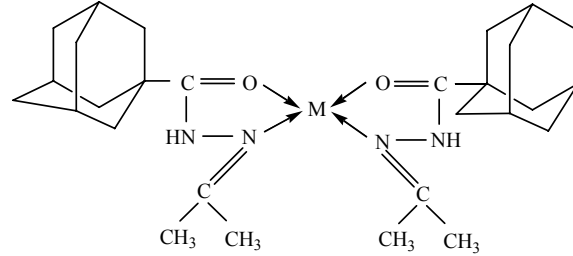
ატომი, i	ფარდობითი მუხტი, q_i	ელექტრონული სიმკვრივე, $q_i(d)$	ატომი, i	ფარდობითი მუხტი, q_i	ელექტრონული სიმკვრივე, $q_i(d)$
C ₁	-0.0347	4.0347	H ₂₁	0.0820	0.9180
C ₂	-0.1433	4.1433	H ₂₂	0.0807	0.9193
C ₃	-0.1015	4.1015	H ₂₃	0.0896	0.9104
C ₄	-0.1507	4.1507	H ₂₄	0.1032	0.8968
C ₅	-0.1004	4.1004	H ₂₅	0.0853	0.9147
C ₆	-0.1433	4.1433	H ₂₆	0.1040	0.8960
C ₇	-0.1432	4.1432	H ₂₇	0.0851	0.9149
C ₈	-0.1508	4.1508	H ₂₈	0.0820	0.9180
C ₉	-0.1494	4.1494	H ₂₉	0.0807	0.9193
C ₁₀	-0.1005	4.1005	H ₃₀	0.0803	0.9197
C ₁₁	0.3351	3.6649	H ₃₁	0.0830	0.9170
O ₁₂	-0.3585	6.3585	H ₃₂	0.0896	0.9104
N ₁₃	-0.3156	5.3156	H ₃₃	0.2186	0.7814
N ₁₄	-0.0374	5.0374	H ₃₄	0.0904	0.9096
C ₁₅	-0.1200	4.1200	H ₃₅	0.0885	0.9115
C ₁₆	-0.2142	4.2142	H ₃₆	0.0937	0.9063
C ₁₇	-0.1637	4.1637	H ₃₇	0.0870	0.9130
H ₁₈	0.0968	0.9032	H ₃₈	0.0966	0.9034
H ₁₉	0.0961	0.9039	H ₃₉	0.0869	0.9131
H ₂₀	0.0917	0.9083			

ცხრილი 6.

ატომთა ორბიტალების ელექტრონული დასახლება

ატომი	2s	2p _x	2p _y	2p _z	ატომი	1s
C ₁	1.20663	0.96887	0.87905	0.98018	H ₁₈	0.90322
C ₂	1.22522	0.91596	0.96096	1.04119	H ₁₉	0.90395
C ₃	1.21139	0.99621	0.94586	0.94803	H ₂₀	0.90827
C ₄	1.22233	0.94905	1.00375	0.97557	H ₂₁	0.91799
C ₅	1.21212	0.95425	0.95379	0.98021	H ₂₂	0.91927
C ₆	1.22342	1.01916	0.94786	0.95284	H ₂₃	0.91036
C ₇	1.22335	1.02020	0.94739	0.95225	H ₂₄	0.89684
C ₈	1.22230	0.94927	1.00381	0.97537	H ₂₅	0.91468
C ₉	1.22248	1.00374	0.98441	0.93876	H ₂₆	0.89595
C ₁₀	1.21216	0.95409	0.95404	0.98024	H ₂₇	0.91485
C ₁₁	1.23915	0.78488	0.91827	0.72259	H ₂₈	0.91801
O ₁₂	1.91635	1.53322	1.44607	1.46283	H ₂₉	0.91929
N ₁₃	1.47861	1.03813	1.07567	1.72317	H ₃₀	0.91974
N ₁₄	1.72500	0.94356	1.24480	1.12405	H ₃₁	0.91705
C ₁₅	1.24336	0.91225	0.94865	1.01575	H ₃₂	0.91041
C ₁₆	1.22073	1.03064	0.93838	1.02441	H ₃₃	0.78138
C ₁₇	1.21622	0.94667	0.98301	1.01778	H ₃₄	0.90958
					H ₃₅	0.91149
					H ₃₆	0.90630
					H ₃₇	0.91295
					H ₃₈	0.90336
					H ₃₉	0.91307

ამგვარად, მოლეკულაში არის ორი პოტენციალურად ელექტრონოდონორული ატომი – O₁₂ და N₁₄, რის გამოც ის გვევლინება როგორც ბიდენტატური ლიგანდი. ამის გამო მას შეუძლია d-მეტალებთან წარმოქმნას კოორდინაციული ნაერთები ხუთწევრიანი ციკლის სახით (სქემა 5):



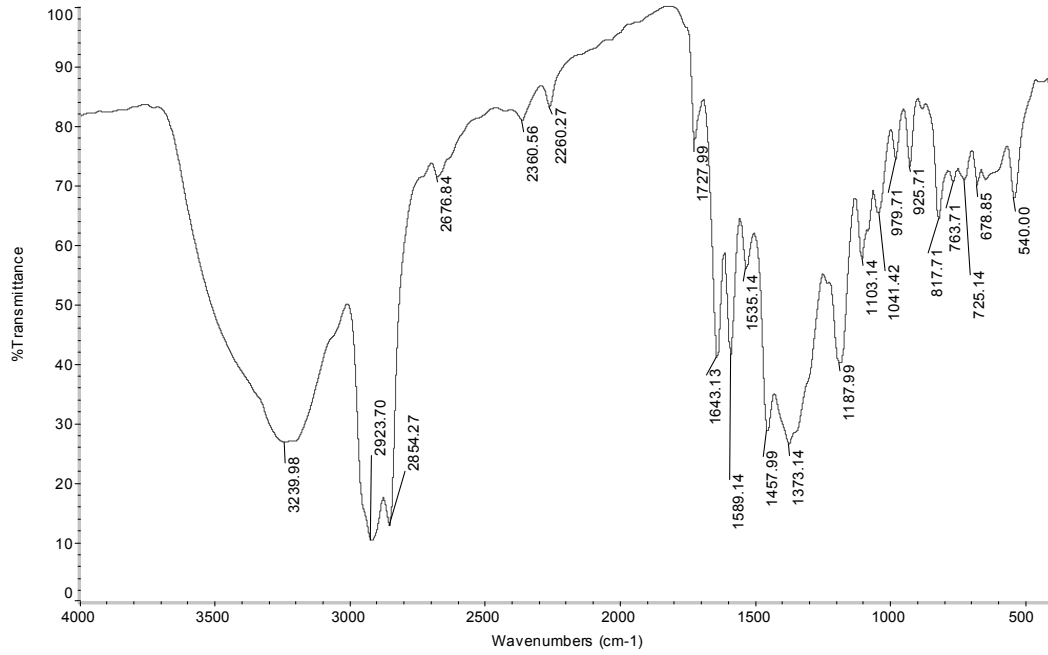
სქემა 5

გამოთვლების შედეგები შეესაბამება მიღებული ნაერთების ინფრანითელი სპექტრების მონაცემებს (ნახაზი 3, 4).

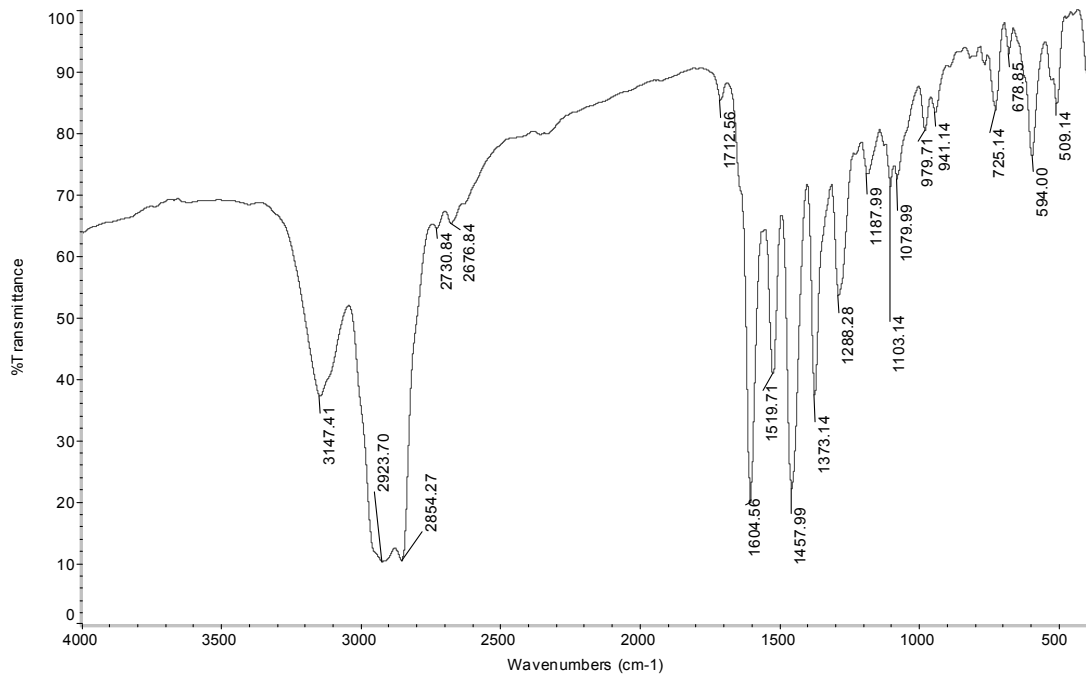
მართლაც, დასინთეზებული კომპლექსების და ადამანტან-1-კარბონმჟავის ჰიდრაზიდის შთანთქმის ინფრანითელი სპექტრების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ორგანული ლიგანდის მოლეკულა მეტალების ცენტრალურ ატომებთან კოორდინირებულია კარბონილის ჯგუფის ჟანგბადატომისა და NH₂-ჯგუფის აზოტის ატომის მეშვეობით ციკლურ-ბიდენტატურად. კერძოდ, კომპლექსნაერთთა სპექტრებში კარბონილის ჯგუფის სავალენტო რხევის შესაბამისი შთანთქმის ზოლის შემცირება [$\Delta\nu(\text{C}=\text{O}) \approx 30-40 \text{ სმ}^{-1}$] თავისუფალ ლიგანდთან შედარებით მიუთითებს, რომ ორგანული ლიგანდი მეტალის ატომთან კოორდინირებულია კარბონილის ჟანგბადატომის მეშვეობით $\text{M} \leftarrow \text{C}=\text{O}$. მეორე მხრივ, NH₂ ჯგუფის შესაბამისი შთანთქმის ზოლები [$\Delta\nu(\text{NH}_2) \approx 120-200 \text{ სმ}^{-1}$] არაკოორდინირებულ ლიგანდთან შედარებით გადანეულია გრძელტალღიან უბანში, რაც დამახასიათებელია $\text{NH}_2 \rightarrow \text{M}$ ბმის ვალენტური რხევებისათვის.

ნაერთების $\text{ML}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot k\text{H}_2\text{O}$ ($k = 1, 2$) იონ სპექტრებში $\sim 1380-1538 \text{ სმ}^{-1}$ უბანში შეიმჩნევა $\nu_e(\text{NO}_3^-)$ ჯგუფისათვის დამახასიათებელი ინტენსიური, ორ კომპონენტად გახლეჩილი შთანთქმის ზოლი, რაც საშუალებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ NO_3^- ჯგუფი უშუალოდ არის დაკავშირებული მეტალების ცენტრალურ ატომებთან და შესაბამის კომპლექსებს აქვთ ოქტაედრული აღნაგობა.

ნაერთების $\text{ML}_m\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ($m = 2, 3$) იონ სპექტრებში $\sim 1080-1110 \text{ სმ}^{-1}$ უბანში შეიმჩნევა $\nu_e(\text{SO}_4^{2-})$ ჯგუფისათვის დამახასიათებელი ინტენსიური, სინგლეტური შთანთქმის ზოლი. მეტალის ცენტრალური ატომის კოორდინაციული რიცხვი კომპლექსებში $\text{ML}_m\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ($M = \text{Co}, \text{Ni}$) არის 6. შესაბამისად SO_4^{2-} ჯგუფები ამ კომპლექსებში შიგა სფერულ ჯგუფებს წარმოადგენენ. $\text{CdL}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ -ში SO_4^{2-} -ის შესაბამისი შთანთქმის ზოლი ძლიერად არის გახლეჩილი რამდენიმე კომპონენტად, რაც საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ SO_4^{2-} -ჯგუფები ამ კომპლექსებში პირდაპირ უკავშირდებიან კადმიუმის ცენტრალურ ატომს.



ნახაზი 3. კოორდინაციული ნაერთის $\text{Ni}(\text{AdCONHNH}_2)_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ იწ სპექტრი



ნახაზი 4. კოორდინაციული ნაერთის $\text{Co}[\text{AdCONHNC}(\text{CH}_3)_2]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ იწ სპექტრი

ნაერთების $\text{ML}_2\text{Cl}_2 \cdot k\text{H}_2\text{O}$ ($k = 1, 2$) იწ სპექტრებში $\sim 1070\text{-}1130 \text{ cm}^{-1}$ უბანში შეიმჩნევა $\nu_c(\text{Cl}^-)$ ჯგუფისათვის დამახასიათებელი ინტენსიური შთანთქმის ზოლი.

ნაერთების $\text{ML}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ იწ სპექტრებში შეიმჩნევა CH_3COO^- ჯგუფისათვის დამახასიათებელი ინტენსიური შთანთქმის ზოლები: $\nu_c(\text{COO}^-) \approx \sim 1410\text{-}1450 \text{ cm}^{-1}$, $\nu_c(\text{CH}_3) \approx \sim 1235\text{-}1335 \text{ cm}^{-1}$, $\nu_c(\text{C-C}) \approx \sim 900\text{-}960 \text{ cm}^{-1}$.

ცხრილი 7.

ადამანტანშემცველი ჰიდრაზიდ-ჰიდრაზონული ლიგანდებისა და d-მეტალების ბაზაზე მიღებული კოორდინაციული ნაერთების ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები

№	ნივთიერება	შეფერილობა	ლ. t., °C	გამო- სავლ., %	λ _M **	მეტალის შემცველობა, %	
						ნაპოვნია	გამო- თვლილია
1	CoL ^I ₂ Cl ₂ · 2H ₂ O	ვარდისფერი	>260	84.4	87,6	10,04	10,63
2	NiL ^I ₂ Cl ₂ · 2H ₂ O	ცისფერი	>260	87.2	75,3	10.12	10,65
3	CdL ^I ₂ Cl ₂ · 2H ₂ O	თეთრი	>230	84.6	68,4	17,93	18,40
4	CuL ^I ₂ Cl ₂	მომწვანო	>260*	76.2	82,3	11,78	12,24
5	CoL ^I ₂ SO ₄ ·H ₂ O	ვარდისფერი	>260	83.2	85,2	10,00	10,41
6	NiL ^I ₃ SO ₄ ·H ₂ O	ცისფერი	>230*	64.6	69,3	7,38	7,70
7	CdL ^I ₂ SO ₄ ·H ₂ O	თეთრი	>300	78.4	73,5	17,87	18,24
8	CoL ^I ₂ (NO ₃) ₂ ·2H ₂ O	ვარდისფერი	>300	96.2	76,6	9,18	9,71
9	NiL ^I ₂ (NO ₃) ₂ ·H ₂ O	ცისფერი	>230	96.2	83,3	9.56	10,01
10	CoL ^I ₂ (CH ₃ COO) ₂ ·H ₂ O	ბორდოსფერი	>230	87.8	83,9	9,25	10,10
11	NiL ^I ₂ (CH ₃ COO) ₂ ·H ₂ O	მწვანე	>230	92.2	64,7	9,64	10,11
12	CdL ^I ₂ (CH ₃ COO) ₂ ·2H ₂ O	თეთრი	>360	93.2	77,6	16,25	17,09
13	CoL ^{II} ₂ Cl ₂ ·2H ₂ O	ვარდისფერი	>360*	69.4	64,6	8,93	9,29
14	NiL ^{II} ₂ (NO ₃) ₂ ·2H ₂ O	ცისფერი	>360*	55.1	66,9	8,50	8,58
15	CoL ^{II} ₂ SO ₄ ·2H ₂ O	ვარდისფერი	>360*	92.4	65,3	8,00	8,94
16	NiL ^{II} ₂ (CH ₃ COO) ₂ ·2H ₂ O	ვარდისფერი	>360*	49.4	68,4	8,27	8.65

*) იმლება; L^I = AdCONHNH₂; L^{II} = AdCONHNC(CH₃)₂

**) λ_M განსაზღვრულია დმფ ხსნარში 25°C, 0.001M, S სმ²მოლი⁻¹

მიღებული კოორდინაციული ხსნარების მოლური ელექტროგამტარობა დიმეთილფორმამიდში იცვლება 64-87 S სმ²მოლი⁻¹ საზღვრებში, რაც შეესაბამება 1:1 ტიპის ელექტროლიტს [12].

კვლევის შედეგად დასინთეზებულია ზოგიერთი d-მეტალის ახალი კოორდინაციული ნაერთები ადამანტან-1-კარბონმჟავას ჰიდრაზიდის და აცეტონის 1-ადამანტოილ ჰიდრაზონის ბაზაზე. აღნიშნული სისტემები ძლიერი ფარმაკოფორული ჯგუფების შემცველობის გამო წარმოადგენენ საინტერესო და პერსპექტიულ ობიექტებს ახალი ფართო სპექტრის მქონე ბიოაქტიური საშუალებების ძიებისათვის.

ლიტერატურა:

1. Морозов И.С., Петров В.И., Сергеева С.А. Фармакология адамантанов, Волгоград.: Волгоградская медицинская академия. 2001.
2. Арцимович Н.Г., Галушина Т.С., Фадеева Т.А. Адамантаны – лекарства XXI века. Int. J. Immunorehabilitation. 2000. T.2. 1.
3. Даниленко Г. И., Шабловская Е. А., Антонова Л. А., Гужова С. В. Синтез и защитное действие производных фениладамантана в отношении вируса бешенства, Хим. фарм. журн., 1998.
4. Даниленко Г. И., Рыбалко С. П., Макамов Ю. Н., Баклан В. Ф., Гужова С. В. Гидразиды адамантан-1-норборнан-2-карбоновой кислоты как ингибиторы вируса имму-

- но дефицита человека. Хим. фарм. журн., 2000, т. 34, 1.
5. Stetter H., Mayer J., Schwarz M., Wulff K. Beiträge zur Chemie der Adamantyl-(1) Derivate. Chem. Ber., 1960, 93.
 6. Манчхошвили Р. И. Химия Гидразидокомплексов Металлов. М., Наука, 1996.
 7. Мачхошвили Р.И., Лобжанидзе С.А., Цинцадзе Г.В. Координационные соединения металлов с ацилгидразонами ацетона. Нитратные и тиоцианатные производные. Сообщ. АН. Грузии, 1992, т. 145, 1.
 8. თოფურია ე., ცინცაძე მ., შარია ი., ცინცაძე გ., ბებია ნ. საქ. მეცნ. აკად. მაცნე, ქიმიის სერია, 2001, 27, 3-4.
 9. ცინცაძე მ., თოფურია ე., ცინცაძე გ., გელოვანი ნ., სხირტლაძე ლ., ლეჟავა ს., ბერეჟიანი მ. საქ. მეცნ. აკად. მაცნე, ქიმიის სერია, 2001, 27, 3-4.
 10. Michael J. S. Dewar, *Eve G. Zoebisch, Eamonn F. Healy, and James J. P. Stewart. J. Am. Chem. Soc. 1985, 107.
 11. Allinger N.L. Conformational analysis. 130. MM2. A hydrocarbon force field utilizing V1 and V2 torsional terms. J. Am. Chem. Soc. 1977, 99.
 12. Kukulskii I.I. Chemistry of Coordination Compounds. M.: Mir, 1985, p. 8.

**QUANTUM-CHEMICAL INVESTIGATION OF HYDRAZIDE
OF ADAMANTANE-1-CARBONIC ACID AND 1-ADAMANTOYL HYDRAZONE
OF ACETONE AS LIGANDS OF COORDINATION COMPOUNDS OF d-METALS**

N. Lekishvili¹, Z. Pachulia¹, Kh. Barbakadze¹, Q. Giorgadze¹, G. Tsintsadze²

¹*Ivane Javakhishvili Tbilisi State University*

²*Georgian Technical University*

Summary

The target synthesis hydrazide of adamantane-1-carbonic acid and 1-adamantoyl hydrazone of acetone, as new coordination compounds on the basis of organic ligands and some d-metal salts has been carried out. By using model systems and semi-empirical quantum-chemical AM1 method, energetical and geometrical parameters, effective charges and electronic density in adamantane containing hydrazide and hydrazone molecules have been calculated. Two potential electron donor atoms – oxygen atom of carbonyl group and nitrogen atom – have been exhibited, therefore, they are bidentate ligands and create coordination compounds with d-metals in the form of five-member cycle.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები
Proceedings of Ivane Javakhishvili
Tbilisi State University
363, 2010

ანალიზური ქიმია და გარემოს ქიმია

**ტრანსკავკასიური სატრანსპორტო დერეფნების ეკოლოგიური
მდგომარეობის შეფასება საქართველოს ნიფა-ხარაგაულის
რკინიგზის მონაკვეთის მაგალითზე**

გ. ჩახაია, რ. დიაკონიძე, თ. სუპატაშვილი,¹ ფ. ლორთქიფანიძე, ნ. ლაბარტყავა¹
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
საქართველოს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

სტატიაში განხილულია საქართველოს ტერიტორიაზე „ტრასეკას“ სა-
ტრანსპორტო დერეფნების ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება ნიფა-
ხარაგაულის მონაკვეთზე.

