

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი  
PETRE MELIKISHVILI INSTITUTE OF PHYSICAL AND ORGANIC CHEMISTRY  
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ им. П.Г.МЕЛИКИШВИЛИ

---

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული  
ქიმიის ინსტიტუტის

**შ რ ო მ ე ბ ი**

**T R A N S A C T I O N S**  
of Petre Melikishvili Insitute  
of Physical and Organic Chemistry

**Т Р У Д Ы**  
Института физической и органической химии  
им. П.Г.Меликишвили

**2010**

თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი  
PETRE MELIKISHVILI INSTITUTE OF PHYSICAL AND ORGANIC CHEMISTRY  
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ им. П.Г.МЕЛИКИШВИЛИ

---

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის  
ინსტიტუტის

## შ რ ო მ ე ბ ი

მიძღვნილი ინსტიტუტის საპატიო დირექტორის  
საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის  
აკადემიკოსის ბიორბი ციციშვილის  
დაბადების 95 წლისთავისადმი

## **T R A N S A C T I O N S** of Petre Melikishvili Insitute of Physical and Organic Chemistry

Dedicated to 95<sup>th</sup> anniversary of Giorgi Tsitsishvili  
Honorary Director of Institute  
Member of Georgian National Academy of Sciences

## **Т Р У Д Ы**

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

посвященные 95-летию почётного директора Института  
академика Национальной Академии наук Грузии  
Георгия Владимировича Цицишвили

თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2010

პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ქიმიის ინსტიტუტში შრომათა კრებულების გამოცემა მიმდინარეობდა 1935-63 წლებში, სულ გამოვიდა 17 ტომი, 21 წიგნი. 2009 წელს, ინსტიტუტის დაარსებიდან 80 წლის იუბილესთან დაკავშირებით, მიღებული იყო გადაწყვეტილება ინსტიტუტის შრომათა კრებულის გამოცემის განახლების შესახებ. 2010 წლის პირველი განახლებული კრებული ეძღვნება ინსტიტუტის საპატიო დირექტორის, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსის გიორგი ციციშვილის დაბადების 95 წლისთავს.

რედაქტორები ვლადიმერ ციციშვილი, ინსტიტუტის დირექტორი  
ავთანდილ დოლიძე, სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარე

შემდგენლები ნანული დოლაბერიძე, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი  
მანანა ბურჯანაძე, ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი  
ქეთევან ებრალიძე, ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი  
0186 თბილისი, ა.პოლიტკოვსკაიას ქ. № 5; ტელ. 54-15-68

Transactions of the Petre Melikishvili Institute of Chemistry .have been published in 1935/63, in total – 17 volumes (21 books). Jubilee of 80<sup>th</sup> anniversary of the Institute was held in 2009, and decision was passed to resume edition of transactions. First renewed collection of 2010 is dedicated to 95<sup>th</sup> anniversary of Giorgi Tsitsishvili, Honorary Director of the Institute, Member of the Georgian National Academy of Sciences.

Editors Vladimer Tsitsishvili, Director of the Institute  
Avtandil Dolidze, Head of the Scientific Council

Compilers Nanuli Dolaberidze, Doctor of Chemical Sciences  
Manana Burjanadze, Candidate of Chemical Sciences  
Ketevan Ebralidze, Candidate of Chemical Sciences

Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry  
5 A.Politikovskaia str., Tbilisi 0186; tel.: 54-15-68

Институт химии им. П.Г.Меликишвили в 1935-63 годах издавал сборники трудов, всего вышло 17 томов, 21 номер. В 2009 году, в связи с 80-тилетием образования Института, было принято решение возобновить выпуск сборников. Первый обновлённый сборник 2010 года посвящен 95-летию почётного директора Института, академика Национальной Академии наук Грузии Г.В.Цицишвили.

Редакторы В.Г.Цицишвили, директор Института  
А.В.Долидзе, председатель Учёного Совета

Составители Н.М.Долаберидзе, доктор химических наук  
М.Бурджанадзе, кандидат химических наук  
К.Эбралидзе, кандидат химических наук

Институт физической и органической химии им. П.Г.Меликишвили  
0186 Тбилиси, ул. А.Политковской 5; тел. 54-15-68

**შინაარსი**

<i>თ.ანდრონიკაშვილი.</i> აკადემიკოს გიორგი ციციშვილის ცხოვრება და მოღვაწეობა	9
<i>ვ.ცინცაძე.</i> გიორგი ციციშვილის მოღვაწეობა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიაში	14
<i>ა.დოლიძე.</i> გიორგი ციციშვილი და ქიმიის ინსტიტუტი	17
<i>ვ.ციციშვილი.</i> აკადემიკოს გიორგი ციციშვილის შრომები ცეოლითების დარგში	19
<i>ს.უროტაძე, თ.კვერნაძე, ნ.ოსიპოვა, ი.ყარალაშვილი, ნ.კლარჯიშვილი.</i> ორგანულ პროლეუქტებში ზოგიერთი კატიონების კონცენტრაციის განსაზღვრა*	25
<i>თ.ანდრონიკაშვილი, თ.კორძაზია, ლ.ეპრიკაშვილი, ნ.ფირცხალავა, მ.ზაუტაშვილი, მ.მაგანია.</i> სპირტიანი სასმელების ქრომატოგრაფიული ანალიზის ოპტიმიზაცია	26
<i>თ.ანდრონიკაშვილი, ი.რუბაშვილი, ლ.ეპრიკაშვილი.</i> მყარი სარჩულის ბუნების გავლენა უძრავი თხევადი ფაზის ქრომატოგრაფიულ დაყოფით თვისებებზე	31
<i>ვ.ციციშვილი, ვ.ციციშვილი, ნ.დოლაბერიძე, ნ.მირძეელი, მ.ნიჟარაძე, მ.ალელიშვილი.</i> საქართველოს ფილიპსიტ შემცველი ტუფების აღსორბციული თვისებები	40
<i>ნ.დოლაბერიძე, ნ.ხაზარაძე, ნ.მირძეელი, მ.ნიჟარაძე, მ.სულაძე.</i> მანგანუმის იონმიმოცვლითი სორბცია ბუნებრივ ფილიპსიტებზე	43
<i>კ.ამირხანაშვილი, ნ.ნადირაძე, რ.ვარდაშვილი, ნ.სიღამონიძე, შ.გაგუა, ქ.გამყრელიძე.</i> რაცემატული ამინომჟავების აქროლადი ნაერთების მიღება და მათი დაყოფის კვლევა კაპილარულ ქრომატოგრაფიული მეთოდით*	48
<i>ლ.ჯაფარიძე, ც.ვაბელია, ე.სალუქვაძე, ს.უროტაძე.</i> ასკანგელის კარბონიზირება ორგანულ ნაერთებში	49
<i>დ.იოსელიანი, ნ.ყალაბეგაშვილი, თ.შატაკიშვილი.</i> ტოქსიკური აირადი და ორგანული ნაერთების ღრმა დაჟანგვა მოდიფიცირებული ცეოლითური კატალიზატორების თანაობისას	51
<i>ც.რამიშვილი, ვ.ციციშვილი.</i> მიღწევები ჰეტეროგენულ კატალიზში პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში ბოლო 20 წლის (1990-2009 წწ) განმავლობაში	56
<i>ვ.წინწკალაძე, ვ.ციციშვილი, რ.სხვიტარიძე, ბ.კეშელავა, თ.შარაშენიძე, მ.ბურჯანაძე.</i> ნანომოდიფიცირებული კლინოპტილოლიტის გამოყენების შესაძლებლობა საშენ მასალათა დანამატებად	61
<i>ო.ლომთაძე, ქებრალიძე, ნ.ლომთაძე.</i> პოლიმერების აქტიური შემავსებლების მიღება ბუნებრივი კლინოპტილოლიტიდან	64

\* რეზიუმე

<i>მ.გურგენიშვილი, ი.ჩიტრეკაშვილი, გ.პაპავა, ზ.მოლოდინაშვილი, ნ.ხოტენაშვილი, ზ.თაბუკაშვილი, ნ.დოხტურიშვილი, ნ.გელაშვილი, ნ.მაისურაძე, ე.გაგაშელიძე.</i>	67
შერეული ოლიგომერების სინთეზი ნალღობში	
<i>მ.გურგენიშვილი, ი.ჩიტრეკაშვილი, გ.პაპავა, ზ.მოლოდინაშვილი, ნ.ხოტენაშვილი, ზ.თაბუკაშვილი, ნ.დოხტურიშვილი, ნ.გელაშვილი, ნ.მაისურაძე, ე.გაგაშელიძე.</i>	70
ნოვოლაქის ტიპის თანაოლიგომერების სინთეზი ნალღობში	
<i>ს.უროტაძე, ი.ბეშქენაძე, ნ.ჟორჟოლიანი, მ.ვოგალაძე, ლ.ვოგუა.</i>	73
მიკროელემენტების შემცველი კოორდინაციული ნაერთები და მათ საფუძველზე შექმნილი ფიტორეგულატორები	
<i>ლ.სამხარაძე, გ.ბალარჯიშვილი, ქ.ებრაღიძე, თ.შატაკიშვილი.</i>	80
ციკლოპენტაფთხფოროვანი მჟავები და მათი გარდაქმნა ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებად*	
<i>ი.მიქაძე, ნ.ქავთარაძე, ლ.დოლიძე, რ.ურიდია, ნ.ბარბაქაძე, ა.დოლიძე.</i>	81
მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების (POPs) შემცველი გაუვარგისებელი პესტიციდების ნარეგების გაუვნებელყოფის შესახებ	
<i>გ.ხიტერი, ლ.თოფურძე, თ.ვაბუნია.</i>	85
ნავთობური ნარჩენების რაციონალური გამოყენების გზები	
<i>ვ.ციციშვილი, ე.ლეკვეიშვილი, ნ.ხეცურიანი.</i>	93
ნავთობიდან მაღალმდულარე არომატული ნახშირწყალბადების გამოყოფის მეთოდები*	
<i>თ.ვაბუნია, ქ.ვოდერიძე, ნ.ხეცურიანი.</i>	94
მიკროელემენტების კვლევა საქართველოს ნავთობებსა და ბიტუმებში	
<i>ნ.ხეცურიანი, ე.უშარაული, ქ.ვოდერიძე, მ.ჩხაიძე, გ.შაგვულიძე.</i>	97
მანავისა და ნინოწმინდის ახალი ჭაბურღილების ნავთობების კვლევა	
<i>ე.უშარაული, ლ.კორტავა, ე.თოფურია, ი.მჭედლიშვილი, ნ.ხეცურიანი.</i>	101
ნავთობის მაღალმდულარე ნახშირწყალბადების არომატული სტრუქტურების შესწავლა	
<i>ნ.ხეცურიანი, ე.უშარაული, მ.ბურჯანაძე.</i>	107
ნავთობის ქიმიის ლაბორატორია	
<b>ელისაბედ ბენაშვილი</b>	112
<b>პეტრე ცისკარიშვილი</b>	114
<b>აკადემიკოს ბიორბი ციციშვილის იუბილე საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნულ აკადემიაში</b>	117

\* რეზიუმე

## CONTENTS

<i>T.Andronikashvili.</i> Life and Work of Giorgi Tsitsishvili*	13
<i>G.Tsintsadze.</i> Activity of Giorgi Tsitsishvili in Georgian Academy of Sciences*	16
<i>A.Dolidze.</i> Giorgi Tsitsishvili and Insitute of Chemistry*	18
<i>V.Tsitsishvili.</i> Works of Giorgi Tsitsishvili in Zeolite Science*	23
<i>S.Urotadze, T.Kvernadze, N.Osipova, I.Karalashvili, N.Klarjeishvili.</i> Ermination of Concentration of Some Cations in Organic Products *	25
<i>T.Andronikashvili, T.Kordzakhia, L.Eprikashvili, N.Pirtskhalava, M.Zautashvili, M.Dzagania.</i> Optimization of Cromatographic Analysis of the Alcoholic Bevereges*	30
<i>T.Andronikashvili, I.Rubashvili, L.Eprikashvili.</i> The Effect of the Origin of Solid Support on the Separetion Properties Liquid Stationary Phase*	39
<i>G.Tsitsishvili, V.Tsitsishvili, N.Dolaberidze, M.Nijaradze, N.Mirdzveli, M.Alelishvili.</i> Adsorption Properties of Phillipsite-Contaning Tuffs of Georgia*	42
<i>N.Dolaberidze, N.Khazaradze, N.Mirdzveli, M.Nijaradze, M.Suladze.</i> Ion-Exchange Sorption of Manganese Over Natural Phillipsites *	45
<i>K.Amirkhanashvili, N.Nadiradze, R.Vardiashvili, N.Sidamonidze, Sh.Gagua, K.Gamkrelidze.</i> The Method of Esterification of Some Amino Acids for Separation by Capillary Gas-Chromatography	46
<i>L.Japaridze, Ts.Gabelia, E.Salukvadze, S.Urotadze.</i> Process of Carbonization of Askangel in Organic Area *	50
<i>D.Ioseliani, N.Kalabegashvili, T.Shatakishvili.</i> Deep Oxidation of Toxic Gas and Organic Compounds on Modified Zeolite Catalysts*	55
<i>Ts.Ramishvili, V.Tsitsishvili.</i> Achievements of Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry in Heterogeneous Catalysis Over Past 20 Years (1990-2009)*	60
<i>G.Tsintskaladze, V.Tsitsishvili, R.Skhvitaridze, B.Keshelava, T.Sharashenidze, M.Burdjanadze.</i> Possibility of Application of Nano-Modified Clinoptilolite as an Additive to the Building Materials*	63
<i>O.Lomtadez, K.Ebralidze, N.Lomtadze.</i> Active Fillers from Natural Clinoptilolite for Polymers*	66
<i>M.Gurgenishvili, I.Chitrekashvili, G.Papava, Z.Molodinashvili, N.Khotenashvili, Z.Tabukashvili, N.Dokhturishvili, N.Gelashvili, N.Maisuradze, E.Gavashelidze.</i> Synthesis of Mixed Olygomers in Melt*	69

\* Summary

<i>M.Gurgenishvili, I.Chitrekashvili, G.Papava, Z.Molodinashvili, N.Khotenashvili, Z.Tabukashvili, N.Dokhturishvili, N.Gelashvili, N.Maisuradze, E.Gavashelidze.</i> Novolac-Type Co-Polymers Synthesis in Melt*	72
<i>S.Urotadze, I.Beshkenadze, N.Zhorzholiani, M.Gogaladze, L.Gogua.</i> Microelement Containing Coordination Compounds and Phyto-Regulators Created on Their Basis*	75
<i>L.Samkharadze, G.Balarjishvili, K.Ebralidze, T.Shatakishvili.</i> Cyclopentylphosphonous Accids And Their Conversion In Biologically Active Compounds*	80
<i>I.Mikadze, N.Kavtaradze, L.Dolidze, R.Uridia, N.Barbakadze, A.Dolidze.</i> About Neutralization of Mixtures of Obsolete Pesticides Containing Persistent Organic Pollutants (POPs)*	84
<i>G.Khitiri, L.Topuridze, T.Gabunia.</i> Utilization of Rational Methods For Processing of Oil Residues*	86
<i>V.Tsitsishvili, E.Lekveishvili, N.Khetsuriani.</i> Methods of Separation of High-Boiling Aromatic Hydrocarbons From Oils *	93
<i>T.Gabunia, K.Goderdzishvili, N.Khetsuriani.</i> Investigation of Microelements Contained in Georgian Oils and Bitumens*	96
<i>N.Khetsuriani, E.Usharauli, K.Goderdzishvili, M.Chkhaidze, G.Shavgulidze.</i> Investigation of New Wells of Manavi and Ninotsminda Outfields*	100
<i>E.Usharauli, L.Kortava, E.Topuria, I.Mchedlishvili, N.Khetsuriani.</i> Investigation of Aromatic Fragments of High Boiling Hydrocarbons of Oils *	106
<i>N.Khetsuriani, E.Usharauli, M.Burjanadze.</i> Laboratory of Oil Chemistry*	111
<b>ELIZABETH BENASHVILI</b>	113
<b>PETRE TSISKARISHVILI</b>	116
<b>JUBILEE of GIORGI TSITSISHVILI at GEORGIAN NATIONAL ACADEMY of SCIENCES</b>	118

---

\* Summary

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Т.Г.Андроникашвили.</i> Жизнь и деятельность академика Г.В.Цицишвили*	13
<i>Г.В.Цинцадзе.</i> Деятельность Г.В.Цицишвили в Академии наук Грузии*	16
<i>А.В.Долидзе.</i> Академик Г.В.Цицишвили и Институт химии*	18
<i>В.Г.Цицишвили.</i> Труды академика Г.В.Цицишвили в области цеолитов*	23
<i>С.Л.Уротадзе, Т.К.Квернадзе, Н.А.Осипова, И.А.Каралашвили, Н.А.Кларджеишвили.</i> Определение концентрации некоторых катионов в органических продуктах	24
<i>Т.Г.Андроникашвили, Т.Н.Кордзахия, Л.Г.Эприкашвили, Н.В.Пирицхалава, М.Г.Зауташвили, М.А.Дзаганя.</i> Оптимизация хроматографического анализа спиртных напитков*	30
<i>Т.Г.Андроникашвили, И.М.Рубашвили, Л.Г.Эприкашвили.</i> Влияние природы твёрдого носителя на разделительные свойства неподвижной жидкой фазы*	39
<i>Г.В.Цицишвили, В.Г.Цицишвили, Н.М.Долаберидзе, М.О.Нижарадзе, Н.А.Мирдзвели, М.В.Алелишвили.</i> Адсорбционные свойства филлипситсодержащих туфов Грузии*	42
<i>Н.М.Долаберидзе, Н.Т.Хазарадзе, Н.А.Мирдзвели, М.О.Нижарадзе, М.Б.Суладзе.</i> Ионообменная сорбция марганца на природных филлипситах*	45
<i>К.Амирханашвили, Н.Надирадзе, Р.Вардиашвили, Н.Сидамонидзе, Ш.Гагуа, К.Гамкрелидзе.</i> Получение летучих соединений некоторых рацематных аминокислот и их разделение методом капиллярной хроматографии*	48
<i>Л.К.Джапаридзе, Ц.С.Габелиа, Е.Ш.Салуквадзе, С.Л.Уротадзе.</i> Карбонизирование аскангеля в органических соединениях*	50
<i>Д.К.Иоселиани, Н.Г.Калабегашвили, Т.Н.Шатакишвили.</i> Глубокое окисление токсических газовых и органических соединений на модифицированных цеолитных катализаторах*	55
<i>Ц.М. Рамишвили, В.Г. Цицишвили.</i> Достижения Института физической и органической химии им. П.Г.Меликишвили в области гетерогенного катализа за последние 20 лет (1990-2009)*	60
<i>Г.П.Цитцкаладзе, В.Г.Цицишвили, Р.Е.Схвитаридзе, Б.Ф.Кешелава, Т.В.Шарашенидзе, М.Н.Бурджанадзе.</i> Возможность использования наномодифицированного клиноптилолита в виде добавки стройматериалах*	63

\* Резюме



<i>О.Г.Ломтадзе, К.Г.Эбралидзе, Н.О.Ломтадзе.</i> Активные наполнители полимеров из природного клиноптилолита*	66
<i>М.Б.Гургенишвили, И.А.Читрекашвили, Г.Ш.Папава, З.Р.Молодинашвили, Н.З.Хотенашвили, З.Ш.Табукашвили, Н.С.Дохтуришвили, Н.С.Гелашвили, Н.А.Маисурадзе, Э.Ш.Гавашелидзе.</i> Синтез смешанных олигомеров в расплаве*	69
<i>М.Б.Гургенишвили, И.А.Читрекашвили, Г.Ш.Папава, З.Р.Молодинашвили, Н.З.Хотенашвили, З.Ш.Табукашвили, Н.С.Дохтуришвили, Н.С.Гелашвили, Н.А.Маисурадзе, Э.Ш.Гавашелидзе.</i> Синтез сополимеров новолачного типа в расплаве*	72
<i>С.Л.Уротадзе, И.А.Бешкенадзе, Н.Б.Жоржолиани, М.А.Гогаладзе, Л.Д.Гогуа.</i> Координационные соединения, содержащие микроэлементы и фиторегуляторы созданные на их основе*	75
<i>Л.О.Самхарадзе, Г.И.Баларджишвили, К.Г.Эбралидзе, Т.Н.Шатакишвили.</i> Циклопентилфосфонистые кислоты и их превращения с получением биологически активных веществ*	76
<i>И.И.Микадзе, Н.А.Кавтарадзе, Л.А.Долидзе, Р.З.Уридия, Н.Г.Барбакадзе, А.В.Долидзе.</i> Об обезвреживании смесей непригодных пестицидов, содержащих стойкие органические загрязнители (СОЗ)*	84
<i>Г.Ш.Хитири, Л.Ф.Топуридзе, Т.И.Габуня.</i> Использование рациональных методов обработки нефтяных остатков*	86
<i>В.Г.Цицишвили, Э.Г.Леквейшвили, Н.Т.Хецуриани.</i> Методы выделения высококипящих ароматических углеводов из нефтей	87
<i>Т.И.Габуня, К.Г.Годердзишвили, Н.Т.Хецуриани.</i> Исследование микроэлементов в нефтях и битумах Грузии*	96
<i>Н.Т.Хецуриани, Э.А.Ушараули, К.Г.Годердзишвили, М.Н.Чхаидзе, Г.Г.Шавгулидзе.</i> Исследование новых скважин месторождений Манави и ниоцминда*	100
<i>Э.А.Ушараули, Л.М.Кортава, Э.Н.Топурия, И.Дж.Мчедлишвили, Н.Т.Хецуриани.</i> Изучение ароматических фрагментов высококипящих углеводов нефти*	106
<i>Н.Т.Хецуриани, Э.А.Ушараули, М.Бурджанадзе.</i> Лаборатория химия нефти*	111
<b>Елизатета Михайловна БЕНАШВИЛИ</b>	113
<b>Пётр Дмитриевич ЦИСКАРИШВИЛИ</b>	116
<b>ЮБИЛЕЙ академика Г.В.ЦИЦИШВИЛИ в НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИИ</b>	119

\* Резюме

### აკადემიკოს ბიორგი ციციშვილის ცხოვრება და მოღვაწეობა

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი თეიმურაზ ანდრონიკაშვილი

ღვაწლმოსულ ქართველ მეცნიერს, ცნობილ ქიმიკოსს, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსს, საქართველოს მეცნიერების დამსახურებულ მოღვაწეს **გიორგი ვლადიმერის ძე ციციშვილს** დაბადებიდან 95 წელი უსრულდება.

გიორგი ციციშვილი დაიბადა 1915 წლის 24 ოქტომბერს თბილისში, ცნობილი ექიმის თავად ლადო და მუსიკოსის ქსენია ციციშვილების ოჯახში. საქართველოს ისტორიაში კარგად ცნობილია გიორგი ციციშვილის წინაპრები – ზაზა ფანასკერტელ-ციციშვილი, XV საუკუნის მეცნიერი, სამკურნალო წიგნი “კარაბადინის” ავტორი, და პოლიტიკური მოღვაწე, რომელიც იბრძოდა საქართველოს ერთიანობისათვის; მისი შვილიშვილი ზაზა, მეფე ლუარსაბ II-ს სადროშოს მეთაური, რომელიც 1609 წელს გამირულად დაიღუპა ქართლში შემოჭრილ ყირიმელებთან ბრძოლაში; ზაზას შვილიშვილი ნოდარი, რომელიც აჯანყდა მეფე როსტომის წინააღმდეგ, მარცხი განიცადა, თუმცა ისტორიაში დარჩა სათავედასავლო პოემა “ბარამგურიანის” ავტორად; ნოდარის შვილიშვილი, სარდალი ალექსანდრე, მეფე თეიმურაზ II-ს რუსეთში წასვლის დროს საელჩოს ხელმძღვანელი, მან თავი დასდო ასპინძის ბრძოლაში; ალექსანდრეს შვილიშვილი დავითი, თბილისის მოურავი, მეფე ერეკლე II-ს სიძე; დავითისა და ბატონიშვილ მარიამის შვილი ესტატე, თბილისის უკანასკნელი მოურავი, მასაც მოუწია რუსეთში წასვლა ბიძასთან, კათალიკოს ანტონ II-თან ერთად; ესტატეს შვილი, მწერალი დავითი, რომელმაც ქართულად თარგმნა მრავალი ევროპული ავტორის, მათ შორის ვოლტერის ნაწარმოებები. თავად დავით ციციშვილის შვილიშვილმა ლადომ მე-XX საუკუნის დასაწყისში მიიღო უმაღლესი სამედიცინო განათლება ხარკოვის უნივერსიტეტში და მთელი ცხოვრების მანძილზე ზრუნავდა საქართველოში სამედიცინო დარგის ამაღლებაზე – სამკურნალო და პროფილაქტიკური დაწესებულებების ჩამოყალიბებასა და სპეციალისტების მომზადებაზე; ლადო ციციშვილი იყო იმ ექიმთა კოპორთაში, ვისაც პირველად მიენიჭა საქართველოს დამსახურებული ექიმის წოდება.



მისმა შვილმა გიორგიმ 1931 წელს 16 წლის ასაკში დაამთავრა თბილისის №107 გერმანული სკოლა, წარმოებაში მოიპოვა სამუშაო სტაჟი და 1932 წელს გახდა საქართველოს ინდუსტრიული ინსტიტუტის, 1935 წლიდან – თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სტუდენტი. სწავლასთან ერთად იგი მუშაობდა უნივერსიტეტის ფიზიკის ინსტიტუტის კოსმიური სხივების ლაბორატორიაში.

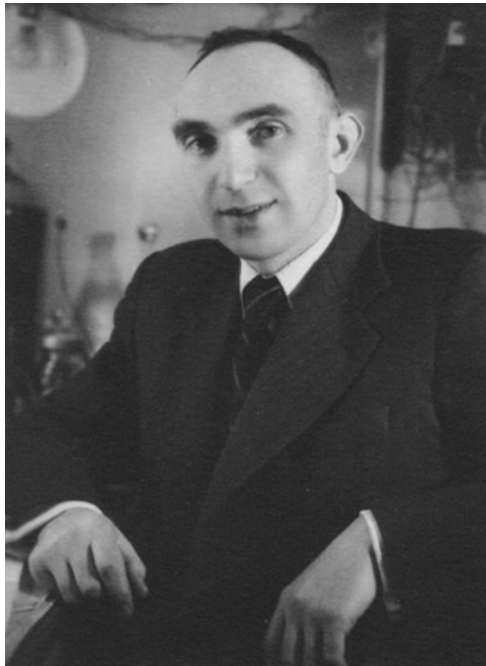
1937 წელს გიორგი ციციშვილმა წარმატებით დაამთავრა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტი, ჩაირიცხა ასპირანტურაში და 1938 წლის დასაწყისში მივლინებული იყო ქ. მოსკოვში, ლ.კარპოვის სახ. სამეცნიერო-კვლევით ფიზიკურ-ქიმიურ ინსტიტუტში, სადაც ცნობილი მეცნიერის, პროფესორ ალექსანდრე ჟუხოვიცკის ხელმძღვანელობით მოამზადა და 1940 წელს დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია. საქართველოში დაბრუნებისთანავე, 1940 წელს გიორგი ციციშვილი მუშაობას იწყებს თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტზე, 1941 წლიდან – საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ქიმიის ინსტიტუტში.

II მსოფლიო ომის დროს გიორგი ციციშვილი ასრულებდა სახელმწიფო დავალებებს ქვეყნის თავდაცვითი უნარიანობის ასამაღლებლად, 1944 წელს დაჯილდოვდა მედლით “კავკასიის დაცვისათვის”.

ომის დამთავრების შემდეგ გიორგი ციციშვილმა გააგრძელა კვლევები თეორიული და ექსპერიმენტული ქიმიის დარგში და 1947 წელს დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია. ენციკლოპედიაში “მსოფლიოს გამოჩენილი ქიმიკოსები” (მოსკოვი, 1991) აღნიშნულია გიორგი ციციშვილის ამ პერიოდის ფუნდამენტური შრომების ჩამონათვალი ნივთიერების აღნაგობის შესწავლის დარგში – მოლეკულათაშორისი წყალბადური ბმის წარმოქმნის დროს წყალბადშემცველი



ჯგუფის პოტენციური მრუდის ცვლილება და ვალენტური რხევების სიხშირის შემცირება (1939-42), ჰალოგენწყალბადების ასოციაციის თეორიული დასაბუთება და მათი ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების გაანგარიშება (1942-50), მოლეკულებს შორის განზიდვაზე პოლარობის გავლენის შესახებ ამოცანის ჩამოყალიბება და მისი გადაწყვეტის კვანტურ-ქიმიური მეთოდის შემუშავება (1944-47).



ამავე 1947 წელს, დისერტაციის დაცვამდე გიორგი ციციშვილი დაინიშნა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ქიმიის ინსტიტუტის დირექტორად და არჩეულ იქნა ფიზიკური ქიმიის ლაბორატორიის გამგედ. გიორგი ციციშვილის ხელმძღვანელობით ჩატარდა შრომატევადი სამუშაო ინსტიტუტის სტრუქტურის და ძირითადი სამეცნიერო მიმართულებების დასახვეწად, კვლევითი ბაზის შესაქმნელად, მისი ძალისხმევით 1950 წელს მთავრობის დადგენილებით ინსტიტუტს აღუდგა პეტრე მელიქიშვილის სახელი.

გიორგი ციციშვილის ხელმძღვანელობით ინსტიტუტის ფიზიკური ქიმიის ლაბორატორიის ძირითადი სამეცნიერო მიმართულება გახდა სორბციული პროცესების კვლევა. ცნობილი მეცნიერი, აკადემიკოსი მიხეილ ღუბინინი 1976 წელს წერდა – *“გიორგი ვლადიმერის ძე ციციშვილმა შექმნა საქართველოს აღსორბციული სკოლა”*. გიორგი ციციშვილის ხელმძღვანელობით აღიზარდა მაღალკვალიფიციური კადრები და შეიქმნა ექსპერიმენტული ბაზა თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური კვლევების ჩასატარებლად, გამოკვლეულია სორბციული პროცესების სტატიკა, კინეტიკა და ენერგეტიკა.

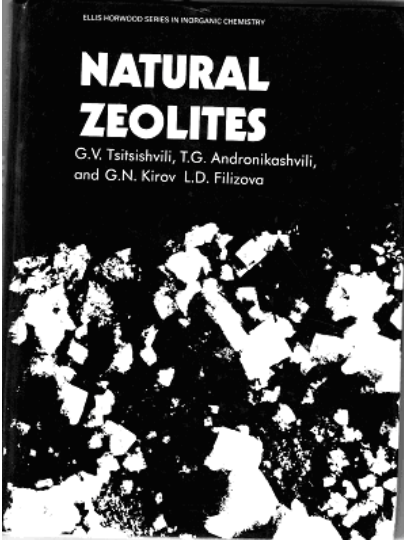
გამოკვლევის ობიექტებს ჯერ წარმოადგენდა საქართველოს მონტმორილონიტური თიხები, ხოლო 1960-იანი წლების დასაწყისიდან – სინთეზური და ბუნებრივი ცეოლითები, ცეოლითმაგვარი და სხვა მასალები. მონტმორილონიტური თიხების კვლევის შედეგად მიღებულია ახალი მონაცემები მათი აღნაგობის, მჟავური აქტივაციის პროცესის, სორბციული ჰისტერეზისის ხასიათის, ორთქლის სორბციული კინეტიკის, ულტრაფორიანობის ეფექტის, თიხებზე რადიოაქტიური იონების სორბციისა და სხვა თვისებების შესახებ. ამ მონაცემების თანახმად მონტმორილონიტები გვევლინება როგორც არაერთგვაროვანი სორბენტები მიკროფორებით და გარდამავალი ფორებით, ეს უკანასკნელები განაპირობებენ სორბციულ მოცულობას, ასევე მნიშვნელოვანია ნაწილაკების გარე და შიგა აღსორბციული სივრცის განსხვავება.

გიორგი ციციშვილის ხელმძღვანელობით ინსტიტუტის ფიზიკური ქიმიის ლაბორატორიის ძირითადი სამეცნიერო მიმართულება გახდა სორბციული პროცესების კვლევა. ცნობილი მეცნიერი, აკადემიკოსი მიხეილ ღუბინინი 1976 წელს წერდა – *“გიორგი ვლადიმერის ძე ციციშვილმა შექმნა საქართველოს აღსორბციული სკოლა”*. გიორგი ციციშვილის ხელმძღვანელობით აღიზარდა მაღალკვალიფიციური კადრები და შეიქმნა ექსპერიმენტული ბაზა თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური კვლევების ჩასატარებლად, გამოკვლეულია სორბციული პროცესების სტატიკა, კინეტიკა და ენერგეტიკა. გამოკვლევის ობიექტებს ჯერ წარმოადგენდა საქართველოს მონტმორილონიტური თიხები, ხოლო 1960-იანი წლების დასაწყისიდან – სინთეზური და ბუნებრივი ცეოლითები, ცეოლითმაგვარი და სხვა მასალები. მონტმორილონიტური თიხების კვლევის შედეგად მიღებულია ახალი მონაცემები მათი აღნაგობის, მჟავური აქტივაციის პროცესის, სორბციული ჰისტერეზისის ხასიათის, ორთქლის სორბციული კინეტიკის, ულტრაფორიანობის ეფექტის, თიხებზე რადიოაქტიური იონების სორბციისა და სხვა თვისებების შესახებ. ამ მონაცემების თანახმად მონტმორილონიტები გვევლინება როგორც არაერთგვაროვანი სორბენტები მიკროფორებით და გარდამავალი ფორებით, ეს უკანასკნელები განაპირობებენ სორბციულ მოცულობას, ასევე მნიშვნელოვანია ნაწილაკების გარე და შიგა აღსორბციული სივრცის განსხვავება.

გიორგი ციციშვილის პირველი მონოგრაფია, *“სორბციული პროცესები”* (თბილისი, 1959), სადაც გადმოცემულია ძირითადი თეორიული წარმოდგენები ორთქლისა და გახსნილი ნივთიერების სორბციის შესახებ, კვლევის ექსპერიმენტულ მეთოდებსა და ცდების უმნიშვნელოვანეს მონაცემებთან შერწყმით, დღესაც სამაგიდო წიგნია სპეციალიტებისათვის.

გიორგი ციციშვილის ხელმძღვანელობით ჩატარებულია სამუშაოების დიდი ციკლი ცეოლითური მოლეკულური საცრების – აღსორბენტების, იონმიომცვლელებისა და კატალიზატორების მისაღებად. შემუშავებულია ცეოლითების ჰიდროთერმული სინთეზის მეთოდები როგორც განსაკუთრებით სუფთა რეაქტივების, ასევე ბუნებრივი ალუმინსილიკატების, ძირითადად საქართველოს პერლიტისა და კლინოპტილოლიტშემცველი ტუფების გამოყენებით. კერძოდ, მოწოდებულია პერლიტის კომპლექსური გამოყენების მეთოდიკა A და X ტიპის ცეოლითების მისაღებად. დიდი ყურადღება ეთმობოდა სხვადასხვა კათიონური ფორმის მიღებას და იონმიომცვლითი პროცესების კვლევას, მომზადებულია ლითიუმის, კალიუმის, ცეზიუმის, ბარიუმის, ტყვიის, ნიკელის, კობალტის, კადმიუმის, სპილენძის, ვერცხლის და სხვა ცეოლითები. მიღებული ნიმუშების აღნაგობისა და თვისებების გამოკვლევა მიმდინარეობდა სორბციული, ქრომატოგრაფიული, სხვადასხვა სპექტრული, თერმოგრაფიული, კატალიზური და სხვა მეთოდებით. შესწავლილია ცეოლითების თვისებებზე მათი ტიპის, კათიონის სახეობისა და ჩანაცვლების ხარისხის გავლენა, გამოვლენილია ცეოლითებზე სხვადასხვა ნივთიერების მოლეკულების ურთიერთქმედების თავისებურება, რაც მიმდინარეობს კათიონებზე, ალუმინსილიკატური კარკასის მონაწილეობით. ცეოლითების ზედაპირის ენერგეტიკული რელიეფის მიკროკალორიმეტრული შესწავლის საფუძველზე მოწოდებულია ნახშირწყალბადების, ნახშირბადის დიოქსიდის, ამიაკისა და სხვა მოლეკულების აღსორბციის მექანიზმი განსხვავებული სტრუქტურის ცეოლითებზე. ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის გამოყენებით დადგენილ იქნა L, ომეგა, ერიონიტის და ოფრეტიტის ტიპის ცეოლითების აღსორბციული ცენტრების ბუნება და მათი ფორმირების მექანიზმი. ცეოლითური კატალიზატორების შექმნასთან დაკავშირებით შესწავლილია დეკათიონირებული ფორმები და მიღებულია ულტრასტაბილური ცეოლითები.