ამ მიზნით ზემოაღნიშნული მონაკვეთის სარკინიგზო მაგისტრალზე,
მდ. ჩხერიმელას წყალშემკრებ აუზში, ჩატარებული იქნა საველე სამუ-
შაოები, აღებული იქნა წყლისა და ნიადაგის სინჯები მათი შემდგომი ლა-
ბორატორიული გამოკვლევისათვის.

სტატიაში მოცემულია ჩატარებული საველე და ლაბორატორიული
კვლევების ანალიზი და საკვლევი რეგიონის ეკოლოგიური მდგომარეობ-
ის შეფასება. წარმოდგენილია შესაბამისი რეკომენდაციები საკვლევი ტე-
რიტორიის ეკოლოგიური სტაბილურობის შესანარჩუნებლად.

საქართველოს ტერიტორიაზე გამავალი სატრანსპორტო დერეფნების ეკოლო-
გიური კონიუნქტურის შეფასების მიზნით, ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ გა-
მოცხადებულ კონკურსში გამარჯვებული საგრანტო პროექტის: „ტრასეკას დერე-
ფანში მთის ფერდობის მდგრადობის შეფასება და უზრუნველყოფის ღონისძიებები“¹
ფარგლებში, ტრანსკავკასიური სარკინიგზო მაგისტრალის ნიფა-ხარაგაულის მონა-
კვეთზე, მდინარე ჩხერიმელას ხეობაში, განხორციელებული იქნა საველე და ლაბო-
რატორიული კვლევითი სამუშაოები.

როგორც ცნობილია, ზემოთ აღნიშნულ რეგიონში გადის ტრანსკავკასიური საავ-
ტომობილო და სარკინიგზო მაგისტრალები, რომლითაც აზიის, მათ შორის, სამხრეთ
კავკასიის ქვეყნები შავი ზღვის სანაპირო ქალაქებისა და თურქეთის სახელმწიფოს

¹ აღნიშნული პროექტი განხორციელდა საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური
ხელშეწყობით (გრანტი GNSF/ST07/8-275). წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოთქმული ნებისმიერი
აზრი ეკუთნის ავტორს და შესაძლოა არ ასახავდეს საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდ-
ის შეხედულებებს.

გავლით დასავლეთ ევროპის ქვეყნებს უკავშირდება.

აღსანიშნავია, რომ რაგინდ მაქსიმალურადაც არ უნდა იყოს დაცული უსაფრთხოების ზომები, ტვირთების გადაზიდვისა და მგზავრთა გადაადგილების (გადაყვანის) დროს ეკოლოგიური რისკების ალბათობა მაინც არსებობს, რაც ადგილობრივი გარემოს დაბინძურების საწინდარია. ეს პრობლემები შეიძლება გამოწვეული იყოს ნავთობსადენების დაზიანებით, ან ნავთობპროდუქტებისა და სხვა შხამქიმიკატების ტრანსპორტირების (გადაზიდვის) შედეგად. ყოველივე ზემოაღნიშნულის გამო, მუდამ არსებობს გარემოს დაბინძურებისა და ეკოლოგიური პრობლემების წარმოშობის საფრთხე, რისთვისაც საჭიროა წინდანი ვიყოთ ინფორმირებული და დროულად შევძლოთ მოსალოდნელი ეკოლოგიური პრობლემების თავიდან აცილება, ან ამ პრობლემებით გამოწვეული ნეგატიური შედეგების შერბილება.

ეკოლოგიურ პრობლემებს შორის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესია წყლისა და ნიადაგ-გრუნტების ხარისხის შენარჩუნება, მითუმეტეს, ისეთი მცირე მინიანი ქვეყნისთვის, როგორც საქართველოა. სწორედ წყლის ნაკადის მოძრაობის შედეგად ხდება დაბინძურებული ადგილების გადარეცხვა, მისი ტრანსპორტირება და ბუნებრივ გარემოში გავრცელება.

როგორც ცნობილი რუსი მეცნიერი, აკადემიკოსი ვერნადსკი აღნიშნავდა, ჩვენი პლანეტის არსებობის ისტორიაში წყალი ითვლება აუცილებელ და ძირითად კომპონენტად. არ არსებობს ბუნებრივი სხეული, რომელსაც ისეთი მნიშვნელობა ექნებოდა ყველაზე გრანდიოზული გეოლოგიური პროცესების ფორმირებაში, როგორც ეს ბუნებრივ წყალს აქვს. არ არსებობს დედამიწაზე ნივთიერება-მინერალი, თუ ცოცხალი სხეული, რომელიც წყალს არ შეიცავს [5]. ცნობილია, რომ წყლისა და ნიადაგების რესურსების, მათი ხარისხისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების შენარჩუნებას უდიდესი ზოგადსაკაცობრიო მნიშვნელობა აქვს. რა თქმა უნდა, გამონაკლისს არც საქართველო წარმოადგენს. მისი ტერიტორია მნიშვნელოვნადაა გადატვირთული, როგორც ტრანსკავკასიური ენერგორესურსების გამტარი დერეფნებით, ისე ტრასეკას საავტომობილო და სარკინიგზო მაგისტრალებით. აქედან გამომდინარე, ეს რეგიონი ეკოლოგიური პრობლემების წარმოქმნის რისკის ზონაში მდებარეობს. ერთ-ერთი ასეთი რთული მონაკვეთია წიფა-ხარაგაულის ტრასეკას სარკინიგზო მაგისტრალი მდინარე ჩხერიმელას ხეობაში. იმის გამო, რომ რეგიონის ეკოლოგიური პრობლემების შეფასებაში, როგორც ზემოთაა აღნიშნული, ერთ-ერთი ძირითადი პირობა წყლის რესურსებისა და ნიადაგ-გრუნტების ხარისხის დაცვაა, ჩვენი კვლევის მიზანს ზემოაღნიშნულ სარკინიგზო მონაკვეთზე, სწორედ ამ მახასიათებლების შესწავლა და შეფასება წარმოადგენს, რაც საშუალებას მოგვცემს მიღებული შედეგები განვაზოგადოთ და მიახლოებით შევაფასოთ მთლიანად ტრასეკას დერეფნის სა-

ქართველოს მონაკვეთის ეკოლოგიური მდგომარეობა.

წყლის ნაკადების (მდინარე, წყალსადინარი, დროებითი ხევი და სხვა) მიერ ტრანსპორტირებული (გამოტანილი) ხსნადი ქიმიური ნივთიერებების შესწავლა გარკვეულ წარმოდგენას იძლევა გარემოზე მისი ზემოქმედების შესაძლებლობაზე [3]. ჩადინებული ხსნადი ნივთიერებების შესწავლას აქვს როგორც სამეცნიერო, ისე პრაქტიკული მნიშვნელობა მრავალი ეკოლოგიური პრობლემის გადაჭრის საქმეში, აგრეთვე, ნიადაგის ეროზიის წინააღმდეგ მიმართული სხვადასხვა ღონისძიების განხორციელებაში [2].

საქართველოს ტერიტორიაზე ზედაპირული წყლების ქიმიური შემადგენლობის შესწავლა 1938 წელს საქართველოს ჰიდრომეტსამსახურის მიერ სტაციონალური დაკვირვებებით დაიწყო და მან საქართველოს ტერიტორიის გარკვეული ნაწილი მოიცვა. ძირითადად, დაკვირვებები მიმდინარეობდა საშუალო და დიდი წყალშემკრები ფართობების მქონე მდინარეებზე. ამ მხრივ ყურადღებას იმსახურებს შრომები [1; 4; 7; 8; 9], სადაც მოცემულია საქართველოს მრავალი მდინარის ჰიდროქიმიური მაჩვენებლები. სამწუხაროდ, ამ შრომებში ზემოაღნიშნული საკვლევი მონაკვეთისათვის ასეთი სახის დაკვირვებები არ შესრულებულა და, ამის გამო, ზედაპირული წყლების ხარისხზე მასალები არ არსებობს. არსებული დეფიციტის შესავსებად, საკვლევი რეგიონის, წიფა-ხარაგაულის რკინიგზის მონაკვეთის გასწვრივ, მდ. ჩხერიმელას რამდენიმე შენაკადის წყალშემკრებ აუზში მოვახდინეთ წყლისა და ნიადაგ-გრუნტების სინჯების აღება, შემდგომი ლაბორატორიული გამოკვლევებისათვის და მათი ფიზიკური და ქიმიური მახასიათებლების დადგენისათვის. სულ შერჩეული იქნა 5 მდინარე: (გოზილასწყალი, ბლიხევი, სილიღელე, ბარნალისწყალი და გორნება) ლაბორატორიული კვლევები განხორციელდა წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის და ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ლაბორატორიებში. კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრ. 1;2. აქვე გვინდა აღვნიშნოთ ისიც, რომ ერთჯერადი სინჯების აღებით შეუძლებელია ზემოაღნიშნული რეგიონის წყლისა და ნიადაგ-გრუნტების ქიმიური შედგენილობის დადგენა და შეფასება, მაგრამ მიღებული შედეგები, საქართველოს მდინარეების სხვა არსებულ მონაცემებთან შედარების საფუძველზე, საშუალებას მოგვცემს გარკვეული (ზოგადი) წარმოდგენა ვიქონიოთ ხსენებული რეგიონის წყლისა და ნიადაგ-გრუნტების ეკოქიმიურ შემადგენლობაზე.

როგორც ცხრ. 1-დან ჩანს, საკვლევი ტერიტორიის მდინარეები მცირედ მინერალიზებულია და კალციუმის ჯგუფის მეორე ტიპის წყლებს განეკუთვნება. დაბალი მინერალიზაციის გამო, მდინარეების წყლებს საკმაოდ დაბალი სიხისტე გააჩნია, pH ნორმის ფარგლებშია.

ზედაპირულ წყლებში ბიოგენური ნივთიერებები ყველაზე ვარიაბელურ კომპო-

ნენტებს განეკუთვნება. წყლის ქიმიური შედგენილობის განმსაზღვრელ მრავალრიცხოვან ფაქტორებს ემატება მძლავრი, სწრაფად მიმდინარე ბიოლოგიური და ბიოქიმიური ფაქტორები, რომლებიც განაპირობებენ ბიოგენური ნივთიერებების შემცველობასა და რეჟიმს.

ჩვენი კვლევის ობიექტებში, ბიოგენური ნივთიერებებიდან, უმნიშვნელო რაოდენობით აღინიშნება ამონიუმის იონის არსებობა (0,4 მგ/ლ). სხვა არაორგანული ფორმები არ არის აღმოჩენილი.

ასევე, დაბალია ჟანგვადობის მაჩვენებელი მდ. ტოზილასწყალის ხევისა და ბლიხევის წყლებში, რაც საერთოდ დამახასიათებელია საქართველოს ზედაპირული წყლებისათვის. გახსნილი ორგანული ნივთიერებების დეფიციტი აიხსნება საქართველოს ნიადაგებში ორგანული ნახშირბადის მცირე მარაგით.

დროის ხანგრძლივ მონაკვეთში ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორების ცვალებადობის საერთო ტენდენციები (ზედაპირულ ჩამონადენში მყინვარის წყლების წილის შემცირება, რეგიონის ურბანიზაცია, ტექნოგენიზაცია, სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და სხვა) აისახება ზედაპირულ წყლებში მთავარი იონების შემცველობაზე. ამიტომ, საკმაო ინტერესს წარმოადგენს მათი შემცველობის შიდაწლიური ცვალებადობა, რაც ჩვენი შემდგომი კვლევის ამოცანას წარმოადგენს.

მარილოვანი შედგენილობის მიხედვით, ანიონებში ჭარბობს კარბონატიონი (87%), კატიონებში კი – კალციუმი (57%).

წყლის ხარისხისა და მისი ვარგისიანობის შესაფასებლად გამოყენებულ იქნა ეკონომიკური ურთიერთდახმარების საბჭოს (CEB) რეკომენდაციები [6]. როგორც მიღებული შედეგების ანალიზმა აჩვენა (ცხრ. 1, 2), საკვლევი რეგიონის მდინარეების წყლის ხარისხი CEB-ის რეკომენდაციების მიხედვით, პირველი კლასის წყლებს მიეკუთვნება. თუმცა, აუცილებლად გასათვალისწინებელია ის, რომ ლაბორატორიული კვლევები ჩატარებულია მხოლოდ და მხოლოდ ერთჯერადი სინჯების საფუძველზე, ამიტომაც ეს შეფასება, რა თქმა უნდა, მიახლოებითია. საკვლევი მდინარეების წყლები მხოლოდ ზოგიერთ შემთხვევაში არის დაბინძურებული ბიოგენური ნაერთებით, კერძოდ, ამონიუმის აზოტითა (NH_4^+) და ნიტრიტით (NO_2^-). ეს მაჩვენებლები აჭარბებს სასურველს და თითქმის მიახლოებულია ზღვრულ დასაშვებ სიდიდესთან.

ცხრილი 1.

მდინარეების წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგები

№	სინჯის აღების ადგილი	სინჯის აღების თარიღი	წყლის ხარ-ჯი, Q მ/წმ ³	pH	საერ-თო სიხის ტე, მგ.ექვ/ლ.	ჟანგ-ვა-დობა მგ/ლ	ანიონები, გ/ლ			კათიონები, გ/ლ		საერთო მინერა-ლიზა-ცია, გ/ლ	მშრა-ლი ნაშთი, გ/ლ	ბიოგენური ნაერთები, მგ/ლ			
							Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na+K	Ca ²⁺			Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻
1	ტოზილასწყალი შესართავთან	10.06.08	0.505	6.85	1.08	1.04	0.0014	0.0064	0.0732	0.0067	0.0136	0.0049	0.1062	0.1105	0.40	0.00	0.00
2	ბლიხევი შესართავთან	10.06.08	0.857	6.95	0.96	1.44	0.0036	0.0104	0.0488	0.0037	0.0120	0.0044	0.0829	0.0851	0.40	0.00	0.00
3	სილილეუ შესართავთან	14.12.08	---	7.00	3.96	0.00	0.0028	0.0084	0.1074	0.0023	0.0232	0.0093	0.1534	0.1591	0.10	0.02	0.00
4	ბარნალისწყალი შესართავთან	14.12.08	0.0575	6.65	1.52	0.88	0.0028	0.0116	0.0830	0.0037	0.0176	0.0078	0.1265	0.1289	0.40	0.00	0.00
5	გორნება შესართავთან	14.12.08	---	7.80	2.40	3.12	0.0050	0.0108	0.1513	0.0104	0.0392	0.0054	0.2221	0.2278	0.40	0.00	0.00

ცხრილი 2.

ნიადაგ-გრუნტების ქიმიური ანალიზის შედეგები

№	გრუნტის აღების ადგილი	pH წყლით, მარილით	ანიონები გ/100გ			კათიონები გ/100გ			საერთო მინერალიზაცია მშრალი ნაშთი +105 გ/100გ	ბიოგენური ნაერთები გ/100გ			თაბაშირი გ/100გ			ორგანული		ჰიგროსკოპული წყალი	
			Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na+K	Ca ²⁺	Mg ²⁺		ნიტრატები	ფოსფატები	P ₂ O ₅	კარბონატები %	ჰაერმშრალი	აბსოლუტურად მშრალი	ორგანული ნაშთობადი	ჰუმუსი		
1	ტოზილასწყალი შესართავთან	6.05 5.15	0.0018	0.0082	0.0097	0.0023	0.0044	0.0020	0.0284	0.0307	0.0033	0.0128	0.0096	0.70	0.0030	0.0032	0.38	0.66	1.64
2	ბლიხევი შესართავთან	6.05 4.90	0.0039	0.0128	0.0268	0.0028	0.0128	0.0007	0.0598	0.0645	0.0016	0.0004	0.0003	2.16	0.0122	0.0127	0.95	1.63	3.92

საკვლევი რეგიონის ნიადაგ-გრუნტების ქიმიური მახასიათებლების დასადგენად, შესწავლილი იქნა მდინარეების – ტოზილასწყლის და ბლიხევის ხეობა. ნიმუშები აღებულია უშუალოდ მდინარის სიახლოვეს, ამიტომაც მასში მაღალია ქვიშის ფრაქციის შემადგენელი წილი. აღებულ სინჯებში განსაზღვრულ იქნა მაკრო კომპონენტები (კარბონატები, სულფატები, ქლორიდები, ნატრიუმი, კალიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი), ჰიგროსკოპიული წყალი, ნიტრატები, ფოსფატები, ჰუმუსი, თაბაშირი, აგრეთვე, მჟავიანობა. ცხრ. 2.

მჟავიანობის მაჩვენებელი განვსაზღვრეთ როგორც წყლით, ასევე მარილით,

კერძოდ, კალიუმის ქლორიდით. ეს უკანასკნელი (გაცვლითი მუჟავიანობა) გვიჩვენებს მეტ მუჟავიანობას და ამიტომ pH უფრო დაბალია, ვიდრე წყლით გამონაწურში. ჩვენს ნიმუშებში pH (წყლით) 6,05-ს უდრის, ხოლო მარილით გამონაწურში 4,90-5,15.

საერთოდ, ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებებისათვის ყველაზე ხელსაყრელია ნეიტრალური და ოდნავ ტუტე რეაქცია.

ჰუმუსს დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარის ზრდა-განვითარებისათვის, რადგანაც ის დიდი რაოდენობით შეიცავს მცენარეებისათვის საჭირო საკვებ ნივთიერებას. მათგან, პირველ რიგში, აღსანიშნავია აზოტი, შემდეგ ფოსფორი და გოგირდი. აზოტი მასში წარმოდგენილია სხვადასხვა ცილოვანი ნივთიერებების სახით. ეს ნივთიერება მიკროორგანიზმების მოქმედებით იშლება და აზოტი გადადის მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში. ასევე თავისუფლდება ჰუმუსიდან გოგირდმჟავა და ფოსფორმჟავა მარილები. ჰუმუსის მაქსიმალური შემცველობა ზედა ფენაში აღწევს 10-12%-ს (შავმიწა ნიადაგებში). ჩვენს სინჯებში ჰუმუსის შემცველობა მცირეა, განსაკუთრებით, ტოზილასწყლისა (0,66%) და ბლიხევის ხეობის (0,68%) სინჯებში.

საკვლევი მდინარეების ხეობის ნიადაგ-გრუნტების სინჯები ღარიბია ფოსფატებით. განსაკუთრებით ბლიხევისა და ტოზილასწყლის ხეობის გრუნტები (0,0003-0,0004 გ/100გ). ასევე მცირეა P_2O_5 -ის შემცველობაც.

საერთო აზოტი ორგანული აზოტისა და მინერალური აზოტის ჯამისაგან შედგება. ორგანული აზოტი ჰუმუსის შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს და მის შემცველობაზეა დამოკიდებული. რაც მეტია ჰუმუსი, მით მეტია ორგანული აზოტის შემცველობა. იგი ჰუმუსის 6-8 %-ს შეადგენს. ნიადაგში არის მინერალური აზოტიც-ამონიაკის და ნიტრატების სახით, მაგრამ ამ აზოტის რაოდენობა ძალზედ მცირეა და საერთო აზოტის 1-2%-ს შეადგენს. საანალიზო სინჯებში ნიტრატების შემცველობა მცირეა (0,0016-0,0038 გ/100გ). ჰუმუსის შემცველობის გათვალისწინებით, (0,66-1,63%) საანალიზო ნიადაგებში ორგანული აზოტის შემცველობაც ძალზე მცირეა. ამიტომ, ეს ნიადაგები აზოტით ღარიბ ნიადაგებს განეკუთვნება.

რაც შეეხება ნიადაგების კარბონატულობას, იგი იცვლება 0,70-2,16%-ის ფარგლებში.

ნიადაგის წყლით გამონაწურის შედეგები გვიჩვენებს, რომ მასში მცირეა მაკროკომპონენტების შემცველობა. მშრალი ნაშთის შემცველობა იცვლება 0,0307-0,0645გ/100გ.

ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ საკვლევი რეგიონის მდინარეების წყალ-შემკრები აუზებისათვის წყლისა და ნიადაგ-გრუნტების ეკოქიმიური მაჩვენებლების ბუნებრივი (გენეზისური) ფონი, ისევე, როგორც საქართველოს ზედაპირული მტკნარი წყლების უმეტესობისა, დამაკმაყოფილებელი ხარისხისაა. ისინი მცირედ მინერა-

ლიზებულა და კარბონატული კლასის კალციუმის ჯგუფის მეორე ტიპის ნყლებს გა-
ნეკუთვნება. აღნიშნული რეგიონის მდინარეთა ნყლის რესურსები, უმეტეს შემთხვე-
ვაში, ყოველგვარი გადამუშავების (ანდა, მარტივი გადამუშავების შედეგად) გარეშე
შეიძლება გამოყენებული იყოს ნყლით მომარაგების სხვადასხვა დანიშნულების მოხ-
მარებისათვის. ზოგ შემთხვევაში ისინი მხოლოდ ბიოგენური ნაერთებითაა მცირედ
დაბინძურებული და ამის მიზეზი ანთროპოგენული ფაქტორებია.

აქედან გამომდინარე, თუ გამოვრიცხავთ, ან შევამცირებთ ადამიანის მავნე ზე-
მოქმედების მასშტაბებს ბუნებრივ გარემოზე და გავატარებთ გარემოს ეკოლოგიუ-
რი პრობლემების საწინააღმდეგო სათანადო ღონისძიებებს, მაშინ შესაძლებელი იქ-
ნება საქართველოს ტრასეკას სატრანსპორტო დერეფნის ეკოლოგიური უსაფრთხო-
ების დაცვა და შენარჩუნება.

ჩვენ მიერ ჩატარებულმა კვლევითმა სამუშაოებმა საშუალება მოგვცა ტრასეკას
სატრანსპორტო დერეფნის ეკოლოგიური უსაფრთხოების დასაცავად წარმოგვედგი-
ნა შემდეგი ღონისძიებები:

- რკინიგზის მოძრავ შემადგენლობებზე (მატარებლები) აუცილებელია განხორ-
ციელდეს ვაგონებში არსებული სველი ნერტილების (ტუალეტების) ტექნიკური
რეორგანიზაცია (მონყობა) ისე, რომ შესაძლებელი იყოს ფეკალური ნარჩენების
დროებითი უტილიზაცია, (შენახვა) მოძრავი შედგენილობის დანიშნულების პუნქ-
ტებში ჩასვლამდე და იქ განხორციელდეს ამ ნარჩენების ჩაშვება გამწმენდ ნაგე-
ბობაში, სპეციალურად გამოყოფილ (შერჩეულ) ადგილებზე. მხოლოდ ამის შემ-
დგომას მიზანშეწონილი ამ ნარჩენების ბუნებრივ გარემოში დაბრუნება. წინააღ-
მდეგ შემთხვევაში, ყოველთვის იქნება მოსალოდნელი ზემოთ ხსენებული სახის
ტრანსპორტიდან ჩაშვებული ფეკალური ნარჩენების (მათ შორის, მძიმე ინფექცი-
ური ავადმყოფობით დაავადებული სუბიექტისაგან გამოყოფილი) გავრცელების
საშიშროება გარემოში, საიდანაც ზედაპირული ნყლების (და არამარტო ზედაპი-
რულის) ნაკადების საშუალებით განხორციელდება მათი ტრანსპორტირება მდი-
ნარეთა ხეობაში, რკინიგზის მაგისტრალის მიმდებარე ტერიტორიაზე და შეიქმნე-
ბა საფრთხე დაბინძურების კერების დიდ მანძილებზე გავრცელებისა.

ჩვენი მცდელობა, ინტერნეტის ან არსებული კვლევითი მასალების საშუალებით
მოგვეძია ანალოგიური რეკომენდაცია, (ღონისძიების გეგმა) უშედეგო
აღმოჩნდა. ალბათ, სწორედ ასეთი რეკომენდაციის არარსებობაა იმის მიზეზი,
რომ დღეისათვის, მსოფლიოს მასშტაბით, პირდაპირ ბუნებრივ გარემოში ხდება
ფეკალური ნარჩენების გაბნევა და გავრცელება ზემოაღნიშნული სახის
სატრანსპორტო საშუალებებიდან. აქედან გამომდინარე, მისასაღმებელია, თუ
ზემოთხსენებული რეკომენდაცია დანერგული იქნება პრაქტიკაში და

გამოყენებული იქნება სახმელეთო (ძირითადად რკინიგზა), საჰაერო და საზღვაო ტრანსპორტზე.

- საჭიროა, ტრასეკას რკინიგზის მაგისტრალის (და არამარტო რკინიგზის) გასწვრივ მდებარე დასახლებულ პუნქტებში მონესრიგდეს დაზიანებული საკანალიზაციო ქსელი და გამწმენდი ნაგებობები. სადაც არ არის, გაკეთდეს ახალი.
- მონესრიგდეს საყოფაცხოვრებო ტუალეტები, მეცხოველეობისა და ფრინველების სადგომები ისე, რომ ისინი აკმაყოფილებდნენ დადგენილ სანიტარულ ნორმებს.
- სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტებიდან (ქარხნები, ფაბრიკები და სხვა) ჩამდინარე წყლებში ნორმირებული ნივთიერებების შემცველობა დაყვანილი იქნას ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციამდე.
- ტრასეკას სატრანსპორტო დერეფნის მიმდებარედ არსებულ სასოფლო სამეურნეო დანიშნულების სავარგულებზე ორგანული და მინერალური სასუქების შეტანა განხორციელდეს სანიტარული ნორმების ზუსტი დაცვით.
- მაქსიმალურად იქნას დაცული ტექნიკური უსაფრთხოების წესები ტრასეკას სატრანსპორტო დერეფანში ტვირთების (განსაკუთრებით, ნავთობპროდუქტებისა და სხვა მავნე ნივთიერებების) ტრანსპორტირების დროს, რათა არ მოხდეს წყლისა და ნიადაგების დაბინძურება.
- საჭიროა, სატრანსპორტო დერეფნებში აშენდეს ღვარცოფსაწინააღმდეგო და წყლის ნაკადების მიმმართველი ჰიდროტექნიკური ნაგებობები.
- აშენდეს კომპლექსური სახის გამწმენდი ნაგებობები, სპეციალურად გამოყოფილ ადგილებში, ფეკალური და სხვა მავნე ნივთიერებების გადასამუშავებლად.

ლიტერატურა:

1. დიაკონიძე რ. „მდ. არაგვის აუზის წყლის რესურსების ხარისხი ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორების ფონზე“. საქართველოს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომათა კრებული, XXXIII, თბილისი, 2005.
2. გავარდაშვილი გ. ჩახაია გ. ბალამწარაშვილი ვ. ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგოდ გამოყენებული მცენარე „ვეტივერის“ კვლევა. ჟურნალი მეცნიერება და ტექნოლოგიები. 9-11, თბილისი, 2005.
3. შავლაყაძე მ., ლორთქიფანიძე ფ. „ეროზიული პროცესების ინტენსივობის შეფასება ნიადაგთა ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების ფონზე „ტრასეკას“ საკვლევი პოლიგონის მაგალითზე“. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი 2, თბილისი, 2008.

4. Гачечиладзе Г., А. Сванидзе Г. Г. «Методика исследования пространственного изменения среднего ионного состава горных рек (на примере ГССР)», «Водные ресурсы», №1, 1988.
5. Дерпгольц В. Ф. «Мир воды», Издательство «Недра», Ленинградское отделение, Ленинград, 1979.
6. Рекомендации «Единые критерии качества вод», Совет Экономической Взаимопомощи (СЭВ), Секретариат СЭВ, 1982.
7. Супаташвили Г. Д. «Гидрохимия Грузии», Издательство Тбилисского Университета, Тбилиси, 2003.
8. Чантладзе З. И. «Гидрохимия речных вод Грузинской ССР в условиях антропогенного воздействия», Гидрометеиздат, Л, 1987.
9. Diakonidze R., Labartkava N., Pirskhalaishvili I. “Mudflow and Protection of Quality of Water Resources (On the example of Georgia)” Materials of the International Conference «Earth Flows: Accidents, Risk, the Forecast, Protection Pyatigorsk, 2008.

**ESTIMATION OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF “TRASEKA”
TRANSPORT CORRIDORS ON THE EXAMPLE OF
TSIPA-KHARAGAULI SECTION OF THE TRUNK RAILWAY OF GEORGIA**

*G. Chakhaia, R. Diakonidze, T. Supatashvili, F. Lortkipanidze, N. Labartkava
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University Georgian Institute of Water Management*

Summary

The article deals with the issue of estimation of the ecological condition of “Traseka” transport corridors within the territory of Georgia on the example of Tsipa-Kharagauli section.

For this purpose, field works have been carried out on the abovementioned section of the trunk railway in the water intake basin of the river Chkherimela and samples of water and soils have been taken for further laboratory research.

The article contains the analysis of the performed field and laboratory research and the estimation of the ecological condition of the region, as well as corresponding recommendations for the preservation of ecological stability of the territory under investigation.

ВЫСОКОКИПАЮЩИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ НЕФТЕЙ ГРУЗИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Э. Г. Леквейшвили^{1,2}, Н. Г. Лекишвили¹, Х. А. Барбакадзе¹

¹Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили

²Институт физической и органической химии им. Петре Меликишвили,

Изучены высококипящие ароматические углеводороды грузинских нефтей. Разработан комплексный метод, сочетающий процессы выделения и разделения ароматических углеводородов из нефтей, основанный на их фотохимическом взаимодействии с малеиновым ангидридом. Варьированием условий фотоконденсации возможно получение узких фенантроновых, нафталиновых или бензольных концентратов. Установлен групповой углеводородный состав выделенных из нефтей ароматических концентратов и проведена идентификация целого ряда фенантронов, их бензологов и нафтенологов. Намечены пути применения результатов исследования.

Нефть является ценным сырьем для получения самых разнообразных продуктов нефтехимического синтеза, и наряду с применением нефти как важнейшего топливного ресурса, большое внимание исследователей обращено на наиболее полное и рациональное использование ее в указанном направлении. В настоящее время большое внимание уделяется изучению полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Расширение работ в этой области связано с проблемами охраны окружающей среды, с возможностью использования данных о составе ПАУ при решении ряда вопросов, связанных с прогнозированием и поиском нефтяных залежей, с генезисом нефтей, с оценкой влияния биodeградации и проведения взаимных геохимических корреляций в системах типа нефть-нефть, нефть-органическое вещество.

Нами разработан комплексный метод, сочетающий процессы выделения и разделения ароматических углеводородов (АУ) из нефтей, основанный на их фотохимическом взаимодействии с малеиновым ангидридом (МА) [1-3]. Метод включает три последовательные стадии: синтез фотоаддуктов нефтяных АУ с МА; фоторазложение аддуктов на исходные

АУ и МА; хроматографическое разделение углеводов на более узкие ароматические концентраты (АК) [адсорбент оксид алюминия; элюирование н. гексаном и бензолом; экстракция бензолом и диоксаном]. Варьированием условий фотоконденсации возможно получение узких фенантеновых, нафталиновых или бензольных концентратов в соответствии с целевым назначением. При небольшой продолжительности облучения (1-2ч) в реакцию с МА вступают преимущественно нафталиновые углеводороды; дальнейшее увеличение продолжительности облучения приводит к росту содержания фенантенов в полученных концентратах, которое достигает максимума при 6-часовом облучении; впоследствии с увеличением времени облучения увеличивается содержание бензольных углеводов, причем их максимальное содержание наблюдается при 28-часовом облучении.

Показана эффективность успешного применения разработанного метода как в отношении высококипящих ароматических, так и широких масляных и остаточных фракций различных по природе малосернистых и сернистых нефтей. Применением указанного метода в отношении сернистых нефтей показана возможность получения фенантеновых концентратов при одновременном отделении их от сернистых соединений нефти [4]. На основе разработанного метода из некоторых грузинских нефтей – норийской, мирзаанской и самгорской получены высокоароматизированные узкие концентраты, для которых современными инструментальными методами исследования – ГЖХ, МС, ГХ/МС, спектрофлуориметрии, спектрофотометрии установлен групповой углеводородный состав, в элюатах и экстрактах бензолом показано высокое содержание фенантенов и их бензологов и идентифицирован целый ряд фенантеновых углеводов (ФУ) [2, 5-9].

Методом ГЖХ и ГХ/МС в узких АК, полученных из норийской, мирзаанской и самгорской нефтей был идентифицирован целый ряд моно-, ди- и триметилпроизводных: фенантен, 1-, 2-, 3-, 9-метил-, 9-этил-, 9-пропил-, 9-изопропил-, 9-бутил-, 2,3-, 2,5-, 2,7-, 4,5-, 9,10-диметилфенантены, 1-метил-7-изопропил-, циклогексил-, три изомера триметилфенантена, диметилнафтено-, диметилдинафтено-, бутилнафтено- и бутилдинафтенофенантены и хризен.

Хотя идентификация АУ в высококипящих нефтяных фракциях является весьма сложной задачей (на хроматограммах получаются „горбы“), тем не менее после обработки МА в узких АК удалось разрешить эту проблему даже на шестиметровых насадочных колонках (рис. 1). В то же время следует отметить, что из некоторых узких АК (фракция 350-400⁰С и 450-500⁰С самгорской и 490-505⁰С мирзаанской нефтей) путем многократной кристаллизации из различных растворителей были выделены фенантен (степень чистоты 97%), 9-метил- и 9-этилфенантены (степень чистоты 100%).

Методом масс-спектрометрии были исследованы узкие АК, выделенные из высококипящих фракций грузинских нефтей [8, 9]. В таблице 1 приведены результаты масс-спектрального анализа экстрактов бензолом, полученных при 6-часовом облучении из фракции 498-510⁰С норийской (образец 1), 490-505⁰С мирзаанской (образец 2) и 450-500⁰С самгорской (образец 3). Как видно из таблицы 1, содержание ФУ, включая алкил- и нафтенотенантрены, в образцах 1 и 2 примерно одинаково – 81.8%, мас. и 81.0%, мас. несмотря на разную природу исходных нефтяных фракций; несколько ниже содержание фенантронов в образце 3 – 69.5%, мас.

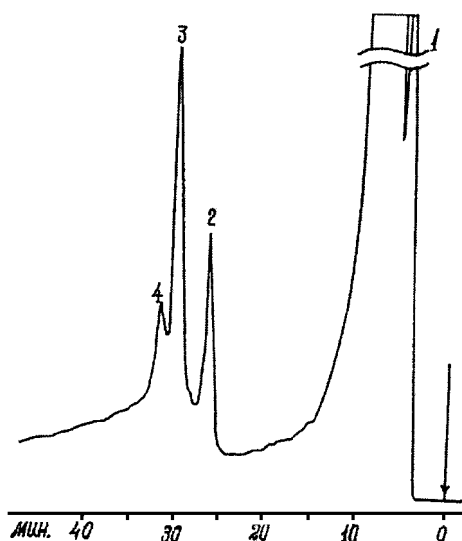


Рис. 1.

Хроматограмма АК, выделенного из норийской нефти (фракция 498-510⁰С) после обработки МА: 1 – н.гексан, 2 – фенантрен, 3 – 9-этилфенантрен, 4 – 9,10 диметилфенантрен

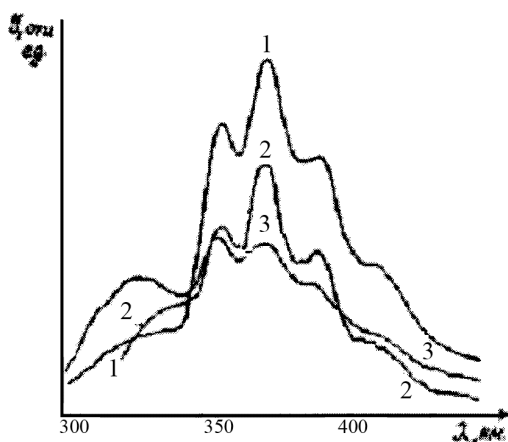
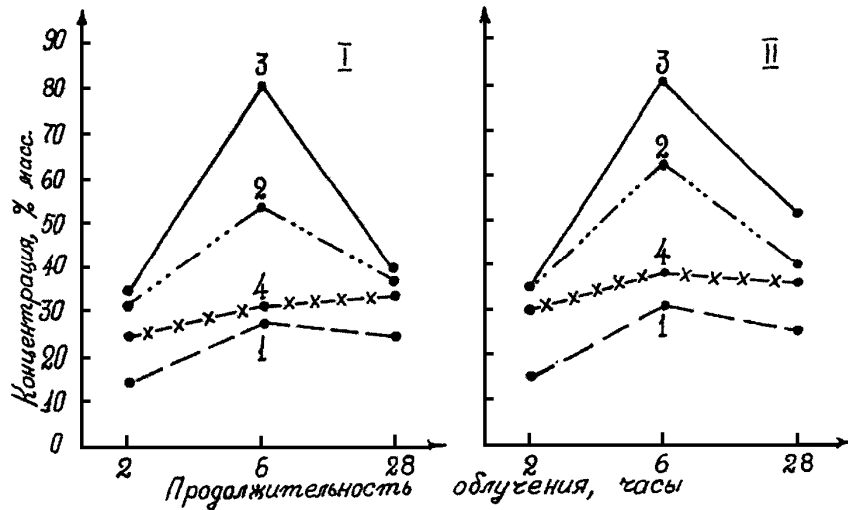


Рис. 2.

Спектры люминесценции образцов 1, 2, 3, снятых при концентрации $C = 10^{-5}$ г/мл и $\lambda_{\text{возб.}} = 270$ нм



რის. 3.

Влияние продолжительности облучения, природы и температуры растворителя на эффективность извлечения алкил- и нафтофенантронов (I) и фенантронов и их бензологов (II) из хроматографической колонки в случае мирзаанской нефти: 1 – элюат н.гексаном, 2 – элюат бензолом, 3 – экстракт горячим бензолом и 4 – экстракт 1,4-диоксаном

Таблица 1.

Углеводородный состав (мас. %) концентратов фенантроновых углеводородов, выделенных из норийской (образец 1), мирзаанской (образец 2) и самгорской (образец 3) нефтей

№	Типы соединений	Степень водородной ненасыщенности	Образцы		
			1	2	3
1	Алкилбензолы	6	3.5	3.0	5.3
2	Инданы (тетралины)	8	-	-	1.2
3	Динафтобензолы	10	3.7	4.3	6.7
4	Нафталины	12	3.7	2.5	6.7
5	Аценафтены	14	-	4.1	5.9
6	Флуорены	16	-	3.8	3.0
7	Фенантроны	18	59.7	71.2	63.2
8	Нафтофенантроны	20	22.1	9.8	6.3
9	Пирены	22	3.6	1.3	1.7
10	Хризены	24	3.7	-	-
Фенантроны + Нафтофенантроны			81.8	81.0	69.5
Алкилфенантроны + Нафтофенантроны + Пирены + Хризены			89.1	82.3	71.2

Суммарное содержание фенантронов и их бензологов в образцах 1-3 равно соответственно 89.1, 82.3 и 71.2%, мас. Как было отмечено выше, было изучено влияние

продолжительности облучения на состав полученных АК. Наглядная иллюстрация влияния продолжительности облучения, природы и температуры растворителя на эффективность извлечения фенантронов и их бензологов из фракции 460-475⁰С мирзаанской нефти приведена на рис. 2. Для всех примененных растворителей максимум временной зависимости отвечает 6-часового облучению, а наиболее полное извлечение фенантронов и их бензологов обеспечивается элюированием и экстракцией бензолом. Указанная закономерность справедлива и для образцов, выделенных из норийской и самгорской нефтей.

С использованием масс-спектрального метода, было проведено также исследование состава и строения фенантронов, их бензологов и нафтенологов норийской и мирзаанской нефтей (Восточная Грузия) по программе моноизотопных масс-спектров. По кривым молекулярно-массового распределения установлены число и длина алкильных заместителей в фенантренах и их бензологах; отмечено наличие ФУ как в голоядерном, так и в виде моно-, ди-, три- и тетразамещенных алкилфенантронов; мононафтено- и динафтено-фенантронов, пиренов и хризенов в виде моно-, ди- и три- тризамещенных производных, причем в указанных углеводородах содержится наряду с короткими один длинный алкильный заместитель. Среди алкилфенантронов присутствуют также углеводороды с короткими заместителями – монометил, диметил-, триметил- и этилфенантроны [9].

Был проведен люминесцентный анализ ароматических концентратов как методом тонкоструктурной люминесцентной спектроскопии – по квазилинейчатым спектрам люминесценции, так и при комнатной температуре [7,10]. Квазилинейчатые спектры люминесценции были сняты для образца, полученного из норийской нефти (фракция 498-510⁰С). Результаты люминесцентного анализа образца приведены в таблице 2.