გიორგი ციციშვილმა დიდი ინტერესი გამოავლინა საქართველოს ბუნებრივი ცეოლითების შესწავლისადმი და გახდა ამ ძვირფასი ნედლეულის შესწავლის, წარმოების ორგანიზებისა და პრაქტიკაში გამოყენების ერთ-ერთი მთავარი ინიციატორი. გიორგი ციციშვილის და მისი თანამშრომლების, ქართველ მეცნიერთა და ინჟინერთა მეცნიერული და საორგანიზაციო მუშაოების მეოხებით, თბილისი ცეოლითების კვლევის და გამოყენების აღიარებული სამეცნიერო ცენტრია. 1985 წელს გამოვიდა (გამომცემლობა “ქიმიკა”, მოსკოვი) გ.ციციშვილის, თანდრონიკაშვილის, გ.კიროვის და ლ.ფილიზოვას მონოგრაფია “ბუნებრივი ცეოლითები”, რომელიც 1990 წელს გამოცემული იყო პოლონურ ენაზე, ხოლო მისი განახლებული რედაქცია ინგლისურ ენაზე გამოვიდა 1992 წელს. ცნობილი ქიმიკოსი ტავერესი წერდა, რომ ეს წიგნი “...იმსახურებს უმაღლეს რეკომენდაციას, რადგანაც იგი გამოსაყენებელია მრავალი დარგის სპეციალისტებისათვის”.



1950 წელს გიორგი ციციშვილი აირჩიეს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მათემატიკური და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა განყოფილების წევრ-კორესპონდენტად, 1960 წელს – აკადემიკოსად, ხოლო 1963 წელს – საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის წევრად და ამავე წელს ჩამოყალიბებული ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიის განყოფილების აკადემიკოს-მდივნად. თითქმის სამი ათეული წლის განმავლობაში გიორგი ციციშვილი სათავეში ედგა საქართველოში ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიების განვითარებას. 1989 წლიდან იგი არის საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის მრჩეველი და პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის საპატიო დირექტორი.

გიორგი ციციშვილის და მისი თანამშრომლების სამეცნიერო ნაშრომები დაჯილდოებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პეტრე მელიქიშვილის (1965) და



ალექსანდრე თვალჭრელიძის (1987) სახელობის პრემიებით, გიორგი ციციშვილის სამეცნიერო და საზოგადოებრივი მოღვაწეობა – მრავალი მედლით და ორდენით, მათ შორის საბჭოთა კავშირის “შრომის წითელი დროშის” (1966) და საქართველოს “ღირსების” (1995) ორდენებით.

გიორგი ციციშვილი აქტიურად თანამშრომლობდა ადსორბციის დარგში მსოფლიოს წამყვან სამეცნიერო-კვლევით ორგანიზაციებთან და ავტორიტეტულ სპეციალისტებთან. 1958-59 წლებში იგი ეწვია ჩეხოსლოვაკიას და ამ ვიზიტების შედეგი იყო მრავალწლიანი ნაყოფიერი თანამშრომლობა ქართველ, ჩეხ და სლოვაკ ქიმიკოსებს და ტექნოლოგებს შორის, კერძოდ – ქიმიის ინსტიტუტთან, ქ. პრაღა, რომელსაც ხელმძღვანელობდა აკადემიკოსი რუდოლფ ბრდიჩკა. ასევე ნაყოფიერი იყო გიორგი ციციშვილის ვიზიტები კუბის (1986, პროფესორი კარლოს გუტიერესი) და ვიეტნამის (1990, პროფესორი ხო ში თხონგი) სამეცნიერო კვლევების ეროვნულ ცენტრებში.



გიორგი ციციშვილმა დიდი წვლილი შეიტანა ადსორბციული მოვლენების კვლევების იმ საერთაშორისო კომპლექსური პროგრამის შექმნასა და განხორციელებაში, რომლის ფარგლებში მრავალი წლის განმავლობაში მუშაობდნენ საბჭოთა კავშირის და ე.წ. “სოციალისტური ბანაკის” მკვლევარები ისეთი ცნობილი მეცნიერების ხელმძღვანელობით, როგორებიცაა მიხეილ დუბინინი, კონსტანტინე ნიკოლაევი, ნიკოლაი პოლიაკოვი, ვლადიმერ სერპინსკი, ზოია გრიაზნოვა, ვალტერ შირმერი, ჰარი პფაიფერი, მარტინ ბიულოვი, გიორგი კიროვი და მრავალი სხვა. 1969

წელს ქ. ბრისტოლში (დიდი ბრიტანეთი) გამართულმა კონფერენციამ, რომელიც მიეძღვნა მყარი სხეულების ზედაპირის კვლევას, სტიმული მისცა გიორგი ციციშვილისა და ადსორბციის და ცეოლითების კვლევის დარგში აღიარებული ავტორიტეტის, პროფესორ რიჩარდ ბარერის მრავალწლიან საქმიან ურთიერთობას. გიორგი ციციშვილს ასევე მჭიდრო მეცნიერული კონტაქტები ჰქონდა ისეთ გამოჩენილ მეცნიერებთან, როგორებიცაა გეზა შაი, ლეონარდ სენდი, დონალდ ბრეკი, ედიტ ფლენიგენი, ჯონ ვარდი, ვალტერ მაიერი, ფრედ მამპტონი, რიჩარდ შეპარდი, ჰიდუო მინატო, ჰელმუტ კარგე, ლოვატ რისი და მრავალი სხვ.



გიორგი ციციშვილმა დიდი ძალა მოახმარა სამეცნიერო-ორგანიზაციულ მუშაობას – მისი ინიციატივით 1953 წლიდან ტარდებოდა საქართველოს, აზერბაიჯანისა და სომხეთის მეცნიერებათა აკადემიების ქიმიის ინსტიტუტების გაერთიანებული სამეცნიერო სესიები, აქტიურ მონაწილეობას ღებულობდა საკავშირო მეცნიერებათა აკადემიის აღსორბენტების სამეცნიერო საბჭოს მუშაობაში და 1981 წლიდან მასში ხელმძღვანელობდა ცეოლითების კომისიას. 1975 წლიდან მისი ინიციატივით გამოდის ჟურნალი “საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია”, 1977 წელს გიორგი ციციშვილი არჩეული იყო ცეოლითების საერთაშორისო ასოციაციის (IZA) საბჭოს წევრად, 1992 წელს მან ჩამოაყალიბა ცეოლითების საქართველოს ასოციაცია, რომელიც მისი თაოსნობით 1998 წელს გახდა ევროპის ცეოლითების ასოციაციათა გაერთიანების (FEZA) წევრი; 1992 წლიდან გიორგი ციციშვილი რედაქტორია ოთხენოვანი (ქართული, რუსული, ინგლისური, გერმანული) ქიმიური ლექსიკონისა, რომელიც დაიბეჭდა 2004 წელს.

გიორგი ციციშვილი აქტიურ მონაწილეობას ღებულობს სამეცნიერო ფორუმების ორგანიზებასა და მუშაობაში, მათ შორის აღსანიშნავია თბილისში, სოხუმსა და საქართველოს სხვა ქალაქებში ჩატარებული კონფერენციები და სიმპოზიუმები ცეოლითების კვლევისა და გამოყენების საკითხებზე, ასევე UPAC-ის კონგრესი (მოსკოვი, 1965), საერთაშორისო კონფერენციები მიძღვნილი ზედაპირული მოვლენების (ბრისტოლი, 1969), მოლეკულური საცრების (ვუსტერი, აშშ, 1970; ციურიხი, 1973, და სხვ.), აღსორბციის საკითხების შესწავლისადმი (ფლორენცია, 1971), პირველი საერთაშორისო კონფერენცია ბუნებრივი ცეოლითების კვლევის შესახებ (ტუსონი, აშშ, 1976) და სხვა სიმპოზიუმები (ბერლინი, 1978; ბუდაპეშტი, 1985; ტოკიო, 1986).

გიორგი ციციშვილი ყოველთვის დიდ ყურადღებას უთმობდა პედაგოგიურ მოღვაწეობას. 1940 წლიდან თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტზე, რომლის პროფესორი გიორგი ციციშვილი გახდა 1949 წელს, მას წაკითხული აქვს ლექციების კურსი, 1996 წელს თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობაში გამოვიდა გიორგი ციციშვილის მონოგრაფია “კვანტური ქიმია”.

უულოცავთ სახელოვან იუბილეს ბატონ გიორგის, ჭეშმარიტ ქართველ ინტელიგენტს, დიდ მეცნიერს, რომელმაც განსაკუთრებული ღვაწლი დასდო საქართველოში ქიმიური მეცნიერების წინსვლას და დღესაც შემოქმედებით ძიებაშია, ეწევა მნიშვნელოვან საქმიანობას ქართული მეცნიერების სასიკეთოდ, და ვუსურვებთ ჯანმრთელ, ხანგრძლივ, ბედნიერ სიცოცხლეს.

## LIFE AND WORK OF GIORGI TSITSISHVILI

Teimuraz Andronikashvili, Member of the Georgian National Academy of Sciences

Review of life of Member of the Georgian National Academy of Sciences Giorgi Tsitsishvili, describing his noble ancestors well-known in the Georgian history, and his parents, school years of young Giorgi and his first steps in science, investigations in theoretical chemistry, sorption and zeolite science, his activities in the Georgian Academy of Sciences, at the Petre Melikishvili Institute of Chemistry, as well as his cooperation and collaboration with leading chemical institutions and outstanding scientists from many countries.

## ЖИЗНЬ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АКАДЕМИКА Г.В.ЦИЦИШВИЛИ

Т.Г.Андроникашвили, академик Национальной Академии наук Грузии

Обзор жизненного пути и деятельности академика Георгия Владимировича Цицишвили – отмечены его предки, хорошо известные в истории Грузии, и родители, описаны молодые годы Георгия и его первые шаги в науке, рассказано о его работах в области теоретической химии, исследованиях сорбционных процессов, строения и свойств цеолитов, о его деятельности в Академии наук Грузии, Институте химии им. П.Г.Меликишвили, а также о его сотрудничестве с ведущими научными организациями и выдающимися учёными многих стран мира.

**გიორგი ციციშვილის მოღვაწეობა  
საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნულ აკადემიაში**

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიების განყოფილების აკადემიკოს-მდივანი აკადემიკოსი გივი ცინცაძე

გიორგი ციციშვილმა 1937 წელს წარმატებით დაამთავრა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 1940 წელს, 25 წლის ასაკში დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია, 1947 წელს – სადოქტორო დისერტაცია, ორივე ისეთ ცნობილ და ავტორიტეტულ სამეცნიერო ცენტრში, როგორცაა ლ.კარპოვის სახელობის სამეცნიერო-კვლევითი ფიზიკურ-ქიმიური ინსტიტუტი მოსკოვში. ამავე 1947 წლიდან გიორგი ციციშვილი ხელმძღვანელობდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ქიმიის ინსტიტუტს და გასული საუკუნის 40-იანი წლების ბოლოს გახდა საქართველოში წამყვანი სპეციალისტი ქიმიის დარგში, იგი საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ხელმძღვანელობის მნიშვნელოვან დავალებებს ასრულებდა.

1949 წელს გიორგი ციციშვილი მივლინებული იყო მოსკოვში, საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიაში, სადაც შეხვდა ქიმიის განყოფილების აკადემიკოს-მდივანს აკადემიკოს მიხეილ დუბინინს და შეუთანხმდა მას თბილისში საკავშირო აკადემიის ქიმიური განყოფილების სესიის ჩატარების შესახებ. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდენტის აკადემიკოს ნიკოლოზ მუსხელიშვილის ხელშეწყობით ამავე წლის შემოდგომაზე ჩატარდა ეს გამსვლელი სესია, რომელშიც მონაწილეობდნენ წამყვანი მეცნიერები სხვადასხვა ქიმიური ცენტრებიდან და ქართველი ქიმიკოსები. ამ ღონისძიებამ მაღალი შეფასება დაინსახურა და ხელი შეუწყო ჩვენ ქვეყანაში ქიმიის განვითარებას, მას დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ქართველი ქიმიკოსებისათვის მაშინდელი აქტუალური საკითხების შესახებ ინფორმაციის მიღებისა და სამეცნიერო შემოქმედებითი კავშირების დამყარების და განმტკიცების თვალსაზრისით.



1950 წლის 28 დეკემბერს გიორგი ციციშვილი აირჩიეს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მათემატიკისა და ბუნებისმეტყველების მეცნიერებათა განყოფილების წევრ-კორესპონდენტად სპეციალობით “ფიზიკური ქიმია”. განყოფილების თავმჯდომარე იყო ცნობილი მათემატიკოსი, აკადემიკოსი ილია ვეკუა, შემდეგ – გამოჩენილი ქართველი გეოლიგი, აკადემიკოსი ალექსანდრე ჯანელიძე, რომელმაც დიდი დახმარება გამოუჩინა ახალგაზრდა მეცნიერს – გიორგი ციციშვილი მაშინ 35 წლისა იყო.

აღსანიშნავია, რომ ამ განყოფილების წევრი იყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდენტი, გამოჩენილი ქართველი მეცნიერი, პედაგოგი და საზოგადო მოღვაწე აკადემიკოსი ნიკოლოზ მუსხელიშვილი. მათემატიკისა და ბუნებისმეტყველების მეცნიერებათა განყოფილების ნამდვილი წევრები აგრეთვე იყვნენ მათემატიკოსი ვიქტორ კუპრაძე, მინერალოგი და გეოლოგი ალექსანდრე თვალჭრელიძე, გეოგრაფი ალექსანდრე ჯავახიშვილი, წევრ-კორესპონდენტები – ფიზიკოსები

ელეფთერ ანდრონიკაშვილი და ვაკან მამასახლისოვი, გეოლოგები ივანე კაჭარავა, ივანე კახიძე და გიორგი ძოწენიძე, ასტრონომი ვეგენი ხარაძე. განყოფილების მუშაობაში აქტიურ მონაწილეობას ღებულობდნენ აკადემიკოსები – პალეონტოლოგი ლეო დავითაშვილი და ფარმაკოქიმიკოსი იოველ ქუთათელაძე, წევრ-კორესპონდენტები – სამშენებლო მექანიკის დარგში შალვა მიქელაძე და ბიოქიმიკოსი პეტრე ქოქეთიანი.

გიორგი ციციშვილი აქტიურად შეუდგა სამეცნიერო-ორგანიზაციულ მუშაობას – მისი ინიციატივით და ძალისხმევით 1953 წლიდან ტარდებოდა საქართველოს, აზერბაიჯანისა და სომხეთის

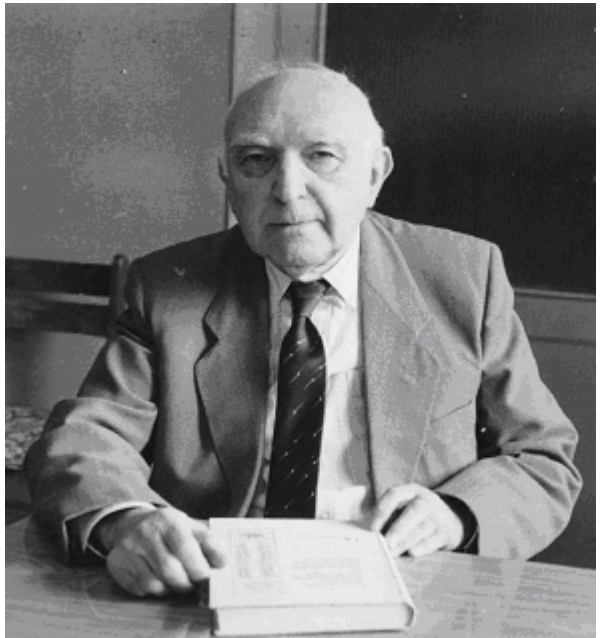
მეცნიერებათა აკადემიების ქიმიის ინსტიტუტების გაერთიანებული სამეცნიერო სესიები. 1958-59 წლებში იგი რამოდენიმე ჯერ ეწვია ჩეხოსლოვაკიას და ამ ვიზიტების შედეგი იყო მრავალწლიანი ნაყოფიერი თანამშრომლობა ქართველ, ჩეხ და სლოვაკ ქიმიკოსებს და ტექნოლოგებს შორის. ჩეხოსლოვაკიის მხრიდან ამ სამუშაოებს კურირებდა ეროვნული აკადემიის ქიმიის განყოფილების თავმჯდომარე, ქიმიის ინსტიტუტის დირექტორი აკადემიკოსი რუდოლფ ბრდიჩკა.

1959 წელს გიორგი ციციშვილი აირჩიეს მათემატიკისა და ბუნებისმეტყველების მეცნიერებათა განყოფილების თავმჯდომარის მოადგილედ და ბიუროს წევრად, ხოლო 1960 წელს – საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილ წევრად და მან აქტიური მონაწილეობა მიიღო აკადემიის განვითარების საქმეში.

1963 წლის ოქტომბერში ჩატარდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება, რომელზეც მიღებული იყო აკადემიის ახალი წესდება და დამტკიცდა ახალი სტრუქტურა, ხოლო გიორგი ციციშვილი არჩეული იყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის წევრად და ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიის განყოფილების აკადემიკოს-მდივნად. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიაში ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიის განყოფილების შექმნამ დიდი როლი შეასრულა ახალი სამეცნიერო მიმართულებების განვითარებასა და ქიმიური კვლევებისათვის საჭირო მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის განმტკიცებაში.

ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიის განყოფილება აწარმოებდა როგორც ოთხი აკადემიის დაქვემდებარებული ინსტიტუტის – პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორბანული ქიმიის ინსტიტუტის, რაფიელ აგლაძის სახელობის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტის, ფერდინანდ თავაძის სახელობის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტისა და იოველ ქუთათელაძის სახელობის ფარმაკოქიმიის ინსტიტუტის სამეცნიერო მუშაობის ხელმძღვანელობას, ისე ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიების დარგში საქართველოში მიმდინარე კვლევების კოორდინირებას. ეს სამუშაოები ეხებოდა საქართველოს სასარგებლო წიაღისეულის – ნავთობისა და გაზის, მანგანუმისა და ცეოლითების, სხვა ბუნებრივი, მათ შორის მცენარეული რესურსების რაციონალურ გამოყენებას, ასევე მეტალურგიული დარგის განვითარებას, სამკურნალწამლო პრეპარატების, სასოფლო-სამეურნეო საშუალებებისა და პოლიმერული მასალების წარმოებას და სხვ., რაც იყო ძალზე მნიშვნელოვანი ჩვენი ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისათვის.

განყოფილება მჭიდროდ თანამშრომლობდა მაშინდელ ცენტრალურ დაწესებულებასთან, საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის ქიმიის განყოფილებასთან, და ბატონი გიორგი ღებულობდა მონაწილეობას როგორც ამ განყოფილების, ისე საკავშირო აკადემიის პრეზიდიუმის სხდომებში. მაშინ მრავალი საკითხი წყდებოდა ცენტრში, და აკადემიკოს გიორგი ციციშვილის აქტიური პოზიციის შედეგად ქართველ ქიმიკოსებს საშუალება ჰქონდა ეწარმოებინა გამოკვლევები მოსკოვის, ლენინგრადის, ნოვოსიბირსკის და რუსეთის სხვა მოწინავე სამეცნიერო ცენტრებში. განსაკუთრებით აღსანიშნავია თანამშრომლობა მოსკოვის უნივერსიტეტთან, აკადემიის ფიზიკური ქიმიის და სხვა ინსტიტუტებთან, ლენინგრადის ტექნოლოგიურ ინსტიტუტთან, ციმბირის განყოფილების კატალიზის ინსტიტუტთან, სადაც ბევრი ახალგაზრდა ქართველი მეცნიერი სწავლობდა ასპირანტურაში ან გადიოდა სტაჟირებას.



განყოფილებამ დაამყარა და განამტკიცა შემოქმედებითი კავშირები ქიმიური პროფილის სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებთან როგორც კავკასიის მეზობელ რესპუბლიკებში, ისე უკრაინასა და ბელორუსიაში, ბალტიისპირეთსა და ცენტრალურ აზიაში. ნაყოფიერი თანამშრომლობა აკავშირებდა განყოფილებას ჩეხოსლოვაკიის, გერმანიის დემოკრატიული რესპუბლიკის, რუმინეთის, პოლონეთის, ბულგარეთისა და უნგრეთის მეცნიერებათა ეროვნულ აკადემიებთან, კუბისა და ვიეტნამის სამეცნიერო-



კვლევით ცენტრებთან, რაზეც მეტყველებს საქართველოში ჩატარებული მრავალი ერთობლივი სამეცნიერო კონფერენცია და სიმპოზიუმი. გასათვალისწინებელია, რომ იმ დროს საერთაშორისო კონტაქტები იყო საკმაოდ შეზღუდული, თუმცა ბატონი გიორგი ყოველთვის იყენებდა ყველა საშუალებას და პირად ურთიერთობას მსოფლიოს წამყვან ქიმიკოსებთან, რათა ქართველი მკვლევარებისათვის ცნობილი ყოფილიყო ამერიკის შეერთებულ შტატებში, იაპონიასა და ევროპის ქვეყნებში მიღწეული შედეგები.

თითქმის სამი ათეული წლის განმავლობაში გიორგი ციციშვილი სათავეში ედგა საქართველოში ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიების განვითარებას. 1989 წლიდან ბატონი გიორგი არის საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის, ამჟამად – აკადემიური საბჭოს მრჩეველი და პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის საპატიო დირექტორი.

ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიის განყოფილების წევრები იყვნენ გამოჩენილი ქართველი მეცნიერები, სხვადასხვა დარგების წარჩინებული წარმომადგენლები: ელექტროქიმიის – რაფიელ აგლაძე, ლევან ჯაფარიძე და ჯონდო ჯაფარიძე, ნავთობქიმიის – ქრისტოფორე არეშიძე, ბიოქიმიის – ვლადიმერ ასათიანი, მეტალურგიის – ფერდინანდ თავაძე, გურამ გველესიანი, ლეონიდე ოკლეი, გური ცაგარეიშვილი და ილია ბარათაშვილი, ქიმიური ტექნოლოგიის – ნიკოლოზ ლანდია, კალისტრატე ქუთათელაძე და ოთარ მჭედლიშვილი, ორგანული ქიმიის – ლეონიდე მელიქაძე, ილია გვერდწითელი და ლოტარ ხანანაშვილი, არაორგანული ქიმიის – არსენ შველაშვილი, ფიზიკური ქიმიის – დიმიტრი ერისთავი და გივი ჩივაძე, ქიმიური ფიზიკის – რევაზ დოლონაძე. ცნობილი ბიოქიმიკოსი სერგი დურმიშიძე იყო ბიოლოგიის განყოფილების წევრი, მაგრამ მონაწილეობას იღებდა ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიის განყოფილების მუშაობაში.

გიორგი ციციშვილი ხელმძღვანელობდა ქიმიისა და ქიმიური ტექნოლოგიის განყოფილებას, როცა მისი წევრები გახდნენ დღესაც აქტიურად მომუშავე ქართველი მეცნიერები – ეთერ ქემერტელიძე, თეიმურაზ ანდრონიკაშვილი, ირაკლი ჟორდანი, კოსტა ჯაფარიძე და ამ მოკლე ნარკვევის ავტორი, რომელიც გულწრფელად ულოცავს ბატონ გიორგის სახელოვან იუბილეს და უსურვებს მას ჯანმრთელობას და დიდხანს სიცოცხლეს.

### ACTIVITY OF GIORGI TSITSISHVILI IN GEORGIAN ACADEMY OF SCIENCES

Givi Tsintsadze, Academician-Secretary of the Department of Chemistry and Chemical Technologies of the Georgian National Academy of Sciences

Activity of Giorgi Tsitsishvili in Georgian Academy of Sciences Review is reviewed from the early 1950-es till today, especially for the long period of his leadership at the Department of Chemistry and Chemical Technologies, on the position of its Academician-Secretary.

### ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ Г.В.ЦИЦИШВИЛИ В АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИИ

ГВ.Цинцадзе, академик-секретарь Отделения химии и химических технологий Национальной Академии наук Грузии

Деятельность Георгия Владимировича Цицишвили в Академии наук Грузии рассмотрена с начала 1950-х годов до наших дней. Особое внимание уделено длительному периоду его работы на посту академика-секретаря Отделения химии и химических технологий.

**ბიოგრაფიული ციციშვილი და ქიმიის ინსტიტუტი**

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს თავჯდომარე, პროფესორი ავთანდილ დოლიძე

ქიმიის დარგში მსოფლიოში აღიარებული მეცნიერი გიორგი ციციშვილი მრავალი წლის განმავლობაში საქართველოს მთავარი ქიმიკოსია. ფართო სამეცნიერო და საზოგადოებრივი საქმიანობა, გამორჩეული ნიჭი და კეთილმოსურნეობა შესაძლებლობას აძლევდა მას ათეული წლების განმავლობაში წარემართა საქართველოში ქიმიური მეცნიერების განვითარება. უშუალო კონტაქტები უცხოეთის წამყვან სამეცნიერო ცენტრებთან და გამოჩენილ მეცნიერებთან ხელს უწყობდა მისი საქმიანობის წარმატებას. მისი ხელმძღვანელობით, ჯერ კიდევ 1929 წელს დაარსებული ქიმიის ინსტიტუტი ყოველთვის იყო მოწინავე სამეცნიერო ორგანიზაციების რიგებში, ეკავა აქტიური პოზიცია ქვეყანაში წამოჭრილი პრობლემების მიმართ. თეორიულ მეცნიერულ მოღვაწეობასთან ერთად მას აუცილებლად მიაჩნდა მიღებული შედეგების გამოყენება ქვეყნის სასიკეთოდ. მის სახელს უკავშირდება მთელი რიგი წარმატებები საქართველოს მინერალური ნედლეულის კვლევა-დახასიათებაში, ქიმიურ-ტექნოლოგიური გადამუშავების გზების დახვეწასა და განხორციელებაში.

განსაკუთრებით დიდა აკადემიკოს გიორგი ციციშვილის ღვაწლი ქიმიის ინსტიტუტის განვითარებაში და შემდგომ გაფართოებაში. მან ჩაიბარა ეს ინსტიტუტი 1947 წელს სრულიად ახალგაზრდამ, რუსეთში სადოქტორო დისერტაციაზე მუშაობის პერიოდში აკადემიკოს ნიკო მუსხელიშვილის პირადი რეკომენდაციით. ეს იყო დიდი სამამულო ომის შემდგომი წლები, გადატვირთული პოლიტიკური, სოციალური და ეკონომიკური სიძნელეებით, ასევე რთული იყო მდგომარეობა ინსტიტუტის კოლექტივშიც. გიორგი ციციშვილის მალალმა პიროვნულმა ავტორიტეტმა ხელი შეუწყო კოლექტივში ჯანსაღი ატმოსფეროს შექმნას და სამუშაოთა პოზიტიურ განვითარებას. ქიმიის მეცნიერების განვითარების შესაძლებლობების შემდგომი მხარდაჭერისათვის გიორგი ციციშვილის ინიციატივით ინსტიტუტს დაერქვა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პირველი რექტორის პეტრე მელიქიშვილის სახელი და შემდგომში ამ ინსტიტუტის საფუძველზე ხელი შეეწყო რამოდენიმე ახალი ინსტიტუტის შექმნას, მათ შორისაა არაორგანული და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი (1956წ.).





რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში ინსტიტუტის დირექტორის, აკადემიკოს გიორგი ციციშვილის მხარდამხარ მომიწია მუშაობა ჯერ სწავლულ მდივნად, შედგომ კი დირექტორის მოადგილედ სამეცნიერო დარგში. ამან შესაძლებლობა მომცა ამაგდარი ხელმძღვანელის დახმარებით უშუალოდ მიმელო მონაწილეობა ინსტიტუტის განვითარებაში.

აკადემიკოს გიორგი ციციშვილის თაოსნობით ინსტიტუტი ძველი შენობიდან ახალ შენობაში გადმოვიდა. მახსოვს ის დიდი ძალიხმევა, რაც დაიხარჯა მშენებლობის დაწყებასა და დამთავრებაზე. უნდა აღნიშნოს, რომ ინსტიტუტის ინტერესების დასაცავად იგი არ ერიდებოდა ზემდგომ ხელმძღვანელობასაც.

განსაკუთრებით გულისხმიერად ეკიდება იგი ახალგაზრდა კადრების შერჩევასა და აღზრდას, მათ მეცნიერულ წინსვლას. მის ირგვლივ ჩამოყალიბდა თანამოაზრეთა ჯგუფი, რომელმაც დიდ წარმატებას მიაღწია ცეოლითების ქიმიისა და ტექნოლოგიის დარგში. ეს მსოფლიოში აღიარებული სამეცნიერო სკოლაა, რომელიც გვპირდება ახალ გამარჯვებებს. ცალკე აღსანიშნავია, მისი ტაქტი და მოზომილი ურთიერთობა თანამშრომლებთან, რაც შესაძლებლობას

აძლევს მუდმივად შეაფასოს მათი სამეცნიერო ღონე და პრაქტიკული საქმიანობის უნარი, ამიტომ იგი პრაქტიკულად არ ცდება თანამშრომელთა შეფასებაში.

ბატონი გიორგი ყოველთვის ღიაა რჩევებისა და რეკომენდაციებისათვის, იგი დიდი ინტერესით ეცნობა ახალ მეცნიერულ ინფორმაციას, მისი თითოეული რჩევა გამსჭვალულია კეთილმოსურნებით და ზრუნვით. 95 წლის აკადემიკოსი გიორგი ციციშვილი დღესაც სამაგალითოა, როგორც მეცნიერი და პიროვნება.

**GIORGI TSITSISHVILI AND INSITUTE OF CHEMISTRY**

Professor Avtandil Dolidze, Head of the Scientific Council of the Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry

Short story about leadership activity of Member of the Georgian National Academy of Sciences Giorgi Tsitsishvili, well known and honoured scientist, wonderful person, in the Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry.

**АКАДЕМИК Г.В.ЦИЦИШВИЛИ И ИНСТИТУТ ХИМИИ**

Профессор А.В.Долидзе, председатель Учёного совета Института физической и органической химии им. П.Г.Меликишвили

Краткий рассказ о руководящей работе академика Национальной Академии наук Грузии Георгия Владимировича Цицишвили, известного учёного, заслуженного деятеля науки и выдающейся личности, в Институте физической и органической химии им. П.Г.Меликишвили.



**აკადემიკოს ბიორბი ციციშვილის შრომები ცეოლითების დარბაზში**

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის დირექტორი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი ვლადიმერ ციციშვილი

სორბციული პროცესების კვლევების დარგში გიორგი ციციშვილმა დაიწყო მუშაობა 1950-იან წლებში, აკადემიკოს ალექსანდრე თვალჭრელიძის მიერ აღმოჩენილი მონტმორილონიტური თიხების კვლევის მიმართულებით. ცნობარში “მსოფლიოს გამოჩენილი ქიმიკოსები” აღნიშნულია, რომ ამ თიხების კვლევის საფუძველზე მან “მიიღო მონაცემები მჟავური აქტივაციის პროცესის, ფორიანობის ბუნების, სორბციული ჰისტერეზისის, ორთქლთა სორბციის კინეტიკისა და ულტრაფორიანობის შესახებ”. ეს კვლევები გაშუქებულია ბ-ნი გიორგის მონოგრაფიაში “სორბციული პროცესები”. სავსებით ბუნებრივია, რომ გიორგი ციციშვილის კვლევების შემდეგი ობიექტი გახდა ცეოლითები – ალუმინსილიკატები მიკროფოროვანი კრისტალური სტრუქტურით. გასული საუკუნის 50-60-იან წლებში ჯერ არ სარგებლობდნენ ტერმინებით “ნანოტექნოლოგია”, “ნანომასალები”, თუმცა ცეოლითები – ნამდვილი ნანომასალებია და მათი მიღება სწორედ ნანოტექნოლოგიას მიეკუთვნება.



ცნობარში მითითებულია, რომ 1962-70 წ.წ. გიორგი ციციშვილმა “შეიმუშავა მოლეკულური საცრების ახალი კათიონმიმოცვლითი ფორმების მიღების მეთოდი, მოამზადა და შეისწავლა სხვადასხვა მეტალების შემცველი ცეოლითები, დაადგინა ცეოლითების თვისებებზე მათი ტიპის, კათიონების ბუნებისა და ჩანაცვლების ხარისხის გავლენა”.

ცნობარში ამ საბუღალთა დაწესებულების დათარიღებულია 1962 წლით, თუმცა საკავშირო აკადემიის პირველ თათბირზე, რომელიც გაიმართა 1961 წელს ქალაქ ლენინგრადში და ეძღვნებოდა ცეოლითების კვლევას, პეტრე მელიქიშვილის ქიმიის ინსტიტუტის დელეგაცია გამოვიდა ოთხი მოხსენებით – 1). მანგანუმის, კობალტის, ნიკელისა და ვერცხლის მიმოცვლითი ფორმების ცეოლითების სინთეზი და მათი სორბციული თვისებები, მომხსენებელი – გიორგი ციციშვილი; 2) A-ტიპის მოლეკულურ საცრებზე ადსორბციის სტატიკისა და კინეტიკის კვლევა, მომხსენებელი – თეიმურაზ ანდრონიკაშვილი; მის მიერ ასევე გაკეთებული იყო მოხსენება “გაზადსორბციული ქრომატოგრაფია მოლეკულურ საცრებზე”, გივი ბაგრატიშვილის მიერ – მოხსენება “ცეოლითებზე ადსორბირებული წყლის და მძიმე წყლის ინფრაწითელი სპექტრები”.



1965 წელს გიორგი ციციშვილის, თეიმურაზ ანდრონიკაშვილის და გივი ბაგრატიშვილის ნაშრომთა ციკლი, რომელიც მიეძღვნა სინთეზური ცეოლითების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების

შესწავლას, აღინიშნა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პეტრე მელიქიშვილის სახელობის პრემიით. 1972 წელს თეიმურაზ ანდრონიკაშვილმა ბატონი გიორგის ხელმძღვანელობით დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია “ტუტე და ტუტემიწათა მეტალების კათიონების შემცველი X ტიპის თვისებების გამოკვლევა აირადი ქრომატოგრაფიის მეთოდით”, შემდეგ დაარსდა ქრომატოგრაფიის ლაბორატორია, რომელმაც დიდი წვლილი შეიტანა “ცეოლითურ მეცნიერებაში”.

გიორგი ციციშვილის მრავალრიცხოვანი პუბლიკაციებიდან აღსანიშნავია 1972 წლის მიმოხილვითი სტატია ფიზიკური ქიმიის ჟურნალში “ფლოროვანი ალუმინსილიკატების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები”, სადაც განხილულია იმ დროისთვის ჩატარებული კვლევების შედეგები და ცეოლითების პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობები.

სამი წლის შემდეგ, ამავე ჟურნალში გამოქვეყნებული იყო აკადემიკოს დუბინინის წერილი, სადაც ბატონი მიხეილი წერდა – “გიორგი ვლადიმერის ძე ციციშვილმა შექმნა ქართული აღსორბციული სკოლა”, და საჭიროა ორიოდ სიტყვა ითქვას ამ სკოლის წარმომადგენლებზე.



ცეოლითების თვისებების კვლევა პირველ რიგში ითვალისწინებდა მათზე მიმდინარე სორბციული პროცესების შესწავლას. ფიზიკური ქიმიის ლაბორატორიაში შექმნილი იყო უნიკალური აღსორბციული დანადგარი, მაკბენის სასწორი. ამ მიმართულებით მუშაობდნენ ქეთევან ავალიანი, ღონარა ბარნაბიშვილი, ქეთევან ბეჟაშვილი, ლამარა შუაქრიშვილი, ციალა ოქროპირიძე, ნანული გოგობე, მერი ადოლაშვილი, ზაირა ქორიშე, ელზა კობლაძე, ეთერ ჩხაიძე, ნიკიტა მუჩაიძე.

ცეოლითების აღსორბციულ თვისებებს ასევე იკვლევდნენ თბილისის სახელმწიფო

უნივერსიტეტში – ბატონი გიორგის მოწაფე შოთა სიღამონიძე და მისი თანამშრომლები, ქალბატონი ელენე გრიგოლია სწავლობდა წყლის აღსორბციის კინეტიკას.



ცეოლიტების სინთეზის დარგში დიდი წარმატებით მუშაობდა ქალბატონი ადა კრუპენიკოვა, მისი საკანდიდატო დისერტაციის თემა იყო “ცეოლიტების მიღება ბუნებრივი ალუმინსილიკატებიდან” (1968), სადოქტორო დისერტაციის – “ცეოლიტების სინთეზი და მოდიფიცირება მიზნობრივი დანიშნულების ადსორბენტების, კატალიზატორების და შემავსებლების შესაქმნელად” (1984). ქალბატონ ადასთან ერთად მუშაობდნენ ცისანა გეჯაძე და სერგო ჩხეიძე, ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატები: მარიცა მამულაშვილი, მან შეისწავლა მამინერალიზირებული კომპონენტის გავლენა ალუმინსილიკატური სისტემების ცეოლითიზაციაზე (1980), არჩილ



მალაფერიძე, რომელმაც შეიმუშავა მაღალსილიციუმისანი ცეოლიტების მიღების სერხები, ნანული დოლაბერიძის მიერ შემუშავებული იქნა სელექტიური იონმიომცვლელის, ფილიპსიტის სინთეზის მეთოდი (1985), მაია ალელიშვილის მიერ – კლინობტილოლიტების ეტალონური ნიმუშების მიღება და ცეოლიტური ფაზების დიაგნოსტიკა (1988), ივანე წიკლაური მიერ – ცეოლიტური იონმიომცვლელი სორბენტების მიღება და შესწავლა სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად (1994).

ძალზე მნიშვნელოვანი იყო ცეოლიტების იონმიომცვლითი თვისებების კვლევა და სხვადასხვა კათიონური ფორმის მიღება. ამ მიმართულებით მუშაობდა ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი მერი ადოლაშვილი, მას გამოყენებული ჰქონდა მყარ ფაზათა ურთიერთქმედების მეთოდი (1979). გურამ მაისურაძის მიერ შემუშავებული იყო ელექტროქიმიური მეთოდი, ბატონი გიორგის ხელმძღვანელობით მან დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია “სინთეზური და ბუნებრივი ცეოლიტების მოდიფიცირება და მათი თვისებების შესწავლა”; ნინელი გიგოლაშვილის მიერ შესწავლილი იყო კათიონმოდიფიცირებული კლინობტილოლიტის მოლეკულურ-საცრული, იონმიომცვლითი და კატალიზური თვისებები (1986).

მანანა ბურჯანაძემ შეისწავლა კათიონური მოდიფიცირების გავლენა ცეოლიტების თვისებებზე (1981). ეს სამუშაოები მიმდინარეობდა მოსკოვის უნივერსიტეტთან ერთად, ბატონი გიორგის და პროფესორ ზოია გრიაზნოვას ხელმძღვანელობით. ეს თანამშრომლობა დაიწყო 1970-იანი წლების დასაწყისში, ცეოლიტების კატალიზური თვისებების შესწავლასთან დაკავშირებით. ამ მიმართულებით მუშაობდნენ ზეინაბ წინცკალაძე – მას შესწავლილი აქვს წყალბადური და დეკათიონირებული ცეოლიტების კატალიზური თვისებები (1973) და ციური რამიშვილი – A, X და Y ტიპის Co, Sc და Zr ფორმების კატალიზური თვისებები (1974). მოსკოვის უნივერსიტეტში ასევე მუშაობდა ლალი ახალბედაშვილი თსუ-დან.



რასაკვირველია, ცეოლიტების კატალიზური თვისებებით დაინტერესებული იყო ინსტიტუტის ორგანული კატალიზის ლაბორატორია, აკადემიკოსი ქრისტოფორე არეშიძე და წევრ-კორესპონდენტი გივი ჩივაძე, შედეგები გაშუქებულია ბატონი გივის მონოგრაფიაში «Природные цеолиты Грузии в качестве катализаторов и носителей в органических реакциях», აგრეთვე ბატონ გიორგის, ბატონი თეიმურაზის და ბატონი გივის წიგნში «Природные цеолиты и проблемы окружающей среды».

ზემოთ ხსენებულ ცნობარში აღნიშნულია, რომ ბატონმა გიორგიმ “დაადგინა (1976-80) სინთეზური მაღალსილიციუმისანი ცეოლიტების თვისებების თავისებურებანი”.

ადსორბციული, ქრომატოგრაფიული და სპექტრული

როგორც აღნიშნეთ, მაღალსილიციუმიანი ცეოლითების მიღების ხერხები შემუშავებული იყო არჩილ მაღლაფერიძის მიერ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში ბატონი გიორგის და პროფესორ შოთა სიღამონიძის ხელმძღვანელობით, დიმიტრი შავლაძემ შეისწავლა მაღალსილიციუმიანი ცეოლითების აღსორბციული თვისებები (1978), ლერი დეკდარიანმა – აღსორბციის სიძლიერები მიკროკალორიმეტრული მეთოდის გამოყენებით (1980), გურამ ფორჩხიძემ – ჟანგბადის ჰეტეროგენური და იზოტოპური მიმოცვლა (1987), ირაკლი იაშვილმა ჩაატარა ამ ცეოლითების გამოკვლევა იწ-სპექტროსკოპიის მეთოდით (1982), მზია გვილაგამ – იმავე მეთოდით, ოღონდ სხვადასხვა ბუნების მოლეკულური ზონდების გამოყენებით (1983).



ცეოლითების კვლევებისათვის ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის მეთოდი გამოყენებული იყო ვახტანგ გვახარიას მიერ, ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსი – ლამარა ჯაშიაშვილის მიერ, ვლადიმერ ციციშვილი სწავლობდა ცეოლითებზე აღსორბირებული წყლის ბირთვულ მაგნიტურ რელაქსაციას და დიფუზიას.

მაგნიტურ მეთოდებს იყენებდა მიხეილ ურუშაძე, მან აგრეთვე მიიღო მონაწილეობა აღსორბციული იზოთერმების თეორიულ გათვლებში. დავით ხუროშვილმა და მაია ედიშერაშვილმა ჩაატარეს ცეოლითების აქტიური ცენტრების კვანტურ-ქიმიური გამოკვლევები.

ცეოლითების პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით უნდა აღინიშნოს ჟანგბადის საამქროებში ჰაერის გასუფთავება, აზოტ-წყალბადის კონტროლირებადი სისტემების გასუფთავება, ამ სამუშაოებში აქტიურ მონაწილეობას ღებულობდა სპარტაკ უროტაძე.

1970-იან წლებში ასევე დაიწყო სამუშაოები აირებისა და ორგანული სითხეების გაშრობის მიმართულებით, რომლებში მონაწილეობდნენ რუსი, აზერბაიჯანელი, სომეხი, ბულგარელი მეცნიერები. საქართველოში ცეოლითების წარმოების ორგანიზებასთან დაკავშირებული იყო ზაირა ქორიძის მიერ ჩატარებული სამუშაოები საქართველოს ადგილობრივი კლინიკური ცენტრების კომპლექსური შესწავლის მიზნით (საკანდიდატო დისერტაცია 1980).

ბატონი გიორგი აქტიურად თანამშრომლობდა საბჭოთა კავშირის წამყვან სამეცნიერო ორგანიზაციებთან. 1960-იანი წლების დასაწყისიდან ბატონი გიორგი მონაწილეობდა საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის ქიმიის განყოფილებასთან დაარსებულ – “აღსორბენტების სინთეზი, კვლევა და გამოყენება” სამეცნიერო საბჭოს მუშაობაში, 1981 წლიდან კი ბატონი გიორგი ხელმძღვანელობდა საბჭოსთან არსებულ “ცეოლითების კომისიას”. საბჭოს ხელმძღვანელობდა აკადემიკოსი მიხეილ ღუბინინი, დაახლოებით 30 წლის განმავლობაში ჩატარებული იყო 40-ზე მეტი სესია, თათბირი, კონფერენცია და სემინარი ისეთი გამოჩენილი ქიმიკოსების მონაწილეობით, როგორებიცაა კონსტანტინე ნიკოლაევი, ნიკოლაი პოლიაკოვი, ტიხონ პლაჩენოვი, და მრავალი სხვა.

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში იწ-სპექტროსკოპიის დარგში მუშაობდნენ გივი ბაგრატიშვილი, მაგული ქანთარია, გურამ მაისურაძე, გიორგი წინწკალაძე და მერაბ ჩარკვიანი.

ცეოლითების თერმოგრავემეტრული ანალიზის დარგში მუშაობდნენ ელენე კვანტალიანი და დალი ჭიპაშვილი, რენტგენულ დიფრაქტომეტრიაში – ცისანა გეჯაძე, სერგო ჩხეიძე, ზაქარია (შუქრი) მიქელაშვილი და გელა სტურუა.



ბატონმა გიორგიმ დიდი წვლილი შეიტანა ადსორბციული მოვლენების კვლევების იმ საერთაშორისო კომპლექსური პროგრამის შექმნასა და განხორციელებაში, რომლის ფარგლებში მრავალი წლის განმავლობაში მუშაობდნენ საბჭოთა კავშირის, ჩეხოსლოვაკიის, გერმანიის დემოკრატიული რესპუბლიკის, რუმინეთის, პოლონეთის, ბულგარეთისა და უნგრეთის მეცნიერებათა ეროვნულ აკადემიების, კუბისა და ვიეტნამის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრების მეცნიერები.

ცნობარში “გამოჩენილი ქიმიკოსები” საზგასმულია, რომ ბატონი გიორგი არის “წარმოებასა და სოფლის მეურნეობაში ბუნებრივი დანალექი ცეოლითების გამოყენებასთან დაკავშირებული გამოკვლევებისა და ჩატარებული სამუშაოების ინიციატორი და მონაწილე (1970-დან)”.

პირველ რიგში აღსანიშნავია მისი თანამშრომლობა გამოჩენილ ქართველ გეოლოგებთან, ალექსანდრე თვალჭრელიძესთან, გიორგი გვასარიასთან და ნილოლოზ სხირტლაძესთან. რაც ეხება სოფლის მეურნეობაში ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენებას, ბატონი გიორგის ხელმძღვანელობით ჩატარდა მრავალი კონფერენცია, თათბირ-სემინარი, გამოცემულია რამოდენიმე კრებული, შედგენილია პრაქტიკული რეკომენდაციები. მოკლე მიმოხილვით წერილში შეუძლებელია ასეთი თვალუწვდენელი თემის გაშუქება და ამ სამუშაოებში მონაწილეთა სახელების ხსენება, რაზეც ავტორი ნიადაგმცოდნეობის, მემცენარეობის, მეცხოველეობის და სხვა დარგების სპეციალისტების წინაშე დიდ ბოდიშს იხდის.

ბოლო დროს ბატონი გიორგი უფრო დიდ ყურადღებას აქცევს ცეოლითური მეცნიერების თეორიულ საკითხებს. მის ბოლო სტატიებში განხილულია ცეოლითური სტრუქტურების ფორიანობისა და მათ ტოპოლოგიურ პარამეტრებს შორის კავშირი.



**WORKS OF GIORGI TSITSISHVILI IN ZEOLITE SCIENCE**

Vladimer Tsitsishvili, Corresponding Member of the Georgian National Academy of Sciences,  
Director of the Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry

Review of works and activities of Giorgi Tsitsishvili in sorption and zeolite science started in early 1950'es by study of montmorillonite clays, invesigation of molecular sieves from 1960'es, that resulted in creation of the “Georgian sorption school”, working even to-day and including labs and teams of sorption, zeolite synthesis and modification, study of the ion exchange properties and preparation of new forms, catalysts and chromatographic materials included, using different modern methods of investigation, as well as developers for application of new materials in industry and agriculture. Collaboration of Giorgi Tsitsishvili with outstanding scientists of Georgia and many other countries is marked.

**ТРУДЫ АКАДЕМИКА Г.В.ЦИЦИШВИЛИ В ОБЛАСТИ ЦЕОЛИТОВ**

В.Г.Цицишвили, член-корреспондент Национальной Академии наук Грузии,  
директор Института физической и органической химии им. П.Г.Меликишвили

Обзор трудов академика Г.В.Цицишвили в области изучения адсорбции и цеолитов, начатых в 1950-х годах с изучения монтмориллонитовых глин, затем исследования и молекулярных сит, с начала 1960-х, результатом чего явилось создание действующей поныне «грузинской адсорбционной школы» в составе лабораторий и групп по изучению адсорбции, синтеза и модифицирования цеолитов, исследования ионного обмена и получения новых форм, в том числе катализаторов и материалов для хроматографии, с использованием современных методов исследования, а также внедрения новых материалов в промышленности и сельском хозяйстве. Отмечено сотрудничество Г.В.Цицишвили с выдающимися учёными Грузии и других стран..



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НЕКОТОРЫХ КАТИОНОВ В ОРГАНИЧЕСКИХ ПРОДУКТАХ

С.Л.Уротадзе, Т.К.Квернадзе, Н.А.Осипова, И.А.Каралашвили, Н.А.Кларджейшвили

Метод ионной хроматографии широко используется в аналитической практике. Известно, что разделение неорганических и органических ионов является важной и достаточно сложной аналитической проблемой. Наиболее общим и универсальным методом решения этой задачи является ионообменная хроматография. Для применения ионообменной хроматографии в аналитических целях разделение должно быть «высокоэффективным». Такое разделение достигается при использовании колонок сравнительно небольшого диаметра, заполненных однородными мелкими частицами наполнителя, введении проб малого объема, постоянном потоке элюента.

С помощью ионной хроматографии возможно успешно определить концентрации ионов некоторых металлов в пищевых продуктах и напитках. Известно, что ионы металлов влияют на вкусовые качества и структуру некоторых продуктов питания, при производстве которых часто необходимо регулировать содержание определенных неорганических ионов.

Целью нашего исследования была определение концентрации ионов некоторых металлов в пищевых продуктах. Для анализа были подобраны продукты питания: красное и белое вино, лимонный сок, цельное и разбавленное 2%-ное молоко. Эксперимент был выполнен на ионном хроматографе «Цвет3006» в двухколоночном варианте; Разделяющая колонка была заполнена катионитом «Диакат-1» содержащий на своей поверхности функциональные группы сульфоновой кислоты ( $\text{SO}_3\text{H}^+$ ) с удельной емкостью 0,01-0,02 мг.экв/г. Подовляющая колонка была заполнена сополимером стирола с дивинилбензлом (удельная емкость 3-5 мг.экв/г с четвертичной аммониевой группой в  $\text{OH}^-$  форме. Эксперимент проводился при комнатной температуре. В качестве элюента применяли разбавленную азотную кислоту -  $1,5 \cdot 10^{-3}\text{M}$ , скоростью потока элюента 1 мл/мин. Для катионохроматографического анализа исследуемые образцы разбавлялись дистиллированной водой и отфильтровывались для удаления твердых частиц (превышающие 0,2 мкм).

Для продления времени работы разделяющей колонки, перед колонкой устанавливалась 5 см-овая предколонка, заполненная той же смолой, что и разделяющая колонка. Предколонка предотвращает засорение разделяющей колонки частицами образца или «отравление» её в результате необратимой сорбции ионов некоторых металлов, либо органических продуктов. В таблице 1 приведены результаты хроматографического анализа исследуемых пищевых продуктов.

Таблица.1. Концентрации ионов некоторых металлов в органических продуктах

Образцы	Концентрация, $\text{млн}^{-1}$				
	$\text{Na}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
Красное вино	49,0	5,5	420,0	120,0	75,0
Белое вино	21,0	5,0	320,0	52,0	59,0
Лимонный сок	6,6	30,0	500,0	6,8	92,0
Молоко 2%	290,0	14,0	620,0	95,0	1090
Молоко цельное	390,0	11,0	730,0	92,0	1010

На рис.1 показана хроматограмма стандартного раствора  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  и разбавленного образца белого вина.

Разделение тех же ионов в разбавленном образце 2% молока представлено на рис. 2 .

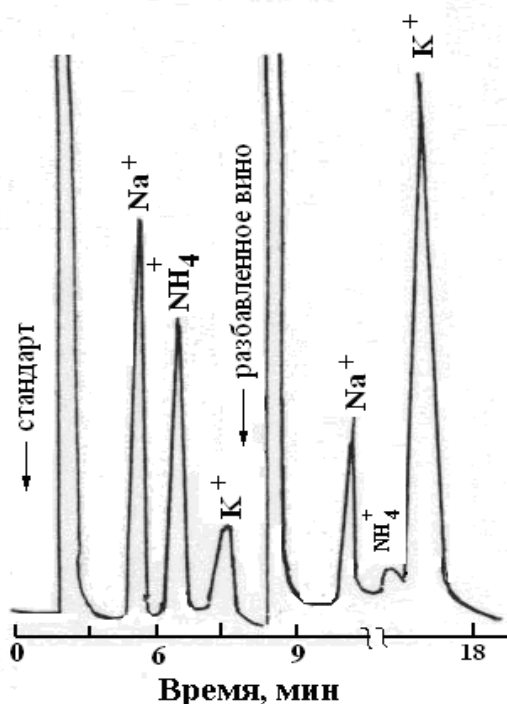


Рис. 1. Разделение  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{K}^+$  в стандартном растворе и в разбавленном белом вине

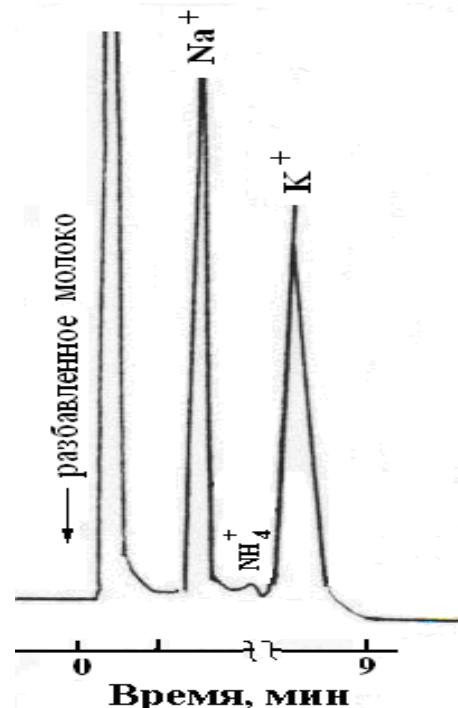


Рис. 2. Разделение  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{K}^+$  в разбавленном 2%-ном молоке

Поскольку в молоке содержатся катионы  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Ca}^{2+}$ , которые сложно элюируются разбавленной азотной кислотой, колонки для очистки периодически промывались 100 мкл 2М азотной кислотой.

Таким образом, методом ионной хроматографии можно определить малые концентрации катионов различных металлов в пищевых продуктах, а также достичь эффективное разделение этих компонентов.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Долгоносов А.М., Сенявин М.М., Волощик И.Н. Ионный обмен и ионная хроматография. Москва, "Наука" 1993, с. 222
2. Белоусова М.Я, Авгуль Т.В., Сафронова Н.С. и др. Основные свойства нормируемых в водах органических соединений. Москва: Наука, 1987

**ორგანულ პროდუქტებში ზოგიერთი კატიონების კონცენტრაციის განსაზღვრა**  
სპარტაკ უროტაძე, თამარ კვერნაძე, ნანა ოსიპოვა, ირმა ყარალაშვილი, ნაზიბროლა კლარჯეიშვილი

**რეზიუმე**

იონური ქრომატოგრაფიის მეთოდით, ღვინოსა და რძეში განსაზღვრულია  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  და  $\text{Ca}^{2+}$  კატიონების კონცენტრაციები. მიღწეულია აღნიშნული კომპონენტების ეფექტური დაყოფა.

**DETERMINATION OF CONCENTRATION OF SOME CATIONS IN ORGANIC PRODUCTS**

Spartak Urotadze, Tamar Kvernadze, Nana Osipova, Irma Karalashvili, Nazibrola Klarjeishvili

**SUMMARY**

Concentrations of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{Ca}^{2+}$  cations in wine and milk have been determined by ion chromatography. An effective separation of the above cations has been achieved.

## სპირტიანი სასმელების ქრომატოგრაფიული ანალიზის ოპტიმიზაცია

თეიმურაზ ანდრონიკაშვილი, თეიმურაზ კორძაძია, ლუბა ეპრიკაშვილი, ნინო ფირცხალავა,  
მარინე ზაუტაშვილი, მაია ძაგანია

აირადი ქრომატოგრაფიის მეთოდით ჩატარებულია სპირტიანი სასმელებში შემავალი მავნე მინარევების რაოდენობითი ანალიზი სხვადასხვა სორბენტებზე და ეფექტურ კომბინირებულ სვეტზე. დადგენილია სპირტიანი სასმელების ხარისხის განსაზღვრის ოპტიმალური პირობები კომბინირებულ სვეტზე.

ალკოჰოლურ პროდუქტთა ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესება, სათანადო ტექნოლოგიური პროცესების დახვეწა-დაზუსტების საფუძველზე კვლავ რჩება ერთ-ერთ ძირითად აქტუალურ საკითხად. ამიტომ სპირტიანი სასმელებში არსებული მავნე მინარევების ქრომატოგრაფიული ანალიზის თავისებურებები, დღესაც აქტუალურია. კვლევის ქრომატოგრაფიული მეთოდების პრაქტიკული გამოყენება აკმაყოფილებს უნიკალურ შესაძლებლობას, დააკავშიროს სასმელის ხარისხი მის ქიმიურ შემადგენლობასთან, რაც გარკვეულწილად განაპირობებს მეცნიერულ საფუძველზე მისი ხარისხის რეგულირების შესაძლებლობას. ამ კვლევების შედეგად ფართოვდება შეხედულება სპირტიანი სასმელების შედგენილობის შესახებ ტექნოლოგიური პროცესების სხვადასხვა სტადიაზე და ამავდროულად გროვდება ქრომატოგრაფიის გამოყენების გამოცდილება რთული სისტემების დაყოფის მიმართ [1-3].

სპირტიანი სასმელებში აირადი ქრომატოგრაფიის გამოყენების ახალი ეტაპი დაიწყო მაღალეფექტური კაპილარული სვეტების აღმოჩენის შემდეგ. თუმცა პრაქტიკაში კაპილარული ქრომატოგრაფია უფრო ნაკლებად გამოიყენება, ვიდრე ქრომატოგრაფია ჩვეულებრივი ჩანაწყოებიანი სვეტებით [4]. ეს აიხსნება: უძრავი თხევადი ფაზების დაფენისა და აღწარმოებადი თვისებების მქონე სვეტების მომზადების სირთულით, სვეტის სიგრძის ერთეულზე სორბენტის უმნიშვნელო ტევადობით, რაც სინჯის დოზატორსა და დეტექტორს უყენებს მკაცრ მოთხოვნილებებს.

სპირტიანი სასმელის ხარისხის განსაზღვრა ძირითადად ეფუძნება ისეთი აქროლადი ნივთიერებების იდენტიფიკაციას, როგორებიცაა ალდეჰიდები, აცეტალეები, რთული ეთერები რომლებიც შედიან ე.წ. “რაზის ზეთების” შემადგენლობაში და მაღალი რივის სპირტები. ამ მინარევების დაყოფისა და განსაზღვრის დროს ხშირად შეიძლება ქრომატოგრამაზე პიკების გადაფარვა (კერძოდ, მეთანოლი, ეთანოლი, ძმარმჟავას ალდეჰიდი და სხვა). ასეთი მოვლენის მიზეზი მდგომარეობს იმაში, რომ სპირტიანი სასმელში ეთანოლის შემცველობა, როგორც წესი, საკმაოდ დიდია და შესაბამისი პიკი ქრომატოგრამაზე ფარავს მის წინა და მომდევნო კომპონენტთა პიკებს. საანალიზო ნარევი არსებობენ დუდილის ტემპერატურებით ერთმანეთთან ახლოს მდგომი ნივთიერებები. გარდა ამისა, თხევადი ფაზის სელექტურობაზე დამოკიდებულებით დუდილის ტემპერატურებით მკვეთრად განსხვავებული ნივთიერებებიც კი შეიძლება ერთი პიკის სახით დარეგისტრირდეს. ამიტომ აირ-ქრომატოგრაფიული ანალიზის ჩატარებისას აუცილებელია რამდენიმე ისეთი ფაზის გამოყენება, რომელიც სხვადასხვა ნაერთების მიმართ ფაზათა განსხვავებული სელექტურობის ხარჯზე საკვლევი ობიექტების კომპონენტთა მაქსიმალური დაყოფის საშუალებას იძლევა.

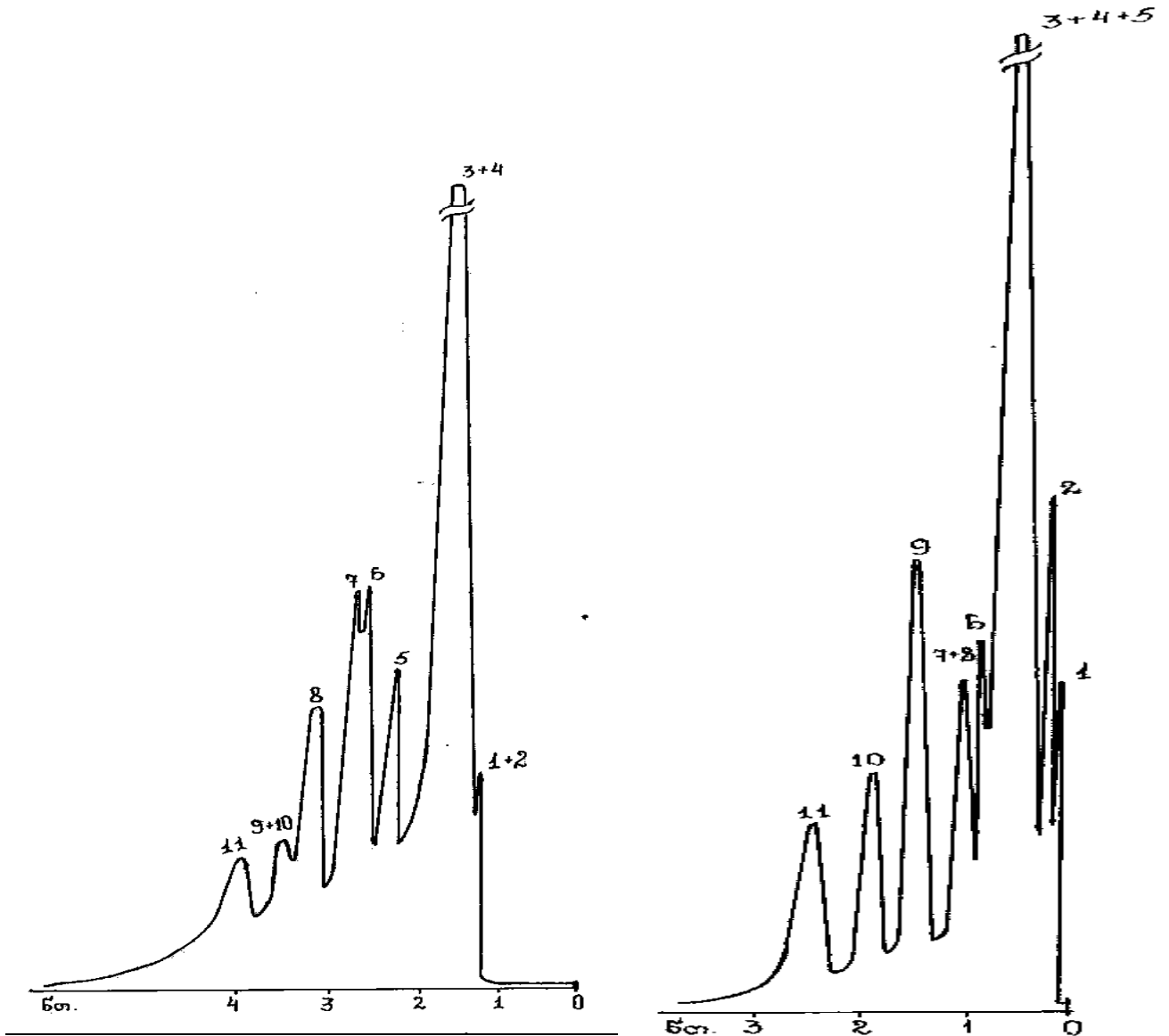
ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე სპირტიანი სასმელებში შემავალი ნივთიერებების გათვალისწინებით, ანალიზის ოპტიმალური პირობების დასადგენად შემოწმებული იყო რამდენიმე უძრავი თხევადი ფაზა (უთფ) – PEG-300; PEG-400; PEG-20000; SE-30 და პოლიმერული სორბენტები (პს) – Porapak-Q; Separon – CDA.

### ექსპერიმენტული ნაწილი

კვლევები ჩატარდა აირად ქრომატოგრაფზე Chrom-4 (ჩეხეთი), ალურ-იონიზაციური დეტექტორით. სვეტების დაყოფის უნარიანობა შემოწმებული იყო სპირტიანი სასმელებში შემავალი მავნე მიკრომინარევების შემცველი ხელოვნური გრადუირებული ნარევის მაგალითზე. ანალიზი ჩატარდა, როგორც იზოთერმულ, ასევე ტემპერატურული პროგრამირების რეჟიმში.

**შედეგები და განხილვა**

მომზადებული სვეტების ევექტურობის კვლევამ აჩვენა, რომ მავნე მიკრომინარეგების იდენტიფიკაციის ფართო სპექტრი და უკეთესი დაყოფა მიღებული იყო უთფ-ზე SE-30 და პს-ზე Porapak-Q. ამ ფაზების უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ მათზე მიმდინარეობს ზოგიერთი აქროლადი ნივთიერების დაყოფა, რომელიც ეთილის სპირტამდე ელუირდება (მეთანოლი, ძმარმჟავას ალდეჰიდი) [5] (ნახაზი 1, 2).

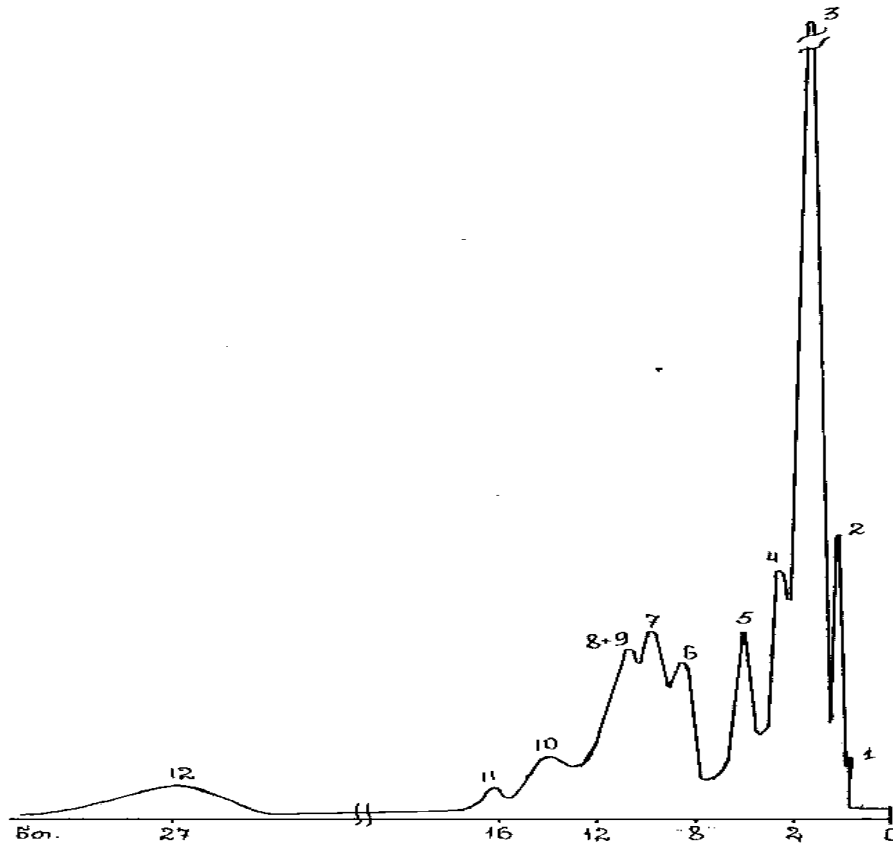


სპირტიან სასმელებში შემავალი მავნე მიკრომინარეგების შემცველი გრადუირებული ნარევის დაყოფის ქრომატოგრამები

- |  |  |
|--|--|
| <p>ნახაზი 1. (უთფ – SE-30); სვეტის სიგრძე 3,5მ. I – 1.ძმარმჟავას ალდეჰიდი+2.მეთანოლი; II – 3.ეთანოლი+4.აცეტონი; III – 5.პროპანოლ-2; IV – 6.პროპანოლ-1; V – 7.ბუტანონ-2; VI – 8.ბუტანოლ-2; VII – 9.იზო-ბუტანოლი + 10.კროტონალდეჰიდი; VIII – 11.ბუტანოლ-1.</p> | <p>ნახაზი 2. (პს – Porapak-Q); სვეტის სიგრძე 0,5მ. I – 1.ძმარმჟავას ალდეჰიდი; II – 2.მეთანოლი; III – 3.ეთანოლი+4.აცეტონი+ 5.პროპანოლ-2; IV – 6.პროპანოლ-1; V – 7.ბუტანონ-2+8.ბუტანოლ-2; VI – 9.იზო-ბუტანოლი; VII - 10.კროტონალდეჰიდი; VIII – 11.ბუტანოლ-1.</p> |
|--|--|

როგორც ნახაზებიდან ჩანს, პს-ზე Porapak-Q უმჯობესდება თერთმეტკომპონენტიანი ნარევის დაყოფა, კერძოდ იყოფა იზო-ბუტანოლი – კროტონალდეჰიდის წყვილი და გამოკვეთილია ძმარმჟავა ალდეჰიდის პიკი, რომელიც უთფ-ზე SE-30 არ ფიქსირდება [6].

სპირტიანი სასმელების შემადგენლობაში შემაჯავლი მავნე მიკრომინარეგების ეფექტური იდენტიფიკაციისა და მაქსიმალური დაყოფისათვის ჩვენს მიერ შემუშავებული იყო ქრომატოგრაფიული მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია აირ-ადსორბციული და განაწილებითი ქრომატოგრაფიის შერწყმაზე (კომბინირებული სვეტი).



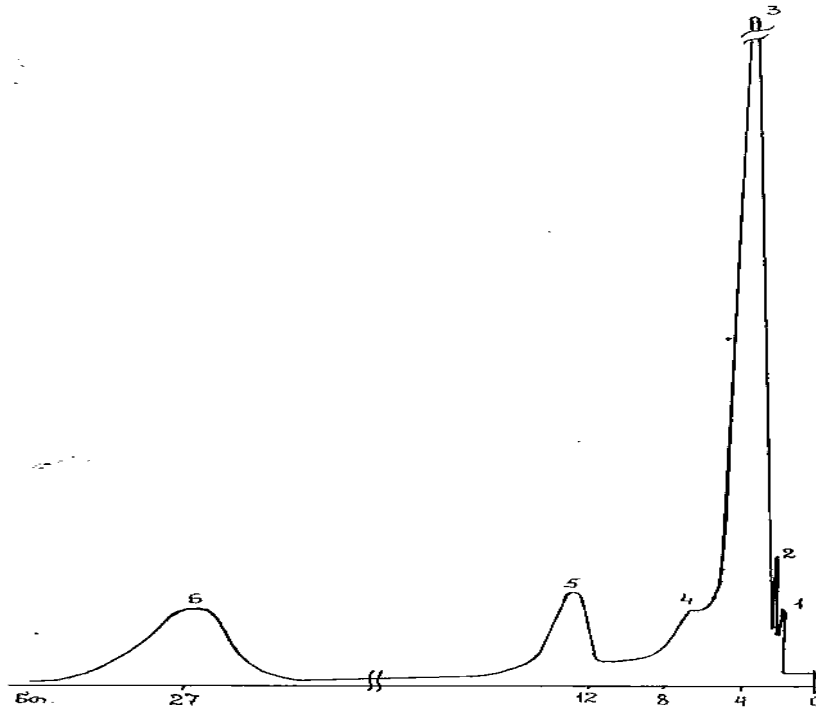
ნახაზი 3. სპირტიან სასმელებში შემაჯავლი მავნე მიკრომინარეგების შემცველი გრადულირებული ნარევის დაყოფის ქრომატოგრამა (კომბინირებული სვეტი); სვეტის სიგრძე 4მ.

- I – 1.მარმჟავას ალდეჰიდი; II - 2.მეთანოლი; III – 3.ეთანოლი; IV - 4.პროპანოლ-2;
- V – 5.პროპანოლ-1; VI – 6.ბუტანონ-2; VII – 7.აცეტონი; VIII - 8.ბუტანოლ-2+9.იზო-ბუტანოლი;
- IX - 10.კროტონალდეჰიდი; X – 11.ბუტანოლ-1; XI – 12.იზო-პენტანოლი.

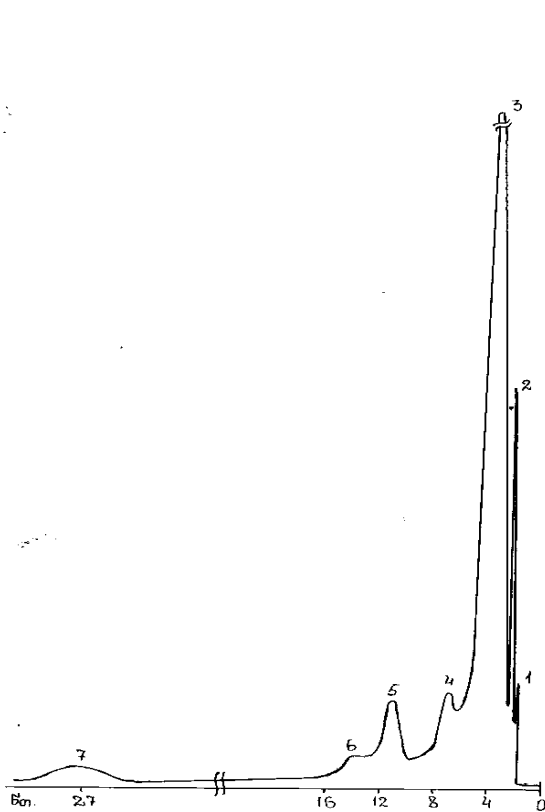
კომბინირებული სვეტი შედგენილი იყო უთფ-გან SE-30 და პს-გან Porapak-Q. სვეტის სიგრძე – 4მ. ანალიზის შერჩეულ ოპტიმალურ პირობებში განხორციელდა სპირტიანი სასმელების შემადგენლობაში შემაჯავლი მავნე მიკრომინარეგების შემცველი თორმეტკომპონენტიანი გრადულირებული ნარევის დაყოფა (ნახაზი 3).

როგორც ნახაზიდან ჩანს, აღნიშნულ სვეტზე იცვლება კომპონენტთა ელუირების მიმდევრობა. უთფ-ზე SE-30 (ნახაზი 1 მე-2 პიკი) და პს-ზე Porapak-Q (ნახაზი 2 მე-3 პიკი) აცეტონი ელუირდება ეთანოლთან ერთად, ხოლო კომბინირებულ სვეტზე იგი გადაინაცვლებს მე-7 ადგილზე და ცალკე პიკის სახით რეგისტრირდება, რაც სავარაუდოდ განპირობებულია პოლიმერული სორბენტის Porapak-Q-ს თვისებების თავისებურებებით.