Как видно из полученных данных, в исследуемом образце отмечается присутствие очень интенсивных максимумов с полным набором полос спектров флуоресценции фенантеновых структур, что указывает на преимущественное содержание их в данном образце. В то же время имеются интенсивные полосы нафталиновых структур, наблюдающихся в широком диапазоне длин волн возбуждения. Из более высококольчатых ароматических структур отмечено наличие интенсивных полос, принадлежащих пиреновым углеводородам (начала спектров 376, 380, 381нм); полос, отнесенных к бензпиреновым (400, 410, 420, 428нм) и бензфлуореновым (344нм) углеводородам. Наблюдается присутствие небольшого количества хризенных, тетрафеновых и бенз/с/фенантеновых углеводородов может быть выделено по меньшей мере три люминесценцирующих центра с начальными полосами 354, 356 и 359нм. Исходя из спектров флуоресценции индивидуальных ФУ [7], можно предположить в образце наличие ди- и тризамещенных фенан-

тренов преимущественно в положении 9, 10.

Наряду со спектрофлуориметрическим исследованием при низкой температуре методом Шпольского был проведен и люминесцентный анализ при комнатной температуре на примере узких АК, выделенных из высококипящих масляных фракций мирзаанской нефти: образец 1 – экстракт горячим бензолом нижней зоны (получен из фракции 410-425⁰С); образцы 2 и 3 – экстракты горячим бензолом верхней и нижней зон (получены из фракции 460-475⁰С). В исследуемых образцах с помощью спектрально-люминесцентного метода дана качественная и сравнительная количественная оценка состава АУ [10]. Спектры люминесценции образцов 1, 2 и 3 представлены на рис. 3. В указанных образцах содержатся в основном ФУ с незначительной примесью нафталиновых углеводородов, проявляющихся в виде плеча к основному фенантреновому спектру с $\lambda_{\text{макс.}}=325-330\text{нм}$. Интенсивное проявление фенантренов наблюдается при возбуждении излучения в максимумах с $\lambda_{\text{макс.}}=255, 270, 298$ и 340нм .

Была исследована также зависимость люминесценции гексановых растворов образцов 1-3 от длины возбуждающего света. Оказалось, что положение максимумов в спектрах возбуждения люминесценции этих образцов не зависит от длины волны возбуждающего света, что указывает на содержание в них в основном углеводородов фенантренового ряда. Последнее подтверждают и УФ спектры поглощения указанных образцов, в которых наблюдается четкое проявление максимумов поглощения фенантренов. Исходя из пропорциональной зависимости между концентрацией образца и интенсивностью излучения в максимуме, можно провести количественную оценку содержания фенантренов в образцах 1-3:

$$C_{\text{фен.}(1)} > C_{\text{фен.}(2)} > C_{\text{фен.}(3)}$$

На основании спектрально-люминесцентных исследований узких АК, выделенных из высококипящих фракций мирзаанской нефти, показано наличие в них фенантреновых, флуореновых и полициклических конденсированных АУ, причем в экстрактах горячим бензолом содержатся в основном фенантрены, что находится в полном соответствии с данными, полученными методами газо-жидкостной хроматографии, УФ спектрофотометрии и масс-спектрометрии.

Методом ультрафиолетовой спектроскопии [6] были исследованы АК, выделенные из фракции 498-510⁰С норийской, 460-475⁰С мирзаанской и 450-500⁰С самгорской нефтей. Во всех случаях наибольшее количество фенантренов и их бензологов приходится в основном на элюаты и экстракты бензолом. В норийской нефти содержание их находится в пределах 57-76%, мас., в мирзаанской нефти – 64-70%, мас. и в самгорской – 47-55%, мас.

Таблица 2.

Структурно-групповой состав образца по данным спектрофлуориметрии
(спектры флуоресценции, н.гексан, 77⁰К)

$\lambda_{\text{возб.}}$ нм	$\lambda_{\text{фл.}}$ $J_{\text{отн.}}$	$\lambda_{\text{фл.}}$ $J_{\text{отн.}}$	$\lambda_{\text{фл.}}$ $J_{\text{отн.}}$	$\lambda_{\text{фл.}}$ $J_{\text{отн.}}$	$\lambda_{\text{фл.}}$ $J_{\text{отн.}}$	$\lambda_{\text{фл.}}$ $J_{\text{отн.}}$	$\lambda_{\text{фл.}}$ $J_{\text{отн.}}$	$\lambda_{\text{фл.}}$ $J_{\text{отн.}}$	$\lambda_{\text{фл.}}$ $J_{\text{отн.}}$	$\lambda_{\text{фл.}}$ $J_{\text{отн.}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
260	328	344 0,40	354* 1,00		372 ⁰ 1,00			391* 0,53	413*0,23	
270	0,23	344 0,38	354* 1,00		372*0,90			391* 0,42		
280	328	344 0,58	354* 1,00		372*0,83			391* 0,39	413*0,14	
290	0,38	344 0,57	356* 1,00		372*0,71			391* 0,15		
300	328	344 0,54	354* 1,00		372*0,90			391* 0,40	413*0,12	
310	0,54	344 0,83	359* 1,00		375*0,82			393* 0,40		
320	328	344 0,85	356* 0,83	363 0,89	376*1,00	380 ⁰ 0,97	386 ⁰ 0,69	396 ⁰ 0,54		
325	0,41			365 0,64	377 ⁰ 1,00	381 ⁰ 0,93	388 ⁰ 0,71	396 ⁰ 0,63		
330	328		353* 0,47		379 ^A 1,00	382 ^A 0,50	387 ^A 0,47	398 ^A 0,50		
335	0,40				376 ^A 0,86	381 ^A 1,00	386 ^A 0,63	390 ^A 0,49	396 ^A 0,67	
340	328				376 ^A 1,00	380 ^A 0,94	387 ^A 0,81	397 ^A 0,83		
345	0,42					381 ^A 1,00		390 ^A 0,34	400 ^A 0,50	
350						381 ^A 1,00		391 ^A 0,48	400 ^A 0,61	
355						383 ^I 1,00			403 ^I 0,54	
360						384 ^I 1,00			405 ^I 0,66	
370								397 ^I 1,00		418 ^I 0,6
375									400 ^I 1,00	422 ^I 0,2
380									410 ^I 1,00	432 ^I 0,18
390										420 ^I 1,00
400										428 ^I 1,00
Интер- пре- тация	Наф- талины	Бензфлу- орены	Фенан- трены*	Хризены	3,4-Бензфенантрены ⁰ Пирены ^A Фенантрены*	Тетрафены/ Фенантрены*	Фенантрены* Пирены ^A	Бензпирены ⁺ Тетрафены/ Пирены ^A		

Следует отметить, что примененные методы дополняют друг друга, а полученные данные находятся в полном соответствии.

Таким образом, разработанный метод выделения АУ из высококипящих нефтяных фракций дает возможность провести исследование на молекулярном уровне – идентифицировать отдельные углеводороды, что удастся не столь часто при исследовании высококипящих углеводородов нефти. Выделенные из нефтей узкие АК были использованы для разработки методов масс-спектрального анализа высокоароматизированных продуктов.

Аддукты ФУ с МА проявляет высокую биологическую активность и перспективны в качестве стимуляторов укоренения черенков таких ценных трудноукореняющихся древесных пород, как фундук, грецкий орех и др.

На основе высококипящих АУ, обогащенных бензольными углеводородами, получены термически стабильные полиимиды; показана возможность применения аддуктов фенантронов с МА в качестве сшивающих агентов эпоксидных смол.

Интерес к ФУ нефти усилился также в связи с применением алкилфенантроновых фракций, получаемых каталитическим риформингом, в качестве теплоносителей в атомных реакторах. Являясь дешевыми низкоплавкими теплоносителями, стойкими к высоким температурам и облучению, полученные нами концентраты ФУ могут быть применены для охлаждения бетонных стенок ядерного реактора и в качестве сырья для радиационностойких консистентных смазочных масел.

Высокоароматизированные концентраты могут быть использованы также в качестве сырья для получения высококачественной сажи, применяемой в производстве резины и ответственной за ее качество.

Литература:

1. Леквейшвили Э. Г. и др. Нефтехимия. 1979. Т. 19. Вып. 5.
2. Тевдорашвили М.Н., Леквейшвили Э.Г. В сб. Фенантроновые углеводороды и их бензологи в нефтях Грузии. Проблемы химии нефти. (ред. Г. Ф. Большаков). Наука. Новосибирск. 1992.
3. Меликадзе Л.Д., Леквейшвили Э.Г. Фотохимическая конденсация малеинового ангидрида с углеводородами фенантронового ряда. Тбилиси: Мецниереба. 1977.
4. Леквейшвили Э. Г. Сообщ. АН ГССР. 1989. Т. 134. Вып. 1.
5. Меликадзе Л. Д. и др. Сообщ. АН ГССР. 1985. Т. 119. Вып. 2.
6. Леквейшвили Э. Г. и др. Инженерные новости Грузии. 2003. Вып. 2.
7. Алексеева Т. А. и др. Сообщ. АН ГССР. 1979. Т. 96. Вып. 1.
8. Полякова А. А. и др. Сообщ. АН ГССР. 1982. Т. 105. Вып. 1.
9. Леквейшвили Э. Г. и др. Хим. журн. Грузии. 2006. Т. 6. Вып. 5.
10. Марушкевич В. С. и др. Сообщ. АН ГССР. 1988. Т. 132. Вып. 3.

HIGH-BOILING AROMATIC HYDROCARBONS OF GEORGIA PETROLEUM AND THE PERSPECTIVE OF THEIR APPLICATION

Erna Lekveishvili,² Nodar Lekishvili,¹ Khatuna Barbakadze¹

¹Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

²Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry

Summary

The complex method based on photochemical interaction of high boiling polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) with maleic anhydride, combining the processes of isolation and separation of PAH, has been elaborated.

The method consists of three consecutive stages:

- Synthesis of photo-adducts of petroleum aromatic hydrocarbons;
- Their photo-decomposition with the formation of initial hydrocarbons and maleic anhydrides;
- Chromatographic separation into narrow hydrocarbon concentrates.

By a variation of conditions of photo-condensation of aromatic hydrocarbons with the maleic anhydride, the narrow fractions of phenanthrene, naphthalene and benzene concentrates have been obtained.

It was shown that the elaborated method can be successfully used with respect to wide oil and residual fractions of “small-sulphureous” and “sulphureous” type petroleum.

By using GLC, mass-spectrometry (MS), CMS and spectral-fluorometry, the high content of phenantrenes and their benzologues and naphthenologues into investigated concentrates has been established and a whole series of the aforementioned hydrocarbons has been identified.

It was established that the adducts of aromatic hydrocarbons with maleic anhydride have a high biological activity and can be used for the creation of important bio-stimulators.

Thermally stable and heat-resistant polyimids based on high boiling benzene fraction have been synthesized and studied.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები
Proceedings of Ivane Javakhishvili
Tbilisi State University
363, 2010

მეცნიერება – წარმოებას
Science for Industry

**ფთოროპლასტის საფუძველზე დამზადებული მემბრანების
გამოყენება სასმელი წყლის ფილტრაციისთვის**

რ. გოცირიძე, ნ. ლეკიშვილი,² ნ. მხეიძე, ს. მხეიძე, მ. ფიფაიშვილი
შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საინჟინრო-ტექნოლოგიური
ფაკულტეტის მემბრანული ტექნოლოგიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი.
²ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

განხილულია პოლიმერული მემბრანების გამოყენებით გაჭუჭყიანებული სასმელი წყლის ფილტრაციის შედეგები. დადგენილია, რომ ფთოროპლასტის მემბრანა იძლევა სასმელი წყლის მექანიკური გასუფთავებისა და ბიოლოგიური გაუსნებოვნების საშუალებას. მემბრანა ექვემდებარება მრავალჯერად რეგენერაციას, რაც ზრდის მისი ფილტრაციის რესურსს.

მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის კვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ გავრცელებული დაავადებების 80%-ს იწვევს ცუდი ხარისხის სასმელი წყლის გამოყენება [1].

სასმელი წყლის ხარისხის შეფასებისთვის უმთავრესია ბაქტერიოლოგიური უსაფრთხოება და ქიმიური შემადგენლობის უვნებლობა, ასევე კარგი ორგანო-ლექტიკური მაჩვენებლები.

წყლის განმენდის პირველად საფეხურებზე (დალექვა, კოაგულაცია, ქვიშაში ფილტრაცია) ხორციელდება წყალგამწმენდ ნაგებობებში. წყალს შორდება შენონილი ნაწილაკები, კოლოიდები, ნაწილობრივ მიკროორგანიზმებიც. მაგრამ ავადმყოფობის გამომწვევი ბაქტერიების და ვირუსების 5%-მდე მაინც რჩება წყალში. მათ შეიძლება გამოიწვიონ უმძიმესი დაავადებები (ქოლერა, გასტროენტერიტი, ვირუსული ჰეპატიტი და ა.შ).

სასმელი წყლის გაუსნებოვნებისთვის ამჟამად ფართოდ გამოიყენება დაქლორვა. ქლორი კლავს მიკროორგანიზმებს, მაგრამ ქლორირებისას წყალში წარმოიქმნება ტოქსიკური ქლორორგანული ნაერთები. ჭარბი ქლორი აუარესებს წყლის გემოს და სუნს. ქლორირებული წყლის დუღილისას კი წარმოიქმნება კონცეროგენული ნივთიერება დიოქსინი [2].

ქლორირების ნაცვლად წყლის გაუსნებოვნებისთვის ხშირად იყენებენ: ოზონს,

ულტრაიისფერ (ՄՈ) სხივებს, წყალბადის ზეჟანგს და სხვ. [3-4]. ცნობილია, რომ ოზონი უმდგრადია და ხილულ სინათლეზე სწრაფად იშლება, ამიტომაც მისი ბაქტერიციდული მოქმედება არ არის ხანგრძლივი და წყალმომარაგების მოძველებული სისტემის გავლის შემდეგ წყალი კვლავ ბინძურდება. ოზონის და ՄՈ სხივების ერთობლივი ზემოქმედების ეფექტი მაღალია, მაგრამ ძვირადღირებული მეთოდია.

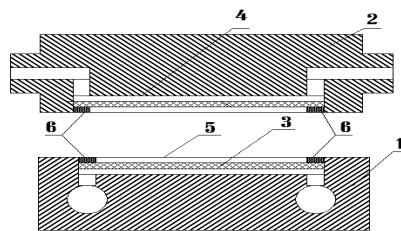
სულ უფრო მზარდი ყურადღება ექცევა სასმელი წყლის განმენდის ისეთ თანამედროვე მეთოდებს, რომლებიც გამოირჩევიან უსაფრთხოებით, სიიაფით, მონყობილობის კომპაქტურობით. ასეთი მეთოდებიდან დღეს ყველაზე ეფექტური და ხელმისაწვდომია მემბრანული ფილტრაციის მეთოდი [5-7]. მემბრანული ფილტრაციის შემთხვევაში სასმელი წყლის გასუფთავება და გაუსნებოვნება ხდება ქიმიური რეაგენტების გამოყენების გარეშე, ამასთან ადამიანის ორგანიზმისთვის აუცილებელი მინერალური ნაერთები წყალში რჩება უცვლელად [8-9].

ბარომემბრანული პროცესებიდან ულტრაფილტრაცია და უკუოსმოსი გამოიყენება ქიმიური წარმოების, ნავთობქიმიური, მანქანათმშენებლობის და სხვა დარგების საწარმოო წყლების გასასუფთავებლად წარმოებაში ღირებული კომპონენტების დაბრუნების მიზნით [10-12].

მოცემულ ნაშრომში გამოკვლეულია სასმელი წყლის გასუფთავებისთვის ფთოროპლასტის საფუძველზე დამზადებული მიკროფილტრაციული მემბრანის გამოყენების შესაძლებლობა. შესწავლილია მემბრანის თვისება შეაკავოს სასმელ წყალში დისპერგირებული კოლოიდები და მიკროორგანიზმები.

მემბრანის დასამზადებლად შევარჩიეთ პოლიმერი – ფთოროპლასტი (მარკა F-4). ფთოროპლასტი ვინილური პოლიმერია, მიიღება ფთორირებული ეთილენის პოლიმერიზაციით [13]. წინასწარი კვლევა ჩავატარეთ პოლისულფონის, ფთოროპლასტის, პოლივინილქლორიდის და სხვა პოლიმერული მასალების მემბრანებზე. მათ შორის ფთოროპლასტი გამოირჩევა მაღალი თერმო და ქიმიური მდგრადობით. სხვა პოლიმერებისგან განსხვავებით ფთოროპლასტზე არ მოქმედებს წყალში გახსნილი ქლორი. ის ეკოლოგიურად სუფთა მასალაა და მისი გამოყენება დაშვებულია მედიცინასა და კვების მრეწველობაში.

ექსპერიმენტი ჩავატარეთ ლაბორატორიულ დანადგარზე. საკვლევი ფთოროპლასტის მემბრანა მოვათავსეთ უჯრედში (ნახ. 1)

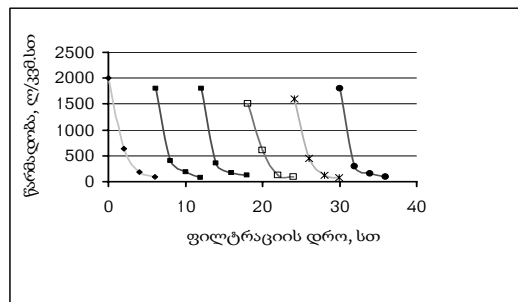


ნახაზი 1. მიკროფილტრაციული უჯრედი

1. უჯრედის ფუძე, 2. უჯრედის სახურავი, 3. ფოროვანი საფენი, 4. ბადე - ტურბულიზატორი, 5. მიკროფილტრაციული მემბრანა, 6. ჰერმეტიკის საფენი.

კვლევას ვატარებდით არასტანდარტულ, ძლიერ დაბინძურებულ სასმელ წყალზე, რომლის ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური და მიკრობიოლოგიური მაჩვენებლები განისაზღვრებოდა სტანდარტით დადგენილი მეთოდის მიხედვით [14].

ფილტრაციის პროცესში მემბრანის წარმადობა (ანუ დროის ერთეულში მემბრანის მიერ გაფილტრული წყლის მოცულობა) მცირდება 2000 ლ/მ²სთ-დან 50 ლ/მ² სთ-მდე (ნახ. 2). პირველი 2 საათის განმავლობაში წარმადობა 2-4-ჯერ მცირდება, ვინაიდან მემბრანა განიცდის ნაწილობრივ დეფორმაციას წნევის ზეგავლენით. გარდა ამისა, წყალში გახსნილი არაორგანული და ორგანული ნაერთები აჭუჭყიანებენ მემბრანის ზედაპირს, იწვევენ ფორების გაჭედვას და მემბრანის წარმადობის შემცირებას. ქიმიური დამუშავების გზით მემბრანის ფილტრაციული თვისებები და წარმადობა ფაქტობრივად მთლიანად აღდგებოდა. ნახაზ 2-ზე ნაჩვენებია ფილტრაციის პროცესში მემბრანის წარმადობის ცვლილება პირველი ციკლის, ფილტრაციისა და რეგენერაციის შემდეგ (მრუდი 1). მომდევნო ციკლების (მრუდი 2,3,4,5,6) განმავლობაში (წყლის ნაკადის წნევა 0,5 მპა)



ნახაზი 2.

მემბრანის წარმადობის ცვლილება ფილტრაციის განმავლობაში

გაჭუჭყიანებული მემბრანის რეგენერაციისთვის ვიყენებდით სხვადასხვა კონცენტრაციის მჟავა და ტუტე ხსნარებს.

შესწავლილია მემბრანის რეგენერაციის პირობები. ქიმიური დამუშავების შემდეგ მემბრანების წარმადობა მნიშვნელოვნად იზრდებოდა (ნახ. 2). რეგენერაციის მეტი ეფექტურობისთვის ვიყენებდით სხვადასხვა ხსნარების კომპლექსურ მოქმედებას, რითაც მემბრანების წარმადობა აღდგებოდა 100%-ით.

მიღებული მემბრანების მრავალჯერადად გამოყენების გარდა სამუშაოს მთავარ მიზანს წარმოადგენდა აღნიშნული მემბრანის გამოყენებით სასმელი წყლის მექანიკური და მიკრობიოლოგიური გამჭუჭყიანებლებისგან გასუფთავება. ექსპერიმენტის ჩატარებისას განვსაზღვრავდით მემბრანის სელექტიურობას შეტივნარებული ნაწილაკების მიმართ (წყლის სიმღვრივის მაჩვენებლის მიხედვით) და სელექტიურობას მიკროორგანიზმების მიმართ (კოლი-ინდექსის მაჩვენებლის მიხედვით). სასმელი წყლის კვლევის მაჩვენებლები ფილტრაციამდე და ფილტრაციის შემდეგ მოცემულია ცხრილში:

ცხრილი 1.