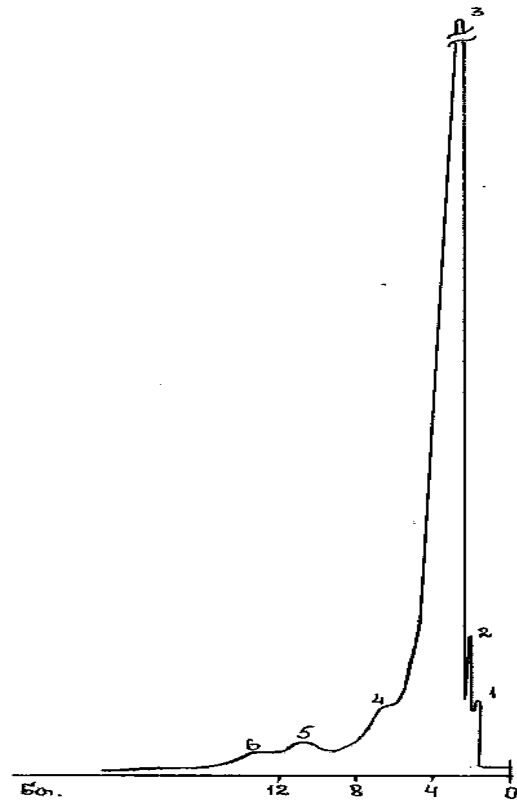
შერჩეულ სორბენტებზე (უთფ – SE-30 და პს – Porapak-Q) და კომბინირებულ სვეტზე დადგენილ ოპტიმალურ პირობებში გამოკვლეული იყო ქარხნული წარმოების კონიაკის სპირტისა და სახლის პირობებში დამზადებული თუთისა და ჭაჭის არყები. სამუშაოში გამოყენებული იყო ქრომატოგრაფიულ სვეტში სპირტიანი სასმელის უშუალოდ შეყვანის მეთოდი, იმდენად რამდენადაც ეს მეთოდი საკვლევ ნიმუშში ნივთიერებათა რაოდენობრივი და ხარისხობრივი შემცველობის ზუსტ წარმოდგენას იძლევა (ნახაზი 4 ა, ბ, გ). ქრომატოგრამაზე პიკების რაოდენობრივი გათვლა ხორციელდებოდა პლანიმეტრიული მეთოდით.



ნახაზი 4 ა. ქარხნული წარმოების კონიაკის სპირტში შემაგალი მავნე მიკრომინარეგების იდენტიფიკაციის ქრომატოგრამა (კომბინირებული სვეტი): 1.ძმარმჟავას ალდეჰიდი; 2.მეთანოლი; 3.ეთანოლი; 4.პროპანოლ-1; 5.იზო-ბუთანოლი; 6.იზო-პენტანოლი.



ნახაზი 4 ბ. თუთის არაყში შემაგალი მავნე მიკრომინარეგების იდენტიფიკაციის ქრომატოგრამა (კომბინირებული სვეტი). 1.ძმარმჟავას ალდეჰიდი; 2.მეთანოლი; 3.ეთანოლი; 4.პროპანოლ-1; 5.ძმარმჟავა; 6.იზო-ბუთანოლი; 7.იზო-პენტანოლი.



ნახაზი 4 გ. ჭაჭაში შემაგალი მავნე მიკრომინარეგების იდენტიფიკაციის ქრომატოგრამა (კომბინირებული სვეტი). 1.ძმარმჟავას ალდეჰიდი; 2.მეთანოლი; 3.ეთანოლი; 4.პროპანოლ-1; 5.ძმარმჟავა; 6.იზო-ბუთანოლი;

ცხრილში წარმოდგენილია სპირტიან სასმელებში შემაჯავლი მავნე მიკრომინარეგების მოცულობითი კონცენტრაციები კომბინირებულ სვეტზე გრადუირებული ნარევისა და საკვლევი ნიმუშებისათვის.

ცხრილი. მავნე მიკრომინარეგების მოცულობითი კონცენტრაციები საკვლევი ნიმუშებსა და გრადუირებულ ნარევეში

ნიმუში	მავნე მიკრომინარეგები											
	ძმარმჟავას ალდეჰიდი	მეთანოლი	ეთანოლი	პროპანოლ-2	პროპანოლ-1	ბუთანოლ-2	აცეტონი	ბუთანოლ-2	იზო- ბუთანოლი	კროტონ ალდეჰიდი	ბუთანოლ-1	იზო- პენტანოლი
გრადუირებული ნარევი	0.38	2.75	53.0	7.11	6.03	5.86	8.83	8.76		2.91	0.58	3.77
კონიაკის სპირტი	0.70	1.63	70.44	-	5.62	-	-	-	6.26	-	-	15.34
თუთის არაყი	0.40	6.41	77.54	-	6.70	-	-	ძმარმჟავა 5.23	1.79	-	-	1.92
ჭაჭა	0.49	1.99	89.93	-	5.08	-	-	ძმარმჟავა 1.87	0.62	-	-	-

ცხრილის მონაცემებიდან ნათლად ჩანს, რომ მეტად მნიშვნელოვანია ეფექტური სვეტის, სელექტური სორბენტისა და ოპტიმალური პირობების სწორად შერჩევა. კერძოდ, კომბინირებულ სვეტზე ბუთანოლ-2 – იზო-ბუთანოლის წყვილი ერთი პიკის სახით რეგისტრირდება, მიუხედავად ამისა ჩვენ დარწმუნებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ თუთის არაყში და ჭაჭაში აღმოჩენილია იზო-ბუთანოლი და ძმარმჟავა, რომელიც დაახლოებით ბუთანოლ-2-ის დროს ელუირდება, მაგრამ ნარევეში ბუთანოლ-2-ის არ არსებობის შემთხვევაში ჩანს ძმარმჟავას პიკი.

ჩატარებული სამუშაოს შედეგად შეიძინა აირ-ქრომატოგრაფიული კვლევის ოპტიმალური პირობები, რომელიც შეიძლება რეკომენდირებული იქნას სპირტიანი სასმელების ხარისხის შეფასებისათვის.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. *Савчук С.А., Колесов Г.М.* Хроматографические методы в контроле качества коньяков и коньячных спиртов. Журнал аналитической химии, 2005, т.60, №80, с.848-868.
2. *Арбузов В.Н., Савчук С.А.* Идентификация водок методами ионной и газовой хроматографии. Журнал аналитической химии, 2002, т.57, №5, с.515-521.
3. *Черняга Б.С.* Разработка газохроматографического метода исследования микрокомпонентов в коньячных спиртах. М., 1973, 156 с.
4. *Берёзкин В.Г., Школина Л.А.* Высокоэффективные микронасадочные колонки. Журнал аналитической химии, 1973, XXVIII, вып.9, с.1838-1842.
5. *Кордзахия Т.Н., Пирцхалава Н.В., Зауташвили М.Г., Дзаганя М.А.* Определение токсичных микропримесей в водочных изделиях методом ГЖХ. Третий Международный Симпозиум «Методы химического анализа», 2008, 27-30 май, Украина, Севастополь, с.39.
6. *ნფორცხალავა, მ.ზაუტაშვილი, მ.ძავანია, თ.კორძახია.* სპირტიან სასმელებში მავნე მიკრომინარეგების განსაზღვრა. რესპუბლიკური სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის მასალები “გამოყენებითი ქიმიისა და ტექნოლოგიების თანამედროვე მიღწევები”, 28-29 მაისი, ქუთაისი, საქართველო, 2009. გვ.123-126.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СПИРТНЫХ НАПИТКОВ**

Т.Г.Андроникашвили, Т.Н.Кордзахия, Л.Г.Эприкашвили, Н.В.Пирцхалава,  
М.Г.Зауташвили, М.А.Дзаганя

**РЕЗЮМЕ**

Методом газовой хроматографии проведён количественный анализ вредных примесей спиртных напитков, на различных сорбентах и более эффективной комбинированной колонке. Установлены, оптимальные условия, при которых возможно определение качества спиртных напитков на комбинированной колонке.

**OPTIMIZATION OF CROMATOGRAPHIC ANALYSIS OF THE ALCOHOLIC BEVEREGES**

Teimuraz Andronikashvili, Teimuraz Kordzakhia, Luba Eprikashvili, Nino Pirtskhalava,  
Marine Zautashvili, Maia Dzagania

**SUMMARY**

Quantitative analyses of the harmful micro-organisms in the alcoholic beverages on some sorbents and effective combined columns have been carried out by gas-chromatography. Optimal conditions of determination of the quality of the alcoholic beverages on the combined columns have been established.

**მყარი სარჩულის ბუნების გავლენა უძრავი თხევადი ფაზის ქრომატოგრაფიულ დაყოფით თვისებებზე**

თეიმურაზ ანდრონიკაშვილი, იმედა რუბაშვილი, ლუბა ეპრიკაშვილი

გამოკვლეულია მყარი სარჩულის ბუნების გავლენა უძრავი თხევადი ფაზის დაყოფით თვისებებზე. ნაჩვენებია, რომ ადსორბატის პოლარობა, უძრავი სითხის ბუნება, მყარი სარჩულის სითხით გაჟღერების ხარისხი, მისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, აგრეთვე ქრომატოგრაფიული სვეტის ტემპერატურა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ დაყოფის ხასიათზე აირ-თხევადი ქრომატოგრაფიის დაყოფის პროცესში.

აირადი ქრომატოგრაფიის პრაქტიკაში შეკავების პარამეტრების განსაზღვრისას (ძირითადად ხვედრითი შეკავებითი მოცულობის) ადრეულ სამუშაოებში მხედველობაში მიიღებოდა მხოლოდ მყარ სარჩულზე (მს) დაფენილი უძრავი თხევადი ფაზის (უთფ) რაოდენობა და ბუნება.

დღეისათვის მიჩნეულია, რომ «სუფთა» აირ-თხევადი ქრომატოგრაფია, სადაც შეკავების სიდიდეები და სხვა ქრომატოგრაფიული პარამეტრები მხოლოდ უძრავი სითხის თვისებებით განისაზღვრება, ზუსტი არ არის. ეს გამოწვეულია იმით, რომ არ არის გათვალისწინებული მყარ სარჩულზე დაფენილი სითხისაგან შედგენილი უთფ-ის პოლიფაზურობა და ორ გამყოფ ზედაპირზე (აირადი ფაზა—უთფ, უთფ-მს) მიმდინარე ადსორბციის პროცესი, რომელსაც გარკვეული წვლილი შეაქვს ქრომატოგრაფირებადი ნერთების შეკავებაში.

დადგენილია, რომ ქრომატოგრაფირებადი ნერთების ადსორბციის წვლილი უთფ-მს გამყოფ ზედაპირზე ზოგიერთი სისტემისათვის მეტად მნიშვნელოვანია. მყარ სარჩულზე დაფენილი უთფ-ის შემცველობის ზრდის შედეგად ქრომატოგრაფირებადი ნერთების ბუნებაზე დამოკიდებულებით შეკავებით მოცულობაში ადსორბციის წვლილი სხვადასხვა ხარისხით მცირდება. ამიტომ საანალიზო ნერთების ფარდობითი შეკავებითი სიდიდეები მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მს-ზე დაფენილი უძრავი სითხის რაოდენობაზე [1-4].

**ექსპერიმენტული ნაწილი**

სამუშაოში გამოკვლეულია სხვადასხვა უთფ-ების - SE-30, OV-17-ისა და TCEP-ის გამოყენებისას მყარი სარჩულების - ცელიტი 545-ისა და ქრომატონი N-AW-ის ბუნების გავლენა სხვადასხვა პოლარობის მოდელური ნარეგების დაყოფის მაგალითზე.

უთფ-ად გამოყენებული იყო პოლისილოქსანური მცირედ პოლარული -დიმეთილპოლისილოქსანი - SE-30 (პოლარობა მაკ-რეინოლდსის კონსტანტების მიხედვით  $P=222$ ,  $P\%=8\%$ ), საშუალოდ პოლარული - მეთილ(50%) -ფენილ(50%) -პოლისილოქსანი - OV-17 ( $P=884$ ,  $P\%=28\%$ ) და ძლიერპოლარული - 1,2,3-ტრის(β-ციანეტოქსი)პროპანი - TCEP ( $P=4145$ ,  $P\%=98\%$ ).

მყარ სარჩულებად გამოყენებული იყო უნივერსალური დანიშნულების დიატომიტური სარჩულები: ცელიტი-545 და ქრომატონი N-AW (0.250-.0315 მმ). მოდელურ სისტემებს წარმოადგენდნენ: 1) ნორმალური აღნაგობის  $C_5-C_{10}$  ნაჯერი ნახშირწყალბადები; 2) ნორმალური აღნაგობის  $C_1-C_7$  ერთატომიანი სპირტები; 3) არომატული ნახშირწყალბადები; 4) ნიტროტოლოლის იზომერები. ნაჯერი და არომატული ნახშირწყალბადების, აგრეთვე ერთატომიანი სპირტებისა და ნიტროტოლოლის იზომერების მოდელური ნარეგების დაყოფა განხორციელდა ორივე მყარ სარჩულზე უთფ-ის 5-20% რაოდენობით დაფენის დროს (ობტიმალური - 10%), ქრომატოგრაფიული სვეტის სხვადასხვა ტემპერატურაზე ( $60^0-160^0C$ ) (სვეტის ობტიმალური ტემპერატურა ყველა სისტემისათვის -  $100^0C$ , ხოლო ნიტროტოლოლის იზომერებისათვის -  $140^0C$ ).

ყველა გამოკვლეული სისტემისათვის განსაზღვრული იყო მყარი სარჩულის ბუნების გავლენა შემდეგ ქრომატოგრაფიულ მახასიათებლებზე: შეკავების დრო -  $t_R$ ; ასიმეტრიულობის კოეფიციენტი -  $A_s$ ; თეორიული თეფშების რიცხვი -  $N$ ; ბინარული ნარეგების დაყოფისა -  $K_R$  და სელექტურობის -  $K_s$  კოეფიციენტები, აგრეთვე მრავალკომპონენტური ნარეგის დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმი -  $\Delta$  [5,6].

მიღებული მონაცემები მოყვანილია ქვემოთ მოცემულ ცხრილებში. მათი ანალიზი ცხადყოფს, რომ მცირედ პოლარული უთფ-ის SE-30 შემთხვევაში დაყოფის ხასიათი დამოკიდებულია მს-ის ბუნებასა და სორბატის პოლარობაზე.



ცხრილი 1. ცალკეული კომპონენტის შეკავების დროები –  $t_R$  (წმ), თეორიული თევზების რიცხვები - N და ასიმეტრიულობის კოეფიციენტები -  $A_s$  ოპტიმალურ პირობებში უთფ-ზე - SE-30.

სორბატი	სორბენტი					
	10%SE-30 ცელიტი 545			10%SE-30 ქრომატონი N-AW		
	$t_R$	N	$A_s$	$t_R$	N	$A_s$
	ქრომატოგრაფიული სვეტის ტემპერატურა 100°C					
პენტანი	40	2556	1.00	34	2502	1.00
ჰექსანი	56	2575	1.00	45	2509	1.00
ჰეპტანი	85	2589	1.10	64	2513	1.25
ოქტანი	143	2598	1.15	103	2526	1.35
ნონანი	256	2603	1.20	180	2542	1.40
დეკანი	480	2615	1.30	361	2599	1.45
ბენზოლი	72	2573	1.00	57	2558	0.95
ტოლუოლი	119	2586	1.00	88	2572	0.95
ეთილბენზოლი	205	2599	1.00	147	2587	0.87
კუმოლი	305	3023	0.90	213	2602	0.85
მეზითილენი	400	3046	0.85	288	2625	0.83
ფსევდოკუმოლი	475	3023	0.75	330	2639	0.80
მეთანოლი	33	1919	0.77	26	1930	0.95
ეთანოლი	34	1922	0.75	30	1938	0.90
პროპანოლი	47	1932	0.77	38	1953	0.87
ბუტანოლი	69	1950	1.20	54	1973	0.85
პენტანოლი	125	1968	1.25	90	1997	0.80
ჰექსანოლი	204	1989	1.55	148	2020	1.50
ჰეპტანოლი	399	2005	1.66	274	2050	1.54
	ქრომატოგრაფიული სვეტის ტემპერატურა 140°C					
o-ნიტროტოლუოლი	316	3265	0.61	231	3300	0.86
m-ნიტროტოლუოლი	375	3292	0.55	278	3345	0.75
p-ნიტროტოლუოლი	420	3341	0.46	314	3399	0.69

პირველ და მეორე ჯგუფს წარმოადგენს ნაჯერი და არომატული ნახშირწყალბადებისაგან შედგენილი მოდეული სისტემები. ცხრილი 1-დან ჩანს, რომ როგორც ნაჯერი, ასევე არომატული ნახშირწყალბადების შეკავების დროები ქრომატონ N-AW-თან შედარებით გაზრდილია მს-ზე - ცელიტი 545 დაფენილ უთფ-ზე - SE-30.

ცნობილია, რომ მყარი სარჩულის ზედაპირზე უთფ ორ განსხვავებულ მდგომარეობაში იმყოფება: ადსორბციული ფენა და კაპილარული სითხე. კაპილარული სითხის თვისებები სუფთა სითხის თვისებების ადეკვატურია, სითხის ადსორბციული ფენის თვისებებზე კი გავლენას ახდენს მყარი სარჩულის ბუნება და სარჩულის ზედაპირიდან სითხის ადსორბციულ ფენამდე მანძილი. მყარი სარჩულის ბუნებაზე დამოკიდებულია მხოლოდ სითხის ადსორბციული ფენის ზედაპირზე მიმდინარე ადსორბცია პოლარული უთფ-ის შემთხვევაში, ხოლო არაპოლარული უთფ-ის შემთხვევაში მს-ის ბუნებაზე უთფ-მს ფაზათაშორისი ადსორბციის დამოკიდებულება განსაკუთრებით პოლარული ნაერთებისათვისაა დამახასიათებელი. თავის მხრივ უთფ-ის ადსორბციული სითხის სახით არსებობა და ზოგადად მს-ის ზედაპირზე განაწილება მს-ის მთელ რიგ თვისებებზე დამოკიდებული, კერძოდ მის ფოროვან სტრუქტურაზე, ხვედრით ზედაპირზე, ქიმიურ ბუნებაზე და ა.შ. უძრავი თხევადი ფაზის ზედაპირზე ადსორბციის შედარებით მნიშვნელოვანი წვლილი შეიმჩნევა პარაფინებისათვის და შესაბამისად აირი-სითხე გამყოფი ზედაპირის თვისებები მეტად ახდენს გავლენას ზუსტად ამ კლასის ნივთიერებების შეკავებითი მოცულობების ფორმირებასა და ნარეგების დაყოფის მრუდების მკაფიოობაზე.

ლოგიკურად ეს ფაქტი უნდა იწვევდეს დაყოფის მრუდების ასიმეტრიულობას. თუმცა ადგილი აქვს ქრომატოგრამაზე საკვლევი ნაერთების პიკების სიმეტრიულობის ზრდას. როგორც ჩანს, ფორების დიდი ჯამური მოცულობის გამო, ცელიტ - 545-ზე ქრომატონ N-AW-თან შედარებით არ მიმდინარეობს დაყოფის მრუდების განრთხმა, გარდა ამისა ქრომატონ N-AW-სათვის დამახასიათებელია შედარებით დიდი რადიუსის ფორები, რაც ზედაპირი/მოცულობა ურთიერთდამოკიდებულების უნარის შემცირებას იწვევს და სორბატების კაპილარულ სითხეში გახსნის პროცესს დიფუზიური პროცესები აძლიერებს. საერთო ჯამში, ქრომატოგრამაზე ვიწრო პიკების წარმოქმნას ანუ შესაბამისად ყოველი ინდივიდუალური ნაერთისათვის თეორიული თეფშების რიცხვის ზრდას იწვევს, სხვა სიტყვებით, ქრომატოგრაფიული სვეტის ეფექტურობა იზრდება. მთლიანობაში ეს ხელს უწყობს მოცემულ მოდელურ სისტემებში შემავალი ცალკეული ბინარული წყვილების უკეთეს დაყოფას, ამავედროულად მოლეკულური მასის ზრდასთან ერთად დაყოფის მკაფიოობა გარკვეულ ზღვრამდე იზრდება (ცხრილი 2) [7].

ქრომატოგრაფიული დაყოფის პროცესების ოპტიმიზაცია საკმაოდ რთული ამოცანაა, რომელიც ყოველი საკვლევი ობიექტისათვის მოითხოვს ინდივიდუალურ მიდგომას და საჭიროებს ქრომატოგრამაზე ასახული ინფორმაციის ერთ სიდიდემდე დაყვანას. მოცემული ამოცანის გადასაჭრელად გამოყენებული იყო დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმი -  $\Delta$  ანუ ქრომატოგრამის პიკების განაწილების ხარისხი და დაყოფის მკაფიოობა. იგი ცალსახად ახასიათებს ქრომატოგრაფიული სვეტის ეფექტურობას და სელექტურობას მრავალკომპონენტიანი ნარეგების დაყოფის დროს. მრავალკომპონენტიანი ნარეგებისათვის (ცხრილი 3) (ექსკომპონენტიანი ნაჯერი და არომატული ნახშირწყალბადებისათვის), როგორც მოსალოდნელი იყო, ეს მონაცემები გაზრდილია მს-ზე - ცელიტი-545 დაფენილ უძრავ ფაზაზე - SE-30 (დაყოფის მრუდები შედარებით ვიწროა, დიდია თეორიული თეფშების რიცხვი, გაზრდილია დაყოფისა და სელექტურობის კოეფიციენტების მნიშვნელობები).

კერძოდ, მს-ზე ცელიტი-545 დაფენილ SE-30-ზე ნაჯერი და არომატული ნახშირწყალბადებისათვის შესაბამისად დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმი 1.5- და 1.9-ჯერ მეტია ქრომატონ N-AW-თან შედარებით.

ცხრილი 2. მოდელურ სისტემებში შემავალი კომპონენტების ბინარული ნარეგების დაყოფისა -  $K_R$  და სელექტურობის -  $K_S$  კოეფიციენტები უთფ-ზე - SE-30 ოპტიმალურ პირობებში.

ბინარული ნარევი	სვეტის ტემპერატურა 100°C			
	10% SE-30, ცელიტი 545		10% SE-30, ქრომატონი N-AW	
	$K_R$	$K_S$	$K_R$	$K_S$
პენტანი-ჰექსანი	1.03	0.33	0.80	0.28
ჰექსანი-ჰეპტანი	1.70	0.41	1.20	0.35
ჰეპტანი-ოქტანი	2.69	0.51	1.95	0.48
ოქტანი-ნონანი	3.09	0.57	2.33	0.54
ნონანი-დეკანი	3.39	0.61	2.50	0.59
ბენზოლი-ტოლუოლი	2.30	0.49	1.15	0.42
ტოლუოლი-ეთილბენზოლი	2.27	0.42	1.11	0.40
ეთილბენზოლი-კუმოლი	2.20	0.38	1.08	0.35
კუმოლი-მეზითილენი	1.55	0.27	0.95	0.26
მეზითილენი-ფსევდოკუმოლი	1.12	0.17	0.80	0.14
მეთანოლი-ეთანოლი	0.00	0.04	0.75	0.10
ეთანოლი-პროპანოლი	0.00	0.12	1.00	0.20
პროპანოლი-ბუტანოლი	1.43	0.38	1.50	0.45
ბუტანოლი-პენტანოლი	2.00	0.50	2.00	0.54
პენტანოლი-ჰექსანოლი	2.40	0.55	2.45	0.59
ჰექსანოლი-ჰეპტანოლი	3.45	0.65	3.50	0.69

ცხრილი 3. შესწავლილ სორბენტებზე მრავალ-კომპონენტური მოდელოვანი სისტემების დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმი - Δ ოპტიმალურ პირობებში. სვეტის ტემპერატურა - 100°C

მოდელოვანი ნარევი	სორბენტი	
	10%SE-30, ცელიტი-545	10%SE-30, ქრომატონი N-AW
პენტანი-ჰექსანი-ჰეპტანი-ოქტანი-ნონანი-დეკანი	0.150 (6 კომპონენტი)	0.100 (6 კომპონენტი)
ბენზოლი-ტოლუოლი- ეთილბენზოლი-კუმოლი-მეზითილენი-ფსევდოკუმოლი	0.210 (6 კომპონენტი)	0.105 (6 კომპონენტი)
მეთანოლი-ეთანოლი-პროპანოლი-ბუტანოლი-პენტანოლი-ჰექსანოლი-ჰეპტანოლი	0.095 (6 კომპონენტი)	0.180 (7 კომპონენტი)
	10%OV-17 ცელიტი-545	10%OV-17 ქრომატონი N-AW
პენტანი-ჰექსანი-ჰეპტანი-ოქტანი-ნონანი-დეკანი	0.095 (6 კომპონენტი)	0.050 (6 კომპონენტი)
ბენზოლი-ტოლუოლი- ეთილბენზოლი-კუმოლი-მეზითილენი-ფსევდოკუმოლი	0.280 (6 კომპონენტი)	0.156 (6 კომპონენტი)
მეთანოლი-ეთანოლი-პროპანოლი-ბუტანოლი-პენტანოლი-ჰექსანოლი-ჰეპტანოლი	0.045 (6 კომპონენტი)	0.210 (7 კომპონენტი)
	10% TCEP ცელიტი-545	10% TCEP ქრომატონი N-AW
პენტანი-ჰექსანი-ჰეპტანი-ოქტანი-ნონანი-დეკანი	0.025 (4 კომპონენტი)	0.010 (3 კომპონენტი)
ბენზოლი-ტოლუოლი-ეთილბენზოლი-კუმოლი-მეზითილენი-ფსევდოკუმოლი	0.205 (6 კომპონენტი)	0.102 (6 კომპონენტი)
მეთანოლი-ეთანოლი-პროპანოლი-ბუტანოლი-პენტანოლი-ჰექსანოლი-ჰეპტანოლი	0.035 (6 კომპონენტი)	0.170 (7 კომპონენტი)

მესამე ჯგუფის ნივთიერებებისათვის მოლეკულაში ჰიდროქსილის ჯგუფის არსებობას გარკვეული წვლილი შეაქვს მათი დაყოფის პროცესში, მყარი სარჩულის ბუნების ზეგავლენით. პირველ რიგში, ორივე სარჩულზე მოლეკულაში ნახშირბადატომების ერთნაირი რიცხვის მქონე ცალკეული კომპონენტის შეკავების დროები ნაჯერ ნახშირწყალბადებთან შედარებით 2-4-ჯერ იზრდება (ცხრილი 1), იცვლება პიკების სიმეტრიულობაც. ქრომატონი N-AW-ზე დაფენილ სტაციონარულ ფაზაზე, ნაჯერი და არომატული ნახშირწყალბადებისაგან განსხვავებით, მიღებულია დაყოფის შედარებით სიმეტრიული მრუდები, ინდივიდუალური კომპონენტების თეორიული თეფშების მეტი რიცხვი, რაც თავის მხრივ აისახება დაყოფისა და სელექტურობის კოეფიციენტების სიდიდეებზე და განსაკუთრებით C<sub>1</sub>-C<sub>7</sub> სპირტების ნარევის დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმის მნიშვნელობაზე, რომელიც თითქმის 2-ჯერ აღემატება შესაბამის მაჩვენებელს სტაციონალურ ფაზაზე, მყარი სარჩულით ცელიტი-545 (ცხრილი 2, 3). უნდა აღინიშნოს აგრეთვე, რომ ამ ნარეგების დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმები ორივე შემთხვევაში მნიშვნელოვნად მცირდება ნაჯერი და არომატული ნახშირწყალბადების ნარეგების შესაბამის სიდიდეებთან შედარებით, რაც ჩვენი ვარაუდით მოლეკულაში ჰიდროქსილის ჯგუფების არსებობით არის გამოწვეული. სპირტები ურთიერთქმედებენ მყარი სარჩულის არაეკრანირებულ აქტიურ ცენტრებთან, რაც ქრომატოგრაფიული დაყოფის პროცესზე მნიშვნელოვნად უარყოფით გავლენას ახდენს.

მეოთხე ჯგუფი წარმოდგენილია პოლარული ბუნების ნიტროტოლუოლების იზომერებისაგან შედგენილი მოდელოვანი ნარევისაგან. ეს განპირობებულია იმით, რომ მისი დაყოფა ხორციელდება სვეტის შედარებით უფრო მაღალ ტემპერატურებზე (140°C, 160°C). მოლეკულაში ნიტროჯგუფის არსებობას გარკვეული წვლილი შეაქვს მათი დაყოფის პროცესში მყარი სარჩულის ბუნების ზეგავლენით. ნიტროტოლუოლების, როგორც ტოლუოლის ნიტროწარმოებულების, შეკავების დროები ტოლუოლთან შედარებით 3-4-ჯერ არის გაზრდილი, ასევე მათი პიკებიც შედარებით ასიმეტრიულია (ცხრილი 1). დადგინდა, რომ ყველა ქრომატოგრაფიული მახასიათებლით ნიტროტოლუოლის იზომერების ნარევის დაყოფა ყველაზე მკაფიოდ მიმდინარეობს მს - ქრომატონი N-AW-ზე ცელიტი-545 -თან შედარებით (ცხრილი 4, 5).

ცხრილი 4. ნიტროტოლუოლის იზომერების ბინარული ნარევის დაყოფისა -  $K_R$  და სელექტურობის -  $K_S$  კოეფიციენტები შესწავლილ სორბენტებზე.

ბინარული ნარევი	სვეტის ტემპერატურა 140°C			
	10% SE-30 ცელიტი-545		10% SE-30 ქრომატონი N-AW	
	$K_S$	$K_S$	$K_R$	$K_S$
o-ნიტროტოლუოლი-m-ნიტროტოლუოლი	1.15	0.17	1.21	0.18
m-ნიტროტოლუოლი-p-ნიტროტოლუოლი	1.05	0.11	1.17	0.12
	15% SE-30 ცელიტი 545		15% SE-30 ქრომატონი N-AW	
	0.72	0.16	0.75	0.18
	0.60	0.10	0.65	0.15
	10% OV-17 ცელიტი 545		10%OV-17 ქრომატონი N-AW	
	0.85	0.06	0.89	0.11
	0.65	0.05	0.72	0.09

ცხრილი 5. ნიტროტოლუოლის იზომერების სამკომპონენტისანი მოდელური სისტემების დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმი -  $\Delta$  შესწავლილ სორბენტებზე.

მოდელური ნარევი	სორბენტი	
	10%SE-30 ცელიტი-545	10%SE-30 ქრომატონი N-AW
სვეტის ტემპერატურა - 140°C		
o-ნიტროტოლუოლი-m-ნიტროტოლუოლი- p-ნიტროტოლუოლი	0.19	0.25
	10%OV-17 ცელიტი-545	10%OV-17 ქრომატონი N-AW
o-ნიტროტოლუოლი-m-ნიტროტოლუოლი- p-ნიტროტოლუოლი	0.11	0.13
	15%SE-30 ცელიტი-545	15%SE-30 ქრომატონი N-AW
o-ნიტროტოლუოლი-m-ნიტროტოლუოლი- p-ნიტროტოლუოლი	0.17	0.22

ამასთანავე მს-ზე უთფ-ის დაფენის ხარისხი 10%-ით განისაზღვრა, როგორც პირველი ორი ჯგუფის ტესტური ნაერთების დაყოფისას, თუმცა 15%-ანი დაფენის პირობებშიც დაყოფა მკაფიო და სრულია. ოპტიმალურ ტემპერატურაზე (140°C) საუკეთესო დაყოფა მიმდინარეობს არაპოლარულ უთფ - SE-30-ზე. ნიტროტოლუოლების ელუირების თანმიმდევრობას განსაზღვრავს ბირთვში ჩანაცვლებული - CH<sub>3</sub> და -NO<sub>2</sub> რადიკალების ბუნება და მათი ადგილმდებარეობა. ისინი ელუირდებიან o-, m-, p- თანმიმდევრობით. ეს კანონზომიერება ვრცელდება ყველა შესწავლილ ფაზაზე მს-ის ბუნებაზე დამოკიდებულების მიუხედავად [8,9].

ზემთ აღნიშნულ პოლარულ უთფ-ებზე (OV-17 და TCEP) ყველა მიღებული კანონზომიერება შენარჩუნებულია. სორბატების შეკავების დროები ორივე ფაზაზე მს - ცელიტი 545-ის შემთხვევაში მაღალია ქრომატონი N-AW-თან შედარებით (ცხრილი 6, 7). პირველი და მეორე ჯგუფის ნაერთების მოდელური ნარევის დაყოფის მრუდების განთხზვა ორივე ფაზაზე მსგავსად SE-30-ისა არ შეინიშნება მს-ზე - ცელიტი-545 ქრომატონი N-AW-სგან განსხვავებით ანუ ქრომატოგრამაზე ადგილი აქვს შედარებით სიმეტრიული პიკების წარმოქმნას. ჰომოლოგიურ რიგში მოლეკულური მასისა და ნაწილობრივადტომების რიცხვის ზრდით პიკების ასიმეტრია იზრდება. სამივე ფაზაზე კომპონენტების ასიმეტრიულობის კოეფიციენტები უთფ-ის პოლარობაზე დამოკიდებულებით იზრდება შემდეგ რიგში: SE-30 < OV-17 < TCEP.

ცხრილი 6. ცალკეული კომპონენტის შეკავების დროები -  $t_R$  (წმ), თეორიული თევშების რიცხვები - N და ასიმეტრიულობის კოეფიციენტები -  $A_s$  ოპტიმალურ პირობებში უთფ-ზე - OV-17 .

სორბატი	სორბენტი					
	10% OV-17, ცელიტი-545			10%OV-17, ქრომატონი N-AW		
	$t_R$	N	$A_s$	$t_R$	N	$A_s$
	ქრომატოგრაფიული სვეტის ტემპერატურა 100°C					
პენტანი	47	1565	1.00	42	1521	1.00
ჰექსანი	55	1579	1.00	52	1530	1.00
ჰეპტანი	76	1596	1.15	73	1539	0.85
ოქტანი	107	1622	1.20	106	1546	0.75
ნონანი	182	1639	1.25	179	1555	0.70
დეკანი	365	1650	1.30	354	1564	0.65
ბენზოლი	81	3001	1.00	79	2775	1.00
ტოლუოლი	152	3025	1.00	137	2785	1.10
ეთილბენზოლი	236	3045	0.95	230	2791	1.15
კუმოლი	351	3058	0.90	349	3005	0.90
მეზითილენი	465	3078	0.85	414	3011	0.80
ფსევდოკუმოლი	557	3093	0.80	549	3020	0.75
მეთანოლი	46	1989	1.00	40	2015	1.00
ეთანოლი	47	1995	1.10	42	2019	1.00
პროპანოლი	62	2001	1.30	51	2028	1.00
ბუტანოლი	90	2009	1.40	76	2032	1.33
პენტანოლი	159	2017	1.58	126	2049	1.50
ჰექსანოლი	293	2029	1.75	235	2058	1.60
ჰეპტანოლი	585	2039	2.50	446	2073	2.00
	ქრომატოგრაფიული სვეტის ტემპერატურა 140°C					
o-ნიტროტოლუოლი	387	3125	0.45	347	3199	0.58
m-ნიტროტოლუოლი	402	3156	0.39	389	3130	0.50
p-ნიტროტოლუოლი	425	3175	0.33	405	3157	0.43

ცხრილი 7. ცალკეული კომპონენტის შეკავების დროები -  $t_R$  (წმ), თეორიული თევშების რიცხვები - N და ასიმეტრიულობის კოეფიციენტები -  $A_s$  უთფ-ზე - 1,2,3-ტრის(β-ციანეთოქსიპროპანი ოპტიმალურ პირობებში.

სორბატი	სორბენტი					
	10% TCEP ცელიტი-545			10% TCEP ქრომატონი N-AW		
	$t_R$	N	$A_s$	$t_R$	N	$A_s$
	ქრომატოგრაფიული სვეტის ტემპერატურა 100°C					
პენტანი	47	975	1.35	38	966	1.45
ჰექსანი	50	986	1.45	40	969	1.55
ჰეპტანი	54	996	1.50	43	973	1.65
ოქტანი	60	1001	1.65	49	980	1.85
ნონანი	65	1008	1.75	50	986	2.05
დეკანი	74	1013	2.00	61	992	2.65
ბენზოლი	249	2689	1.15	68	2555	1.20
ტოლუოლი	396	2698	1.25	83	2571	1.30
ეთილბენზოლი	568	3018	1.30	110	2582	1.35
კუმოლი	682	3037	1.45	116	2593	1.50
მეზითილენი	960	3061	1.55	150	3003	1.65
ფსევდოკუმოლი	1186	3078	1.75	184	3014	1.80
მეთანოლი	251	1999	1.25	133	2115	1.00
ეთანოლი	298	2013	1.35	142	2121	1.10
პროპანოლი	420	2036	1.50	210	2139	1.25
ბუტანოლი	634	2076	1.75	317	2168	1.40
პენტანოლი	1193	2091	2.00	516	2189	1.65
ჰექსანოლი	1673	2119	2.70	791	2201	1.95
ჰეპტანოლი	2670	2140	2.85	1277	2265	2.45

დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმი როგორც OV-17-ზე, ასევე TCEP-ზე მსგავსად SE-30-ისა, მს-ის ბუნების გავლენით იცვლება (ცხრილი 3). ექვსკომპონენტიანი ნაჯერი და არომატული ნახშირწყალბადების მოდელური ნარეგების დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმი ცელიტი-545-ზე შესაბამისად 1.9 და 1.85-ჯერ მეტია ქრომატონი N-AW-თან შედარებით. ეს განპირობებულია ცელიტი-545-ზე ცალკეული კომპონენტების შედარებით სიმეტრიული პიკებით, თეორიული თეფშების დიდი რიცხვით, ასევე დაყოფისა და სელექტურობის კოეფიციენტების ზრდით (ცხრილი 8, 9). მესამე და მეოთხე ჯგუფის ნაერთთათვის -OH და -NO<sub>2</sub> ჯგუფების არსებობის გამო ნაჯერ და არომატულ ნახშირწყალბადებთან შედარებით უფრო სიმეტრიული პიკები მიიღება მს - ქრომატონი N-AW-ზე. გაზრდილია თეორიული თეფშების რიცხვი ცელიტი-545-თან შედარებით და დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმი ორივე უთფ-ის (OV-17 და TCEP) შემთხვევაში შესაბამისად 4.67 და 5.43-ჯერ მაღალია მს - ქრომატონი N-AW-ზე ცელიტი-545-თან შედარებით [7].