სიმღვრივე მგ/ლ		კოლი-ინდექსი	
ფილტრაციამდე	ფილტრაციის შემდეგ	ფილტრაციამდე	ფილტრაციის შემდეგ
0,25	0,00	240	<3
2,00	0,00	21	<3
2,00	0,00	>1100	3
2,00	0,00	460	<3
2,00	0,00	1100	<3
2,00	0,00	1100	<3
0,75	0,00	<3	<3

ანალიზის შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მემბრანა 100%-ით აკავებს მექანიკურ მინარევებს. ფტოროპლასტის მემბრანის გამოყენებით სასმელი წყლის ფილტრაციის პროცესი ხასიათდება მნიშვნელოვანი ბაქტერიციდული ეფექტით. ფილტრატში აღინიშნება როგორც ბაქტერიების საერთო რიცხვის, ასევე თერმოფილური კოლიფორმების შემცირება, ხოლო იმ შემთხვევებში როდესაც კოლი-ინდექსი არ აღემატება 1100-ს, ხდება წყლის სრული გაუსნებოვნება.

შედეგების მიხედვით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ფტოროპლასტის საფუძველზე დამზადებული მემბრანის გამოყენებით შეიძლება სასმელი წყლის ბიოლოგიური გაუსნებოვნება. წარმადობის შემცირების შემდეგ სარეგენარაციო ხსნარის ზემოქმედებით მემბრანა სრულად აღიდგენს წარმადობას. რეგენერაციის შედეგად იზრდება მისი ექსპლუატაციის ვადა.

ცხრ. 1-ში მოცემულია ფტოროპლასტის მემბრანის გამოყენებით გაფილტრული სასმელი წყლის კვლევის შედეგები.

მიკროფილტრაციული მეთოდით გაფილტრული წყლის ანალიზის შედეგები:

ცხრილი 2.

პარამეტრი	ერთეული	სახელმწიფო სტანდარტით	ანალიზის შედეგები
საერთო მაჩვენებლები			
1	pH	–	6,5-8,5
2	სუნი	ბალი	2
3	გემო	ბალი	2
4	სიხისტე	მგ.ეკვ/ლ	<7
5	მშრალი ნაშთი	მგ/ლ	1000
6	ფერადოვნება	გრადუსი	20
7	საერთო ტუტეობა	გ.ეკვ/ლ	,5-6,5
8	პერმანგანატული დამჟანგველობა	მგ/ლ	5
მიკრობიოლოგია			
9	კოლი-ინდექსი	ერთ/100მლ	3
10	მიკრობთა საერთო რაოდენობა	100ერთ/1მლ	<100
11	სტაფილოკოკი	ერთ/100მლ	არ აღინიშნება
12	ენტეროვირუსი	ერთ/100მლ	არ აღინიშნება

როგორც ცხრილიდან ჩანს, მიუხედავად იმისა, რომ ექსპერიმენტები ჩავატარეთ არასტანდარტულ, ძლიერ გაბინძურებულ სასმელ წყალზე, ფილტრაციის შედეგად წყლის ხარისხის მაჩვენებლები შეესაბამება სასმელი წყლისათვის სახელმწიფო სტანდარტით გათვალისწინებულ ნორმებს.

სასმელი წყლის გაფილტვრა მოცემული ტექნოლოგიის გამოყენებით შეიძლება რეკომენდებული იქნას წყალმომარაგების სისტემების ბოლო ეტაპზე, ანუ მიმწოდებელ უბნებზე წყლის ურეაგენტოდ გაუსნებოვნებისთვის. წყლის წნევა სისტემაში საშუალებას იძლევა ფილტრაცია განხორციელდეს ტუმბოს გამოყენების გარეშე. მიკროფილტრაციული მემბრანების გამოყენებით შესაძლებელია დამზადდეს სასმელი წყლის მფილტრავი აპარატები ინდივიდუალური მოხმარებისთვის.

ლიტერატურა:

1. Загрязнение воды /<http://www.zepternet.ru/pages/filter/ovode/zagrazn-vody.htm>. 27.02.04
2. Chlorinated water exposure may boost cancer risk. American Journal of Epidemiology. 23.01.07
3. Способ получения сверхчистой питьевой воды и установка для осуществления этого способа. Гринман Л.В. и др. Патент РФ.
4. Медриш Г.Л., Басин Д.А. Воздействие на воду УФ-лучами и фотолитическим озонном. Водоснабжение и санитарная техника. 1990. №11.
5. Андрианов А.П., Первов А.Г. Оптимизация процесса обработки воды методом ультрафильтрации. ГНЦ РФ ВОДГЕО.
6. Первов А.Г., Мотовилова Н.Б., Андрианов А.П. Ультрафильтрация - технология будущего. Водоснабжение и санитарная техника. 2001. №9.
7. Дытнерский Ю.И., Кочаров Р.Г. Некоторые проблемы теории и практики использования баромембранных процессов М. Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева, т 32, 1987. №6.
8. Коммунальная очистка воды. <http://www.zepternet.ru/pages/filter/ovode/komunal-vody.htm>. 27.02.04
9. Laine I. M., Vial D., Moulart P. Status after 10 years of operation-overview of UF technology today. Proc. of the conf. on membranes in drinking and industrial water Production (Paris, 3-6 October). - 2000.
10. Хангильдин Р.И. Мембранная очистка воды, загрязненной нефтепродуктами. Матер. 2-го Межд. симп. "Наука и технология углеводородных дисперсных систем", Уфа, 2-5 окт. 2000: Науч. тр. т. 2.
11. Valenzuela Fernando, Aravena Haris. Удаление тяжелых металлов из сточных вод. Separation of Cu (II) and Mo (VI) from mine waters using two microporas membrane extraction systems.

**THE USE OF MEMBRANES BASED ON FLUOROCARBON POLYMER FOR
THE PURIFICATION OF DRINKING WATER**

R. Gotsiridze, N. Lekishvili, S. Mkheidze, N. Mkheidze, M. Pipaishvili

Scientific and Research Institute of Membrane Technology attached

to the Department of Technology Engineering of Batumi

Shota Rustaveli State University

Tbilisi Ivane Javakhishvili State University

Summary

A possibility of using the fluorocarbon polymer for the purification of drinking water is discussed. The application of membrane technology provides an opportunity for obtaining high quality drinking water without the use of chemical agents and also for keeping the water salt content unchanged. It was established that these membranes are multireclaimable.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები
Proceedings of Ivane Javakhishvili
Tbilisi State University
363, 2010

ქიმიის ისტორია

**ქიმიურ ელემენტთა ქართული სახელწოდებაები
და მათი გავრცელება სხვა ხალხთა ენებში**

რ. გიგაური, მ. რუსია, კ. რუხაია

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

დღევანდელ კულტურულ-ეკონომიკურად დანინაურებულ ერთა შორის საქართველო და ქართველი ერი, მეტი რომ არ ვთქვათ, ერთ-ერთი უძველესია. ძველად ჩვენ წინაპართა საცხოვრისი მარტო იმ ტერიტორიით არ შემოიფარგლებოდა სადაც, ახლანდელი საქართველოა განფენილი. ქართველი ერი არის შთამომავლობა ხალხთა დიდი მოდგმისა, რომელსაც მეცნიერებაში პროტოიბერებს უწოდებენ. ადრე-ბრინჯაოს ეპოქაში, 5-6 ათასი წლის წინათ, პროტოიბერებს დაკავებული ჰქონდათ არა მხოლოდ ამიერკავკასია, მთლიანად, არამედ მცირე აზიის მთელი ტერიტორია და, ასე განსაჯეთ, მთელი ხმელთაშუა ზღვის აუზიც, – უკიდურესი პირინეის ნახევარკუნძულის ჩათვლით. შემდეგ გამოჩნდა ინდოევროპული რასა, რომელმაც ნაწილი პროტოიბერებისა ფიზიკურად გაანადგურა, ხოლო ნაწილის ასიმილაცია მოახდინა. თუ რა ვაი-ვაგლახით გადაურჩნენ ამ დამპყრობლებს დასავლეთ ევრობაში ბასკები, ხოლო ახლო აღმოსავლეთში – იბერიულ-კავკასიური მოდგმა, ქართველებით სათავეში, – ეს მხოლოდ უფალმა უწყის.

მეცნიერ-მკვლევართა უმეტესი ნაწილის მტკიცებით, დღევანდელი კაცობრიობა დიდად არის დავალებული ქართველი ტომებისაგან მეტალთა წარმოების ხელოვნების აღმოჩენა-სრულყოფით. მოიძია და საფუძვლიანად შეისწავლა რა ქიმიისა და მეტალურგიის ისტორიის გამოჩენილი მკვლევარების: რ. ფორბსის [1], ლ. ეჩისონის [2], ჰ. კომლანის [3], ვ. ვიტერის [4], ა. ოლდბერგის [5], შტ. პშევორსკის [6], ჯ. მელაარტის [7], ე. ჰერცაფელდის [8], ო. შრადერისა [9] და სხვათა მიერ გასული საუკუნის 80-იან წლებამდე გამოქვეყნებული ნაშრომები-მონოგრაფიები, ისტორიკოსი გ. კვირკველია ასკვნის [10]: „უცხოელ მეცნიერთა შორის დღესაც მტკიცედაა დამკვიდრებული აზრი იმის შესახებ, რომ შავიზღვისპირეთი, კერძოდ კი პონტოს რაიონი, წარმოადგენს ზოგიერთი ფერადი და შავი ლითონების დამუშავების ეპიცენტრს, ხოლო

ქართველური მოდგმის ტომები ხალიბები, მოსინიკები და თუბალები ამ მეტალების პირველმწარმოებლები არიან მთელ მსოფლიოში“.

ის, რომ ძველი ქართველი ტომები მეტალურგიის – როგორც მეტალთა წარმოების ტექნოლოგიის – ფუძემდებლები არიან, იმითაც დასტურდება, რომ თითქმის ყველა ელემენტს, რომელთა აღმოჩენის თარიღი დღეისათვის უცნობია და მისი გაცნობა-ათვისება უძველეს დროში მოხდა, „წმინდა ქართული“ სახელწოდებები აქვთ [11]. ასეთებია, მაგალითად:

ოქრო – ეტიმოლოგიურად იშიფრება, როგორც „უქრობი“, „მარადყამს ბზინვარე“. და ეს გასაგებიცაა: ოქრო უძველესი დროიდან, ერთ-ერთი ელემენტია, რომელიც არავითარ პირობებში თავის ფერს – ბზინვარებას არ იცვლის, – გაცივებისას, მაღალ ტემპერატურაზე გახურებისას და სხვ. აქედან – სახელწოდებაც!

ვერცხლი – ვერცხლი ძველქართულში ცნობილი იყო „ვერცხილი“-ს სახელწოდებით, ახალ ქართულში კი „ვერცხლი“-თ; მეგრულად მას „ვარჩხილი“ ჰქვია, სვანურად – „ვარჩხილ“ (შეთვისებული ჩანს მეგრულიდან) [29]. ამ სიტყვაში ამოსავალი ქართულ-ზანური ფორმა „ვერც“ (თუ „ვერჩხ“) სახით უნდა წარმოვიდგინოთ. ბოლოკიდური „ილ“ კი – სუფიქსია [16]. დადგენილია, რომ „ილ“ სუფიქსის შემცველი ლითონების ტერმინები ძალზე დამახასიათებელია კავკასიური და უფრო კონკრეტულად ქართველური ენებიდან წარმოშობილი სიტყვებისათვის [10].

ერთი სიტყვით, ამ ელემენტის (ვერცხლის) სახელწოდება ქართულია და „ნასესხები“ არ ჩანს რომელიმე უცხო ენიდან.

სპილენძი – ელემენტის ეს სახელწოდება მომდინარეობს სპირენებისაგან – ერთ-ერთი ქართული ტომისაგან, რომელიც უძველეს დროში დღევანდელი თურქეთის ტერიტორიაზე მოსახლობდა და დასპეციალებული იყო ამ ლითონის წარმოებაზე. მეგრულად სპილენძს ჰქვია „ლინჯ“, ხოლო სვანურად – „სპილენძ“. ამ ელემენტის საწარმოო მადნები „სპირენძის“ სახელწოდებით არის ცნობილი.

სურმა – მ. ჭაბაშვილის უცხო სიტყვათა ლექსიკონში [26] სურმა სპარსულ სიტყვად მოიხსენიება (სპარს–surme), ერთ-ერთი ვერსიით [27] კი ელემენტ სურმის სახელწოდება მომდინარეობს თურქული სიტყვისაგან „სურმე“, რაც „ნასმას“ აღნიშნავს, ხოლო სულხან-საბა ორბელიანი [28] სურმას სხვათა ენას უწოდებს, სპარსული ენის შესანიშნავად მცოდნე სულხან-საბაც, როგორც ჩანს, არ არის დარწმუნებული ამ სიტყვის წარმომავლობაში და ამოტომაც მოიხსენიებს მას, როგორც, სხვათა (რომელიც) ენიდან მომდინარედ. როგორც ირკვევა დღეისათვის არ არის ერთიანი აზრი ელემენტ სურმის ეტიმოლოგიის შესახებ.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მეგრულში გავრცელებული სიტყვა „სუმალა“, რომელიც ასევე რაისიმე ნასმას ნიშნავს, სავარაუდოდ ის „სურმალა“-ს სახეცვლილი

ფორმა უნდა იყოს. მეგრულში ასევე მრავლად გვხვდება „სუ(რ)მ“ ფუძეზე მდგარი სიტყვები, მაგალითად: (მეგრ)„სუმალა“ – (ქართ)„ნასმა“; (მეგრ)„ნასუმელი“ – (ქართ)„ნანასვამი“; (მეგრ)„ქაასუმალაფე“ – (ქართ)„ნაასმევინე“ და ა.შ. საქმე ის არის, რომ ამ ელემენტის ყველაზე გავრცელებული ბუნებრივი ნაერთი – სურმის(III) სულფიდი იმთავითვე გამოიყენებოდა ნარბებისა და ნამნამების შესაღებად.

ცნობილია ასევე „სურმ“ ფუძეზე მდგარი გვარები: სურმავა, სურმანიძე და ა.შ. ასევე აღსანიშნავია, რომ მარტვილის რაიონის ერთ-ერთ სასოფლო თემში არის სოფელი „ესურმე“ – იშიფრება როგორც სურმავების განსახლების ადგილი.

დარიშხანი – დიდი ხნის განმავლობაში ამ ელემენტის სახელწოდების ეტიმოლოგია უცნობი იყო. ამასწინანდელი გამოკვლევებით [13], „დარიშხანი“-ეს სახელწოდება ეტიმოლოგიურად იშიფრება როგორც „დარი შხამისა“ ანუ „შხამის შესადარი“, „შხამის მსგავსი“. „ნ“ და „მ“ ასო-ნიშნების თანამონაცვლეობა.

დარიშხანს ვახტანგ VI „მარგიმუშკის“ სახელწოდებით მოიხსენიებს [12]. ნიგნის გამომცემელი ვ. კოკოჩაშვილის შეხედულებით [12], „მარგიმუშკი“ სპარსულად უნდა იშიფრებოდეს როგორც „თაგვის ნამალი“. მაგრამ დარიშხანის ასეთ სახელწოდებას ქართული ახსნაც მოეძებნება [13], – როგორც ირკვევა, იგი შედგება ორი სიტყვისაგან: „მარგი“ და „მუშკი“, რომელთაგან „მარგი“ ძველქართულად სასოფლო-სამეურნეო სავარგულს აღნიშნავს, ადგილს, სადაც მოსავალი მოჰყავდათ, ხოლო „მუშკი“ ანუ „მუშქი“ ერთ-ერთი ძველი ქართული ტომის სახელია, დღევანდელი თურქეთის ტერიტორიაზე, რომ იყო უნინ განსახლებული. არ არის გამორიცხული, რომ მუშქები დარიშხანს (უფრო სწორედ თეთრ დარიშხანს) იმთავითვე იყენებდნენ სოფლის მეურნეობის მავნებელთა – თაგვების წინააღმდეგ საბრძოლველად, რაც აისახა კიდევ ამ ელემენტის რუსულ სახელწოდებაში – **МЫШЬЯК (МЫШЬ ЯДЬ)** [14].

რკინა – ლაზური სიტყვაა და ცას ნიშნავს. ჩვენი წინაპრების წარმოდგენით, ცა რკინისგან იყო გადხურულ-მოჭედილი.

ვერცხლისწყალი – ერთ-ერთი მართლაც რომ მორგებული და საინტერესო სახელწოდებაა. სხვა მეტალებისაგან განსხვავებით, მხოლოდ ეს ელემენტია ოთახის ტემპერატურაზე თხევად მდგომარეობაში, ნყალივით. გარეგნულად ფერით, იგი ვერცხლს მოგვაგონებს. აქედან სახელწოდებაც – ვერცხლისწყალი!

ამასთან დაკავშირებით, არ შეიძლება არ გაგვახსენდეს თანამედროვეობის გამოჩენილი პოეტის – შ. ნიშნიანიძის ლექსის – შეიბ მახვილი! – სტროფები:

„ქართველმა კაცმა – მეციხოვნემ და მევენახემ
შენი სიმდიდრით, სილამაზით რომ შეინახე,
ადგა სიტყვაში გადაგმალა, სიტყვაში ჩაგსვა,

მტერმოძალებულს რაკი მაინც არ ჰქონდა სხვა გზა.

მხოლოდ ქართველმა კაცმა უწყის ღმერთის წინაშე,
რა სილამაზე, რა განძი დევს ქართულ სიტყვაში“.

დიახ, მართლაც, რომ ამოუწურავი განძი დევს ქართულ სიტყვაში, – მას მხოლოდ გამორკვევა-გაგება და, ამასთან, გაფრთხილება უნდა.

პროფ. ი. აბულაძის [15] ლექსიკონის მიხედვით, ვერცხლისწყალი, როგორც ელემენტის სახელწოდება, პირველად გვხვდება გრიგოლ ნოსელის X ს. ხელნაწერებში „კაცის აგებულებისათვის“. ეს ელემენტი დაფიქსირებულია ქანანელის „უსწორო კარაბადინშიც“.

თუთია – მეგრულად „თუთა“ მთვარეს ნიშნავს. როგორც ჩანს, ეს მეტალი, მარტივი ნივთიერების სახით, ჩვენმა, წინაპარმა მთვარეს მიამსგავსა.

თუთია – ასეთი სახელწოდების გავრცელება ქართულ ქიმიურ ლიტერატურაში შედარებით დიდი ინტენსივობით ამ სამი ათეული წლის წინათ დაიწყო. მანამდე კი ამ ელემენტს უფრო საერთაშორისო სახელწოდებით – „ცინკად“ მოიხსენიებდნენ. აქედან არის ნაწარმოები მისი გარდაქმნის პროდუქტები ქართულ ენაში – „ცინკატები“; რომელიმე საგნის ცინკით დაფარვა – „მოცინკვა“ (მოცინკატება) და სხვ.

თითბერი – სპილენძისა და თუთიის შენადნობია. დამოკიდებულებით იმისა, თუ რა რაოდენობით არის თუთია შელღობილი სპილენძს ან, სხვანაირად, როგორია ელემენტთა პროცენტული (მასის) შემადგენლობა შენადნობის ფერი მკვეთრად იცვლება ნითლიდან – ე.წ. სპილენძის ფერიდან თეთრ ფერამდე. „თითბერი“, როგორც ირკვევა, მეგრული „თუთა-ფერის“ შეკვეცილი ფორმა უნდა იყოს.

ტყვია – მას ძველქართულად „ტყვივსაც“ უწოდებენ. ტყვიას სხვანაირად, „ბრჰენის“ ან პრჰენის“ სახელითაც მოიხსენიებენ.

გოგირდი – ეტიმოლოგიურად დღესაც გაუშიფრავი რჩება. ის რომ ეს სახელწოდება ქართული წარმოშობისაა, ცალსახად მტკიცდება, თუნდაც, იმით, რომ არც ერთ უცხო ენაში ეს ელემენტი ამ სახელწოდებით არ მოიხსენიება (Sulfurum – ლათინურად), ძველქართველებს იქედან, რომ ესესხათ.

კალა – ერთადერთი ელემენტია, რომლის სახელწოდების შემოღება-გადმოტანას ქართულ მეტყველებაში „ნახევარკუნძულ მალაკას ქალაქის კალაჰიდან“ ვარაუდობენ [11]. თუმცა ამ სახელწოდების რამდენიმე ტოპონიმია დაფიქსირებული საქართველოს ტერიტორიაზე, მათ შორის სოფელი – „კალა“ – სვანეთში. ახლა თუ იმასაც გავითვალისწინებთ, რომ ძველი საქართველო, როგორც ასეთი, მარტო ამჟამინდელი ტერიტორიით არ შემოიფარგლებოდა, კაცს შეიძლება საფუძვლიანი ეჭვი გაუჩნდეს სახელწოდება „კალის“ უცხო ენიდან შემოტანა-ნასესხობის შესახებ.

პირიქით კი – რამდენიც გნებავთ! საყურადღებოა აღინიშნოს, რომ სხვა ხალხთა

ენებში, მათ შორის, შორეული ევროპული ქვეყნებისაც, აშკარად ვლინდება ზოგიერთი ელემენტის სახელწოდების ძველქართული წარმომავლობა. ეს ფაქტი ცალსახად მიანიშნებს იმაზე, რომ ძველი ქართველი ტომები, ვინც, საერთოდ, მეტალურგიის ჩასახვა-განვითარების ფუძემდებლებად მოიაზრებიან, კულტურულ-ტექნიკურად გაცილებით მაღლა იდგნენ მეზობელი და, ასე განსაჯეთ, დღევანდელი ევროპის მოსახლეობასთან შედარებითაც კი. ეს კი ბევრის მეტყველია.