ცხრილი 8. ცალკეული კომპონენტის ბინარული ნარეგების დაყოფისა - K<sub>R</sub> და სელექტურობის - K<sub>S</sub> კოეფიციენტები უთფ-ზე - OV-17 ოპტიმალურ პირობებში.

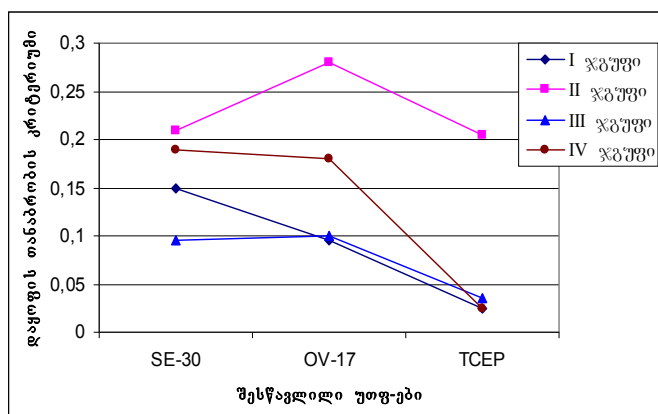
ბინარული ნარევი	სვეტის ტემპერატურა 100°C			
	10% OV-17, ცელიტი 545		10%OV-17, ქრომატონი N-AW	
	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>
პენტანი-ჰექსანი	0.93	0.33	0.55	0.28
ჰექსანი-ჰეპტანი	1.70	0.41	0.75	0.35
ჰეპტანი-ოქტანი	2.11	0.51	1.23	0.48
ოქტანი-ნონანი	2.64	0.57	1.75	0.54
ნონანი-დეკანი	3.20	0.61	2.85	0.33
ბენზოლი-ტოლუოლი	2.36	0.61	1.21	0.54
ტოლუოლი-ეთილბენზოლი	2.29	0.43	1.16	0.41
ეთილბენზოლი-კუმოლი	2.05	0.39	1.10	0.37
კუმოლი-მეზიტილენი	1.55	0.28	1.08	0.17
მეზიტილენი-ფსევდოკუმოლი	1.14	0.18	0.98	0.16
მეთანოლი-ეთანოლი	0.00	0.12	0.85	0.15
ეთანოლი-პროპანოლი	0.65	0.21	1.00	0.29
პროპანოლი-ბუტანოლი	1.25	0.40	1.95	0.49
ბუტანოლი-პენტანოლი	1.85	0.55	2.55	0.56
პენტანოლი-ჰექსანოლი	2.55	0.59	3.00	0.64
ჰექსანოლი-ჰეპტანოლი	2.95	0.67	3.25	0.72

ექსპერიმენტის შედეგების შეჯამებით (გრაფიკი 1, 2) შეიძლება დავასკვნათ, რომ I და II ჯგუფის მოდელური სისტემებისათვის (ექვსკომპონენტიანი ნაჯერი და არომატული ნახშირწყალბადებისათვის) ჩვენს მიერ შერჩეული ოპტიმიზაციის მაჩვენებელი - Δ გაზრდილია მყარ სარჩულ - ცელიტი-545-ზე დაფენილ ყველა შესწავლილ უთფ-ზე (დაყოფის მრუდები შედარებით ვიწროა, დიდია თეორიული თეფშების რიცხვი, გაზრდილია დაყოფისა და სელექტურობის კოეფიციენტების მნიშვნელობები). რაც შეეხება III და IV ჯგუფის მოდელური სისტემებს, მათი თანაბრობის კრიტერიუმი მაღალია მს - ქრომატონი N-AW-ზე და თითქმის 2-ჯერ აღემატება შესაბამის მაჩვენებელს მს - ცელიტი-545-ს. თუმცა დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმები ორივე შემთხვევაში მნიშვნელოვნად მცირდება ნაჯერი და არომატული ნახშირწყალბადების ნარეგებთან შედარებით. სპირტები და ნიტროტოლოლები ურთიერთქმედებენ მყარი სარჩულის არაეკრანირებულ აქტიურ ცენტრებთან, რაც ქრომატოგრაფიული დაყოფის პროცესზე ნეგატიურ გავლენას ახდენს.

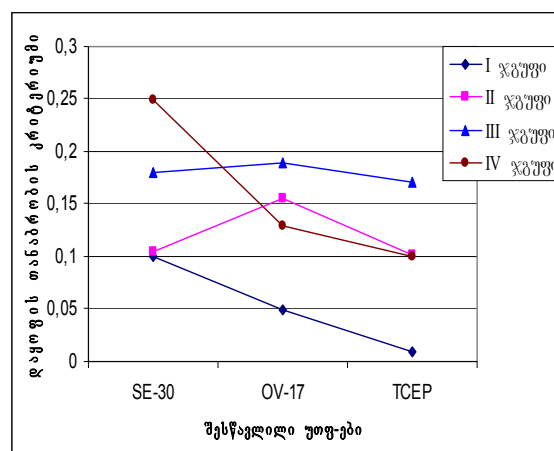
ამრიგად, მყარ სარჩულზე ერთი და იმავე სითხის ერთნაირი პროცენტული დაფენის შემთხვევაში, მყარი სარჩულის თვისებებს შორის უმნიშვნელო განსხვავებაც კი იწვევს სხვადასხვა ორგანული ნაერთების ნარეგის დაყოფის ხასიათის ცვლილებას, განსაკუთრებით მაშინ თუ ისინი შეიცავენ ისეთ აქტიურ ჯგუფებს, როგორცაა -OH და -NO<sub>2</sub> [7].

ცხრილი 9. ცალკეული კომპონენტის ბინარული ნარევების დაყოფისა -  $K_R$  და სელექტურობის -  $K_S$  კოეფიციენტები უთფ-ზე - 1,2,3-ტრის(β-ციანეთოქსი)პროპანი ოპტიმალურ პირობებში.

ბინარული ნარევი	სვეტის ტემპერატურა 100°C			
	10% TCEP, ცელიტი 545		10% TCEP, ქრომატონი N-AW	
	$K_R$	$K_S$	$K_R$	$K_S$
პენტანი-ჰექსანი	0.00	0.06	0.00	0.05
ჰექსანი-ჰეპტანი	0.32	0.10	0.00	0.07
ჰეპტანი-ოქტანი	0.42	0.29	0.32	0.13
ოქტანი-ნონანი	0.45	0.35	0.00	0.24
ნონანი-დეკანი	0.75	0.36	0.39	0.30
ბენზოლი-ტოლუოლი	4.75	0.46	1.25	0.29
ტოლუოლი-ეთილბენზოლი	4.78	0.36	1.22	0.28
ეთილბენზოლი-კუმოლი	3.52	0.37	1.15	0.27
კუმოლი-მეზიტილენი	2.15	0.36	1.13	0.26
მეზიტილენი-ფსევდოკუმოლი	1.85	0.21	1.02	0.20
მეთანოლი-ეთანოლი	0.00	0.10	0.65	0.13
ეთანოლი-პროპანოლი	0.55	0.19	2.10	0.27
პროპანოლი-ბუტანოლი	0.95	0.31	2.15	0.41
ბუტანოლი-პენტანოლი	1.00	0.32	2.50	0.48
პენტანოლი-ჰექსანოლი	1.05	0.33	2.55	0.52
ჰექსანოლი-ჰეპტანოლი	1.65	0.46	3.75	0.57



ნახაზი 1. დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმის -  $\Delta$  ცვლილება ცელიტი 545-ზე.



ნახაზი 2. დაყოფის თანაბრობის კრიტერიუმის -  $\Delta$  ცვლილება ქრომატონი N-AW-ზე.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Березкин В.Г. Газо-жидко-твёрдо-фазная хроматография. М.: Химия, 1986, 112 с.
2. Король А.Н. Изучение фазового равновесия методом газовой хроматографии. К.: Наукова Думка, 1985, 208с.
3. Андроникашвили Г.Г., Эприкашвили Л.Г., Рубашвили И.М., Зауташиვი М.Г., Дзаганია М.А. Вклад твердого носителя в процесс хроматографирования. Азербайджанский химический журнал. 2006. №2, с.42-47.

4. *Андроникашвили Г.Г., Эприкашвили Л.Г., Рубашвили И.М., Зауташвили М.Г., Дзаганя М.А.* К распределению вкладов адсорбции и растворения в газо-жидкостной хроматографии. Журнал хроматографічного товариства. 2006. т.VI, №2, с.4-10.
5. *Вигдергауз М. С.* Расчеты в газовой хроматографии. М.: Химия.1978, 248 с.
6. *Пецев Н., Коцев Н.* Справочник по газовой хроматографии. М.: Мир. 1987. 200 с.
7. *Эприкашвили Л.Г., Зауташвили М.Г., Рубашвили И.М., Пирихалава Н.В., Кахидзе Н.А.* Влияние природы твердого носителя на характер разделительных процессов в газо-жидкостной хроматографии. Georgian Engineering News , 2006, №2, с.247-252.
8. *Эприкашвили Л.Г., Кордзахия Т.Н., Пирихалава Н.В., Зауташвили М.Г., Дзаганя М.А., Рубашвили И.М.* Влияние природы радикалов изомерных дизамещенных производных бензола на характер разделения их смесей. Изв. НАН Грузии, хим. Серия. 2007, т. 33, №3, с.318-322.
9. *Рубашвили И.М.* К эффекту адсорбции в газо-жидкостной хроматографии на примере элюирования одноатомных C<sub>1</sub>-C<sub>7</sub> спиртов нормального строения. Georgian Engineering News , 2009, №1, с.161-165.

### **ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ТВЁРДОГО НОСИТЕЛЯ НА РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НЕПОДВИЖНОЙ ЖИДКОЙ ФАЗЫ**

Т.Г.Андроникашвили, И.М.Рубашвили, Л.Г.Эприкашвили

#### **РЕЗЮМЕ**

Исследовано влияние природы твёрдого носителя на разделительные свойства неподвижной жидкой фазы. Показано, что полярность адсорбата, природа неподвижной жидкости, степень пропитки ею твёрдого носителя, физико-химические свойства твёрдого носителя, а также температура нагрева хроматографической колонки оказывают существенное влияние на характер разделения в процессе газо-жидкостной хроматографии.

### **THE EFFECT OF THE ORIGIN OF SOLID SUPPORT ON THE SEPARATION PROPERTIES LIQUID STATIONARY PHASE**

Teimuraz Andronikashvili, Imeda Rubashvili, Luba Eprikashvili

#### **SUMMARY**

The influence of the origin of the solid support separation properties liquid stationary phase. It is shown that the polarity of the adsorbate, the origin of the stationary liquid, the degree of saturation of its solid support, physical-chemical properties of the solid support and the temperature of the column had a significant impact on the division in the process of gas-liquid chromatography.



**საქართველოს ფილიპსიტშემცველი ტუფების ადსორბციული თვისებები**

გიორგი ციციშვილი, ვლადიმერ ციციშვილი, ნანული დოლაბერიძე, ნატო მირძველი, მანანა ნიჟარაძე, მაია ალელიშვილი

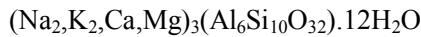
საქართველოს ფილიპსიტშემცველი ტუფების ადსორბციული თვისებების დასახასიათებლად შესწავლილია ახალციხის საბადოს ზედა და ქვედა უბნიდან (PAU, PAL), წინაუბნიდან და გურიის რეგიონის სოფელ შუხუთიდან (PSH) აღებული, წინასწარ 200°C და 350°C-ზე ვაკუუმირებული ნიმუშების ადსორბციისუნარიანობა წყლისა და მეთანოლის ორთქლის მიმართ. დადგენილია, რომ ბუნებრივი ფილიპსიტები ახალციხის საბადოდან (PAU, PAL) ნაკლებ თერმოსტაბილური არიან და მხოლოდ 200°C-ზე ვაკუუმირებულ ნიმუშებს გააჩნიათ მნიშვნელოვანი ადსორბციის უნარი წყლის ორთქლის მიმართ, უკეთესი ადსორბციის უნარით ხასიათდება ფილიპსიტი წინაუბნიდან, რომელიც ადსორბციული მარეზინებით უახლოვდება ამერიკულ ნიმუშს. ბუნებრივი ფილიპსიტები მკვეთრად ამჟღავნებენ მოლეკულურ-საცრულ თვისებებს წყლის მოლეკულების მიმართ, მეთანოლის მოლეკულები კი ადსორბირდებიან მხოლოდ კრისტალის მეორადი ფორების ზედაპირზე.

ბუნებრივი ფილიპსიტებისათვის, ისე როგორც სხვა ცეოლითებისათვის ადსორბციული თვისებები ერთ-ერთი მახასიათებელია, რომელიც მათი გამოყენების პერსპექტივას განსაზღვრავს. ადსორბციული თვისებების შესწავლით ასევე შესაძლებელია მოლეკულურ-საცრული ქმედების გამოვლენაც, რაც ასევე აქტუალურია მათი პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით.

ფილიპსიტი ვულკანურ-დანალექი წარმოშობის მინერალია, აღმოჩენილი სამრეწველო გამოყენებისათვის, როგორც მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში ისე საქართველოში; სახელდობრ, საქართველოს ტერიტორიაზე ფილიპსიტშემცველი ტუფები გამოვლენილია სამხრეთ საქართველოში (ახალციხის დებრესის ჩრდილო ბორტი) და გურიის ქედზე (ლანჩხუთის რ-ნი, სოფელი შუხუთი) [1].

ფილიპსიტები საქართველოში სხვადასხვა კატიონურ ფორმაში გვხვდება; ძირითადი მახასიათებელი კატიონი კალიუმი, თუმცა ცნობილია ფილიპსიტშემცველი ტუფები, სადაც ნატრიუმი ჭარბობს კალციუმისა და კალიუმის ოდენობას, ან კალციუმი ემეტება ნატრიუმს და კალიუმს [2].

ფილიპსიტის ელემენტარული უჯრედის ქიმიური შედგენილობა შემდეგი ფორმულით გამოისახება:



წინამდებარე სამუშაოს მიზანს შეადგენდა საქართველოს ბუნებრივი ფილიპსიტების - ახალციხიდან (ქვედა და ზედა - PAL, PAU), წინაუბნიდან PTS და გურიის რეგიონიდან (შუხუთი PSH), ადსორბციული თვისებების კვლევა წყლისა და მეთანოლის ორთქლის მიმართ. ეტალონ ნიმუშად აღებული იყო ბუნებრივი ფილიპსიტი ამერიკიდან - PUSA. ნიმუშები იდენტიფიცირებულია რენტგენულ-დიფრაქტომეტრული მეთოდით.

ბუნებრივი ფილიპსიტების ადსორბციული თვისებების დასახასიათებლად შესწავლილია წყლისა და მეთანოლის ორთქლის ადსორბცია მაღალვაკუუმურ წონით დანადგარზე. საკვლევად აღებული იყო ნიმუშები 1-2 მმ-ის ზომის მარცვლები სახით, ვაკუუმირებული 350 და 200°C-ზე ნარჩენი წნევის 1.10-4 ტორის მიღწევა-მდე. გაზომვები ჩატარებულია 20°C - ზე.

ფილიპსიტების შიგარკრისტალურ სტრუქტურაში არსებული კატიონები, რო-მლებიც საგრძნობ ვაკუუმს ახდენს მათ ადსორბციულ თვისებებზე, განსაზღვრულია ატომურ-აბსორბციულ სპექტროფოტომეტრზე. კვლევის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილების სახით.

ბუნებრივ ფილიპსიტშემცველ ტუფებზე შესწავლილი წყლისა და მეთანოლის ორთქლის ადსორბციის ექსპერიმენტის შედეგების ანალიზი (ცხრ. 1, 2) ნათელყოფს, რომ წყლის ორთქლის ადსორბცია დაბალი შეფარდებითი წნეების უბანში (P/Ps=0.1-მდე) ხასიათდება მკვეთრი აღმავლობით, რაც ტიპურია მიკროფორიანი ცეოლითები-სათვის, ხოლო ფარდობითი წნეების გაზრდით (P/Ps=0.40-0.50-ის ზევით) ადსორბცია მიმდინარეობს მეორად ფოროვან სტრუქტურაში წყლის ორთქლის კონდენსაციის ხარჯზე. როგორც პირველი ცხრილიდან ჩანს ახალციხის საბადოს ფილიპსიტები PAL, PAU დაბალი თერმომდგრადობით ხასიათდება. ასე მაგალითად, 350°C-ზე ვაკუუმირებული ნიმუშების მიერ ადსორბირებული წყლის ორთქლის რაოდენობა P/Ps=0.40-ზე ტოლია 0.083 და 0.080 სმ<sup>3</sup>/გ; 200°C-ზე ვაკუუმირებული ნიმუშებისათვის 0.118 და 0.108 სმ<sup>3</sup>/გ; ამ შემთხვევაში აშკარაა ნიმუშების დაბალი თერმოსტაბილობა 350°C-ზე, რისი მიზეზიც ქანში კალციუმის ჭარბი შემცველობაა სხვა კატიონებთან შედარებით (ცხრ.3), კალციუმით მდიდარი ნიმუშები დეჰიდრატაციისას კარკასის შესუსტებას განიცდიან [3].

ნიმუშებში PTS, PUSA ნატრიუმის კატიონები ადსორბციის ცენტრების მეტ ნაწილს წარმოადგენენ და სრულად მისაწვდომი პოზიციები უჭირავთ ადსორბატის მოლეკულებთან ურთიერთქმედებისათვის, რაც გამოიხატა კიდევ ადსორბციის მაღალი მაჩვენებლებით  $a^{PTS}=0.130\text{სმ}^3/\text{გ}$  და  $a^{PUSA}=0.140\text{სმ}^3/\text{გ}$ . გამოკვლეულია, რომ შედარებით დაბალი ადსორბციის უნარით წყლის ორთქლის მიმართ ხასიათდება PSH-კალიუმის ფილიპსიტი, რაც კალიუმის კატიონის სტერიული ფაქტორითაა გაპირობებული.

ცხრილი 1. ფილიპსიტშემცველი ტუფების ადსორბციისუნარიანობა წყლის ორთქლის მიმართ 20°C

ფილიპსიტი	ვაკუუმი-რების t°C	a, მმოლ/გ v, სმ <sup>3</sup> /გ	P/Ps							
			0.01	0.02	0.05	0.10	0.20	0.40	0.60	0.80
PAL	350	a	1.75	1.89	2.38	2.82	3.52	4.60	5.58	7.00
		v	0.032	0.034	0.043	0.051	0.063	0.083	0.101	0.126
	200	a	4.00	4.18	4.43	4.72	5.23	6.55	6.93	7.92
		v	0.072	0.075	0.080	0.024	0.087	0.118	0.125	0.142
PAU	350	a	1.70	1.80	2.32	2.78	3.50	4.42	5.18	6.33
		v	0.030	0.032	0.041	0.050	0.063	0.080	0.43	0.114
	200	a	4.05	4.25	4.55	4.85	5.15	6.01	6.83	8.01
		v	0.073	0.076	0.082	0.087	0.93	0.108	0.123	0.144
PTS	350	a	5.33	5.79	6.27	6.73	7.15	7.25	8.14	8.75
		v	0.096	0.104	0.113	0.112	0.128	0.130	0.146	0.157
	200	a	3.90	4.14	4.53	5.02	5.52	5.75	6.32	6.93
		v	0.070	0.074	0.081	0.086	0.099	0.103	0.114	0.125
PSH	350	a	4.43	4.58	4.93	5.28	5.72	6.33	6.88	7.63
		v	0.081	0.082	0.089	0.095	0.103	0.114	0.124	0.137
	200	a	4.00	4.15	4.43	4.71	5.12	5.55	6.25	6.85
		v	0.072	0.075	0.079	0.085	0.092	0.099	0.112	0.123
PUSA	350	a	5.53	5.79	6.27	6.73	7.15	7.76	8.14	8.95
		v	0.100	0.104	0.113	0.121	0.129	0.140	0.147	0.161
	200	a	4.93	5.08	5.43	5.78	6.22	6.83	7.38	8.13
		v	0.089	0.092	0.098	0.104	0.112	0.123	0.132	0.146

მეთანოლის ორთქლის ადსორბცია ბუნებრივ ქართულ ფილიპსიტშემცველ ტუფებზე (ცხრ.2) 350°C-ზე ვაკუუმირებული ნიმუშებისათვის შეფარდებით წნევათა მთელ ინტერვალში მნიშვნელოვნად ნაკლებია წყლის ორთქლის ადსორბციის უნართან შედარებით. PTS, PUSA ნიმუშები გამოირჩევიან თერმოდგრადობით და ფორების შედარებით დიდი ზომებით. ასე მაგალითად P/Ps=0.40-ზე ადსორბირებული წყლის და მეთანოლის ორთქლის რაოდენობა 350°C-ზე ვაკუუმირებული ნიმუშებისათვის შესაბამისად შეადგენს: PTS-თვის 0.130 და 0.159 სმ<sup>3</sup>/გ, PUSA-თვის 0.140 და 0.171 სმ<sup>3</sup>/გ. არსებითი სხვაობა წყლისა და მეთანოლის ადსორბციულ ტევადობებში განსაზღვრავს ფილიპსიტების მოლეკულურ-საცრულ თვისებებს.

მეთანოლის ორთქლის ადსორბციის იზოთერმები ფილიპსიტშემცველ ტუფებზე ბეტის კოორდინატებში 0.01-დან 0.20-მდე შეფარდებით წნევებზე გვაძლევს სწორხაზობრივ დამოკიდებულებას, რომლის საფუძველზეც გამოთვლილია ბეტის განტოლების პარამეტრები და ფილიპსიტშემცველი ტუფების ხვედრითი ზედაპირები. ხვედრითი ზედაპირების მნიშვნელობები მოტანილია ცხრილში 2. როგორც ცხრილიდან ჩანს ხვედრითი ზედაპირების მნიშვნელობა დაბალია, რაც იმაზე მიუთითებს რომ მიკროფორების დიდი ნაწილი შეუღწევადია მეთანოლის მოლეკულებისათვის. ისინი ადსორბირდებიან მხოლოდ კრისტალის ზედაპირზე.

კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ წყლის ორთქლის მიმართ მნიშვნელოვანი ადსორბციული ტევადობით ხასიათდება ფილიპსიტები ახალციხიდან, განსაკუთრებითა 200°C-ზე ვაკუუმირების შემდეგ. ფილიპსიტი წინაუბნიდან მსგავსად ამერიკული ნიმუშისა გამოირჩევა თერმოსტაბილობით და ფორების შედარებით დიდი ზომებით.

განსაზღვრულია ფილიპსიტების შიგარისტალურ სტრუქტურაში არსებული კატიონების რაოდენობა. დადგენილია ცალკეული უბნისათვის დამახასიათებელი კატიონური ფორმა.

გამოვლენილია ბუნებრივი ფილიპსიტების მკვეთრი მოლეკულურ-საცრული თვისება წყლის მოლეკულების მიმართ. მეთანოლის მოლეკულები ადსორბირდებიან მხოლოდ კრისტალის მეორადი ფორების ზედაპირზე.

ცხრილი 2. მეთანოლის ორთქლის ადსორბცია და ხვედრითი ზედაპირები ფილიპსიტშემცველი ტუფებისათვის  $t = 20^{\circ}\text{C}$  –ზე, ვაკუუმირების  $t = 350^{\circ}\text{C}$

ფილიპსიტი	a, მმოლ/გ	P/Ps							S, მ <sup>2</sup> /გ
	v, სმ <sup>3</sup> /გ	0.01	0.02	0.05	0.10	0.40	0.60	0.80	
PAL	a	0.15	0.17	0.25	0.30	0.49	0.59	0.77	45
	v	0.006	0.007	0.010	0.012	0.020	0.024	0.031	
PAU	a	0.12	0.15	0.25	0.35	0.54	0.64	0.79	56
	v	0.005	0.006	0.010	0.014	0.022	0.026	0.032	
PTS	a	1.93	2.72	3.46	3.66	3.93	4.10	4.25	137
	v	0.078	0.110	0.140	0.148	0.159	0.166	0.172	
PSH	a	0.69	0.77	0.86	0.99	1.31	1.46	1.83	137
	v	0.028	0.031	0.035	0.040	0.053	0.059	0.074	
PUSA	a	3.73	3.75	3.88	4.00	4.22	4.30	4.40	532
	v	0.151	0.152	0.157	0.162	0.171	0.174	0.178	

ცხრილი 3. ბუნებრივი ფილიპსიტების ელემენტარული უჯრედის კატიონური შედგენილობა

ნიმუში	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>
PAL	0.40	0.33	2.50	0.10
PAU	0.58	0.64	2.00	0.32
PTS	4.50	0.55	0.35	0.10
PSH	1.25	4.10	0.15	0.12
PUSA	4.70	0.50	0.30	0.10

**ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА**

1. *Skhirtladze N.* Genetic Groups of Georgian Zeolites, Their Main and Manifestations. Tbilisi, 1997, p. 27
2. *Tsitsishvili G., Andronikashvili T., Kipov G., Filizova L.* Natural Zeolites. – London: Ellis Horwood, 1992, p. 295
3. Natural Zeolites for the Third Millenium. Editor Garmine Collela and Frederik A. Mumpton De Frede Editore. Napoli, 2000, p. 481

**ADSORPTION PROPERTIES OF PHILLIPSITE-CONTANING TUFFS OF GEORGIA**  
Georgi Tsitsishvili, Vladimer Tsitsishvili, Nanuli Dolaberidze, Manana Nijaradze, Nato Mirdzveli, Maia Alelishvili

**SUMMARY**

Adsorption capacity of samples taken from various sections (PAU, PAL) of Akhaltsikhe deposit, Tsinaubani and village Shukhuti of Guria region (PSH), preliminarily subjected to vacuum at 200 and 350<sup>0</sup>C, were studied at 200<sup>0</sup>C temperature with respect to water and methanol vapor - to characterize adsorption properties of phillipsite-containing tuffs of Georgia. It was proved that natural psillipsites of Akhaltsikhe deposit (PAU, PAL) are less thermostable and only the samples subjected to vacuum at 200<sup>0</sup>C possess significant adsorption capacity to water vapor. Phillipsite from Tsinaubani, which by its adsorption indices is closer to a sample of American deposit, is characterized by the better adsorption capacity. Natural phillipsite clearly reveal molecular-sieve properties to water molecules, while methanol molecules are adsorbed only on the surface of secondary pores of crystals.

**АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ФИЛЛИПСИТСОДЕРЖАЩИХ ТУФОВ ГРУЗИИ**

Г.В.Цицишвили, В.Г.Цицишвили, Н.М.Долаберидзе, М.О.Нижарадзе, Н.А.Мирдзвели, М.В.Алелишвили

**РЕЗЮМЕ**

Для характеристики адсорбционных свойств природных филлипситсодержащих туфов Грузии изучена адсорбционная способность по парам воды и метанола образцов с верхнего и нижнего (PAU и PAL) участков Ахалцихе, с участка Цинаубани и села Шухути гурийского региона, предварительно вакуумированных при температуре 200 и 350<sup>0</sup>C. Установлено, что природные филлипситы месторождения Ахалцихе (PAU и PAL) являются менее термостабильными и только после вакуумирования при 200<sup>0</sup>C образцы характеризуются значительной адсорбционной способностью по парам воды, лучшей адсорбционной способностью характеризуется филлипсит участка Цинаубани, который адсорбционными параметрами приближен к американским образцам. Природные филлипситы ярко выражают молекулярно-ситовые свойства по отношению к молекулам воды, а молекулы метанола адсорбируются лишь только на поверхности вторичных пор кристалла.

**მანგანუმის იონმიმოცვლითი სორბცია ბუნებრივ ფილიპსიტებზე**

ნანული დოლაბერიძე, ნათია ხაზარაძე\*, ნატო მირძველი, მანანა ნიჟარაძე, მარინა სულაძე

*\*აკაკი წერეთლის ქუთაისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*

ბუნებრივი ცეოლიტები, რომლებიც გამოირჩევიან საკმაო მექანიკური სიმტკიცით, აგრესიული არეებისადმი მდგრადობით, იონმიმოცვლისუნარიანობით, დამკვიდრდნენ, როგორც აქტიური და ეფექტური რეგენერირებადი სორბენტები ჩამდინარე წყლებიდან ისეთი ლითონების კატიონების გამოსაყოფად, როგორცაა – ტყვია, მანგანუმი, თუთია და სხვა [1,2].

მანგანუმი მიეკუთვნება ბიოგენური მიკროელემენტების ჯგუფს. მიკროლოზებით იგი ადამიანის ჯანმრთელობისთვის საჭირო ელემენტს წარმოადგენს და მნიშვნელოვან ფუნქციასაც ასრულებს; მაგრამ ორგანიზმში დიდი რაოდენობით მოხვედრისას ამჟღავნებს მაღალ ტოქსიკურობას. მოქმედებს ნერვულ სისტემაზე, იწვევს მძიმე შემთხვევაში პარკისონიზმს, აზიანებს ფილტვებს. ამასთან გამანადგურებლად მოქმედებს ვაზსა და სხვა მცენარეებზე [3].

მანგანუმის დაბინძურებით გამოწვეული დაავადებები ჩნდება იქ, სადაც ხდება ატმოსფეროს, ნიადაგის და წყლების დაბინძურება თუჯის, ფოლადის, გალვანური ელემენტების, მეტალურგიული წარმოებების და სხვა სამრეწველო ნარჩენებით; ასეთ საწარმოს დასავლეთ საქართველოს რეგიონში ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა წარმოადგენს.

ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად აღიარებულია იონმიმოცვლითი სორბციის მეთოდი, რომელიც საკმაოდ სელექტიურია და ეკოლოგიური უსაფრთხოებით გამოირჩევა. სორბენტისა და მისი დამუშავების პირობების შერჩევის შემდეგ ამ მეთოდის გამოყენება უზრუნველყოფს შესაბამისი ლითონის გამოყოფას სხვადასხვა შედგენილობის წყლებისგან.

კვლევის მიზანს შეადგენდა ახალციხისა (PA) და შუხუთის (PSH) საბაღოს ფილიპსიტების, როგორც იონმიმოცვლელების დინამიკური იონმიმოცვლის ტევადობების განსაზღვრა და მათი გამოყენების შესაძლებლობის დადგენა მანგანუმით დაბინძურებული ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად.

მოდელური ხსნარებიდან მანგანუმის კატიონის დაჭერას ვანხორციელებდით დინამიკურ პირობებში ლაბორატორიული იონმიმოცვლელი სვეტების გამოყენებით. ექსპერიმენტისთვის შეირჩა დაწვრილმანებული ფილიპსიტის ფრაქცია ზომებით 0,25 მმ. შეისწავლებოდა, როგორც ბუნებრივი, ისე ნატრიუმის კატიონებით მოდიფიცირებული ნიმუშები (NaPA, NaPSH), მიღებული ბუნებრივი სორბენტის დამუშავებით 1 ნ ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარით. საშუალო სინჯები იტვირთებოდა ლაბორატორიულ იონმიმოცვლელ სვეტებში. სორბენტის ფენის სიმაღლე 5,5 სმ. ყველა ექსპერიმენტი ტარდებოდა დინამიკურ პირობებში მანგანუმშემცველი ხსნარის სვეტში გატარებით, ფილტრატში მანგანუმის იონის არყოფნამდე. ნაკადის ხაზობრივი სიჩქარე ფილტრაციისას იყო 1.0 სმ/წთ-ში. სვეტიდან გამოძვარილი ფილტრატი გროვდებოდა სინჯარებში 10 მლ-იანი ფრაქციებით და ისაზღვრებოდა მათში მანგანუმის შემცველობა ატომურ-აბსორბციული სპექტროფოტომეტრის გამოყენებით. მანგანუმშემცველი საწარმოო წყლის მოდელური ხსნარის გატარება სვეტში მიმდინარეობდა სორბენტის სრულ გაჯერებამდე. გამოთვლილია აღნიშნული ნიმუშების დინამიკური მიმოცვლითი ტევადობები ფილტრატში მანგანუმის კატიონის გამოჩენამდე (ცხრ.1.)

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს ბუნებრივი ფილიპსიტები დინამიკური მიმოცვლის ტევადობით ჩამორჩებიან მონოკატიონურ ფილიპსიტებს, მათში მოძრავი კატიონების ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) ნაკრების არსებობის გამო, რომელთაც იონმიმოცვლის კინეტიკური მახასიათებლების განსხვავებული აბსოლუტური მნიშვნელობები აქვთ. აღნიშნული მეთოდიკით მანგანუმის საკვლევ ხსნარში კონცენტრაცია მცირდება 150 მგ/ლ-დან 3-5 მგ/ლ-მდე. ფილიპსიტის სორბციული ტევადობის აღდგენა მანგანუმის კატიონებთან მიმართებაში ხორციელდება ნატრიუმის ან კალიუმის ქლორიდების წყალხსნარების გამოყენებით. მრავალციკლიანი გამოყენების შემდეგ ნამუშევარი ფილიპსიტი გამოსადეგია პოლიფუნქციური მოქმედების (ნიადაგის სტრუქტურირება, მიკროელემენტების პროლონგირებული შეტანა, რეგულირებული დატენიანება) მიკრო სასუქად [4].

ცხრილი 1. ფილიპსიტების დინამიკური იონმიმოცვლითი ტევადობები

სორბენტი	დინამიკური მიმოცვლითი ტევადობა, მგ-ექვ/ლ
NaPA	2,5
PA	2,0
NaPSH	1.90
PSH	1.41

ცხრილი 2 გამოსავალი ხსნარის კონცენტრაციის გავლენა ბუნებრივი და მოდიფიცირებული ფილიპსიტებით მანგანუმის იონმიმოცვლით სორბციაზე

გამოსავალი ხსნარის კონც. C, ნ.		0.1	0.2	0.5	1.0	1.5
ცეოლითში Mn-ის შემცველობა, %	PSH	0.43	0.55	2.43	4.26	6.29
	NaPSH	0.82	0.91	2.88	4.65	6.83
	PA	0.63	0.76	2.85	4.53	7.15
	NaPA	0.92	1.05	3.25	5.21	8.35

ცხრილი 3. ტემპერატურის და დამუშავების დროის გავლენა მანგანუმის იონის სორბციის პროცესზე ბუნებრივი და მოდიფიცირებული ფილიპსიტებით

T°C	ცეოლითი	ცეოლითში მანგანუმის ჩანაცვლება,%		
		1სთ	3 სთ	5 სთ
25	PSH	-	-	0.8
	NaPSH	0.2	0.5	1.0
	PA	0.4	1.0	1.5
	NaPA	0.55	1.3	2.0
50	PSH	2.35	2.40	2.61
	NaPSH	4.00	4.05	4.22
	PA	4.45	4.50	4.45
	NaPA	4.70	4.85	5.02
100	PSH	2.45	2.65	2.85
	NaPSH	2.58	2.81	2.93
	PA	4.55	4.66	4.22
	NaPA	4.83	5.00	5.25

შევისწავლეთ ბუნებრივი ფილიპსიტებით მანგანუმის იონმიმოცვლით სორბციაზე ტემპერატურის, დამუშავების დროის, გამოსავალი ხსნარის კონცენტრაციის გავლენა. შედეგები მოტანილია ცხრილებში [2,3]. ექსპერიმენტის შედეგებიდან ჩანს, რომ პროცესის მიმდინარეობის დროის, ტემპერატურის და საწყისი ხსნარის კონცენტრაციის გაზრდა იწვევს ბუნებრივი ცეოლითებით მანგანუმის იონების სორბციის ზრდას.

აღსანიშნავია, რომ პროცესი უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს PA-ში, ვიდრე PSH-ში, რაც ალუმინსილიკატური კარკასის უარყოფითი მუხტის მაკომპენსირებელი, მიმოცვლაში მონაწილე, კატიონების რიცხვის სხვადასხვაობითაა გამოწვეული [5]. ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ბუნებრივი ფილი-პსიტი ახალციხის საბადოდან და მისი ნატრიუმთან ფორმა ხასიათდება დიდი დინამიკური მიმოცვლის ტევადობით მანგანუმის კატიონის მიმართ. რაც ამ ცეოლითებით, მანგანუმის კატიონებისაგან, ჩამდინარე წყლების გაწმენდის საშუალებას იძლევა.

**ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА**

1. *Tsitsishvili G., Andronikashvili T., Kirov G., Filizova L.* Natural Zeolites. – London: Ellis Horwood, 1992, 295 p.
2. Natural Zeolites for the Third Millenium. Editor Garmine Collela and Frederik A. Mumpton de Frede Editore . Napoli, 2000, 481p.
3. *ლეკვიშვილი ე.* მომწამლავი ნივთიერებები წარმოებაში, სოფლის მეურნეობასა და ყოფილ ცხოვრებაში. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2008, 170 გვ.
4. *ციციშვილი ვ., დოლაბერიძე ნ., ალელიშვილი მ.* ბუნებრივი ფილიპსიტების, როგორც მიკროელემენტების მატარებლების პოტენციურად სასარგებლო თვისებების შეფასება. საქ. მეცნ.აკად. მაცნე, 2003, ტ.29, 3-4, გვ. 271-276
5. *Van der Waal J.C., Van Bekkum H. J.* Porous Mat., 1998, p.288-293.

**ION-EXCHANGE SORPTION OF MANGANESE OVER NATURAL PHILLIPSITES**

Nanuli Dolaberidze, Natia Khazaradze\*, Nato Mirdzveli, Manana Nijaradze, Marina Suladze  
*\*Akaki Tsereteli Kutaisi State University*

**SUMMARY**

Ion-exchange sorption of manganese was studied over natural phillipsite of Georgian origin (Akhalsikhe deposit-PA and Shukhuti deposit PSH). Their dynamic ion-exchange volume capacities are determined. Optimal conditions were defined at which maximum extraction of manganese cation was achieved from water solutions and when it was concentrated in aluminum silicate carcass of the zeolite. On the base of the obtained data phillipsite from the Akhalsikhe deposit has been recommended for cleaning drainage waters from manganese cations and for using worked zeolite as microelements-containing fertilizer.

**ИОНООБМЕННАЯ СОРБЦИЯ МАРГАНЦА НА ПРИРОДНЫХ ФИЛЛИПСИТАХ**

Н.М.Долаберидзе, Н.Т.Хазарадзе\*, Н.А.Мирдзвели, М.О.Нижарадзе, М.Б.Суладзе  
*\*Кутаисский Государственный университет им. А.Церетели*

**РЕЗЮМЕ**

Изучена сорбция ионов марганца на природных филлипситах Грузии (месторождения Ахалцихе РА и месторождения Шухути PSH). Определены их динамические ионообменные ёмкости. Установлены оптимальные условия, при которых достигается максимальное извлечение катионов марганца из водных растворов и концентрирование в алюмосиликатном каркасе цеолита. На основании полученных данных рекомендовано использование филлипсита месторождения Ахалцихе для очистки сточных вод от катионов марганца и применение отработанного цеолита в качестве микроэлементсодержащего удобрения.

**THE METHOD OF ESTERIFICATION OF SOME AMINO ACIDS FOR SEPARATION BY CAPILLARY GAS-CHROMATOGRAPHY**

Koba Amir Khanashvili, Nana Nadiradze, Rusudan Vardiashvili\*, Neli Sidamonidze\*, Shorena Gagua\*, Ketevan Gamkrelidze

*\*Iv. Javakhishvili Tbilisi State University*

Chromatography has become one of the most indispensable methods for separation of volatile and non-volatile biochemical compounds. Amino acids belong to non-volatile components and for their separation it is necessary to protect functional groups by oxidation, acetylation or alkylation.

The study of separation and determination of amino acid derivatives by the method of gas-adsorption chromatography covers comparatively few works, in spite of the process rapidity, its automatization accessibility and possibility to separate components with similar properties. This is caused by low volatility of these compounds. There are more scientific works interms using of high effective liquid chromatography [3]. To increase the density of amino acid vapors, they are transformed into ethylic esters [1, 2]. But these methods do not give opportunity for the analyses of all amino acids and they are applicable only in the case if partial analysis of amino acids meets the requirements of a specific problem.

In the present work concerning the study of separation for some amino acids the following method has been used: methanol saturated with sulphuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) was added to amino acid or amino acid mixture and obtained mixture was boiled within 68-70<sup>0</sup>C during 5 hours. The process of neutralization was conducted by 2N KOH, with its further transformation into a base, which was filtered and distilled on a water bath within 40-50<sup>0</sup>C. Obtained sample mixtures were analyzed by capillary gas-chromatography. The results were compared with Beyer's methods [2]. According to given methods, received amino acids are characterized by better vaporization.

A gas-chromatograph equipped with a flame ionization detector (FID) was used, column temperature was changing within 100-200<sup>0</sup>C, carbon dioxide was used as a mobile phase, flow rate 10-12 ml/sec. Methyl esters of amino acids were examined on stainless steel capillary column 40 m in length and 0.25 mm I.D. coated with stationary phase OV-1.

Table 1. Retention times (t<sub>R</sub>) of methyl esters of amino acids obtained through capillary column with OV-1, carrier gas CO<sub>2</sub>, at the flow rate 10 ml/min.

<i>Esters of Amino Acids</i>	Column Temperatures <sup>0</sup> C				
	135	145	155	165	175
alanine	0.55	0.55	0.45	0.35	0.35
valine	1.15	1.10	1.05	1.00	1.00
leucine	2.55	2.50	2.35	1.55	1.55
iso-leucine	2.70	2.70	2.45	1.45	1.35
asparaginic acid	6.50	6.30	5.35	3.30	3.10
glutamic acid	12.30	11.20	7.10	4.20	4.10
tryptophan	–	–	10.30	8.20	6.15

To estimate the separation of studied amino acid mixtures the following chromatographic characteristics have been calculated: retention time of separate compounds (t<sub>R</sub>), asymmetry factor at peak base (k<sub>as</sub>), number of theoretical plates (n), and height equivalent to a theoretical plate (H) [4, 5]. It is obvious that according to given data in tables 1-3, methyl esters of amino acids are eluted better from the column at 165-175<sup>0</sup>C in the following order: valine, alanine, leucine, iso-leucine, asparaginic-acid, glutamic-acid, tryptophan.

Table 2. Asymmetry factors ( $k_{as}$ ) for components of test mixtures on stationary phase OV-1 (column 40mx 0.25 mm), carrier gas CO<sub>2</sub>.

<i>Esters of Amino Acids</i>	Asymmetry factors at peak base ( $k_{as}$ )				
	135	145	155	165	175
alanine	0.55	0.55	0.86	0.92	1.00
valine	0.54	0.57	0.75	0.90	0.95
leucine	0.87	0.88	0.90	0.91	0.91
iso-leucine	0.89	0.89	0.91	0.91	0.93
asparaginic acid	0.45	0.55	0.70	0.75	0.80
glutamic acid	0.45	0.45	0.75	0.75	0.81
tryptophan	–	–	0.65	0.67	0.75

Table 3. Number of theoretical plates (n) and height equivalent to a theoretical plate (H) for the separate compounds on stationary phase OV-1 (column 40m x 0.25 mm.) carrier gas CO<sub>2</sub>.

Esters of Amino Acids	Column Temperatures °C									
	135		145		155		165		175	
	n	H (mm)	n	H (mm)	n	H (mm)	n	H (mm)	n	H (mm)
alanine	3600	1.70	3600	1.70	6400	1.65	6500	1.61	6500	1.61
valine	2220	1.78	2220	1.78	3136	1.63	3136	1.63	3625	1.52
leucine	2766	1.68	3115	1.64	3453	1.52	3553	1.62	4333	1.29
iso-leucine	3330	1.51	3330	1.51	4000	1.40	4150	1.39	3683	1.20
asparaginic acid	2646	1.72	2479	1.76	3900	1.61	3900	1.61	3955	1.41
glutamic acid	2560	1.84	2560	1.84	2988	1.71	2991	1.63	3600	1.59
tryptophan	–	–	–	–	1124	3.57	1138	3.42	2875	2.39

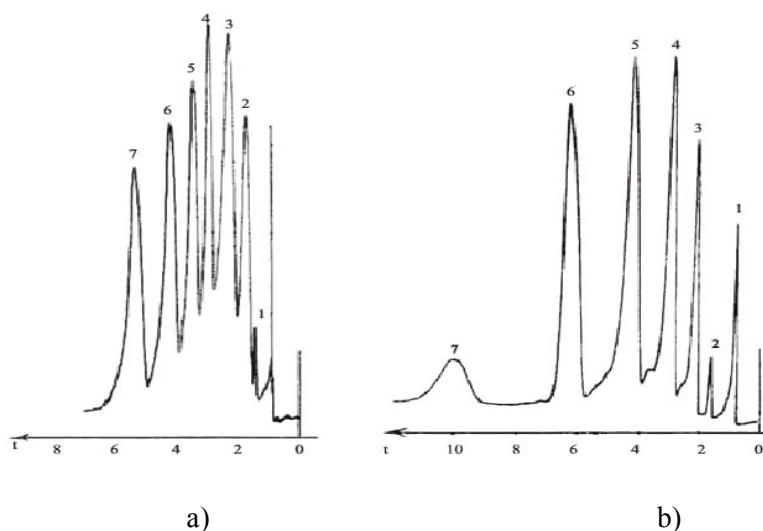


Fig. 1. Separation of some amino acid mixture by etherification and acetylation at column temperatures 165°C a) and 175°C b).

Peaks: 1. valine, 2. alanine, 3. leucine, 4. iso-leucine, 5. asparaginic-acid, 6. glutamic-acid, 7. tryptophan.

The acetylation of some amino acid esters has been studied [2]. The separation of obtained amino acid mixtures was shown on the chromatogram [Fig. 1]. The acetylation of components turned to be better than the result of the etherification.



The usage of CO<sub>2</sub> as carrier gas, due to its high density, decreases the analysis time, improves asymmetry of chromatographic zones and increases column efficiency [6].

Proposed method of esterification of some optically inactive amino acid mixtures for capillary chromatographic separation gives satisfactory results and the usage of CO<sub>2</sub> as carrier gas improves elution and separation of studied amino acid component mixtures.

**ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Г. Берчфилд, Е. Сторсс. Газовая хроматография в биохимии. М. Мир. 1964, 619с.
2. Е.Н. Суназова, В.И. Трубников, К.И. Сакодынский. Газовая хроматография аминокислот., М. Наука, 1976, 80 с.
3. А. Хеншен, К.П. Хюне, Ф. Лопспайт, В. Велтер. Высокоэффективная жидкостная хроматография в биохимии. М. Мир, 1988, с.678
4. А.Н. Король. Неподвижные фазы в газожидкостной хроматографии. М.Мир, 1987, 260с.
5. К.Д. Амирханашвили, Н.И. Далбашвили, Н.А. Надирадзе. Изучение адсорбционных свойств капиллярной колонки с неподвижной фазой SE-30 при использовании разных газ-носителей. GEN N1, 2002, с. 102

**რაცემატული ამინომჟავების აქროლადი ნაერთების მიღება და მათი დამოწმების კვლევა კაპილარულ ქრომატოგრაფიული მეთოდით**

კობა ამირხანაშვილი, ნანა ნადირაძე, რუსუდან ვარდიანიძე\*, ნელი სიდამონიძე\*, შორენა გაგუა\*, ქეთევან გამყრელიძე  
 \* ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

**რეზიუმე**

კაპილარულ ქრომატოგრაფიული მეთოდის გამოყენებით ჩატარებულია ზოგიერთი რაცემატული ამინომჟავების მეთილ-ეთერების ქრომატოგრაფიული კვლევა. შემუშავებულია ამინომჟავების აქროლად ნაერთებში გადაყვანის მეთოდიკა. მიღებულია ამინომჟავების მეთილ-ეთერები და მათი აცილირებული ფორმები. კაპილარულ ქრომატოგრაფიული მეთოდის გამოყენებით შესწავლილია მიღებული ნარეგების ანალიზი. კვლევები ტარდებოდა OV-1 უძრავი ფაზით დაფარული უჟანგავი ფოლადის სვეტზე (0.25მმx40მ.), აირ-მატარებლად გამოყენებულია ე.წ. “მძიმე აირი” CO<sub>2</sub> დადგენილია ამინომჟავების ეთერების ელუირების მიმდევრობა: ალანინი, ვალინი, იზოლეიცინი, ლეიცინი, ასპარგინის მჟავა, გლუტამინის მჟავა, ტრიფტოფანი. ოპტიმალურ სამუშაო ტემპერატურად დადგენილია 165-175<sup>0</sup>C.

**ПОЛУЧЕНИЕ ЛЕТУЧИХ СОЕДИНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ РАЦЕМАТНЫХ АМИНОКИСЛОТ И ИХ РАЗДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ**

Коба Амирханашвили, Нана Надирадзе, Русудан Вардианишвили\*, Нели Сидамонидзе\*, Шорена Гагуа\*, Кетеван Гамкрелидзе  
 \*Тбилисский Государственный Университет им. Иване Джавахишвили

**РЕЗЮМЕ**

Исследовано разделение метиловых эфиров и ацильных производных некоторых аминокислот на капиллярной колонке с неподвижной фазой OV-1. Показано, что применение CO<sub>2</sub> в качестве газ-носителя улучшает разделение компонентов смеси изучаемых аминокислот, увеличивает симметричность хроматографических зон, повышает разделительную способность и эффективность капиллярной колонки, сокращает продолжительность анализа.

## ასკანგელის კარბონიზირება ორბანულ ნაერთებში

ლეილა ჯაფარიძე, ციალა გაბელია, ეთერ სალუქვაძე, სპარტაკ უროტაძე

შესწავლილია საქართველოს ბენტონიტის – ასკანგელის კარბონიზირების პროცესი ორგანულ არეებში. დადგენილია, რომ კარბონიზირებისას მინერალის შიგარისტალური მესერის აღნაგობა არ იცვლება, გარე ზედაპირი კი იფარება ორგანული ნაერთების თერმოდესტრუქციის პროდუქტებით. ნავთობპროდუქტებში კარბონიზირებული ასკანგელის, როგორც შემავსებლის, გამოყენება შესაძლებელია რეზინისა და სამშენებლო მასალების წარმოებაში. ნახშირწყლებით მოდიფიცირებული მაღალდისპერსული ასკანგელი რეკომენდირებულია სორბენტად უროლოგიაში.

კარბონიზირებული დისპერსული მინერალები კომპოზიციური მასალების სპეციფიკურ სახეობას წარმოადგენენ. მათი მიღება ხორციელდება ბუნებრივი დისპერსული სილიკატების თერმული დამუშავებით სხვადასხვა ორგანულ ნაერთებში. ამ გზით შესაძლებელია ორგანომინერალური აღსორბენტების, პოლიმერული არეების შემავსებლების, კერამიკული და სამშენებლო ჰერმეტიკული მასალების მიღება [1].

ნაშრომში მოყვანილია ასკანას ადგილმდებარეობის (საქართველო, ოზურგეთის რ-ნი) ბენტონიტური თიხის – ასკანგელის კარბონიზირების შედეგები განსხვავებული ქიმიური ბუნების ორგანულ ნაერთებში (ნახშირწყალბადები, ნახშირწყლები).

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა პრაქტიკული დანიშნულების მქონე ასკანგელის კარბონიზირებული მოდიფიკაციების მიღება. ნახშირწყალბადებით (ნავთობის გამოხდის ზეთოვანი ფრაქცია 300-450<sup>0</sup>C) მოდიფიცირებული ბუნებრივი ასკანგელის, როგორც შემავსებლის, გამოყენება შესაძლებელია რეზინის ნაკეთობებისა და სამშენებლო მასალების წარმოებაში. ნახშირწყლებით (მელასა, გლუკოზა) კარბონიზირებული მაღალდისპერსული ასკანგელი რეკომენდირებულია სამედიცინო სორბენტებად.

დადგენილია, რომ კარბონიზირების პროცესი დამოკიდებულია მოდიფიკატორისა და ობიექტის (თიხის) ბუნებაზე (დისპერსულობა, გაცვლითი კომპლექსის შედგენილობა). აქტიური მაჰიდროფობიზირებელი უნარით ხასიათდებიან არომატული ნახშირწყალბადების მაღალი შემცველობის ნავთობპროდუქტები [2]. კარბონიზირების შედეგად ასკანგელის მაღალჰიდროფილური თვისების შეცვლა ჰიდროფობურით დადასტურდა კოლოიდურ-ქიმიური თვისებების, კერძოდ, იონმიმოცვლითი, ელექტრული, დასველების სითბოს და გაჯირჯვების უნარის მკვეთრი შემცირებით, რასაც თან ახლდა ბენზოლისა და სხვა ორგანული ნაერთების მიმართ აღსობციული მახასიათებლების ზრდა.

კარბონიზირებული ნიმუშების ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით კვლევის საფუძველზე (ფორომეტრია, იწ-სპექტროსკოპული, ელექტრონულმიკროსკოპული, რენტგენულ-დიფრაქტომეტრული და თერმოგრაფიული ანალიზი) ახსნილია კარბონიზირების პროცესის ზოგიერთი თავისებურება [3]. კარბონიზირების პროცესი, როგორც ჩანს, განპირობებულია მოდიფიკატორის თერმული დაშლით, მისი ფაზური მდგომარეობით თიხის ზედაპირთან აქტიური ურთიერთმოქმედების მომენტში. კარბონიზირება მიმდინარეობს მეზოფორებში, მიკროფორები მოდიფიკაციაში პრაქტიკულად არ მონაწილეობენ. იწ-სპექტრებზე ვერ ხერხდება Si-C და Si-O-C კავშირების შესაბამისი შთანთქმის ზოლების დაფიქსირება, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ნახშირბადოვანი ნაერთების ქიმიური ფიქსაცია ასკანგელის ზედაპირზე არ ხდება. ისინი ვერ აღწევენ მინერალის ფენებს შორის სივრცეში, ასკანგელის საკონტროლო და კარბონიზირებული ნიმუშების შიგარისტალური მესერი ერთნაირია, გარე ზედაპირი კი დაფარულია ნახშირბადოვანი ნაშთის თანაბარი ფენით (ელექტრონულ მიკროსკოპულ სურათებზე არ შეიმჩნევა ცალკეული გრაფიტოვანი ჩანართები), რაც იწვევს თიხის ჰიდროფობიზაციას. ნახშირბადის და წყალბადის რაოდენობრივი განსაზღვრის საშუალებით გამოთვლილია თერმოდესტრუქციის პროდუქტების ელემენტური ფორმულები CH<sub>1,23</sub>-CH<sub>1,68</sub>, რომლებიც შეესაბამება 11,82–8,83% ნახშირბადის რაოდენობას (ცხრილი). ეს მაჩვენებელი კოქსის შედგენილობის ზოგადი ფორმულის ფარგლებშია.

სოლარის ზეთით მოდიფიცირებული ბუნებრივი ასკანგელის გამოყენება შესაძლებელია შემავსებლად რეზინის წარმოებაში. კარბონიზირებული ასკანგელის გამოყენება ძვირადღირებული და

ცეცხლსაშიში ჭვარტლის ნაცვლად, აუმჯობესებს შრომისა და უსაფრთხოების პირობებს, ანიჭებს ნაკეთობას დრეკად-პლასტიკურ თვისებებს.

ცხრილი. ასკანგელის კარბონიზირებული ზედაპირების ელემენტური ფორმულები და C/H შემცველობა

№	ნიმუში	C, %	H, %	C/H თანაფარდობის ფორმულა
1	სოლარის ზეთით მოდიფიცირებული ბუნებრივი ასკანგელი	1.82	1.40	CH <sub>1.23</sub>
2	გლუკოზით მოდიფიცირებული მაღალდისპერსული ასკანგელი	9.86	0.64	CH <sub>0.78</sub>
3	საკონტროლო – ბუნებრივი ასკანგელი	0	0.25	–

გლუკოზით და მელასით მოდიფიცირებული მაღალდისპერსული ასკანგელის, როგორც სორბენტის, გამოყენება რეკომენდირებულია უროლოგიაში, კრეატინინისა და კალიუმის იონების აღსორბციისათვის.

**ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА**

1. *Овчаренко Р. Ф.* - Успехи коллоидной химии. ФАН, 1987, с. 41-62.
2. *Меликадзе Л.Д., Годердзишвили К.Г., Зульфугаров Дж.И.*; Изучение микроэлементов в нефти Грузии. Тбилиси, Мецниереба, 1976, с. 57-63.
3. *Кобахидзе Б. И., Куридзе Л. В., Джапаридзе Л. К., Салуквадзе Э. Ш., Габелиа Ц. С., Кашиа Л. Ф.* Термические свойства природного и карбонизированного бентонита аскангеля и его монокатионзамещенных форм; Известия АН Грузии, сер. хим., 2006, т. 32, №3-4, с 377-381.

**PROCESS OF CARBONIZATION OF ASKANGEL IN ORGANIC AREA**

Leila Japaridze, Tsiala Gabelia, Eter Salukvadze, Spartak Urotadze

**SUMMARY**

Process of carbonization of Georgian bentonite - askangel in organic area was investigation. No change in innercrystalic structure of mineral was observed. But surface was covered by organic compound, products of thermo destruction. Askangel, carbonized in oil products, is recommended as filler in production of rubber and constructing germetics, high dispersed Askangel, carbonized by hydrocarbons, in urology (for adsorption of creatine and potassium ions)

**КАРБОНИЗИРОВАНИЕ АСКАНГЕЛЯ В ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ**

Л.К.Джапаридзе, Ц.С.Габелиа, Е.Ш.Салуквадзе, С.Л.Уротадзе

**РЕЗЮМЕ**

Исучен процесс карбонизирования грузинского бентонита – аскангеля в органических средах. Установлено, что при карбонизировании изменение строении внутрикристаллической решетки минерала не происходит, а внешняя поверхность покрывается продуктами термодеструкции органических веществ. Аскангель, карбонизированный в нефтепродуктах рекомендуется использовать в качестве наполнителей в производстве резин и строительных герметиков, а высокодисперсный аскангель (карбонизированный в углеводах), в урологии для адсорбции креатенина и ионов калия.

**ტოქსიკური აირადი და ორბანული ნაერთების ღრმა დაშანგვა  
მოდიფიცირებული ცეოლითური კატალიზატორების თანაობისას**

ღალი იოსელიანი, ნელი ყალაბეგაშვილი, თამარ შატაკიშვილი

თანამედროვეობის უმნიშვნელოვანეს პრობლემებს შორის დღეისათვის განსაკუთრებით აქტუალურია გარემოს დაცვის პრობლემა. ავტოტრანსპორტისა და მრეწველობის განვითარებასთან ერთად გარემოს დაბინძურებამ ბევრად გადააჭარბა ეკოლოგიურად უსაფრთხო ზღვარს, განსაკუთრებით საშიშ დონეს მიაღწია საჭაერო ავზის დაჭუჭყიანებამ.

გარემოს დაცვის ტექნოლოგიური საკითხების გადასაწყვეტად ყველაზე ეფექტური გზაა კატალიზური ღრმა დაჟანგვის რეაქციების გამოყენებით უვნებელ პროდუქტებად ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ) გარდაქმნა ისეთი მაღალტოქსიკური აირებისა, როგორცაა: ნახშირბადის ოქსიდი, აზოტის ჟანგულები და ორგანული ნივთიერებები. აღნიშნული მეთოდის პრაქტიკაში დასანერგად საჭიროა მაღალაქტიური და სელექტიური კატალიზური სისტემების შექმნა და არსებული კატალიზური სისტემების სრულყოფა.

უკანასკნელ წლებში ჟანგვის კატალიზატორებად გამოყენების თვალსაზრისით დიდ ინტერესს იმსახურებენ დაფენილი ოქსიდური და გარდამავალი ელემენტებით მოდიფიცირებული ცეოლითური კატალიზატორები. ისინი ხასიათდებიან მაღალი კატალიზური აქტიურობით, სელექტიურობით, სტაბილურობით და სხვა უნიკალური თვისებებით [1-2].

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში დიდი ხანია მიმდინარეობს გარდამავალი ელემენტებით მოდიფიცირებული სხვადასხვა სტრუქტურული ტიპის ბუნებრივი და სინთეზური ცეოლითური კატალიზატორების აქტიურობის და სტაბილურობის განმსაზღვრელი ფაქტორების კვლევა ნახშირბადის მონოოქსიდის და ორგანული ნაერთების (ო, პ-ქსილოლების, ეთილბენზოლის, ტოლუოლის) მოლეკულური ჟანგბადით დაჟანგვის რეაქციებში, ასევე ამ ფაქტორების დამოკიდებულების შესწავლა ცეოლითების მომზადების მეთოდებსა და მათი წინასწარი დამუშავების პირობებზე.

შესწავლილია ო,პ-ქსილოლების ღრმა დაჟანგვის რეაქციები ბუნებრივი ცეოლითის – კლინოპტილოლიტის (კლნ),  $NaX$  და  $Al_2O_3$  საფუძველზე დამზადებული კატალიზატორების თანაობისას [3-7]. მათი მომზადების მეთოდები და ცდის ჩატარების პირობები მოცემულია ნაშრომში [8].

თუ შევადარებთ გამოკვლეული კატალიზატორების თანაობისას ო,პ-ქსილოლების კონვერსიის ხარისხს (ცხრ. 1) მათი ღრმა დაჟანგვის რეაქციებში, ვნახავთ, რომ ყველაზე დაბალი აქტიურობა გამოამჟღავნა კლინოპტილოლიტის საწყისმა ფორმამ. მისმა მოდიფიცირებამ  $HCl$  და  $NH_4Cl$ -ით მკვეთრად გაზარდა ქსილოლების კონვერსიის ხარისხი. ბუნებრივი კლინოპტილოლიტის დაბალი აქტიურობა სავარაუდოდ გამოწვეულია იმით, რომ ქსილოლის მოლეკულის დიამეტრი მეტია კლინოპტილოლიტის შესასვლელი ფანჯრის კინეტიკურ დიამეტრზე, ამიტომ მას არ შეუძლია შეაღწიოს შიგაკრისტალურ სტრუქტურაში არსებულ დამჟანგველ ცენტრებამდე. ზედაპირზე დამჟანგველი ცენტრების რაოდენობა კი მეტად მცირეა. კლინოპტილოლიტის მოდიფიცირებამ  $HCl$  და  $NH_4Cl$  ხსნარებით გამოიწვია ცეოლითის დეკატიონირება, მისი ფორების გაფართოება და დამჟანგველ ცენტრებამდე ქსილოლის მოლეკულების შეღწევაადობის გაზრდა, რამაც შესაბამისად განაპირობა მისი აქტიურობის მატება [3].

დადგენილია, რომ გარდამავალ ( $Fe$ ,  $Co$ ) და კეთილშობილ ( $Pd$  ან  $Pt$ ) მეტალთა შეტანისას კლინოპტილოლიტში მნიშვნელოვნად იზრდება მათი ჟანგვითი უნარი და კონვერსიის ხარისხი. კატალიზატორებს, რომლებიც შეიცავენ გარდამავალ მეტალებს, აქვთ უნარი რეაქცია წარმართონ ღრმა დაჟანგვის მიმართულებით  $310^{\circ}C$ -ის ზევით და მაღალი მოცულობითი სიჩქარის პირობებში. რაც შეეხება კატალიზატორებს, რომლებიც შეიცავენ  $Pd$  და  $Pt$ , მათი მაღალი აქტიურობა აიხსნება იმით, რომ აღნიშნული კატიონები მეტად აქტიურები არიან ნახშირწყალბადების დაჟანგვის რეაქციებში. სავარაუდოდ ცეოლითში ისინი განიცდიან მიგრაციას, გადაინაცვლებენ კატალიზატორის ზედაპირთან ახლოს, იკავებენ მეტად ხელსაყრელ ადგილებს დასაჟანგი მოლეკულების მიმართ, რის შედეგადაც იზრდება კატალიზატორის აქტიურობა და, შესაბამისად, ქსილოლების კონვერსია.

ცხრილი 1. ო- და პ-ქსილოლის ღრმად დაჟანგვა ბუნებრივ მოდიფიცირებულ კლინობტილოლიტზე (მკლნ), რეაქციის ტემპერატურა 400°C

№	კატალიზატორის შედგენილობა, %	კონვერსიის ხარისხი, %		კატალიზატორის მომზადების მეთოდი
		ო-ქსილოლი	პ-ქსილოლი	
1	კლნ	40,62	41,27	დაფენით
2	მკლნ	84,79	84,34	წინასწარ მოდიფიცირებული HCl და NH <sub>4</sub> Cl
3	pd(2)/მკლნ	94,55	94,52	წ. მოდ. HCl და NH <sub>4</sub> Cl და დაფენით
4	Fe(5)/კლნ	55,0	70,3	იონმიმოცვლით
5	Fe(5)/კლნ		56,7	დაფენით
6	Ag(2)/მკლნ	68,0	77,2	წ. მოდ. HCl და NH <sub>4</sub> Cl და დაფენით
7	1,01%Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /კლნ	69,0		გაზოაღსორბციული
8	Co(5)Fe(5)/კლნ		52,1	დაფენით
9	Ni(5)Cr(5,5)/კლნ	70,2	45,30	დაფენით
10	NiCr/მკლნ	71,66	88,14	წ. მოდ. HCl და NH <sub>4</sub> Cl და დაფენით
11	Ag(2)Cu(6)/მკლნ	60,63	70,27	წ. მოდ. HCl და NH <sub>4</sub> Cl და დაფენით
12	АПК Pd(2)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	89,0	95,5	საწარმოო
13	ГИАП-8 Ni(8)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	61,0	57,0	საწარმოო

ნაჩვენებია, რომ ო,პ-ქსილოლების დაჟანგვის პროცესში შეიძლება ეფექტურად იქნას გამოყენებული სამრეწველო (მეორადი) კატალიზატორი – АПК – Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (ცხრილი 1). აღნიშნულ რეაქციებში შესწავლილია აგრეთვე კლინობტილოლიტის ბაზაზე დამზადებული ბიმეტალური კატალიზატორები [4-6]. ნაჩვენებია, რომ აღნიშნული კატალიზატორების აქტიურობას განაპირობებს როგორც ელემენტის ბუნება, ასევე მისი რაოდენობა. ქსილოლების დაჟანგვის რეაქციებში შედარებით მაღალი აქტიურობა გამოამჟღავნა NiCr/კლნ კატალიზატორმა, ხოლო AgCu/კლნ კატალიზატორის ნაკლები აქტიურობა შეიძლება აიხსნას სპილენძის შედარებით დიდი რაოდენობით (6%), რომელიც ბლოკავს ვერცხლის კატიონებს და ხელს უშლის ქსილოლის მოლეკულების შეღწევას კატალიზატორში.

ო-ქსილოლის ღრმა დაჟანგვა შესწავლილია აგრეთვე Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> და ბუნებრივი და სინთეზური ცეოლითების ბაზაზე მომზადებული რკინა-ქრომის მეტალურ კატალიზატორებზე, რომლებიც მიღებულია აქროლადი ნაერთების Fe(CO)<sub>5</sub> და CrO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> აღსორბციით ზემოჩამოთვლილ სარჩულეებზე [4]. ნაჩვენებია, რომ აღნიშნული ნაერთების აღსორბციის თანმიმდევრობის ცვლილება იწვევს კატალიზატორების შედგენილობის შეცვლას. 300-350°C ტემპერატურაზე სინთეზური და ბუნებრივი ცეოლითის ბაზაზე მომზადებული კატალიზატორები შედარებით მაღალ აქტიურობას იჩენენ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ის საფუძველზე მომზადებულ კატალიზატორებთან შედარებით, რაც შეიძლება აიხსნას სარჩულეების ქემოსორბციის სხვადასხვა უნარით გამოყენებული Fe(CO)<sub>5</sub> და CrO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> ნაერთების მიმართ.

გამონაბოლქვი აირების ეთილბენზოლისა და ტოლუოლისაგან გაწმენის პროცესის შესწავლის მიზნით გამოკვლეულია ბუნებრივ კლინობტილოლიტზე რკინის, ბისმუტის, მოლიბდენის და ვერცხლის ოქსიდებით დაფენილი და აგრეთვე, საწარმოო მეორადი (ნამუშევარი) კატალიზატორები АПК და ГИАП-8 (ცხრილი 2).

კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ სხვადასხვა კატალიზატორებზე ტოლუოლის გარდაქმნის შედეგად მიღებული კატალიზატორები შეიცავენ პარციალური და ღრმა დაჟანგვის პროდუქტებს და მათი თვისობრივი და რაოდენობრივი შედგენილობა ზოგ შემთხვევაში მკვეთრად განსხვავდება. ნაჩვენებია, რომ 325-450°C ტემპერატურის და ტოლუოლი:ჟანგბადი:წყალი=1:2:2 მოლური თანაფარდობის პირობებში ტოლუოლის ჟანგვის პროდუქტებს წარმოადგენენ ბენზალდეჰიდი, ბენზოის მჟავა, ბენზოლი, ფენოლი, ნახშირბადის ოქსიდები და სხვა არაიდენტიფიცირებული პროდუქტები. ზემოთ ჩამოთვლილ კატალიზატორებზე პროცესი მიდის პარციალური და ღრმა დაჟანგვის მიმართულებით. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/კლნ და Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/კლნ კატალიზატორებმა გამოამჟღავნეს უფრო მაღალი აქტიურობა ღრმა დაჟანგვის რეაქციებში [9].

იგივე რკინის და ბისმუტის ოქსიდები და საწარმოო ნამუშევარი (მეორადი) – АПК და ГИАП-8 კატალიზატორები შესწავლილია ეთილბენზოლის ღრმა კატალიზური დაჟანგვის პროცესში. გამოვლენილია ეფექტური კატალიზატორი АПК და დადგენილია რეაქციის ოპტიმალური პირობები.

აღნიშნულ კატალიზატორზე ნახშირბადის დიოქსიდის მაქსიმალური გამოსავალი შეადგენს 53%-ს ეთილბენზოლის 79% კონვერსიისას [10].

ცხრილი 2. ეთილბენზოლის და ტოლუოლის დაჟანგვა სხვადასხვა კატალიზატორებზე

კატალიზატორი	ცდის ტემპერატურა, °C	საერთო კონვერსია, %		ტოლუოლის დაჟანგვით მიღებული კატალიზატის შედგენილობა, %					
		ტოლუოლი	ეთილბენზოლი	ტოლუოლი	ბენზალდეჰიდი	ბენზოის მჟავა	ბენზოლი	ფენოლი	არაიდენტიფიცირებული ნაერთი
Ag <sub>2</sub> O/კლნ	350	64,2		53,5	15,4	10,5	13,1	1,3	6,2
	400	84,5		49,9	16,7	7,6	15,3	1,6	8,9
	450	86,1		40,2	16,6	2,5	18,2	-	10,0
MoO <sub>3</sub> /კლნ	350	53,1		73,8	7,6	4,0	6,0	0,2	8,1
	400	51,7		71,9	8,8	2,0	8,7	0,5	7,3
	450	60,3		67,3	10,7	1,2	10,5	1,3	9,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /კლნ	350	87,3	20,0	87,3	2,4	1,0	1,2	-	8,1
	400	83,8	26,0	83,8	7,6	0,6	1,5	0,3	9,2
	450	80,2	25,0	80,2	5,2	1,2	1,5	0,5	12,4
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /კლნ	350	45,4	28,0	96,7	1,3	-	0,4	-	1,6
	400	43,5	34,0	95,8	-	-	1,0	-	2,3
	450	51,3	42,0	95,3	0,9	-	1,0	-	3,7
АПК	350		69,0						
	400		73,0						
	450		75,0						
	500		79,0						
АПК ნამუშევარი	350		60,0						
	400		65,0						
	450		69,0						
	500		69,0						
ГИАП-8	350		41,0						
	400		52,0						
	450		55,0						
	500		62,0						

გამონაბოლქვი აირების ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილის – ნახშირბადის მონოქსიდის გაუვნებელყოფის მიზნით, მისი ნახშირორჟანგამდე ჟანგვის რეაქციაში შესწავლილია სხვადასხვა კატალიზური სისტემები – კერძოდ, ბუნებრივი ალუმინსილიკატების კლინოპტილოლიტის, გუმბრინის (ვ) და სინთეზური Y ტიპის ცეოლიტის საფუძველზე დამზადებული კატალიზატორები, რომლებიც აქტიური ფაზის სახით შეიცავენ Pd, Fe, Co, Ni, Ag, Cu მეტალებს [11]. ნაჩვენებია, რომ რეაქციის ოპტიმალურ პირობებში (მოცულობითი სიჩქარე 1600 სთ<sup>-1</sup>, CO-ს კონცენტრაცია ნარევი – 3%, ტემპერატურა 250°, 400°C) შედარებით მაღალი აქტიურობა გამოავლინეს pd/კლნ, Fe/კლნ, Co/კლნ კატალიზატორებმა. გარდამავალ ელემენტებს შორის ყველაზე მაღალი აქტიურობა გამოამჟღავნა Fe/კლნ კატალიზატორმა. კლინოპტილოლიტში რკინის კატიონების ვალენტური მდგომარეობის დადგენის მიზნით Fe/კლნ კატალიზატორის საწყისი და ნამუშევარი ფორმები შესწავლილია ელექტრონული პარამაგნიტურ რეზონანსული სპექტროსკოპიის მეთოდით. დადგენილ იქნა, რომ რეაქციის პროცესში პარამაგნიტური ფაზა Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ნაწილობრივ გადადის ფერომაგნიტურ FeO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ფაზაში. სავარაუდოდ ამ ფაზების თანაარსებობა განაპირობებს ჟანგვის რეაქციის წარმართვას [11].

შესწავლილია სხვადასხვა სტრუქტურული ტიპის (Y, L, ერიონიტი და მორდენიტი) რკინამემცველი კატალიზატორები CO-ს მოლეკულური ჟანგბადით [12] და ო-ქსილოლის ღრმა დაჟანგვის რეაქციებში [7-13]. აღნიშნულ რეაქციებში სხვადასხვა მეთოდით დამზადებული ერთ-ერთი სტრუქტურული ტიპის, კერძოდ, რკინამემცველი ფორმის ცეოლიტების კინეტიკური მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში 3.