მოდით, გავერკვეთ ამ საკითხებში. სხვანაირად, რომელ ელემენტთა სახელწოდებებზეა ლაპარაკი?

მეტალთაგან ადამიანმა სულ პირველად სამი ელემენტი აითვისა და გამოიყენა: ოქრო, ვერცხლი და სპილენძი. ეს უკანასკნელი გაცილებით მეტი რაოდენობითაა გავრცელებული ბუნებაში (როგორც თავისუფალი, ისე ნაერთების სახით), ვიდრე პირველი ორი. გარდა ამისა სპილენძს ის დადებითი თვისებაც აქვს, რომ – ადვილად ექვემდებარება დამუშავებას. მაგრამ მას გამოყენებითი-ტექნიკური თვალსაზრისით დიდი ნაკლიც გააჩნია, – მეტისმეტად რბილია. ამიტომ ხალასი სპილენძისაგან დამზადებული საგნები ადვილად დეფორმირდებიან, – სასოფლო-სამეურნეო იარაღი პირველი მოხმარებისთანავე ბლაგვდება. ამ უდაოდ დიდი ნაკლის გამოსწორებას ძველი ქართველი ტომები სპილენძისადმი ისეთი ელემენტების დამატება-შეღობით შეეცადნენ, რომელიც საგანს მეტ სისალესა და სიმაგრეს მიანიჭებდა. თავდაპირველად ასეთი აღმოჩნდა დარიშხანი, რომელმაც ძირითად მასას – სპილენძს ტექნიკური თვალსაზრისით რამდენიმე დადებითი თვისება შესძინა. ასე იქნა დანყებულ-აღმოჩენილი ბრინჯაოს წარმოება ამ ექვსი ათასი წლის წინათ ადგილობრივი ნედლეულის ბაზაზე.

როგორც აღვნიშნეთ, „ელემენტ სპილენძს“ მეგრულად ქვია „ლინჯ“ ანუ „ბლინჯ“. ირკვევა, რომ ამ მეტალის ქართული სახელწოდება დაედო საფუძვლად ბრინჯაოს-სპილენძისა და დარიშხანის შენადნობის საერთაშორისო სახელწოდებას: ირანულად ქვია „ბირინჯ“, ხოლო ევროპულ ენებზე – **Bronse**. ეს შენადნობი ასეთივე სახელწოდებითაა ცნობილი რუსულ ენაშიც, – **Бронза**.

რას მიგვანიშნებს ყოველივე ეს? არაფერს უცხოს და მიუღებელს, – ამტკიცებს იმას, რომ ძველმა ქართველმა ტომებმა პირველებმა შეიმუშავეს ბრინჯაოს წარმოების ტექნოლოგია მთელ მსოფლიოში და რომ ეს სახელწოდება გავრცელდა შემდეგ როგორც მეზობელ ქვეყნებში (ირანი), ისე შორეულ ევროპაშიც. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენმა წინაპრებმა მოგვიანებით ბრინჯაოს წარმოება დაიწყეს სპილენძისა და სურმის, შემდეგ კი – სპილენძისა და კალის ურთიერთშედნობით, მაგრამ – ეს შედეგს არსებითად არ ცვლის.

ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ მტკიცება მთელ ევროპაში მეტალურგიის ახლო

აღმოსავლეთიდან შეტანა-გავრცელების შესახებ, – ეს არ არის ვილაცის ახირება, მით უმეტეს – ქართველი კაცისა, დიდმა რუსთაველმა ერთ სტრიქონში, რომ ჩაატია: „მაგრამ იტყვის ჩემი სჯობსო უცილობობს ვითა ჯორი“. ამ ფაქტს თვითონ მიუკერძოებელი მკვლევარებიც ცალსახად აღიარებენ [1-9]. „ამჟამად უკვე აღიარებულია, – წერს რ. ფორბსი [17], რომ მეტალურგია ჩანასახობრივ მდგომარეობაში აღმოსავლეთიდან ევროპაში შემოიჭრა ძვ.წ. აღრიცხვით 2500 წელს, დუნაის ველისა და ტროას გავლით. ამ დროიდან, ერთდროულად, ცენტრალურ ევროპასა და უნგრეთში დაიწყო ბუნებრივი და გამოდნობილი სპილენძის ათვისება“, – და იქვე დასძენს, რომ „მეტალურგიამ ესპანეთში შეაღწია ზღვით არა უგვიანეს ძვ.წ. აღრიცხვით 2500 წლისა, რის შემდეგ ძვ.წ. აღრიცხვით 2400-2000 წელს ოქროს, ვერცხლსა და სპილენძს დიდი მასშტაბით ამუშავებდნენ ალომერიასა და ანდალუზიაში“ [17].

აქ კი შეიძლება თვით რ. ფორბსაც შეედავო, – ქიმიისა და მეტალურგიის ისტორიის ამ უნივერსალურ მკვლევარს. საქმე ის არის, რომ იგი ან არ იცნობს, საერთოდ, ან არსებით მნიშვნელობას არ აძლევს გამოჩენილი გერმანელი მეცნიერის – ჰუმბოლტდის კვლევის შედეგებს, რომელიც ამტკიცებს, რომ მთელი ხმელთაშუა ზღვის აუზი, ცხადია, პირინეის ნახევარკუნძულის ჩათვლით, ამ 4000-5000 წლის წინათ პროტოიბერებს ჰქონდათ დაკავებული, და რომ ისინი (პროტოიბერები) ითვლებიან მეტალურგიის ფუძემდებლებად მთელ მსოფლიოში. აქედან გამომდინარე, იმდროინდელ ესპანეთში მცხოვრებთა მიერ სხვა ხალხისაგან მეტალების წარმოების ხელოვნების გადაღება-ათვისება, უბრალოდ, რომ ვთქვათ აზრს კარგავს.

გ. კვირკველია [10] მსოფლიო მეტალურგიის ისტორიის გამოჩენილ მკვლევართა ნაშრომებზე დაყრდნობით მიგვანიშნებს, რომ ძველი პონტოს რაიონი უნდა ჩათვალოს მეტალთა წარმოების ხელოვნების ჩასახვა-განვითარების ეპიცენტრად. აქედან გავრცელდა მეტალურგია არა მხოლოდ მეზობელ ქვეყნებში, არამედ ევროპაშიც. მის საილუსტრაციოდ მას მოჰყავს სპილენძის სპარსული სახელწოდების ეტიმოლოგია და არკვევს, რომ ამ ენაში სპილენძის აღმნიშვნელი ტერმინი „მეს“ უნდა მომდინარეობდეს მოსინიკების სატომო სახელიდან, და რომ იგი („მეს“) ამ უკანასკნელის – „mossinoeki შეკვეცილი mess ფორმაა“.

ა. ვულერსის ცნობით [19], ირანში დღესაც შემორჩენილია ტექნიკურ-ისტორიული თვალსაზრისით მეტად საინტერესო ტერმინი *zubal/zurpal*, რაც მეტალის ბურბუშელას ან ცხელი კვერვის შედეგად მეტალისაგან ჩამოკეცილ ნაფოფს აღნიშნავს, – მეტალისა და მისი დაჟანგული ფორმის ერთგვაროვან ნარევს. ამიტომ ხსენებული ინფორმაციის წყაროში სიტყვა „თუბალს“ უსათუოდ მოსდევს სპილენძის სპარსული სახელწოდება „მეს“. აი, ამ ფაქტზე დაყრდნობით გ. კვირკველია აღ-

ნიშნავს, რომ „ზემოთ აღნიშნული სპარსული ტერმინებს საფუძვლად დასდებია მელითონეობით სახელგანთქმული, უძველესი ქართველი მოდგმის ორი ტომის სახელწოდება. აქ პირველი სიტყვა „თუბალ“ იგივეა, რაც ქართული თუბალი, ხოლო „მეს“ კი მოსინიკების სატომო სახელწოდების შეკვეცილი ფორმა უნდა იყოს“.

ასეთი მკაფიო და არაორაზროვანი დასკვნა მეტისმეტად თამამ განაცხადად არ უნდა ჩაეთვალოს ქართველ ისტორიკოსს. თითქმის 70 წლით ადრე გერმანელი მეცნიერი ო. შრადერიც [9] მიაჩნებდა, რომ ევროპულ ენებში *messing*, *massteing*, *mossondz* და სხვ. მოსინიკების სატომო სახელწოდებისგან მომდინარეობს. მაშასადამე, ევროპელი მეცნიერები თვითონ აღიარებენ ძველი ქართველი ტომების უეჭველ პრიორიტეტს მსოფლიო მეტალურგიის ჩასახვა-განვითარების საქმეში.

ამასთან დაკავშირებით ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ბერძნულად სპილენძს „ქალკოს“ ანუ *chalkos* უწოდებენ. ფრანგი მეცნიერი რ. დიუსი თვლის, რომ ეს სახელწოდება ეტიმოლოგიურად უნდა მომდინარეობდეს ძველი ურარტუს მკვიდრთა ერთ-ერთი ტომის *klaldi* (ხალდი – ქალდი) სახელწოდებისგან, სადაც *kos* მიაჩნებდა საგნის სადაურობის აღმნიშვნელ ბოლოსართს. მაშასადამე, ბერძნული სიტყვის – „ჩაიკოს“ ქვეშ უნდა ვიგულისხმოთ ხალდური ანუ ქალდური სპილენძი.

რ. დიუსის ასეთი დასკვნა, როგორც ირკვევა, სრულიადაც არ არის შემთხვევითი. საქმე ის არის, რომ ბერძნებმა რკინისა და ფოლადის წარმოებაც ძველი ქართველი ტომებისგან და, სახელდობრ, ხალიბებისგან ისწავლეს. აქედან გამომდინარე, ფოლადს ძველმა ბერძნებმა ხალიბების სახელწოდების მიხედვით „ხალვფს – ხალვდიკოს“ დაარქვეს. ასეთ დასკვნას აკეთებს გამოჩენილი ქართველი ისტორიკოსი ივ. ჯავახიშვილიც [18].

საყურადღებოა აღინიშნოს, რომ არა მხოლოდ საბერძნეთში, არამედ ძველ მესოპოტამიაში და ეგვიპტეშიც მეტალებსა და შენადნობებს, ძირითადად, ქართული წარმომავლობის სახელწოდებები ჰქონდათ, რადგან იმ ქვეყნის ხალხებსაც, ბერძნების მსგავსად, ბრინჯაოსი და ხალასი მეტალის წარმოება ხალიბებისაგან უსწავლიათ. აქ სიტყვა „ხალასის“ ქვეშ „ქიმიურად სუფთა“ იგულისხმება, თუმცა ეს ცნება მეცნიერებისა და ტექნოლოგიის განვითარების კვალობაზე, მუდმივ ტრანსფორმაცია: განვითარებას განიცდის. ამის შესახებ ე. ბიბრა ჯერ კიდევ ამ 140 წლის წინათ წერდა [20]: „მიუხედავად იმისა, რომ ბერძნები წარმოადგენდნენ ყველაზე მეტად განვითარებულ არიელებს, სპილენძის შესახებ მათ არაფერი იცოდნენ. ეს ლითონი მათ სხვა ხალხისაგან შეითვისეს“. ასეთი დასკვნა მრავლის მეტყველია.

მეტალურგიის ჩასახვა-განვითარების საქმეში ძველ ქართველ ტომთა პრიორიტეტზე ისიც მიაჩნებდა, რომ ქართველი ტომის – მოსინიკების სახელწოდებიდან

წარმოქმნილია ევროპული და, კერძოდ, გერმანულ, ინგლისურ და სკანდინავიის სხვა ხალხთა ენებში გავრცელებული „თითბერის“ სახელწოდება.

რას წარმოადგენს, ზოგადად, თითბერი?

თითბერი, არსებითად, სხვადასხვა შედგენილობის მქონე შანადნობია – შეიცავს სხვადასხვა ელემენტებს სრულიად განსხვავებული პროპორცია-სტექიომეტრიით. პირველ რიგში კი უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა სახეობის თითბერის საფუძველს სპილენძი წარმოადგენს, – ამ უკანასკნელს შეაღებენ სხვადასხვა ელემენტს, ცხადია, განსხვავებული მასური წილით. დღეისათვის ანსხვავებენ მარტივ და სპეციალურ თითბერს. ამ უკანასკნელის შემადგენლობაში, გარდა სპილენძისა და თუთიისა, შედის სხვა ელემენტებიც, როგორცაა, მაგალითად, რკინა, ალუმინი, კალა და სილიციუმი. მათგან ამზადებენ საათის მექანიზმების ნაწილებს, კონდენსატორების მილებს და სხვ. თავდაპირველად კი თითბერს ძირითადად იღებენ სპილენძისა და თუთიის ბაზაზე, – ურთიერთშედნობით. იმის გამო, რომ ფერი ასეთნაირად მიღებული შენადნობისა – თითბერისა დიდად ემსგავსება ოქრო ფერს, მას (თითბერს) ადრიდანვე იყენებდნენ საიუველირო და დეკორატიულ ნაკეთობათა დასამზადებლად, – ოქროს ნაკეთობათა მიზაძვით (ოქროს იმიტაცია) [21] და სხვა.

ძველ მეტალურგ ქართველებს ბრინჯაოსი და თითბერის ნაწარმები – საგნები არა მხოლოდ საკუთარ მოთხოვნილებათა დასაკმაყოფილებლად ესაჭიროებოდათ, არამედ უცხო ქვეყნებში გაჰქონდათ საექსპორტოდ. ისიც არ უნდა გამოვრიცხოთ, რომ არც სხვა ქვეყნები დააკლებდნენ მცდელობას – პროტობერებისგან მოეპარათ ან, უბრალოდ, აეთვისებინათ მეტალების წარმოების საიდუმლოება. ამის შესახებ გარკვევით გვეუბნება ბ-ნი კონსტანტინე: „რვალთ ხურონი“, „ლითონის მწრობნი“ და მემალაროენი ყოფილან ძველი კოლხები და იბერიელები . . .

ძველ ბერძენ კოლონიზატორებს, მოგზაურებსა და ვაჭრებს შინ მიჰქონდათ არა მარტო ნაყიდი, ნაძარცვი და ნაქურდალი, არამედ უცხო ტომთაგან ათვისებული იდეებიცა...

ჩვენს ხალხს არსებობაც არ შეეძლო, ტექნიკური უპირატესობა რომ არა ჰქონოდა მის იარაღ-საჭურველს . . . “

არქეოლოგიური და უძველესი წერილობითი წყაროებიდან აშკარად იკვეთება, რომ ქართველი ტომები და, უწინარეს ყოვლისა, მოსინიკები პირველნი დაეუფლნენ ნიაღისეული რესურსებიდან (ქალკოზინი, ქალკოპირიტი, მალაქიტი და სხვ.) ელემენტური სპილენძის წარმოების ტექნოლოგიას, ხოლო შემდეგ ამ უკანასკნელზე სხვადასხვა ელემენტის (ძირითადად, თუთიის ან კალის) შედნობით მიუღიათ სხვადასხვა დანიშნულების თითბერი. ფაქტობრივად ეს პროცესი აისახა კიდევ ევროპულ ენებში. მაგალითად, გერმანელები თითბერს უწოდებენ messianic-ს, ინგლისელი-საქსები

mästling-ს, ხოლო პოლონელები – mosiandz-ს. ასეთივე დასკვნას აკეთებს ჩვენი სასიქადულო ისტორიკოსი ივ. ჯავახიშვილიც. იგი საგანგებოდ აღნიშნავს, რომ ისეთი უძველესი და მაღალი კულტურის ხალხს, როგორც ბერძნებია, რკინისა და ფოლადის დამზადება ხალიბებისაგან გადაუღიათ, რაც აისახა კიდევ ამ ელემენტის ბერძნული სახელწოდების ქართულ წარმომავლობაში.

ზევით უკვე აღვნიშნეთ, რომ ელემენტთა ძველი ქართული სახელწოდებათაგან მხოლოდ კალას არ მიიჩნევენ ეტიმოლოგიურად ქართულს. სინამდვილეში მართლაც ასეა?

ლიტერატურაში [1] რ. ფორბსსა და ფრ. ენორგანს პირველებს დაუყენებიათ საკითხი კალის უძველესი სახელწოდების kassiteros (კასიტების ქვეყანა) კასიტების სატომო სახელისაგან წარმომავლობის შესახებ. მათი აზრით, სახელწოდება „კალა“ ერთერთი კავკასიური ენის კუთვნილებაა: ქართულად – კალა, ოსურად – kala, თურქულად – kalai, სომხურად – klajek და სხვ. მათგან მკვლევარები უპირატესობას უფრო ქართულს ანიჭებენ, თუმცა ამ მოსაზრებას საექვოდ ხდის გ. კვირკველია [10], რადგან თვლის, რომ „კავკასია, როგორც ცნობილია არცთუ ისე მდიდარია კალის საბადოებით. რაც შეეხება საქართველოს, ჩვენში არაა მიკვლეული კალის საბადოები ან ნაღვარევი კალა ისეთი რაოდენობით, რომელიც საკმარისი იქნებოდა თუნდაც პრიმიტიული მეტალურგიისათვის. ამიტომ საექვოა, რომ ეს ტერმინი კავკასიაში გაჩენილიყო“.

დიდი პატივისცემის მიუხედავად, არ შეიძლება გ. კვირკველიას დავეთანხმოთ ასეთ დასკვნა-შეფასებაში, უმთავრესად ორი მიზეზისა გამო:

1. აი, რას ვკითხულობთ ბევრი ქიმიკოს-ტექნოლოგისათვის კარგად ცნობილ სახელმძღვანელო წიგნში [22]: „Помимо этого имеется и прямое указание в архивных данных еще XVIII века на наличие в Грузии оловяных руд, приведеное в географии Вахушти. По этим данным в Тедзамском ущелье близ н. монастыря Ркони добывали олово“.

ამავე სახელმძღვანელოში დასახელებულია არა ერთი გამაძნეება, რომელიც შეიძლება გახდეს საფუძველი კალის წარმოებისა საქართველოში. და თუ დღეს ეს მეტალი საქართველოში არ იწარმოება, – ეს იმას სრულიადაც არ ნიშნავს, რომ უწინ მას ჩვენი წინაპრები ყურადღების გარეშე ტოვებდნენ, – არ აწარმოებდნენ.

2. როგორც ჩანს, ბატონ გიორგის (კვირკველიას) ძველი საქართველო, სამწუხაროდ, იმ ტერიტორიით წარმოედგინა, ახლა, რომ არის განფენილი. არადა, როგორც აღვნიშნეთ, პროტოიბერების სამკვიდრი ბრინჯაოს ხანაში, რომელთა შთამომავლებიც ქართველები არიან, მთელ ახლო აღმოსავლეთსა და ხმელთაშუა ზღვის აუზს მოიცავდა; და თუ დღეს მხოლოდლა კავკასიონს არიან შეყუჟულნი, – ეს მარტო ქართველების ბრალი არ არის!

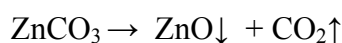
ზემონათქვამიდან გამომდინარე, შეიძლება სავსებით გასაზიარებელი იყოს უც-

ხო მკვლევართა მოსაზრება ევროპულ ენებში ელემენტ კალის სახელწოდების კავკასიურ ენათგან მომდინარედ, თუნდაც ამას ივ. ჯავახიშვილიც ეწინააღმდეგებოდეს [18]. საქმე ის არის, რომ კალას, თუთიასთან ერთად ჩვენი წინაპრები წარმატებით იყენებდნენ სპეციალური შენადნობის – თითბერის დასამზადებლად.

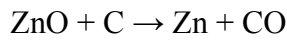
წინააღმდეგობრივია გ. კვირკველიას შეხედულება თუთიის შესახებაც. თავის მონოგრაფიაში [10] იგი წერს: „რაც შეეხება თუთიას, იგი არ არსებობს ბუნებრივ, ლითონურ მდგომარეობაში, თუმცა მინარევების სახით ფართოდაა გავრცელებული. თუთიის მადნები ხშირად გვხვდება ტყვიის, ვერცხლის, სპილენძის, ანთიმონისა და დარიშხანის მადნებთან ერთად (ყველა ეს ელემენტი საქართველოს გამორჩეულ წიაღისეულ სიმდიდრეს წარმოადგენს – რ. გიგაური), ზოგჯერ კი კომპლექსური სახით. „ლითონური თუთია, – წერს რ. ფორბსი, – მიიღება შემდეგი წესით: პირველად თუთიის მადნისაგან გამოადნობენ თუთიის კარბონატს – calamin (galmci, smitsonite), რომელიც ქმნის მძიმე კრისტალურ ნალექს მწვანე, ცისფერი, ყვითელი, ნაცრისფერი და ყავისფერი მინარევებით. ამის შემდეგ თუთიის კარბონატს ნახშირის შემწეობით შეუძლია აღდგეს ლითონურ თუთიად. ასეთი პროცესით, – წერს რ. ფორბსი, – თითბერს იღებენ პონტოს რაიონში მცხოვრები მეტალურგი ტომები – მოსინიკები“.