ზემოაღნიშნულ რეაქციებში რკინის ფორმის ცეოლიტები ამჟღავნებენ უფრო მეტ კატალიზურ აქტიურობას, ვიდრე საწყისი ცეოლიტები, აქტიურობა იზრდება რკინის შემცველობის ზრდასთან ერთად. ასევე მათ კატალიზურ აქტიურობაზე გავლენას ახდენს რკინის ცეოლიტებში შეყვანის მეთოდიც, კერძოდ, კატალიზატორების მომზადების მეთოდის მიხედვით რკინაშემცველი ცეოლიტების კატალიზური აქტიურობა მცირდება შემდეგი რიგის მიხედვით: გაზოადსორბციული > იონური მიმოცვლის მეთოდი > გაჟღენთვით [12]. ეს კარგად ჩანს თუ შევადარებთ სხვადასხვა მეთოდით მომზადებული რკინაშემცველი ცეოლიტების „ატომურ კატალიზურ აქტიურობებს“ (ცხრილი 3). ანალოგიური აქტიურობის რიგი აღინიშნება ო-ქსილოლის ჟანგვის რეაქციებშიც [7].

ცხრილი 3. რკინაშემცველი Y ფორმის კატალიზატორების კინეტიკური მახასიათებლები CO-ს ჟანგვის რეაქციაში

ნიმუში	მომზადების მეთოდი	Fe %	W (CO+O <sub>2</sub> ) მოლ/კგ წმ 10 <sup>-16</sup> 350°C	E (CO+O <sub>2</sub> ) კკალ/გრ.მოლ
NaY		-	6	13
FeNaY	აღს.	8,6	773	10
FeNaY	იონმომ.	7,7	55,3	10
FeNaY	გაჟღ.	4,5	28,2	10
FeHNaY	აღს.	3,1	141	9

ცეოლიტების კატალიზური აქტიურობა ჟანგვის რეაქციებში დამოკიდებულია მყარი ფაზის ჟანგბადის ძვრადობაზე, რომელიც შეფასებულია ჟანგბადის ჰეტეროგენულ-იზოტოპური მიმოცვლის მეთოდით [14].

ცნობილია, რომ pH > 1,2÷2-ის პირობებში რკინის კატიონები განიცდიან ნაწილობრივ ჰიდროლიზს და წარმოქმნიან დიმერებს. მათში რკინის იონები დაკავშირებულია ჟანგბადის „ხიდებით“, რომლებიც არ მიეკუთვნებიან ცეოლიტის მესერს. ამდენად, რკინის კატიონები ცეოლიტში იმყოფებიან ასოციატების ან ჟანგულის შენაერთის სახით, რომელიც შეიცავს არასტრუქტურულ ჟანგბადს. ასეთი ჟანგბადი გაცილებით ადვილად მიმოიცვლება მოლეკულურ ჟანგბადთან. სწორედ ამაში მდგომარეობს რკინის იონების პრომოტირებადი მოქმედება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ო-ქსილოლის დაჟანგვის რეაქციაში რკინაშემცველ ცეოლიტში ძვრადი ჟანგბადის გაჩენასთან ერთად იცვლება სელექტიურობა – მცირდება პარციალური ჟანგვის პროდუქტების წილი და იზრდება ღრმა დაჟანგვის პროდუქტების წარმოშობის წილი.

შეიძლება დავასკვნათ, რომ CO-ს მოლეკულური ჟანგბადით და ორთო-ქსილოლის ღრმა დაჟანგვის რეაქციებში რკინაშემცველი ცეოლიტების ჟანგბადის ძვრადობასა და მათ აქტიურობას შორის არსებობს პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულება. მიღებული შედეგები შეიძლება რეკომენდირებული იქნას ჟანგვის რეალური კატალიზატორების დასამზადებლად.

### ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

1. Карнаухов Н.А., Цырульников П.Г., Доронин В.П. Каталитическая очистка газов (Материалы V Всесоюзной конференции), Тбилиси, Мецниереба, 1989, с. 18-20.
2. Попова Н.М. Катализаторы очистки газовых выбросов промышленных производств. М., Химия, 1991, 175 с.
3. Чивадзе Г.О., Антошин Г.В., Метревели В.Г. Исследование природного и модифицированного клиноптилолита в реакции окисления ксилолов. Известия АН ГССР, сер. хим. 1987, т. 13, №2, с. 111-115.
4. Антошин Г.В., Вассерберг В.Э., Борисович И.Г., Чивадзе Г.О., Метревели В.Г., Зедгинидзе Р.Ш. Превращение О-ксилола на железохромсодержащих катализаторах. Известия АН ГССР, сер. хим. 1990, т. 16, №1, с. 47-51.
5. Иоселиани Д.К., Калабегашвили Н.Г., Наскидашвили Ц.И., Бурджанадзе М.Н., Гиоргадзе Н.Г. Каталитическое окисление О-ксилола в газовой фазе. Известия АН Грузии, сер. хим. 2006, т. 32, №1-2, с. 89-91.

6. *Ioseliani D., Naskidashvili Ts., Kalabegashvili N., Burdjanadze M., Vacheishvili M.* Oxidation of P-xylol on metal-containing clinoptilolites and industrial (secondary) catalysts. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, Chem. series, 2007, vol. 33, №4, p. 425-427.
7. *Chivadze G., Tsitsishvili G., Maisuradze G., Metreveli V., Zedginidze R., Antoshin G.* Catalytic Oxidation of O-Xylone over Zeolites Modified with Transition Elements. The 8-th International Zeolite Conference, Amsterdam, 1989, p. 469-470.
8. *Арешидзе Х.И., Чивадзе Г.О., Наскидашвили Ц.И.* Сообщ. АН ГССР, 69 (3), 605-608 (1973).
9. *ოსელიანი დ., ნასყიდაშვილი ც., ყალაბეგაშვილი ნ., გორგაძე ნ., ჩხეიძე ვ.* ტოლუოლის კატალიზური დაჟანგვა აირად ფაზაში. საქ. ქიმიური ჟურნალი, 2005, ტ. 5, №3, გვ. 258-261.
10. *ოსელიანი დ., ნასყიდაშვილი ც., ყალაბეგაშვილი ნ., ბლარჯიშვილი ვ.* ეთილბენზოლის კატალიზური დაჟანგვა აირად ფაზაში. საქ. ქიმიური ჟურნალი, 2007, ტ. 7, №1, გვ. 60-61.
11. *Иоселиани Д.К., Наскидашвили Ц.И., Бурджанадзе М.Н., Калабегашвили Н.Г.* Окисление монооксида углерода на металлосодержащих катализаторах. Известия Академии наук Грузии, серия химическая, 2006, т. 32, №3-4, с. 294-297.
12. *Чивадзе Г.О., Зедгинидзе Р.Ш., Борисович И.Г., Антошин Г.В.* Окисление СО на синтетических цеолитах разных типов, модифицированных железом. Известия АН Грузии, сер. хим. 1990, т. 16, №4, стр. 308-310.
13. *Ioseliani D., Zedginidze R., Borisovitch I., Antoschin G., Chkheidze G.* Catalytic activity of iron-containing Y, L, M and E-zeolites in oxidation reaction of carbon oxides by nitrogen oxide. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, 2001, v. 163, №1, p. 81-84.
14. *Зедгинидзе Р.Ш., Антошин Г.В., Чивадзе Г.О., Метревели В.Г.* Изотопный обмен кислорода в системах молекулярный кислород – цеолиты, модифицированные железом. Тбилиси, Моамбе, 1996, т. 151, №1 стр. 110-112.

### ГЛУБОКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ТОКСИЧЕСКИХ ГАЗОВЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Д.К.Иоселиани, Н.Г.Калабегашвили, Т.Н.Шатакишвили

#### РЕЗЮМЕ

Исследованы каталитическая активность и стабильность металл-цеолитных, оксидных и промышленных отработанных катализаторов в реакциях глубокого окисления алкилароматических углеводородов и окиси углерода. Подобраны оптимальные катализаторы в указанных реакциях. Показано, что предварительная обработка цеолита растворами HCl и NH<sub>4</sub>Cl и его модифицирование переходными и благородными металлами увеличивает каталитическую активность и селективность катализаторов; она зависит также как от количества металлов, так и от метода их введения. Наиболее благоприятным методом введения металлов является газоадсорбционный метод. Также показано, что каталитическая активность железных форм цеолитов в реакциях окисления зависит от подвижности кислорода твердой фазы, не принадлежащей к цеолитному каркасу, который значительно легче обменивается с молекулярным кислородом.

### DEEP OXIDATION OF TOXIC GAS AND ORGANIC COMPOUNDS ON MODIFIED ZEOLITE CATALYSTS

Dali Ioseliani, Neli Kalabegashvili, Tamar Shatakishvili

#### SUMMARY

It is studied catalytic activity and stability of metal-zeolite, oxide and industrial worked out catalysts in reactions of deep oxidation of alkylaromatic hydrocarbons and carbonic oxide. Optimal catalysts are selected in mentioned reactions. It is shown that preparative treatment of zeolite with HCl and NH<sub>4</sub>Cl solutions and its modification by transition and noble metal increases catalytic activity and selectivity of catalysts; it also depends on metals quantity, as well as on method of their insertion. Gas-absorption method is the most preferable method of metals insertion. It is also shown that catalytic activity of zeolites' iron forms in oxidation reaction depends on mobility of oxygen of solid phase, which doesn't belong to zeolite structure, which significantly easily interchanges with molecular oxygen.



**მიღწევები ჰეტეროგენულ კატალიზში პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში ბოლო 20 წლის (1990-2009 წწ) განმავლობაში**

ციური რამიშვილი, ვლადიმერ ციციშვილი

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში ჰეტეროგენული კატალიზური პროცესების კვლევას სათავე დაუდო 1934 წ. აკადემიკოსმა ლ.ვ. პისარჟევსკიმ (იმ დროს ინსტიტუტს ეწოდებოდა საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის საქართველოს ფილიალის თბილისის ქიმიური ინსტიტუტი) [1] და შემდეგ, 1947 წელს - აკადემიკოსმა ქრისტეფორე არეშიძემ, როდესაც ინსტიტუტში მისი თაოსნობით შეიქმნა „ნახშირწყალბადების კატალიზური გარდაქმნების ლაბორატორია“, შემდგომში - „ორგანული კატალიზის ლაბორატორია“, რომელსაც ხელმძღვანელობდნენ სხვადასხვა დროს აკადემიკოსი ქ. არეშიძე (1947-1983 წწ), ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი გ. ჩივაძე (1983-1997 წწ) და ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი დ. იოსელიანი (1997-2006 წწ).

უკანასკნელი ორი ათეული წლის განმავლობაში ინსტიტუტის ორგანული კატალიზის ლაბორატორიაში კვლევის ძირითადი მიმართულება იყო ჟანგვით-აღდგენითი ჰეტეროგენული კატალიზი და შესწავლილი იყო კატალიზატორები - ბუნებრივი და სინთეზური ალუმინსილიკატების (გუმბრინი, ასკანიტი, თიხამიწა, ბუნებრივი ცეოლითები: მორდენიტი, კლინიპტილოლითი) მოდიფიცირებული ფორმები.

1975 წელს ამ ლაბორატორიის ბაზაზე ჩამოყალიბდა აგრეთვე “თხევადი საწვავის ქიმიის ლაბორატორია” ქიმიის მეცნ. დოქტორის ე. ბენაშვილის ხელმძღვანელობით, რომელსაც ის უძღვებოდა 1990 წლამდე; 1990-1995 წლებში ამ ლაბორატორიას ხელმძღვანელობდა ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი კ. ჯაფარიძე და 1995-2006 წლებში - ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი თ. უჩანეიშვილი; აღნიშნულ ლაბორატორიაში კვლევების ძირითადი მიმართულება იყო ნავთობის მძიმე ფრაქციების ღრმა გადამუშავება კატალიზური სისტემების გამოყენებით.

1967 წლიდან ინსტიტუტის ფიზიკური ქიმიის ლაბორატორიაში ბუნებრივი და სინთეზური ცეოლითების კატალიზური თვისებების კვლევას საფუძველი ჩაუყარა აკადემიკოსმა გ. ციციშვილმა. პრიორიტეტად იქნა დასახული პრაქტიკული ღირებულების მქონე ფუძე-მჟავური ტიპის კატალიზურ რეაქციებში კატალიზატორების სტრუქტურულ მახასიათებლებსა და აქტიურობას შორის კავშირის ძიება, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს პროგნოზირებადი თვისებების კატალიზატორების შექმნაში. საერთოდ, მყარი მჟავა-ფუძის კატალიზი ჰომოგენურ ბრიონსტედ-ლუისის კატალიზატორების თანაობით მიმდინარე პროცესებთან შედარებით არის ერთ-ერთი ეკონომიკური და ეკოლოგიური მნიშვნელობის სფერო კატალიზში, რადგანაც ეს პროცესები არაკოროზიული და გარემოსთვის უსაფრთხოა, რაც თავიდან გვაცილებს მთელ რიგ პრობლემებს.

2006 წლიდან ინსტიტუტში კატალიზური პროცესების კვლევის ტრადიციას აგრძელებენ ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების კვლევის ლაბორატორიაში (ლაბორატორიის ხელმძღვანელი ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი თ. კორძაია) და ქიმიური ეკოლოგიის პრობლემურ ლაბორატორიაში (ლაბორატორიის ხელმძღვანელი - ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი ა. დოლიძე, 2009 წლიდან - აკადემიური დოქტორი ი. მიქაძე).

ინსტიტუტის აღნიშნულ ლაბორატორიებში ბოლო ოც წელიწადში ჰეტეროგენული კატალიზის დარგში ჩატარებული სამეცნიერო კვლევების ძირითადი შედეგები ეხმიანება **გარემოს დაცვის პრობლემებს, ენერგეტიკულ და კატალიზის თეორიის საკითხებს.**

გარემოს დაცვის ტექნოლოგიური საკითხების გადაწყვეტისათვის მნიშვნელოვანია ღრმა ჟანგვის რეაქციების გამოყენება მაღალტოქსიკური ნივთიერებების (CO, NO<sub>x</sub>, HCN, გოგირდნაერთები და ზოგიერთი ორგანული ნაერთი) გაუვნებლობა მათი გარდაქმნით გარემოსთვის უვნებელ ნივთიერებად: CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O. კერძოდ, მოლეკულური ჟანგბადით ნახშირჟანგის CO<sub>2</sub>-მდე ღრმა ჟანგვისთვის შესწავლილი მრავალრიცხოვანი მოდიფიცირებული კატალიზური ცეოლითური სისტემებიდან რეკომენდებულია რკინის შემცველი FAU(Y) ტიპის ცეოლითი, როგორც ეფექტური კატალიზატორი; აგრეთვე - რკინისა და კობალტის შემცველი კლინოპტილოლითი ორთო-ქსილოლის CO<sub>2</sub>-მდე ღრმა ჟანგვისთვის 400<sup>0</sup>C ტემპერატურაზე [2, 3].

ერთდროულად ორი ტოქსიკური აირის – NO-სა და CO-ს გაუვნებლობისთვის შემუშავებულია ორიგინალური მეთოდი - კატალიზატორზე –რკინის და კალიუმის იონების შემცველ LTL ტიპის ცეოლითზე 400<sup>0</sup>C ტემპერატურაზე ხდება NO-სა და CO-ს ნარევის დისპროპორციონირება ნახშირორჟანგამდე და აზოტამდე [4].

რუსთავის ს/ს „Energy Invest“-ის საწარმო „აზოტის“ ცენტრალურ ლაბორატორიასთან ერთად შემუშავებულია ციანმარილების საამქროს გამონაბოლქვი აირის 100%-ით HCN-გან და ნაწილობრივ CO-გან კატალიზური გაწმენდის ხერხი, რომელიც ეკონომიკურად ძალზედ ეფექტურია – გამონაბოლქვ აირს ატარებენ წინასწარ H<sub>2</sub>-ის არეში აღდგენილ Cr-ის შემცველ კატალიზატორებზე (Ni – Cr, Ni – Al – Cr, Ni – Cr – Al); ეს ნამუშევარი კატალიზატორები საწარმო „აზოტის“ ტერიტორიაზე იყო დასაწყობებული და გამოუსადეგარად ითვლებოდა. არსებითია, რომ ამჯერად ეს კატალიზატორები გამოიყენება მრავალჯერადად რეგენერაციის შემდეგაც [5].

აგრეთვე საწარმოო მნიშვნელობისა პრაქტიკულად დამუშავებული შემდეგი საკითხები:

- ამიაკის სინთეზისათვის საჭირო H<sub>2</sub>-ის მისაღებად გამოყენებული ბუნებრივი აირის გასუფთავება H<sub>2</sub>S-ის, მერკაპტანების და გოგირდშემცველი ნახშირწყალბადებისაგან კალიუმის იონებით მოდიფიცირებულ კლინოპტილოლითზე („ძეგვი“-ს საბადო, საქართველო) [6].
  - ამინომჟავების სამრეწველო წარმოებისათვის მათი ასიმეტრიული კატალიზური სინთეზი არაცილოვანი ნედლეულიდან სტერეოსპეციფიკურ მეტალკომპლექსურ (Pd-ის შემცველ) კატალიზატორებზე. ეს გამოკვლევა ჩატარებული იყო ნ. ზელინსკის სახ. მოსკოვის ორგანული ქიმიის ინსტიტუტთან ერთად; პირველად იქნა განხორციელებული:
- ა) ადგილობრივი ნედლეულის– α-ნიტროზოკაპროლაქტამის დიასტერეოსელექტიური ჰიდრირება 20<sup>0</sup>C ტემპერატურაზე ქირალურ Pd-ის კომპლექსურ კატალიზატორებზე. მიღებულია ძვირფასი ცხოველური საკვები: R-ლიზინი – 7%, S-ლიზინი – 12% გამოსავლიანობებით [7].
- ბ) აცეტილამინოდარიინის მჟავას S-ფენილეთილამიდის და აცეტილდეჰიდროთიროზინის S-ფენილეთილამიდის დიასტერეოსელექტიური ჰიდრირება S-α-ფენილალანინში (50% გამოსავლიანობით), კატალიზატორი –Pd/CaO.

აგრეთვე აცეტილთიროზინის დიასტერეოსელექტიური ჰიდრირება S-α-ფენილეთილენამიდში (22% გამოსავლიანობით) კატალიზატორებზე Pd/γAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> და Pd/გუმბრინი [8, 9].

ბენზინებში ბენზოლის შემცველობის 5 მოც.%-მდე ნორმირებასთან და ტყვიის შემცველი ანტიდეტონატორების აკრძალვასთან დაკავშირებით მნიშვნელოვანია დაბალოქტანური ბენზინების გამდიდრება იზოაგებულების ნახშირწყალბადებით.

ნაჩვენებია, რომ სამგორის ნავთობის პენტან-ჰექსანის და ჰექსან-ჰეპტანის ფრაქციის კატალიზური იზომერიზაციის და არომატიზაციის რეაქციებში ძალზედ ეფექტურია ბუნებრივი ალუმინსილიკატური (გუმბრინი, ასკანიტი, პერლიტი, მორდენიტი, კლინოპტილოლითი, ანალციმიანი ქვიშაქვები) და სინთეზური ცეოლითური კატალიზატორები [10,11]. კერძოდ, მაღალსილიციუმისანი ცეოლითის წყალბადურ ფორმაზე (H<sub>2</sub>BK, SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=45), რომელიც 0,5 მას% Pd და 0,8 მას.% იშვიათმიწათა მეტალებს შეიცავს, სამგორის ნავთობის ვიწრო ფრაქციის C<sub>5</sub> – C<sub>6</sub> იზომერიზაციით 450<sup>0</sup>C-ზე იზოპარაფინების გამოსავლიანობა იზრდება 62 მას.%, რაც 11-14%-ით მეტია საწყის ნედლეულში მათ შემცველობასთან შედარებით [12].

ქრომის იონებით მოდიფიცირებულ ცეოლითურ კატალიზატორზე H<sub>2</sub>BK (SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=45) სამგორის ნავთობის ბენზინის ვიწრო ფრაქციის C<sub>5</sub>-C<sub>7</sub> არომატიზაციით 280-350<sup>0</sup>C არომატიზაციის ხარისხი იზრდება 49,0-53,5%-მდე, მაშინ როცა საწყის ფრაქციაში არომატული ნახშირწყალბადების შემცველობა მხოლოდ 0,5%-ია [13].

აქტუალურია ცეოლითების და მეზოფოროვანი მასალების გამოყენების სფეროს გაფართოება და მათ საფუძველზე მაღალეფექტური კატალიზატორების მიღება ორგანული სინთეზის ფუძე-მჟავური ტიპის უმნიშვნელოვანესი რეაქციებისთვის, როგორებიცაა: ო-, მ-ქსილოლების იზომერიზაცია პ-ქსილოლის მისაღებად; ფენოლის ალკილირება მეთანოლით ბენზოლის ბირთვისა და გვერდით ჯაჭვში ჩანაცვლების პროდუქტების მისაღებად; სურნელოვანი ნივთიერებების (ტრანს-იზოვეგენოლის და გერანიოლის) მისაღებად, პ-ვეგენოლის და ლინალოლის იზომერიზაცია, მეთანოლის დეჰიდრატაცია; დიზელის საწყავის ეკოლოგიურად დასაშვები შემცველის– დიმეთილეთერის ან ნახშირწყალბადების მისაღებად.

ამ მიზნით კომპლექსურადაა შესწავლილი საშუალო, ფართო- და მეზოფოროვანი მოლეკულური საცრების MFI, FAU(Y), BEA, MAZ, MOR, OFF ტიპის ცეოლიტების და მეზოფოროვანი MCM(Al)-41 და MCM(Si)-41 ალუმინსილიკატების, რომლებიც შეიცავდა მჟავური, ფუძე ბუნების და ჟანგვით-აღდგენითი ბუნების მოდიფიკატორებს, კატალიზური თვისებები აღნიშნულ რეაქციებში [14].

დადგენილია ფენოლის მეთანოლით ალკილირების რეაქციის კანონზომიერებები ცეოლიტურ და მეზოფოროვან კატალიზატორებზე. ნაჩვენებია, რომ ძლიერი ფუძე ბუნების კატალიზატორებზე, ძირითადად, მიმდინარეობს ორთო-ალკილირების რეაქცია, მჟავურ კატალიზატორებზე – C-ალკილირება კრეზოლების წარმოქმნით, ქსილენოლები კი ალკილირების მეორადი პროდუქტებია, რომლებიც მიიღება ძლიერი მჟავური ბუნების კატალიზატორებზე, რომელთა ფორების დიამეტრი 7Å-ზე მეტია. პირველად ნაჩვენები ფენოლის ორთო-ალკილირებაში დიმეთილკარბონატის უკეთესი მაალკილირებელი თვისებები, ვიდრე მეთანოლის; კერძოდ, CsBEA/CsOH კატალიზატორზე ფენოლის დიმეთილკარბონატით ალკილირებისას ფენოლის გარდაქმნის ხარისხი რამდენიმე ათეულჯერ იზრდება მეთანოლით ალკილირების რეაქციასთან შედარებით და ანიზოლის წარმოქმნის შერჩევითობა საკმაოდ მაღალია – 96% [15].

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე მოწოდებულია ფენოლის მეთანოლით ალკილირების რეაქციით ანიზოლის, კრეზოლების, ორთო-კრეზოლის და 2,4-ქსილენოლის მიღებისთვის შერჩევითი ბუნების ცეოლიტური (HBEA) და მეზოფოროვანი (HMCM(Al)-41) კატალიზატორები [15].

<sup>13</sup>C ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის in situ სპექტროსკოპული მეთოდის გამოყენებით მჟავურ და ფუძე ბუნების ცეოლიტურ კატალიზატორებზე დადგენილია ფენოლის მეთანოლით ალკილირების რეაქციის განსხვავებული მექანიზმები და კატალიზატორების დეზაქტივაციის მიზეზები [16].

კვლევების გარკვეული მიმართულება ეხება სურნელოვანი ნივთიერებების კატალიზურ სინთეზს.

- საქართველოში დაპატენტებულია პალადიუმის დიქლორიდის პოლიმორფული მოდიფიკაციის მანამდე უცნობი, უჩვეულოდ მაღალი კატალიზური აქტიურობა და 100% შერჩევითობა ოთახის ტემპერატურაზე პარავეგენოლის სურნელოვან ნივთიერებად – ტრანსიზოვეგენოლად იზომერიზაციის რეაქციაში [17,18].
- ნაჩვენებია სურნელოვანი ნივთიერების – გერანიოლის მიღების შესაძლებლობა მეზოფოროვან სისტემებზე ქინძის ზეთის შემადგენელი მესამადი სპირტის ლინალოლის იზომერიზაციით [19].
- ჟანგვით-აღდგენითი ცენტრების შემცველ კატალიზატორებზე – V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ჯღრმადღეალუმინირებული მოლეკულური საცრები β-ფენილეთილის სპირტის ჟანგვითი დეჰიდრირებით მიღებულია სურნელოვანი ნივთიერება ფენილაცეტალდეჰიდი [20].
- ბუთილის, იზობუთილის და იზოამილის სპირტების ეთილაცეტატით აცეტილირებით ცეოლიტების (კლინოპტილოლითი, FAU(X)) საფუძველზე მომზადებულ კატალიზატორებზე რბილ პირობებში (115-150<sup>0</sup>C) მაღალი გამოსავლიანობებით მიღებულია შესაბამისი რთული ეთერები, რომლებიც გამოიყენება სურნელოვან ნივთიერებებად და გამსხნელებად [21, 22].

1990-2009 წლებში ინსტიტუტში ჰეტეროგენული კატალიზის დარგში შესრულებულია 90-დე სამეცნიერო ნაშრომი, გამოქვეყნებულია 3 მონოგრაფია, გაცემულია რამდენიმე საავტორო მოწმობა და პატენტი; ამ დარგში დაცულია ერთი სადოქტორო და 12 საკანდიდატო დისერტაცია.

აღნიშნულ პერიოდში ჰეტეროგენული კატალიზის დარგში ჩატარებული კვლევების შედეგები მოხსენებული და განხილული იყო 16 რესპუბლიკურ და საერთაშორისო კონფერენციაზე, მათ შორის ცეოლიტების მე-13 და მე-15 კონფერენციებზე მონაწილეობა (საფრანგეთი, 2001) და პეკინში (ჩინეთში, 2007).

თეორიული ქიმიის განვითარების მიუხედავად, ეფექტური კატალიზატორების შერჩევა კვლავ რჩება ემპირიკის სფეროში; ეს კი, ინტელექტუალური რესურსების გარდა, მოითხოვს ძალზედ მოცულობატევადი და სპეციფიური ექსპერიმენტული სამუშაოების ჩატარებას კატალიზური თვისებების გამოვლენისთვის, მიღებულ ნაერთთა სრულყოფილი თვისებითი, რაოდენობითი და სტრუქტურული იდენტიფიკაციისთვის. ამ მხრივ პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში შედარებით მცირერიცხოვანი კვალიფიციური კოლექტივის მიერ (დაახლოებით ოცამდე წევრით) ჩატარებულია ჰეტეროგენული კატალიზის დარგში ძალიან დიდი მოცულობისა და პრაქტიკული მნიშვნელობის მქონე სამეცნიერო კვლევები.

ბოლო 20 წელიწადში ინსტიტუტში ჩატარებული პრაქტიკული და თეორიული ღირებულების გამოკვლევები ჰეტეროგენულ კატალიზში უპირატესად ეხება ცეოლიტების – ძალზედ პერსპექტიული მასალების კატალიზური თვისებების შესწავლას.

კატალიზის დარგში მსოფლიოში აღიარებული მეცნიერების K.Tanabe-ს (იაპონია) და W. Hölderich-ის (გერმანიის ფედერაციული რესპუბლიკა) მიხედვით 127 სამრეწველო ქიმიური პროცესიდან 103 მიმდინარეობს მყარი მჟავების, 10 – მყარი ფუძეების და 14 – მჟავა-ფუძის ტიპის კატალიზატორების თანდასწრებით; ამათგან 40%-ზე მეტი სწორედ ცეოლითურ კატალიზატორებზე მოდის [23].

სავარაუდოა, რომ უახლოეს მომავალში პეტრე მელიქიძის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში სათანადო დონეზე აპარატურული აღჭურვის პირობებში ღირსეულად გაგრძელდება მეცნიერული კვლევები ქიმიამში საზოგადოდ და კონკრეტულად კატალიზში, როგორც მის მნიშვნელოვან დარგში, რომელიც განაპირობებს პროგრესს ეკონომიკაში.

### ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о работе тифлисского химического Института за 1934 г. АН СССР. Грузинский филиал. Тифлис. 1935 г.
2. Чивадзе Г.О., Зедгинидзе Р.Ш., Борисович И.Г., Антошин П. В. Окисление СО на синтетических цеолитах разных типов, модифицированных железом. //Известия Академии Наук Грузии. Серия химическая. 1990. Т.16. N4. С. 308-310.
3. Чивадзе Г.О., Антошин П. В., Метрели В.Г. Превращение о-ксилола на Со- и Fe-содержащих природном и модифицированном клиноптилолитах. //Сообщения Академии Наук Грузии. 1991. Т.143. N3. С. 277-300.
4. Ioseliani D., Zedginidze R., Borisovich I., Antoshin G., Chkheidze G. Catalytic activity of iron containing Y, L, M and E zeolites in oxidation reaction of carbon oxides by nitrogen oxide.// Bulletin of the Georgian Academy of Sciences. 2001. V.163. N1. P. 81-84.
5. Гиглашвили Ц.В., Сихарулидзе Н.К., Иоселиани Д.К., Долидзе А.В. Каталитическая очистка промышленных выбросов производства цианистых солей от токсических соединений. “Материалы 2-го западноукраинского Симпозиума по адсорбции и хроматографии”. Львов. 2000. С. 156-158.
6. Гиглашвили Ц.В., Сихарулидзе Н.К., Иоселиани Д.К., Андроникашвили Т. Г., Долидзе А.В. Очистка природного газа от серосодержащих соединений. “Материалы 2-го западноукраинского Симпозиума по адсорбции и хроматографии”. Львов. 2000. С. 311-315.
7. Гоголадзе Д.Д., Курцикидзе Т.Д., Сарадживили К.Г., Чивадзе Г.О. Каталитический синтез лизина из капролактама.// Сообщения Академии Наук Грузии. 1990. Т.139. N1. С. 97-100.
8. Иоселиани Д.К., Курцикидзе Т.Д., Сарадживили К.Г., Долидзе А.В. Каталитический асимметрический синтез S-α фенилэтиламида ацетилтирозина. //Georgian Engineering News. 2003. N2. С. 159-160.
9. Иоселиани Д.К., Курцикидзе Т.Д., Сарадживили К.Г., Гиоргадзе Н.Г., Долидзе А.В. Каталитический асимметрический синтез S-α фенилэтиламида ацетилтирозина. //Georgian Engineering News. 2003. N2. С. 159-160.
10. ბენაშვილი ე., ელენტი შ., ბაიდოშვილი ო. ორთო- და მეტაქსილოლების კატალიზური გარდაქმნა მაღალსილიციუმის სინთეზურ ცეოლიტებზე. //საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე. 1991. ტ.141. 2. გვ. 330-333.
11. Бенашвили Е.М., Жгенти Ш.Ш., Баидошвили О.С. Диспропорционирование толуола на водородной форме высококремнистого синтетического цеолита. //Известия Академии Наук Грузии. Серия химическая. 1994. Т.19. N4. С. 70-73.
12. Церодзе Н.П., Ноникашвили Н.У., Долидзе А.В., Учанийшвили Т.Г. Каталитическая изомеризация пентан-гептановой фракции прямогонного бензина Самгори- Сартичальской нефтесмеси.// Химический журнал Грузии. 2006. Т.6. N4. С. 379-380.
13. Ноникашвили Н.У., Баидошвили О.С., Учанийшвили Т.Г. Долидзе А.В. Каталитическая ароматизация узких и широких фракций прямогонного бензина в присутствии высококремнистых синтетических и природных цеолитов, модифицированных ионами хрома.// Химический журнал Грузии. 2006. Т.6. N5. С. 519-522.
14. Рамшвили Ц.М. Каталитические свойства цеолитных и мезопористых молекулярных сит в реакциях органического синтеза. Автореферат докторской диссертации. ИФОХ им. П.Меликишвили. Тбилиси, 2006. с. 84.
15. Рамшвили Ц.М., Князева Е.Е., Ющенко В.В., Пономарева О.А., Иванова И.И. Алкилирование фенола диметилкарбонатом и метанолом на модифицированных цеолитах и мезопористых материалах. //Нефтехимия. 2005.Т.45. №3. С. 219-224.
16. Бородин И.Б., Помахина Е.Б., Рамшвили Ц.М., Пономарева О.А., Ребров А.И., Иванова И.И. Механизм метилирования фенола на цеолитных катализаторах кислотного и основного типа.// Журнал физической химии. 2006. т.80. №6. С.1022-1028. The mechanism of phenol methylation on acid and basic zeolite catalysts. //Russian Journal of Physical Chemistry. 2006. V. 80. №6. P. 892-898.

17. რამიშვილი ც. მ., ჩარკვიანი მ.კ., ვაბელია ც. გ., კაშია ლ. დ., ნ.ვ ვივოლაშვილი. ევგენოლის იზომერული კატალიზური გარდაქმნის სერია. საქართველოს პატენტის P2089. 1999.
18. *Рамишвили Ц.М., Чарквиани М.К., Цицишвили В.Г., Джапаридзе Л.К., Чикваидзе Э.Н.* Изомеризация параэвгенола в изоэвгенол в присутствии хлористого палладия. Изомеризация параэвгенола в изоэвгенол в присутствии хлористого палладия. //Азербайджанский химический журнал. №4. 2004. С. 47-52.
19. *Рамишвили Ц.М., Ющенко В.В., Чарквиани М.К.* Каталитическое превращение линалоола и линалилацетата на широкопористых цеолитах и МСМ-41. //Вестник МГУ, Серия 2. Химия. Т. 62. №4. С. 223-229. //Moscow University Chemistry Bulletin. 2007. V. 62. №4. pp. 180-186.
20. *Ramishvili Ts., Tsitsishvili V.G., Ivanova I.I., Knyazeva E.E., Yushchenko V.V.* Oxidative dehydrogenation of beta-phenylethyl alcohol over V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-containing high dealuminated molecular sieves. 15<sup>th</sup> International Zeolite Conference, August, 12-17, 2007. Beijing, China. In: Recent Research Reports Book. 2007. R-11-04.
21. *Долидзе А.В., Иоселиани Д.К., Баларджиев Г.И., Калабегашвили Н.Г., Вачейшвили М.Л., Самхарадзе Л.О., Надирадзе Н.А.* Перэтерификация этилацетата изобутиловым спиртом в гетерогенной системе. //Известия Национальной Академии Наук Грузии. Серия химическая. 2008. Т.34. №4. С.399-400.
22. *Долидзе А.В., Калабегашвили Н.Г., Баларджиев Г.И., Иоселиани Д.К., Рамишвили Ц.М., Самхарадзе Л.О., Вачейшвили М.Л.* Ацетилирование бутилового и изоамилового спиртов этилацетатом на модифицированных формах клиноптилолита. //Известия Национальной Академии Наук Грузии. Серия химическая. 2009. Т.35. №1. С. 29-31.
23. *Tanabe K., Hölderich W.* Industrial application of solid acid-base catalysts. //Applied Catalysis A: General. 1999. V.181. P. 399-434.

**ДОСТИЖЕНИЯ ИНСТИТУТА ФИЗИЧЕСКОЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
ИМ. П.Г. МЕЛИКИШВИЛИ В ОБЛАСТИ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗА ЗА  
ПОСЛЕДНИЕ 20 ЛЕТ (1990-2009)  
Ц.М.Рамишвили, В.Г.Цицишвили**

**РЕЗЮМЕ**

Дается обзор научно-исследовательских работ, проведенных за последние 20 лет в Институте химии им. П.Г.Меликишвили, в том числе в содружестве с учеными других стран, в области гетерогенного катализа, в основном цеолитного катализа, и касающихся защиты окружающей среды, проблем энергетики, получения аминокислот, душистых веществ и других вопросов.

**ACHIEVEMENTS OF PETRE MELIKISHVILI INSTITUTE OF PHYSICAL AND ORGANIC  
CHEMISTRY IN HETEROGENEOUS CATALYSIS OVER PAST 20 YEARS (1990-2009)  
Tsiuri Ramishvili, Vladimir Tsitsishvili**

**SUMMARY**

Review of research conducted at the Petre Melikishvili Institute of Chemistry on their own and in collaboration with scientists from other countries over the past 20 years in the field of heterogeneous catalysis, mainly zeolite ones, and about the environment protection, energy-saving problems, preparation of amino acids, aromatic substances, etc.