ამ შედეგებით პატარა ციტატაში რამდენიმე შეცდომაა გაპარული, ცხადია, ყველა უნებლიე, მაგრამ მაინც შეცდომა. დავიწყოთ იმით, რომ ავტორი ციტატის დასაწყისში ასაბუთებს: „იგი არ არსებობს ბუნებრივ, ლითონურ მდგომარეობაში“, ხოლო ქვემოთ ამბობს: „თუთიის კარბონატი ნახშირის შემწეობით შეიძლება აღდგეს ლითონურ თუთიად“. ეს ორი წინადადება-დასკვნა, ბუნებრივია, ერთმანეთს გამორიცხავს და სრულ შეუსაბამობაშია სინამდვილესთან. პირველი წინადადებით, როგორც ჩანს, ავტორს სურს თქვას, რომ თუთია ბუნებაში თავისუფალი, ანუ ელემენტურ მდგომარეობაში, არ არსებობს, როგორც ეს დამახასიათებელია, მაგალითად ოქროსა და ვერცხლისათვის. ასეთ შემთხვევაში იგი, რასაკვირველია, მართალია, მაგრამ, თუ გ. კვირკველია ამტკიცებს, რომ თუთია არავის მიუღიაო „ბუნებრივ, ლითონურად მდგომარეობაში“, – ამ შემთხვევაში უსათუოდ დიდად სცდება, რადგან თითბერს – თუთიისა და სპილენძის შენადნობს – არამცთუ ჩვენი წინაპრები, არამედ დღესაც ვერავინ მიიღებდა.

ციტატის შუაში ავტორი ასაბუთებს, რომ „თუთიის მადნისაგან გამოადნობენ თუთიის კარბონატს“, – აქაც სრული გაუგებრობაა. როგორც ჩანს, იგი, ჩვენი დიდი პატივისცემის მიუხედავად, ვერ ერკვევა ქიმიურ ცნებათა არსში. საქმე ის არის, რომ არ შეიძლება თუთიის კარბონატი ($ZnCO_3$) „გამოადნო“, რომ არ მოხდეს თერმოლიზი თანახმად გოლობისა:



მაშასადამე, ასეთ პირობებში გარდაქმნის საბოლოო პროდუქტებია თუთიის ოქსიდი (ZnO – მყარი ფაზა) და ნახშირბადის დიოქსიდი (CO_2 – აირი). არადა, გ. კვირკველია იქვე აღნიშნავს, რომ „გამოდნობის“ შედეგად სხვადასხვა ფერის თუთიის კარბონატი მიიღებაო, რომელსაც, თურმე, ნახშირბადით აღადგენენ. აქაც სრული გაუგებრობა-შეუსაბამობაა, – სინამდვილეში ნახშირით აღდგება არა ცინკის კარბონატი, არამედ ამ უკანასკნელის დაშლის პროდუქტი – თუთიის ოქსიდი:



როგორც ჩანს, ავტორი ზემოთ მოყვანილი ციტატის თარგმნისას ან ამახინჯებს პირველწყაროს ქიმიური ცნებების უცოდინრობის გამო („გამოდნობის“ ნაცვლად იქნებ „გამდიდრება“ – ფლოტაცია უნდა ეთქვა), ან, ვინ იცის, იქნებ არც ფორბსმა იცოდა მაინცდამაინც კარგად თუთიის წარმოების ტექნოლოგია და გ. კვირკველია მას ზუსტად თარგმნის.

ასეა თუ ისე, თითბერის სახელწოდება ქართველი ტომებისგან რომ აქვთ გადაღებულ-ათვისებული სხვა ხალხებს, მტკიცდება ნ. მარრის [23] ეტიმოლოგიური ძიებითაც. იგი წერს: „სპარსულში ეს სიტყვა შეთვისებულია ქართული ენა – კილოკავების საზოგადო სახელისაგან: სპილენძი სვანური – სპილენძ, მეგრული – ლინჯ, სომხური – პლინძ, რაც ნიშნავს სპილენძს, სპირენძს, სპირეს ანუ ისპირის მადანს“.

რაც შეეხება სხვა ელემენტებს – ტყვიასა და ვერცხლს, საზღვარგარეთული მეცნიერება მათ შესახებ უფრო საინტერესო მოსაზრებებს გამოთქვამს. რ. ფორბსი [1] თვლის, რომ პირინების ნახევარკუნძულზე მცხოვრები ხალიბები (ისინი, უწინარეს ყოვლისა პროტობერებად უნდა მოვიზნოთ) თავდაპირველად ვერცხლს იღებენ უაღრესად პრიმიტიულად: ტყეს წვავდნენ, რის შედეგადაც ტყვიის და ვერცხლის შემცველი ქანების ტემპერატურა მაღლა იწევდა, და როდესაც ეს უკანასკნელი მიაღწევდა დნობის ტემპერატურას, მეტალი იწყებდა ნაღვარევი სახით ჩამოდინებას. გაცივების შემდეგ ასეთნაირად მიღებული მყარი მასა წარმოადგენდა ვერცხლისა და ტყვიის შენადნობს.

ამ ინფორმაციაში თითქოსდა ყველაფერი ნათელი და გასაგებია, მაგრამ ბევრი რამ მაინც მიუღებელია. საეჭვოდ მიგვაჩნია რომ ღია გრუნტზე ყოფილიყოს ამ ელემენტთა შემცველი ისეთი მაღალი კონდიციის მინერალები, რომ მისგან უბრალო გაცხელებით მეტალთა „ნაღვარევი“ ჩამოდენილიყოს. არც ტყის უბრალო წვა მოგვცემს ისეთ ტემპერატურას, რომ ვერცხლი გამდნარიყოს ($t_{\text{დნ}} = 960,5^{\circ}\text{C}$). სადაც, თვით რ. ფორბსაც ეჭვი შეაქვს ამ ელემენტთა თავისუფალი სახით ასეთნაირად მიღება-წარმოებაში ტექნოლოგიის მეტისმეტად პრიმიტიულობის გამო. სწორედ ამიტომ მონოგრაფიის რამდენიმე გვერდის გამოტოვებით იგი კვლავ უბრუნდება ვერცხლის წარმოების

ეპიცენტრის ძიების საკითხს და, ეყრდნობა რა სტრაბონის ცნობას, ჰომეროსის მიერ Alybe-ს ქვეყნის „ვერცხლის წარმოების სამშობლოდ“ მიჩნევის შესახებ [1], დასაბუთებულად თვლის ხალიბთა გამორჩეულ წვლილს ვერცხლის წარმოების სრულყოფილი ტექნოლოგიის შემუშავების საქმეში. აქვე იგი სავსებით მხარს უჭერს Alybes „ხალიბთა ქვეყანასთან“ – chalybes-თან გაიგივების სტრაბონისეულ ვერსიას.

ამრიგად, ვერცხლისა და ტყვიის წარმოების ყველაზე რაციონალური ხერხის შემუშავებელ-აღმომჩენად ძველი პონტოს რაიონის მკვიდრი – ხალიბები უნდა ჩაითვალოს.

კაცობრიობის განვითარების ბრინჯაოს ხანას „რკინის ეპოქა“ მოჰყვა. ამ ელემენტმა (რკინამ) ძირფესვიანად შეცვალა საზოგადოების არსებობის წესი და პირობები. ამიტომ უაღრესად დიდია მკვლევართა დაინტერესება ამ მეტალის წარსულისა და, მაშასადამე, დამორჩილების ეპიცენტრის დადგენის მიზნით. სხვანაირად რომ ვთქვათ, თუ დადგენილი იქნება ბრინჯაოსი და რკინის პირველწარმოების ადგილი, ის ხალხი, ის ერი უნდა ჩაითვალოს შედარებით მაღალი ცივილიზაციის – რკინის ეპოქის ფუძემდებლად მთელ მსოფლიოში.

რკინის წარმოების დასაწყისად მიიჩნევენ ძვ.წ. XIV საუკუნეს. იმ პერიოდის მაღალი კულტურის ქვეყნების – ეგვიპტის, შუმერის, ჩინეთისა და ინდოეთის ნაცვლად თანამედროვე უცხოელ მეცნიერებს ხალიბები (ხალდები – ქალდები) მიაჩნიათ რკინისა და ფოლადის პირველწარმოებლებად მთელ მსოფლიოში [24]. რ. ფორბსს მოჰყავს გერმანელი მკვლევარის ჰეიხელჰერმის ციტატა: „ადამიანის მიერ დამზადებული რკინის დაფოლადება, რომელმაც ცხადყო მისი უპირატესობა ბრინჯაოზე, აღმოჩენილი იქნა მცირე აზიაში, ხეთების იმპერიაში მცხოვრებ ხალიბურ-პონტურ-ხალდური მოდგმის ხალხების მიერ [17, გვ. 257] (ციტატა თარგმნილ-მოტანილია გ. კვირკველიას მონოგრაფიიდან). ამასვე ადასტურებს ლ. ეიჩისინიც [2], თუმცა ხალიბთა უძველესი საცხოვრებელი ადგილი – მდინარე ჰალისის აუზი – ღარიბი იყო საწარმოებლად ვარგისი რკინის მადნებით. აქვე ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ სიმაგრის მისაცემად ხალიბები რკინას ამატებდნენ „რალაც მინას“, რაც, თანამედროვე გაგებით, სხვა არა არის რა, თუ არა მანგანუმი, რომელიც ქართულ რკინას განსაკუთრებულ სიმტკიცეს ანიჭებდა. სრულიად განსხვავებული ტექნოლოგია ქონდათ შემუშავებული რკინის საწარმოებლად ინდოელებს. ასე რომ, ძველქართული და ინდოეთში გამოშვებული რკინა-ფოლადი ერთმანეთისგან მკვეთრად განსხვავდებოდა შედგენილობა-თვისებებით. ეს კი შესაძლებლობას აძლევს თანამედროვე მკვლევარებს – ზღვარი გაავლონ ამ ორი ხალხის მიერ გამოშვებულ ნაწარმებში.

ამრიგად, ენეოლითისა და ბრინჯაოს ხანის არქეოლოგიური ძეგლების ქიმიური შემადგენლობა – წარმოების დროისა და ადგილის დადგენა ცალსახად ნათელყოფს,

რომ ძველმა ქართველმა ტომებმა პირველებმა შეიმუშავეს მეტალების წარმოების ხელოვნება-ტექნოლოგია ადგილობრივი წიაღისეული რესურსების ბაზაზე. ისინი თავდაპირველად ბრინჯაოსაგან, შემდეგ კი – რკინა ფოლადისაგან ამზადებდნენ ფართო ასორტიმენტის საგნებს არა მხოლოდ საკუთარ მოთხოვნილებათა დასაკმაყოფილებლად, არამედ მეზობელ და შორეულ ქვეყნებში საექსპორტოდაც. ასე გავიდა მეტალთა ქართული სახელწოდებები უცხო ენებში, მათ შორის – ძველ საქართველოდან დიდად დაშორებულ ქვეყნებშიც კი.

ლიტერატურა:

1. R. forbes, Metallurgy in Antiquity, Leiden, 1950.
2. L. Aitchison, A. History of Metals, London, 1960.
3. H. Coghlan, Notes on Prehistoric and earty iron in the Old World, Oxford. 1956
4. W. Witter. Die älteste Erzegewinnung im nordisch-germanischen Lebenskreis, Leipzig, 1938, I, II.
5. A.Oldeberg, Metalltechnik under Förbistorisk Tid, Lund, 1943.
6. St. Przeworski, Die Metallindustrie Anatoliens in der von 1500 bis 700 v. Chr. 1936.
7. J. Mellaart, Gatal Hüyük (A Neolithic Town in Anatolia), London, 1967.
8. E. Herzfeld, khattische und khaldische Bronzen, Wein, 1921.
9. O. Schrader, Sprechvergleichung und Urgeschichte, II, teil 1. Abschnitt. Die Metalle, Jena, 1906.
10. გ. კვიციანი. უცხოელი მეცნიერები უძველესი ქართველი ტომების მელიტონეობის შესახებ. თბილისი საბჭოთა საქართველო, 1976.
11. ა. ჩხენკელი. ქიმიის საქართველოში ძველად. თბილისი: მეცნიერება, 1979.
12. ვახტანგ VI. წიგნი ზეთების შეზავებისა და ქიმიისა ქმნის, თბილისი: თსუ გამომცემლობა, 1981.
13. რ. გიგაური. დარიშხანის ვახტანგ VI-ის დროინდელი სახელწოდების შესახებ. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო ჟურნალი „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ 7-9, 2001.
14. Л. А. Николаев. Общая и неорганическая химия. М.: Просвещение, 1974.
15. ი. აბულაძე. ძველი ქართული ენის ლექსიკონი. თბილისი, 1973.
16. გ. მელიქიშვილი, საქართველოს, კავკასიისა და მახლობელი აღმოსავლეთის უძველესი მოსახლეობის საკითხისათვის, თბილისი. 1969.
17. R. Forbes. Studies in Ancient Technology, Leiden, 1964
18. ივ. ჯავახიშვილი. ქართველი ერის ისტორია, წიგნი პირველი, მე-5 გამოცემა, 1960.
19. A. Wullers, Lexicon Persico-Latinum, I, 1885.
20. E. Bibra, Die Bronzen und kupferlegirungen deralten und ältesten Volken, Erlangen, 1869.
21. Н. Л. Глинка, Общая химия, М.: Химия, 1983.
22. Минеральные ресурсы ССР Грузии, Тифлис: Техника и Школа, 1933.
23. Н.Ч. Мэпп, Яфетические элементы в языках Армении, 1911.
24. A. person, Eisen und Eisenbereitung in der ältesten Zeit, 1933/34.
25. Г. Меликишвили, О некоторых наименованиях металлов в древневосточных и кавказских языках, Вестник Древн, истории, №4, М., 1968.
26. Сурьма. Под ред. С. М. Мельникова. М.: Металлургия, 1977.

27. მიხეილ ჭაბაშვილი. უცხო სიტყვათა ლექსიკონი, თბ., გამომცემლობა „განათ-
ლება“, 1973.
28. „სიტყვის კონა“ სულხან-საბა ორბელიანის ქართული ენის განმარტებითი ლექ-
სიკონი.
29. არნოლდ ჩიქობავა, სახელის ფუძის უძველესი აგებულება ქართულ ენებში,
თბილისი, 1942.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები
Proceedings of Ivane Javakhishvili
Tbilisi State University
363, 2010

პერსონალია



ქართული ქიმიის კლასიკოსი

რ. სხილაძე, თ. ნივნივაძე, ბ. ფიჩხაია²

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

²ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მიმდინარე წელს შესრულდა დიდი ქართველი მეცნიერის, პროფესორ აკაკი გახოკიძის დაბადებიდან 100 და გარდაცვალებიდან 45 წლისთავი.

პროფესორ აკაკი გახოკიძის მრავალმხრივი მოღვაწეობა თავდაუზოგავი მეცნიერული, კულტურული და საზოგადოებრივი აქტიურობის სრულქმნილების უმაღლესი ნიმუშია.

წინამდებარე სტატია ეძღვნება პროფესორ აკაკი გახოკიძის ხსოვნას

პროფესორი ა. გახოკიძე ქართველ ქიმიკოსთა სკოლის ერთ-ერთი ყველაზე თვალსაჩინო წარმომადგენელია. მაღალი თეორიული მომზადება, ექსპერიმენტის ჩატარების დიდოსტატობა, უჩვეულო მეცნიერული ალლო და ინტუიცია მას აძლევდა იმის საშუალებას, რომ მის მიერ გავლილი სამეცნიერო-საკვლევო თუ პედაგოგიური მოღვაწეობის გზაზე შთამომავლობისათვის დიდი და ნათელი კვალი დაეტოვებინა.

ა. გახოკიძის ფუნდამენტურმა გამოკვლევებმა საერთო აღიარება ჰპოვეს, მისი შრომები გამოქვეყნებულია და ვრცლადაა განხილული როგორც რუსეთის, ასევე საზღვარგარეთის მრავალ სპეციფიკურ ლიტერატურაში, მონოგრაფიაში და უმაღლესი სკოლების სახელმძღვანელოებში. შექმნილია სპეციალური პარაგრაფებიც სათაურით „გახოკიძის სინთეზი“, „დანილოვ-გახოკიძის მეთოდი“. ა. გახოკიძის გამოკვლევები საფუძვლად დაედო ჩვენი ქვეყნის მრავალი მეცნიერის საკანდიდატო და სადოქტორო დისერტაციებს.

აკაკი გახიკიძე დაიბადა 1909 წლის 14 აგვისტოს სოფელ ზედა ხუნწში, მარტვილის რაიონში. სკოლაში სწავლის დროს გონიერი და მუყაითი მოსწავლე ყოფილა. 1924 წელს წარმატებით (ფრიადზე) დაამთავრა სოფლის შვიდწლიანი სასწავლებელი.

1924 წლის 18 აგვისტოს ა. გახოკიძე უკვე თბილისშია და პ. მელიქიშვილის სახელობის ქიმიურ ტექნიკუმში ჩარიცხვის შემდეგ დიდი მონდომებით შეუდგა სწავლას, კურსიდან კურსზე გადადიოდა მხოლოდ მაღალი აკადემიური მოსწრებით. 1928 წელს ბრწყინვალედ ამთავრებს ტექნიკუმს და მუშაობას იწყებს ორთაჭალის საპნის ქარხანაში (შემდგომში ქიმიური კომბინატი). 1928 წელს აბარებს მისაღებ გამოცდებს თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პოლიტექნიკურ ფაკულტეტზე.

ა. გახოკიძე საქართველოში შაქრის წარმოების საკითხებით ჯერ კიდევ სტუდენტობის დროს დაინტერესებულა. აღსანიშნავია, რომ იმ დროისთვის, ყოფილ საბჭოთა კავშირში, შაქრის წარმოების საკითხებთან დაკავშირებით ქ. კიევში ორი ინსტიტუტი ფუნქციონირებდა (ერთი სასწავლო, ხოლო მეორე სამეცნიერო-კვლევითი), რომელთა ხშირი სტუმარიც ყოფილა სტუდენტი ა. გახოკიძე.

ძალზე დიდი იყო მისი სურვილი საქართველოში შაქრის მწარმოებელი ქარხნის აშენებისა. მან ქ. კიევში დაამუშავა შაქრის ქარხნის პროექტი, რომელიც საქართველოში უნდა აშენებულიყო. აი, როგორ იგონებს ამ საკითხს ბატონი აკაკი: „აქვე შევადგინე და დავწერე ქარხნის პროექტი. შევადგინე 30 ნახაზი. მოხსენებითმა ბარათმა დაიკავა 400 გვ. თბილისში რომ ჩამოვედი, მას სრულიადაც არ დასჭირვებია შესწორება. კონსულტანტმა პროფ. ირ. ბურჯანაძემ გასინჯვის შემდეგ ხელი მოაწერა პროექტს საჯარო დაცვაზე. ამ პროექტის შედგენამ დიდი ცოდნა შემძინა“.

როდესაც ამ პროექტს გაცნობია ქ. კიევის შაქრის მწარმოებელი ქარხნის დირექტორი, ავტორისთვის აღფრთოვანებით უთქვამს: „აი, თქვენში, აგარაში შაქრის ქარხნის მშენებლობა რომ იწყება, ამ თქვენი პროექტით უნდა შესრულდესო“.

1932 წლის 29 ივნისს ა. გახოკიძე ბრწყინვალედ იცავს საქართველოში შაქრის წარმოების ქარხნის პროექტს და ანიჭებენ ინჟინერ-ტექნოლოგის ნოდებას. ა. გახოკიძე ინსტიტუტის დამთავრებისას, როგორც ფრიადოსანი და წარჩინებული სტუდენტი, დატოვებულ იქნა ასპირანტურაში. 1932 წლის ოქტომბერში იგი უკვე ლე-

ნინგრადშია, სადაც მუშაობას აგრძელებს ორგანული ქიმიის ხაზით (ნახშირწყლების ქიმიაში) და მიამაგრეს ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფ. დანილოვს.

პროფ. ა. გახოკიძის მეცნიერ-ხელმძღვანელი, მასწავლებელი, აკადემიკოსი სტეფანე ნიკოლოზის-ძე დანილოვი აღზრდილი იყო რუს ქიმიკოსთა სახელოვან ტრადიციებზე, იყო მსოფლიოში აღიარებული რუსი ქიმიკოსის, აკადემიკოს ა. ე. ფავორსკის მოწაფე. ა. ფავორსკი კი, თავის მხრივ, გახლდათ ა. ბუტლეროვის მოწაფე. ბუტლეროვის, მენდელეევის, ბორდიონის (გედევანიშვილის) აღმზრდელი იყო ზინინი. ამგვარად, პროფ. ა. გახოკიძე წარმოადგენს მსოფლიო კორიფეების (საინდანაც ინყება მეცნიერული ორგანული ქიმია) შთამომავალს: გახოკიძე ← დანილოვი ← ფავორსკი ← ბუტლეროვი ← ზინინი.

1935 წლის ნოემბერში ა. გახოკიძე ბრწყინვალედ იცავს საკანდიდატო დისერტაციას. ეს წელი ბატონი აკაკისათვის იმითაც იყო აღსანიშნავი, რომ პირველად გამოქვეყნდა მისი საკმაოდ ვრცელი ექსპერიმენტული ნაშრომი, გერმანულ ჟურნალში „Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft“. ამ ნაშრომმა დიდი გამოხმაურება ჰპოვა ქიმიკოს მეცნიერთა შორის. მასში დამუშავებული მეთოდი შევიდა უმაღლესი სასწავლებლების სახელმძღვანელოებში „დანილოვ-გახოკიძის მეთოდის“ სახელწოდებით.

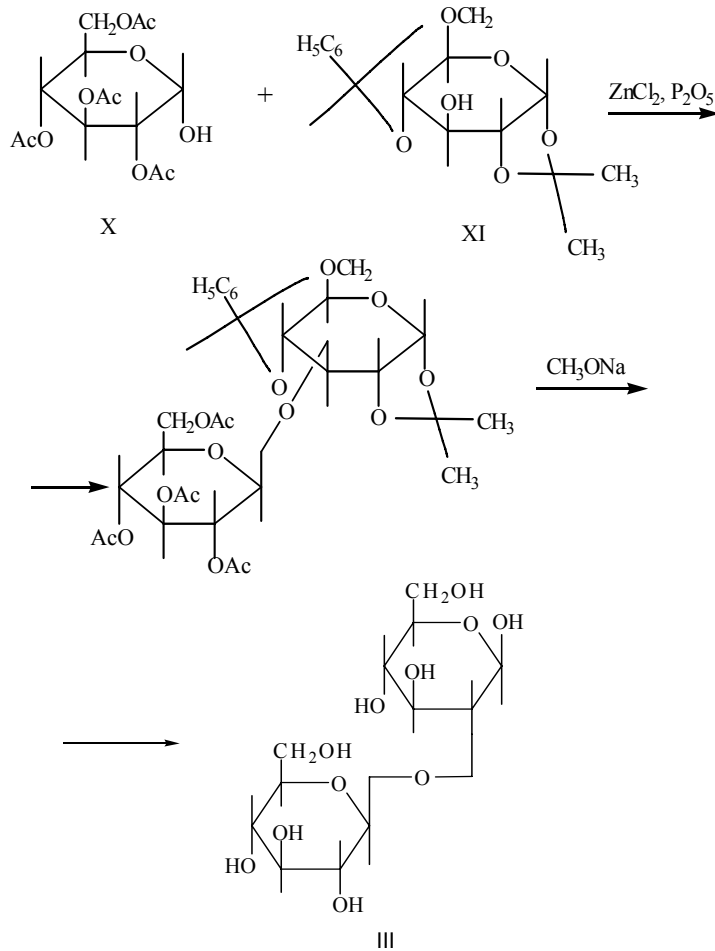
1936 წელს, 26 წლის ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი ბრუნდება საქართველოში და მუშაობას იწყებს დოცენტის თანამდებობაზე თბილისის ინდუსტრიალურ და ხე-ტყის გადამამუშავებელ ინსტიტუტში. 1937-1939 წ.წ. განაგებს კათედრას თბილისის სტომატოლოგიურ ინსტიტუტში. 1937 წლიდან მუშაობს თბილისის პედაგოგიურ სახელმწიფო ინსტიტუტში ჯერ დეკანად, ხოლო შემდეგ, გარდაცვალებამდე ქიმიის კათედრის გამგის თანამდებობაზე.

1946 წელს ლენინგრადის სახელმწიფო უნივერსიტეტში ა. გახოკიძე იცავს სადოქტორო დისერტაციას. იგი პირველი ქართველი ქიმიკოს-ორგანიკოსია, რომელმაც საბჭოთა პერიოდში დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია.

1940-1947 წლებში ა. გახოკიძე მუშაობს (პედაგოგიურ მოღვაწეობასთან პარალელურად) საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ქიმიის ინსტიტუტში, ხოლო 1947-1950 წლებში თბილისის სამეცნიერო-კვლევით ქიმიურ-ფარმაცევტულ ინსტიტუტში.

პროფესორი აკაკი გახოკიძე ქართველ ქიმიკოსთა სკოლის ერთ-ერთი ყველაზე თვალსაჩინო წარმომადგენელია. მაღალი თეორიული მომზადება, ექსპერიმენტის დიდოსტატობა, უჩვეულო მეცნიერული ალლო და ინტუიცია მას აძლევდა იმის საშუალებას, რომ მის მიერ გავლილ სამეცნიერო-კვლევითი თუ პედაგოგიური მოღვაწეობის გზაზე შთამომავლობისთვის დიდი და ნათელი კვალი დაეტოვებინა.

პროფ. ა. გახოკიძის ცხოვრებისეული კრედიო მრავალმხრივია, მაგრამ არის მათ შორის გამორჩეული და განსაკუთრებული მნიშვნელობის, რომელიც იძლევა ამ დიდი



ა. გახოკიძემ იმავე მეთოდებით მიიღო სხვადასხვა მონოსაქარიდული ნაშთის შემცველი ამ ტიპის დისაქარიდები.

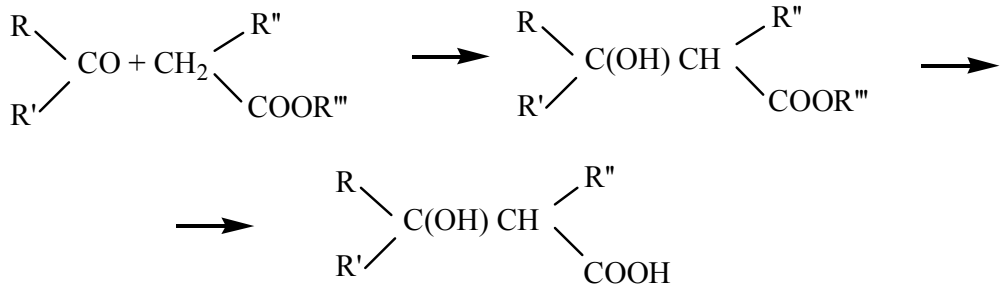
ამ გამოკვლევებიდან სამი ათეული წლის შემდეგ დამტკიცებულ იქნა, რომ ა. გახოკიძის მიერ აღმოჩენილი ახალი ტიპის ნაერთები (სოფოროზა, ნიგეროზა, ლამინარიბიოზა, ლამინარინი, ლეიკოზინი, სკლეროგლუკანი, ლენტინანი) ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში და მათ მაღალი ფიზიოლოგიური (იმუნოლოგიური, სიმსივნის საწინააღმდეგო და სხვ.) აქტივობა აქვთ. ამ ახალი კლასის ნახშირწყლების სინთეზის მეთოდები მსოფლიო სამეცნიერო ლიტერატურაში „გახოკიძის სინთეზის“ სახელწოდებითაა ცნობილი.

ამ ნაერთებმა დიდი გამოყენება ჰპოვა სამედიცინო და ბიოლოგიურ კვლევებში. ისინი ძვირადღირებულ ნივთიერებებს წარმოადგენენ და მათ ცნობილი ქიმიური კომპანიები აწარმოებენ. მაგალითად, ერთი კილოგრამი ლამინარიბიოზის ფასი რამდენიმე მილიონ დოლარს აღწევს.

ნახშირწყლების სფეროში გამოკვლევების შედეგად ა. გახოკიძემ დაამუშავა ოლიგოსაქარიდების სტრუქტურის განსაზღვრის ორიგინალური მეთოდიკა, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ნახშირწყლების აგებულების დასადგენად. მეთოდი დაფუძნებულია საკვლევი მოლეკულის აღმდგენელი ნაწილის დაჟანგვაზე დისაქარიდამდე, რომელიც ოზაზონს არ წარმოქმნის.

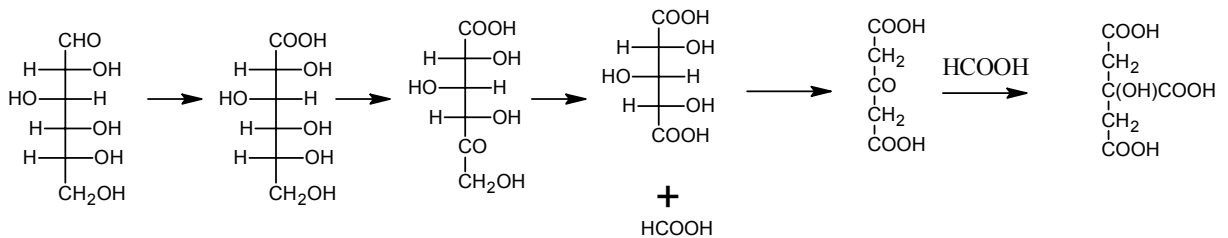
ა. გახოკიძემ ასევე პირველმა შეისწავლა ნახშირწყლების იზომერიზაცია თიხების (ასკანიტი, გუმბრინი) მონაწილეობით. ეს გამოკვლევები გარკვეულ ინტერესს წარმოადგენს ბუნებრივ ნაერთთა ქიმიური ევოლუციის თვალსაზრისით.

ა. გახოკიძემ დაამუშავა ჰიდროქსიმჟავების სინთეზის ახალი მეთოდი მის მიერ აღმოჩენილი ახალი რეაქციის – კეტონებისა და კარბონმჟავათა ეთერების კონდენსაციის – საფუძველზე, რომელიც გამოისახება შემდეგი სქემით:



ეს სამუშაოები ჩატარებულ იქნა ორმოციან წლებში. მოგვიანებით, სამოციან წლებში, იაპონელმა მეცნიერებმა ამ რეაქციის საფუძველზე განახორციელეს მთელი რიგი ასიმეტრიული სინთეზები, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს სტერეოქიმიის საკითხების, კატალიზისა და ორგანულ რეაქციათა მექანიზმის კვლევაში.

ამ გამოკვლევების საფუძველზე პროფ. ა. გახოკიძემ წამოაყენა მცენარეებში ორგანულ მჟავათა წარმოქმნის ორიგინალური თეორია. რითაც უარყო მანამდე გაბოტონებული „დუღილის თეორია“. ამ თეორიის თანახმად, მაგალითად, ლიმონმჟავა გლუკოზიდან წარმოიქმნება შემდეგი სქემის თანახმად:



ეს სქემა დამტკიცებულ იქნა როგორც ქიმიური, ისე ბიოქიმიური სინთეზით. სხვა ორგანულ მჟავათა წარმოქმნა მიმდინარეობს აგრეთვე 5-კეტო-გლუკონის მჟავისაგან. ამ დროს 5-კეტო-გლუკონის მჟავა იხლიჩება 4 და 5 ნახშირბადის ატომებს შორის.

პროფ. ა. გახოკიძე დიდ ყურადღებას უთმობდა სოფლის მეურნეობისა და წარმოების ნარჩენების გამოყენებას.

პროფ. ა. გახოკიძემ სიმინდის ნარჩენებიდან მიიღო ქსილოტრიოქსი-გლუტარის მჟავა, რომელსაც ტექნიკაში შეუძლია შეცვალოს ღვინის მჟავა. ქსილოტრიოქსი-

გლუტარის მჟავასგან მან მილო სხვადასხვა მეტალთა ხელატები. ამ სამუშაომ საფუძველი ჩაუყარა ბუნებრივ ნაერთთა ჟანგვის პროდუქტებისაგან ხელატების წარმოებასა და სოფლის მეურნეობაში მათ საყოველთაო გამოყენებას.

პროფ. ა. გახოკიძემ საქართველოს სხვადასხვა რაიონებში მოზარდი თამბაქოს ნარჩენებიდან გამოყო ლიმონმჟავა. დადგენილ იქნა, რომ ლაგოდების თამბაქოს ნედლეული საშუალოდ შეიცავდა 6,37% ლიმონმჟავას, გაგრის რაიონში მოზარდი კი – 4,71%-ს.

პროფ. ა. გახოკიძემ ტუნგის თესლის ნაჭუჭიდან გამოყო რუხი ყვითელი ფერის პიგმენტი და დაადგინა მისი ემპირიული ფორმულა.

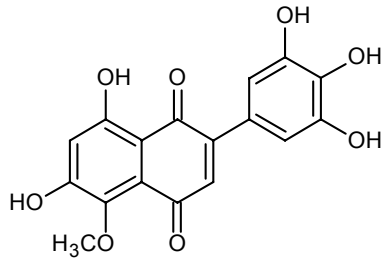
პროფ. ა. გახოკიძის მიერ შემუშავებული სამკურნალო საშუალებების გლიკოზილირების პრინციპი, რომელიც დაფუძნებულია უჯრედულ მემბრანებში ნახშირწყლოვანი ფრაგმენტების აქტიურ ტრანსპორტზე, წარმოადგენს მიზანმიმართული მოქმედების ეფექტურ სამკურნალო პრეპარატთა შემქნის ახლებურ მიდგომას.

კლინიკურ ფარმაკოლოგიაში იმ პრეპარატების გამოყენებას, რომლებიც წყალში არ იხსნებიან, აქვთ დიდი ნაკლი, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ მათი მიღება შესაძლებელია მხოლოდ შინაგანი გზით ან გარეგანი ზემოქმედებით. აღნიშნული გარემოება თავისთავად ძალიან ზღუდავს სამედიცინო პრაქტიკაში მათი გამოყენების შესაძლებლობას.

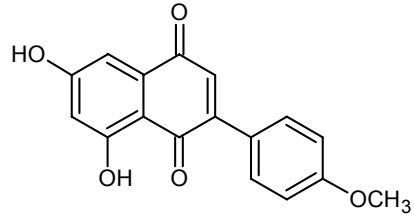
ნახშირწყლებთან კონდენსაციის შედეგად ა. გახოკიძემ შეძლო მიეღო წყალში ხსნადი სტრუქტოციდი, ასპირინი და სხვა სამკურნალო საშუალებანი, რომლებსაც წარმატებით იყენებენ სამედიცინო პრაქტიკაში. მან მიიღო აგრეთვე ხსნადი სახამებელი.

დიდია ბატონი აკაკის დამსახურება ვეტერინარულ პრაქტიკაში ჰელმინთოლოგიურ სამკურნალწამლო საშუალებათა მიღების საქმეში. განსაკუთრებით აღსანიშნავია რვა ახალი პრეპარატის მიღება, რომელთა შორის განსაკუთრებით აქტიური აღმოჩნდა ჭიათურისა და რაჭის ბუნებრივ საბადოთა გადამუშავებით მიღებული მანგანუმისა და დარიშხანის შემცველი ნივთიერებები.

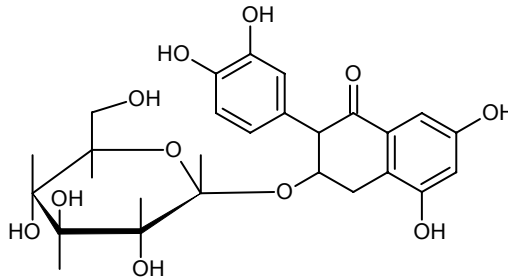
პროფ. ა. გახოკიძე უთმობდა რა დიდ ყურადღებას ბუნებრივ ნაერთთა შესწავლის საქმეს, მის მიერ დადგენილ იქნა ზოგიერთი გლიკოზიდისა და პიგმენტის აგებულება და ამასთან, დაამუშავა მათი მიღების სინთეზის მეთოდები. მაგალითად, მცენარე გლედიჩიიდან, სხვადასხვა მჟავებთან და გლიკოზიდებთან ერთად, გამოყო ახალი პიგმენტები – აკრამერინი, ოლმელინი და 3-D-გლიკოზილეპიკატექინი, რომელთაც შემდგომში დიდი გამოყენება ჰპოვეს მედიცინაში, როგორც საგულე და სიმსივნის საწინააღმდეგო საშუალებებმა.



აკრამეფინი



ოლმელინი



3-D-გლუკოზილეპიკატეჟინი

აღფრთოვანებას იწვევს ის ფაქტი, რომ გასული საუკუნის 40-იან წლებში პროფ. ა. გახოკიძემ შესძლო ამ ურთულესი ბუნებრივი ნაერთების სრული სინთეზების ჩატარება.

პროფესორმა ა. გახოკიძემ საფუძველი ჩაუყარა საქართველოს ნავთობის ქიმიურ კვლევას, რასაც შემდგომში დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობის სამუშაოები მოჰყვა. მან შეისწავლა მირზაანის, სუფსისა და შირაქის ნავთობები. ამ მიმართულებით პირველი ნაშრომები მან გამოაქვეყნა 1941 წელს, რითაც, როგორც მეცნიერმა, თავისი წვლილი შეიტანა ქვეყნის ძლიერებასა და ახლად დაწყებულ მეორე მსოფლიო ომში წარმატების მიღწევაში.

1942 წელს ა. გახოკიძემ გამოთქვა ორიგინალური ჰიპოთეზა ნავთობის გენეზისის შესახებ. მან გვიჩვენა, რომ ნახშირწყლების ტრანსფორმაცია, მცენარეულ და ცხოველურ ორგანიზმებში ბიოქიმიური გარდაქმნების გარდა, შესაძლებელია გეოლოგიური მეტამორფოზიტაც მიმდინარეობდეს. თავისი მოსაზრების დასამტკიცებლად მან პირველმა გამოიყენა ნახშირწყლების ქიმიური მეტალორგანული სინთეზი და გლუკოზისაგან მიიღო ბენზინის კომპონენტი – იზოოქტანი.

ამ გამოკვლევას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა ეძლევა მომავალში ენერგეტიკული დანიშნულების პროდუქტების მისაღებად. ნავთობის წარმოშობის გახოკიძისეული მოსაზრება 40 წლის შემდეგ ექსპერიმენტულად დაამტკიცეს კანადელმა მეცნიერებმა. აღმოჩენილია მიკროორგანიზმები, რომლებიც ბუნებაში ნახშირწყლებს ნავთობად გარდაქმნიან.

ჩვენ გვინდა აქვე ძალიან მოკლედ აღვნიშნოთ ბატონი აკაკის კიდევ ერთი დიდი საქმის მოთავეობა საქართველოში. საქმე ეხება დღემდე ნაკლებად ცნობილ ფაქტს.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ა. გახოკიძემ ქ. კიევის შაქრის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში წარჩინებით დაიცვა სადიპლომო ნაშრომი. ნაშრომში დამუშავებული პროექტი საფუძვლად დაედო საქართველოში პირველი შაქრის ქარხნის მშენებლობას აგარაში, რადგან აღნიშნული რეგიონის ქარხალში შაქრის შემცველობა უფრო მეტი იყო, ვიდრე სხვა რეგიონებში მოზარდ ქარხალში.

დიდია პროფ. ა. გახოკიძის დამსახურება ქართულ ენაზე სახელმძღვანელოების შექმნის საქმეში. მის კალამს ეკუთვნის ორგანული ქიმიის და ბიოლოგიური ქიმიის სახელმძღვანელოები, რომლებიც რამდენჯერმე იქნა გამოცემული. მის მიერ შედგენილი და გამოცემულია ლაბორატორიული პრაქტიკუმები ქიმიის სხვადასხვა დარგში. ასევე გამოცემული აქვს ქიმიის სწავლების საკითხებთან დაკავშირებით მრავალი მეთოდური ხასიათის შრომა. აღსანიშნავია მისი მეცნიერულ-პოპულარული ნიგნი „ქიმია ადამიანის სამსახურში“.

თავმდაბალი, ღრმა მოქალაქეობრივი შეგნების, კეთილშობილი ბუნების და ფენომენალური ნიჭის მეცნიერი, პროფ. აკაკი გახოკიძე იმ ჭეშმარიტ მამულიშვილთა რიცხვს ეკუთვნის, რომლებიც საქმით და მხოლოდ საქმით ემსახურებოდნენ ერს, იგი თავისი პიროვნული თვისებებით სამაგალითო იყო გარშემომყოფთათვის.

პროფ. ა. გახოკიძის სიცოცხლე მოულოდნელად შეწყდა [გარდაიცვალა 1964 წელს, 55 წლის ასაკში] იმ დროს, როდესაც იგი ჯერ კიდევ აღსავსე იყო ახალი მეცნიერული იდეებით, ახალი სამეცნიერო ნამოწყებებით. ამ იდეების განხორციელება მას აღარ დასცალდა, მაგრამ ის, რისი შექმნაც მან მოასწრო, სამუდამოდ შევიდა ქართული და მსოფლიო მეცნიერების საგანძურში.

გამომცემლობის რედაქტორი

მაია ეჯიბია

ნანა კაჭაბავა

გარეკანის დიზაინი

თინათინ ჩირინაშვილი

კომპ. უზრუნველყოფა

ხათუთა ბადრიძე

0179 თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზირი 14

14 Ilia Chavchavadze Avenue, Tbilisi 0179

Tel 995(32) 25 14 32

www.press.tsu.ge