**ნანომოდიფიცირებული კლინოპტილოლიტის გამოყენების შესაძლებლობა  
საშენ მასალათა დანამატებად**

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

*\*კირაკ ზავრიევის სამშენებლო მექანიკისა და სეისმოდედგობის ინსტიტუტი*

ადგილობრივი რესურსებისა და თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით, ბაზარზე კონკურენტუნარიანი მაღალტექნოლოგიური სამშენებლო მასალებისაგან დამზადებული პროდუქციის წარმოება, ეკონომიკის ერთ-ერთი პრიორიტეტული მიმართულებაა. ქვეყნის აღმშენებლობასთან ერთად ასეთი ტიპის მასალებზე მოთხოვნილება იზრდება. XXI საუკუნეში ნანოტექნოლოგიები, მასალათა წარმოებაში ერთ-ერთი ყველაზე უფრო პერსპექტიული სფეროა მათი გამოყენება საშუალებას იძლევა შეიქმნას მრავალფუნქციური, ნანომოდიფიცირებული მაღალტექნოლოგიური საშენი მასალები - პირველ რიგში ცემენტი და ბეტონი [1].

კომპოზიციური საშენი მასალების სტრუქტურის მოდიფიცირების ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მეთოდი – მათ შემადგენლობაში მაღალაქტიური ნანოდანამატების შეყვანაა. თანამედროვე სამეცნიერო მასალათმცოდნეობაში ძირითად ნანომოდიფიცირებულ დანამატად სხვადასხვა წარმოების წვრილდისპერსიული სილიციუმისა და ალუმინის ოქსიდები გამოიყენება. ბუნებრივი ცეოლითებიც ასევე საინტერესო მინერალურ დანამატად შეიძლება განვიხილოთ [2].

ჩვენს მიერ სამშენებლო ცემენტის დანამატად გამოყენებული იყო კასპის რ-ნის ზემო ხანდაკის ადგილმდებარეობის ბუნებრივი ცეოლითი-კლინიპტილოლიტი. ნიმუშებში ცეოლითური ფაზის შემცველობა იცვლებოდა 65%-დან 85%-მდე. მინარეგების სახითაა ძირითადად თიხები, კვარცი, მინდვრის შპატი, რომლებიც ექსპერიმენტის დროს ცეოლითის თვისებებზე გავლენას ნაკლებად ახდენდნენ.

ბუნებრივი ცეოლითები კრისტალური, ჰიდრატირებული ალუმინსილიკატებია. მათი მესერის კრისტალური სტრუქტურა შეიცავს სიცარიელებს, რომლებიც დაკავებულია თავისუფლად მოძრაობის უნარის მქონე იონებით და წყლის მოლეკულებით. ექსპერიმენტულმა მონაცემებმა აჩვენა, რომ ცემენტის დანამატის ნაწილაკების ზომები პირდაპირ კავშირშია მიღებულ სუბსტანციის დიფუზიურ თვისებებთან. რაც უფრო დიდაა დანამატის მოლეკულის ზომები, მით უფრო იზრდება სიბლანტე და არ იცვლება დიფუზიის სიჩქარე. მცირე ზომის მოლეკულების მქონე დანამატები ანელებენ იონურ დიფუზიას.

ცეოლითები გამოირჩევიან მაღალი ადსორბციული თვისებებით, ამიტომ ასეთი დანამატის შეტანა ცემენტის შემადგენლობაში ზრდის წყლის ხარჯს, რომელიც ბეტონების წარმოქმნის დროს არასასურველია. ამიტომ ჩვენ ამოცანას შეადგენდა ისეთი ტიპის ნანოდანამატები შეგვექმნა, სადაც შემცირებული იქნებოდა წყლის ხარჯი.

სხვა მინერალური დანამატებისაგან განსხვავებით ცეოლითები შედარებით დაბალი თერმული მდგრადობით გამოირჩევიან, ამიტომ გარკვეულ ტემპერატურამდე დამუშავებით, შეიძლება მოვახდინოთ მათი სტრუქტურის ნაწილობრივი რღვევა, რომელიც გამოიხატება ცეოლითების სტრუქტურული გრძელი ჯაჭვის დაწყვეტით, ფორიანობის შემცირებით და ზედაპირული მოცულობის გაზრდით, რაც ცეოლითის ამორფიზაციითაა გამოწვეული; ერთი სიტყვით, შეიძლება მოვახდინოთ ცეოლითის "თერმული ნანომოდიფიცირება".

სხვადასხვა ტემპერატურაზე დამუშავებული კლინოპტილოლიტი შესწავლილ იქნა თერმული ანალიზისა და ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის მეთოდებით. ცეოლითის თერმული ანალიზით შესწავლამ გვიჩვენა, რომ 300°C-ზე გახურების შემდეგ ნიმუში აღიდგენს საწყისი დანაკარგის დაახლოებით 84% წყალს, 500°C-ზე გახურების შემდეგ 63%-ს, 600°C –ზე 37%-ს, ხოლო 700°C –ზე 3%-ს.

ი.წ. სპექტროსკოპიის მეთოდით სტრუქტურული ცვლილებების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ცეოლიური ფაზის შემცველობა ნიმუშში სხვადასხვა ტემპერატურაზე დამუშავებით შემდეგნაირად იცვლება (ცხრილი 1).

ამრიგად, ი.წ. სპექტროსკოპიის მონაცემები თითქმის სრულ თანხვედრაშია თერმული ანალიზის შედეგებთან.

ცხრილი 1. საწყისი ცეოლითური ფაზის შემცველობის (%) დამოკიდებულება ტემპერატურულ დამუშავებაზე

ტემპერატურა °C	$D \frac{630}{460}$	ცეოლითური ფაზის შემცველობა, %
20	0,401	100
300	0,400	99,0
500	0,250	60,3
600	0,201	50,1
700	0,112	28,1
750	0,024	6,0

სხვადასხვა სამშენებლო კონსტრუქციების ხარისხის გასაუმჯობესებლად წარმატებით გამოიყენება პლასტიფიკატორები ან სუპერპლასტიფიკატორები, რომლებიც მოდიფიცირებული პოლიმერების საფუძველზე დამზადებულ სპეციალურ თხევად დანამატებს წარმოადგენენ. მათი ბეტონთან შერევა ამცირებს წყლის ხარჯს, ამარტივებს დამუშავების პროცესს, ზრდის ბეტონის სიმტკიცეს, სიგლუვს და ა.შ. ყოველივე ეს კი განსაზღვრავს ბეტონის ეკონომიას. ჩვენ ჯერ ვახდენდით დისპერგირებული ცეოლითის დეჰიდრატაციას 400°C-ზე, ხოლო შემდეგ მის ნანომოდიფიცირებას თხევადი პლასტიფიკატორებით Sikament MR-50 და Sikament 32N-ით. პლასტიფიკატორებით ნანომოდიფიცირების შემდეგ ი.წ. სპექტროსკოპიის მეთოდით ცეოლითების სტრუქტურის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ სტრუქტურა შესამჩნევად არ იცვლება, თუმცა გარკვეულწილად ხდება მისი დეფორმაცია. ამ ნიმუშებზე წყლის ორთქლის აღსორბციის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ თუ კლინოპტილოლიტის საწყისი ფორმის აღსორბცია 4,75 მმოლ/გ იყო, ნანომოდიფიცირების შემდეგ ნიმუშებზე აღსორბციამ შესამჩნევად მოიკლო და შესაბამისად, ერთ შემთხვევაში 1,84 მმოლ/გ გახდა, ხოლო მეორე შემთხვევაში 1,53 მმოლ/გ. აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ პლასტიფიკატორებმა მხოლოდ კლინოპტილოლიტის ორგანოზომილებიანი არხების ნაწილობრივი ბლოკირება მოახდინა, რამაც შესაძლებლობა მოგვცა ცემენტებში ცეოლითური დანამატის შეტანის შედეგად გაზრდილი წყლის ხარჯი შეგვემცირებინა და მისი ხარისხი გაგვეუმჯობესებინა.

ცეოლითშემცველი ცემენტის ტესტირების შედეგებმა გვიჩვენა (ცხრილი 2), რომ გამოშრალი და განსაკუთრებით გამოშვარი ცეოლითის შეყვანა ცემენტის შემადგენლობაში, აუმჯობესებს მის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს. 20% ცეოლითის დამატება, თუ ის გამოშრალია, იძლევა საშუალებას დამზადდეს M400 D20 და M500 D20 პორტლანდცემენტი. 35% თერმოდამუშავებულ ნანომოდიფიცირებულ ცეოლითის ცემენტის შემადგენლობაში შეყვანით შესაძლებელია დამზადდეს M300 ან M400 პუცოლანური (სულფატომედეგი) პორტლანდცემენტი. გამოშვარი ცეოლითი აჩქარებს ცემენტის გამყარების სიჩქარეს.

ცხრილი 2. ცეოლითშემცველი ცემენტის ტესტირების შედეგები

№	ცემენტის შედგენილობა				ნარჩენი საცერზე №008	ხვედრითი ზედაპირი ბლეინის მიხედვით გ/სმ <sup>2</sup>	წყალი ნორმალური სისქის ცომისათვის, %	ხსნარის მახასიათებლები		მექანიკური სიმტკიცე, კგ/სმ <sup>2</sup>			
	კლინკერი	თაბაშირი	ცეოლითი, 200°C 1სთ	ცეოლითი, 600°C 15წთ				წ/ც	გაშლასმ	ლუნვაზე		კუმშვაზე	
										3 დღე	28 დღე	3 დღე	28 დღე
1	90	5	-	-	5	3300	25,7	0,38	115	54	55	340	550
2	80	5	15	-	5	4000	26,3	0,4	115	49	61	220	510
3	75	5	20	-	5	4600	27,3	0,4	112	40	70	210	505
4	75	5	-	20	4,5	4300	27,0	0,4	115	47	69	235	485
5	60	5	35	-	5	4400	31,3	0,4	105	26	59	170	475
6	60	5	-	35	5	5900	31,0	0,4	112	33	60	180	460

ცეოლიტების პლასტიფიკატორებით ნანომოდულირების შემდეგ ცეოლიტშემცველი ცემენტების ტესტირებამ გვიჩვენა (ცხრილი 3), რომ პლასტიფიკატორებით ცეოლიტის ნანომოდულირებამ საგრძნობლად შეამცირა წყალცემენტის ფარდობა, გაზარდა მისი მექანიკური მახასიათებლები და დააჩქარა შეკვრის ვალები.

ცხრილი 3. პლასტიფიკატორებით ნანომოდულირებული ცეოლიტის შემცველი ცემენტების ტესტირების შედეგები

სერია	ცემენტის შედგენილობა				ლაფქვის სიწმინდე ნარჩენი საცერზე №008	წ/ც	შეკვრის ვალები სთ-წთ		სიმტკიცის ზღვარი კე/სმ <sup>2</sup> ზღვ
	კლინკერი	თაბაშირი	ცეოლიტი, 400°C	პლასტიფიკატორი			ღასაწმისი	ღასასრული	
I	75	5	20	-	10	30,0	2 - 40	4 - 00	300
II	75	5	20	1% Sikament MR-50	10	26,7	2 - 00	3 - 20	360
III	75	5	20	1% Sikament 32N	10	26,7	2 - 25	3 - 50	370

**ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES**

1. Минько Н.И. Методы получения и свойства нанообъектов. Монография-Бельгород, БГТХ им. В.Г.Шухова, 2005, 105с.
2. Королев А.С., Хакимова Э.Ш. Мелкозернистые бетоны снано добавками синтетического цеолита – Москва. /Ж.Б/, 2008, №6, с.13-15.

**POSSIBILITY OF APPLICATION OF NANO-MODIFIED CLINOPTILOLITE AS AN ADDITIVE TO THE BUILDING MATERIALS**

Georgi Tsintskaladze, Vladimer Tsitsishvili, Rajden Skhvitaridze\*, Bela Keshelava\*, Tinatin Sharashenidze, Manana Burdjanadze

*\*Kiriak Zavriv Institute of Structural Mechanics and Earthquake Engineering*

**SUMMARY**

Natural zeolite, clinoptilolite of Georgian origin, and its nano-modified forms have been used for modification of structures of the composite building materials. Characteristics of this zeolite have been studied by thermal analysis, IR spectroscopy, and adsorptive methods. The testing results of the zeolite – containing cement showed that introduction of zeolite (treated at high temperature) into the composition of cement improves its physical-mechanical properties, while nano-modification of zeolite with plasticizers significantly decreased water-cement ratio, improved its mechanical properties, and quickened the setting time.

**ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО КЛИНОПТИЛОЛИТА В ВИДЕ ДОБАВКИ СТРОЙМАТЕРИАЛАХ**

Г.П.Цитцкаладзе, В.Г.Цицишвили, Р.Е.Схвитаридзе\*, Б.Ф.Кешелава\*, Т.В.Шарашенидзе, М.Н.Бурджанадзе

*\*Институт строительной механики и сейсмостойкости им. Кириака Завриева*

**РЕЗЮМЕ**

Для модификации структуры композиционных строительных материалов использован природный цеолит – клиноптилолит и его наномодифицированные формы. Методом термического анализа, а также ИК – спектроскопическим и адсорбционными методами изучены свойства этих цеолитов. Результаты тестирования цеолитсодержащих цементов показали, что введение цеолита, обработанного при высокой температуре, в состав цемента улучшает его физико-механические свойства, а наномодифицирование цеолита пластификаторами значительно уменьшает отношение вода-цемент, увеличивает его механические характеристики и ускоряет время схватывания.



**პოლიმერების აქტიური შემავსებლების მიღება ბუნებრივი კლინოპტილოლიტიდან**

ომარ ლომთაძე, ქეთევან ებრაღიძე, ნინო ლომთაძე

პოლიმერების შემავსებლებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია მაღალი დისპერსობა და პოლიმეროფილობა. მშრალი დაფქვის მეთოდით მაღალდისპერსული შემავსებლების მისაღებად აუცილებელია ძვირადღირებული და ენერგოტევადი დანადგარების (დეზინტეგრატორები, ბისერული და კოლოიდური წისქვილები) გამოყენება, რაც მნიშვნელოვად აძვირებს მიღებულ პროდუქტს. სველი დაფქვის მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია მაღალი დისპერსობის შემავსებლების მიღება ბურთულებიან წისქვილშიც სისტემის ალუმოსილიკატი - სითხე დამუშავებით. ამ შემთხვევაში ფხვნილის ფორმის შემავსებლების მიღებისათვის აუცილებელია სისტემიდან სითხის მოცილება, რაც ასევე დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ენერგეტიკულ ხარჯებთან. ამდენად დისპერგაციის სველი მეთოდის გამოყენება ეკონომიურად ხელსაყრელია, როდესაც პოლიმერში შემავსებლის შეტანა შესაძლებელია კონცენტრირებული სუსპენზიის სახით.

ჩატარებული სამუშაოს მიზანია საქართველოს ბუნებრივი ცეოლიტშემცველი ტუფების საფუძველზე პოლიმერების აქტიური შემავსებლების მიღების შესაძლებლობის დადგენა. პოლიმერების შემავსებლის მისაღებად გამოყენებულია ცეოლიტშემცველი ტუფი კლინოპტილოლიტი (თეძმის საბადო). მიღებული შემავსებლის ეფექტურობა შემოწმდა სილიციუმორგანული ლაქების საფუძველზე მომზადებული დამცავი კომპოზიციური საფარების საექსპლუატაციო თვისებების შესწავლით. რამდენადაც სილიციუმორგანულ ლაქებში ძირითადი გამხსნელი ტოლუოლია, კლინოპტილოლიტის დისპერგაცია ბურთულებიან წისქვილში განხორციელდა ტოლუოლის არეში, ხოლო მიღებული კონცენტრირებული სუსპენზიით ხდებოდა სილიციუმორგანული ლაქის შევსება.

კლინოპტილოლიტის დისპერგაციის პროცესის გაუმჯობესებისათვის სისტემაში ალუმოსილიკატი – ტოლუოლი ემატებოდა ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება ოქტადეცილამინი. ამ შემთხვევაში ალუმოსილიკატის ნაწილაკის სტრუქტურის დეფექტურ უბნებზე (მიკრობზარები, დისლოკაციის გამოსავალი და სხვა) ოქტადეცილამინის ადსორბცია ხელს უწყობს მათ გაღრმავებას და აადვილებს ნაწილაკების დაშლას [1]. კლინოპტილოლიტის დისპერგაციის პროცესში ახლადწარმოქმნილი ზედაპირების აქტიურ ცენტრებზე, Si-O-Si და Si-O-Me ვალენტური ბმების დარღვევის ადგილებზე, ხდება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერების დამაგრება [2].

შესწავლილია კლინოპტილოლიტის დისპერსულობის და პოლიმეროფილოზობის ხარისხის ცვლილება სადისპერგაციო არეში ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების შემცველობისგან დამოკიდებულებით. ოქტადეცილამინი სადისპერგაციო არეში ემატებოდა დასამუშავებელი კლინოპტილოლიტის მასის 0,025±1,5%-ის ოდენობით. კვლევები დისპერსობისა და პოლიმეროფილობის ხარისხის დასადგენად ტარდებოდა დამუშავების შედეგად მიღებული სუსპენზიიდან ტოლუოლის აორთქლების შედეგად მიღებულ ფხვნილებზე. შედარებისათვის იგივე პირობებში მზადდებოდა ფხვნილები ოქტადეცილამინის გარეშე.

შემავსებლების პოლიმეროფილობა იზრდება მათი ზედაპირის ორგანოფილიზაციის შედეგად. ამავე დროს მნიშვნელოვანია მოდიფიკატორის ნაწილაკის ზედაპირზე ხემოსორბციული დამაგრება, რამდენადაც პოლიმერულ სისტემაში შემავსებლიდან დესორბირებული მოდიფიკატორი უარყოფითად მოქმედებს მიღებულ პოლიმერული კომპოზიციის საექსპლუატაციო მაჩვენებლებზე [3]. ოქტადეცილამინის კლინოპტილოლიტის ზედაპირთან კავშირის ხასითის დადგენისათვის დისპერგატორში სხავდასხვა რაოდენობის ოქტადეცილამინის შემცველობის პირობებში, მიღებული ორგანოფილური ფხვნილებიდან ჩატარდა ოქტადეცილამინის ექსტრაქცია ტოლუოლით, სოქსლეტის აპარატში. კლინოპტილოლიტის ნაწილაკის ზედაპირზე მასის 1%-მდე ოქტადეცილამინის შემცველობის შემთხვევაში ექსტრაქტში მოდიფიკატორის შემცველობა არ დაფიქსირდა. როგორც ექსტრაქციამდე, ისე ექსტრაქციის შემდეგ მიღებული მოდიფიცირებული ფხვნილების 0V სპექტრებში, პრაქტიკულად უცვლელია ოქტადეცილამინის ნახშირწყალბადური ჯაჭვის რხევების შესაბამისი 2940 და 2865 სმ<sup>-1</sup> ხაზების ინტენსივობა. მიღებული შედეგები მიუთითებს მოცემული შემთხვევაში ოქტადეცილამინის კლინოპტილოლიტის ზედაპირთან ხემოსორბციულ კავშირზე. დისპერგატორში ოქტადეცილამინის 1%-ზე უფრო მაღალი შემცველობის შემთხვევაში ექსტრაქტში ფიქსირდება ოქტადეცილამინის შემცველობა,

რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს კლინოპტილოლიტზე მოდიფიკატორის მრავალშრიან ადსორბციას და ტოლუოლით ექსტრაგირება ფიზიკურად ადსორბირებული ოქტადეცილამინი.

შემავსებლის ნაწილაკების ზომები, ასევე ამ ნაწილაკების ზომების მიხედვით გადანაწილება და შეთანაწყოება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს პოლიმერული კომპოზიციის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე [4]. დისპერგატორში ოქტადეცილამინის თანაობისას დამუშავების შემდეგ მიღებული ორგანოფილური კლინოპტილოლიტის ფხვნილების ნაწილაკების ზომების და ზომების მიხედვით გადანაწილების განსაზღვრა მოხდა “Option”-ის ფორმის (გერმანია) მიკროვიდეომატზე. აღნიშნულ ხელსაწყოზე შესაძლებელია ნაწილაკების ზომების დახასიათება ექვივალენტური სფეროების დიამეტრების მიხედვით 1 30 მიკრონის დიაპაზონში და მათი რაოდენობრივი გადანაწილების დადგენა. მიღებული ექპერიმენტული მონაცემების მიხედვით (სურათი 1), დისპერგატორში ოქტადეცილამინის რაოდენობის გაზრდის შემთხვევაში მცირდება მსხვილი ზომის ნაწილაკების ხვედრითი წილი და მატულობს მაღალდისპერსული ნაწილაკების რაოდენობა. დისპერგატორში ოქტადეცილამინის შემცველობის 1,5%-მდე გაზრდის შემთხვევაში მიღებულ ფხვნილებში ფაქტიურად აღარ არის 10 მმ-ზე დიდი ზომის ნაწილაკები.

პოლიმერების მაღალდისპერსული შემავსებლების აქტივობა მნიშვნელოვან არის დამოკიდებული მათ ხვედრით ზედაპირზე, განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, როდესაც ნაწილაკების ზედაპირზე ადსორბირდება ან ხემოსორბირდება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები, მადისპერგირებელი აგენტები, ზედაპირის მოდიფიკატორები, პოლარული პოლიმერები და სხვა ნივთიერებები. კლინოპტილოლიტის ბუნებრივი და ორგანოფილური ფორმის ფხვნილების ნაწილაკების ხვედრითი ზედაპირის განსაზღვრა მოხდა აზოტის თბური დესორბციის მეთოდის გამოყენებით [5]. მიღებული ექპერიმენტული მონაცემების მიხედვით, რომელიც მოტანილია  $S_{სპ} = f(C_{მოდ.})$  დამოკიდებულების მიხედვით აგებული გრაფიკის სახით (ნახ. 2), მადისპერგირებელ სისტემაში ოქტადეცილამინის შეტანის შედეგად მიმდინარეობს ორი პარალელური პროცესი - ნაწილაკების ზედაპირის ორგანოფილიზაცია და დისპერგაცია. სისტემაში ოქტადეცილამინის რაოდენობის გაზრდის შედეგად ნაწილაკების ზედაპირის ორგანოფილური უბნების ზრდა იწვევს შთანთქმული აზოტის რაოდენობის შემცირებას, ხოლო ნაწილაკების დისპერსობის გაზრდა განაპირობებს შეკავებული აზოტის მოცულობის მატებას. აღნიშნულიდან გამომდინარე მოტანილი გრაფიკი ასახავს მიმდინარე პროცესების ჯამურ ეფექტს, სადაც ოქტადეცილამინის მცირე კონცენტრაციების შემთხვევაში (0,025-0,3%) უპირატესად გამოხატულია ზედაპირის ორგანოფილიზაციით გამოწვეული შედეგი, ხოლო ოქტადეცილამინის უფრო მაღალი კონცენტრაციებისას (0,3-0,1%) ნაწილაკების დისპერგაციით გამოწვეული შედეგი. მადისპერგირებელ სისტემაში ოქტადეცილამინის 1,0%-ზე მეტი რაოდენობის შემცველობის შემთხვევაში ხვედრითი ზედაპირის შემცირება გამოწვეული უნდა იყოს ოქტადეცილამინის მრავალფენოვანი ადსორბციის შედეგად. სორბენტის პოზიციიდან ორგანოფილურ კლინოპტილოლიტში ალუმოსილიკატური ნაწილაკი წარმოადგენს მყარ მატარებელს, ხოლო მის ზედაპირზე ფიქსირებული ოქტადეცილამინი არის უძრავი თხევადი ფაზა, ამდენად ადსორბირებული ფენის სისქის გაზრდის შედეგად მცირდება შეკავებული აზოტის მოცულობა.

შემავსებლის პოლიმეროფილურობის ძირითადი პირობა არის მათი სრული დასველება პოლიმერებით. ვინაიდან შემავსებლის ეფექტურობის შემოწმება ხდება სილიციუმორგანულ ლაქებზე, რომელშიც 50%-მდე ტოლუოლია, ორგანოფილური ფხვნილების ტოლუოლით დასველების პროცესის შესწავლით შესაძლებელია ამ ფხვნილების სილიციუმორგანულ ლაქებით დასველების შეფასება [6].

კლინოპტილოლიტის ბუნებრივი და ორგანოფილური ფხვნილების წყლითა და ტოლუოლით კაპილარული გაჟღენთის კინეტიკის მონაცემებით (ცხრ. 1), ფხვნილების ორგანოფილიზაციის ხარისხსა და ტოლუოლით მათი გაჟღენთის სიჩქარეს შორის არ არის პროპორციული დამოკიდებულება. სითხის (ტოლუოლის) ფრონტის ნაწილაკებში სივრცეში მოძრაობის სიჩქარეში აისახება ორი პროცესით (ნაწილაკების ორგანოფილიზაციის და დისპერსობის ხარისხის მატება) განპირობებული ჯამური ეფექტი. ამდენად კაპილარული გაჟღენთის სიჩქარის შემცირება გამოწვეულია დისპერგირების პროცესის უპირატესი განვითარებით, ხოლო მატება - ნაწილაკების ზედაპირზე ორგანოფილური უბნების წილის გაზრდით. ფხვნილების გაჟღენთვის კაპილარული სიჩქარის მკვეთრი შემცირება ნაწილაკის ზედაპირზე მასის 1,0 % ოქტადეცილამინის შემცველობის შემთხვევაში

გამოწვეულია ხელსაწყოს კიუვეტის ქვედა ნაწილში ორგანოფილური კლინოპტილოლიტის ტოლოლოური დისპერსიის შემკვრივებული ფენის წარმოქმნით (ნაწილაკების მაღალი დისპერსიულობის გამო). გარდა აღნიშნულისა მრავალფენოვანად აღსორბირებული ოქტადეცილამინი ექსტრაგირებს ნაწილაკებში სივრცეში მოძრავ ტოლოლოში, რაც ზრდის სითხის სიბლანტეს და ამცირებს მისი გადაადგილების სიჩქარეს.

ორგანოფილური ფენილების წყლით გაჟღენთის სიჩქარის მონაცემებით ნაწილაკის ზედაპირის ორგანოფილიზაციის ხარისხის მატება განაპირობებს ფენილების გაჟღენთის კაპილარული სიჩქარის შემცირებას. ფენილების დასველება და შესაბამისად გაჟღენთა წყლება ნაწილაკის ზედაპირზე მასის 1.0%-ის შემცველობის შემთხვევაში რაც მიუთითებს ზედაპირის მთლიან ორგანოფილიზაციაზე.

სილიციუმორგანული ლაქის KO 912-ის ბუნებრივი და სხვადასხვა ხარისხით ორგანოფილიზებული კლინოპტილოლიტის კონცენტრირებული სუსპენზიებით 50 %-ით (მშრალ ფენილებზე გადაანგარიშებით) შევსებული კომპოზიციური საფარების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლამ აჩვენა დისპერგატორში 1.0% ოქტადეცილამინის შემცველობის პირობებში მომზადებული შემავსებლის გამოყენებით ფორმირებული საფარების უპირატესობა ყველა საექსპლუატაციო პარამეტრების მიხედვით (ცხრ. 2). ამდენად ბუნებრივი კლინოპტილოლიტიდან სამრეწველო დანიშნულების აღსორბენტების დამზადების შემდეგ წარმოქმნილი მაღალდისპერსული ფქვილის ნარჩენები შესაძლებელია გადამუშავდეს პოლიმერების აქტიურ შემავსებლად.

**ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА**

1. *Ходаков Г.С., Ребиндер П.А.* Влияние среды на процессы тонкого измельчения твердых тел. Коллоидный журнал, 1960, 22, №3, 365-375.
2. *Таубман А.Б., Блицкай Г.С., Яснова Л.П.* О механическом модифицировании поверхности пигментов и наполнителей прививкой полимеров. Лакокрасочн. материалы и их применение. 1966, №3, с.10-13.
3. *Таубман А.Б., Толстая С.Н., Бородина В.Н.* Адсорбционное модифицирование наполнителей и пигментов и структураобразование в растворах полимеров. Докл. АН СССР, 1962, 142, №3, с.407-410.
4. Наполнители для полимерных композиционных материалов (справочное пособие). Москва, «Химия», 1981, 786 с.
5. *Грег С., Синг К.* Адсорбция, удельная поверхность, пористость. Москва, «Мир», 1984, 306 с.
6. *Круглицкий Н.Н., Паховчишин С.В.* Методические разработки применения ПАВ для повышения нефтеотдачи пластов. Киев, Наукова думка, 1983, 48 с.

**ACTIVE FILLERS FROM NATURAL CLINOPTILOLITE FOR POLYMERS**

Omar Lomtadze, Ketevan Ebralidze, Nino Lomtadze

**SUMMARY**

Quantitative distribution on the size of particles in the powders of organophilic clinoptilolite prepared by a method of mechanical adsorption is investigated. Dependence of size of a specific surface of powders, and speed of their saturation by water or toluene, from change of a organophilization degree of a surface of these powders is shown. According to the findings the optimum amount of surfactant – octadecyl amine - was selected (1 % of a taken clinoptilolite) which in conditions of given degree of dispersion provides preparation of a powder with the maximal dispersibility and affinity to polymers. Investigation of physical and mechanical properties of the compounded coverings containing the clinoptilolite, organophilized in a various degree, has shown suitability of the prepared clinoptilolite as active extender for polymers.

**АКТИВНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ ПОЛИМЕРОВ ИЗ ПРИРОДНОГО КЛИНОПТИЛОЛИТА**

О.Г.Ломтадзе, К.Г.Эбралидзе, Н.О.Ломтадзе

**РЕЗЮМЕ**

Исследовано распределение по размеру и количеству частиц порошков органофилизированных форм клиноптилолита полученных механоадсорбционным методом. Показана зависимость скорости капиллярной пропитки водой и толуолом, а так же удельной поверхности полученных порошков от изменения степени органофилизации поверхности и дисперсности частиц. Проведенными исследованиями установлено, что присутствие в диспергаторе 1.0% (от массы воздушносухого минерала) октадециламина определяет получение наполнителя с максимально возможной дисперсностью и оптимальной органофильностью поверхности частиц. Исследованиями физико-механических свойств композиционных покрытий, содержащих в различной степени органофилизированные формы клиноптилолита, подтвердили возможность использования органофилизированного в оптимальных условиях клиноптилолита как активного наполнителя полимеров.

**შერეული ოლიგომერების სინთეზი ნალღობში**

მარინა გურგენიშვილი, ია ჩიტრეკაშვილი, გივი პაპავა, ზაზა მოლოდინაშვილი, ნანული ხოტენაშვილი, ზურაბ თაბუკაშვილი, ნორა დოხტურიშვილი, ნაზი გელაშვილი, ნუნუ მაისურაძე, ეთერი გავაშვილიძე

თერმორეაქტიული პოლიმერული კომპოზიციების მისაღებად ერთ ერთ ძირითად კომპონენტს წარმოადგენს ფენოლის საფუძველზე მიღებული ოლიგომერი, რომელიც მიიღება ფენოლის ურთიერთმოქმედებით ფორმალდეჰიდთან. რეაქცია ტრადიციულად ტარდება ხსნარში, ტუტე კატალიზატორის თანაობისას [1].

ფენოლის საფუძველზე მიღებული პოლიმერის ადგეზიის უნარის ასამაღლებლად, ჩვენს მიერ სინთეზირებული იყო რეზოლური ტიპის შერეული ოლიგომერები. საწყის მონომერებად გამოყენებული იყო ფენოლი, რეზორცინი და ჰიდროქინონი. ფორმალდეჰიდის ნაცვლად ჩვენს მიერ პირველად იყო გამოყენებული პარაფორმი. რეაქცია ტარდებოდა ნალღობში [2].

ფენოლისა და ფორმალდეჰიდის ურთიერთმოქმედების შედეგად წარმოიქმნება მეთილწარმოებულები, რომელთა შემდგომი ურთიერთმოქმედებისას გამოიყოფა წყალი და წარმოიქმნება მეთილენ- და დიმეთილენთერული ბმები. გახურებისას დიმეთილენთერული ბმები იშლება, რის შედეგადაც გამოიყოფა ფორმალდეჰიდი, ხოლო ფენოლის მოლეკულები ერთმანეთს უკავშირდებიან მეთილენური ბმებით. მიღებული ოლიგომერები გამოიყენებიან პოლიმერული კომპოზიციების მისაღებად.

შერეული ოლიგომერის მიღების დროს ფენოლთან ერთად გამოიყენება ორატომიანი ფენოლები, რომელთა რეაქციისუნარიანობა განსხვავდება ფენოლის რეაქციისუნარიანობისაგან. ცხრილში მოტანილია მონაცემები გამოყენებული მონომერების გარდაქმნის სიჩქარის შესახებ, ფორმალდეჰიდთან მათი ურთიერთმოქმედებისას. როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს გარდაქმნის სიჩქარე განსხვავებულია. რეზორცინის და ჰიდროქინონის გარდაქმნის სიჩქარე უფრო მაღალია ფენოლის გარდაქმნის სიჩქარეზე. ამასთან, ტემპერატურის მომატებასთან ერთად გარდაქმნის სიჩქარე იზრდება.

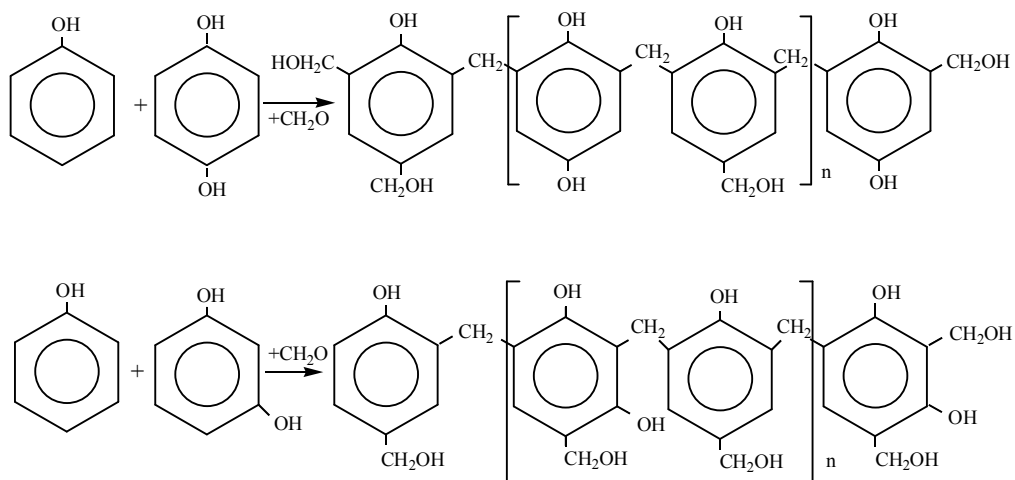
ცხრილი №1. რეაქციის სიჩქარე ფენოლის, რეზორცინის და ჰიდროქინონის ურთიერთმოქმედებისას ფორმალდეჰიდთან ნალღობში\*

წუთი	სიჩქარე, გ/წთ											
	40°C			60°C			80°C			100°C		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2	5,3	5,5	8,15	10,73	11,05	11,7	14,42	14,99	15,90	20,60	21,20	21,70
3,5	5,24	5,86	7,02	8,18	9,88	10,40	11,58	12,40	12,80	15,01	15,52	16,17
5	4,84	5,05	6,32	7,17	8,32	8,68	9,83	10,65	10,91	12,37	12,78	13,14
7,5	4,15	4,45	5,12	6,05	6,59	6,96	7,91	8,21	8,64	10,5	10,53	10,93
10	3,81	4,02	4,24	5,24	5,66	5,91	6,56	6,73	7,24	7,64	7,88	8,28
12,5	3,47	3,64	3,87	4,66	4,94	5,14	5,60	5,76	6,13	6,40	6,52	6,76
15	3,24	3,40	3,69	4,13	4,45	4,70	4,96	5,01	5,27	5,51	5,60	5,76
17,5	2,97	3,09	3,38	3,60	4,00	4,16	4,40	4,55	4,66	4,75	4,85	5,17
20	2,77	2,88	3,06	3,22	3,65	3,78	3,99	4,07	4,18	4,18	4,29	4,69

\* 1 - ფენოლი; 2 - რეზორცინი; 3 - ჰიდროქინონი

ვინაიდან შერეული ოლიგომერების მიღების დროს სარეაქციო არეში ფენოლი და ორატომიანი ფენოლები ერთდროულად შეაქვთ, რეაქციის დასაწყისში ფორმალდეჰიდი ურთიერთმოქმედებს უფრო აქტიურ მონომერთან, ხოლო შემდეგ, პროცესის მიმდინარეობისას, რეაქციაში შედის მეორე, ნაკლებ აქტიური კომპონენტი. შედეგად, რეაქციის პირველ ეტაპზე, ოლიგომერის მოლეკულები გამდიდრებულია უფრო აქტიური კომპონენტით. შედეგად, მიიღება ოლიგომერი, მოლეკულაში საწყისი კომპონენტების სტატისტიკური განაწილებით.

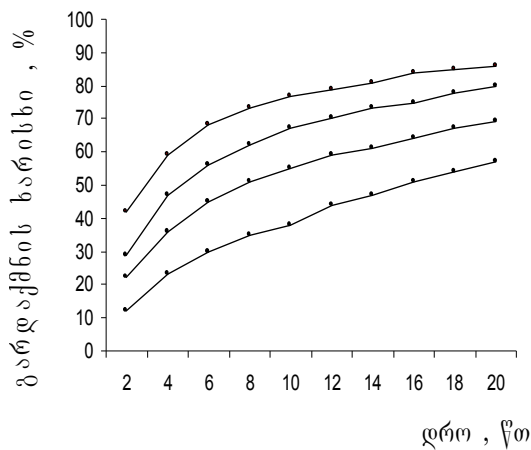
შერეული ოლიგომერის წარმოქმნა ფენოლისა და ორატომიანი ფენოლის საწყისი მოლური თანაფარდობისას 0,5:0,5, შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით:



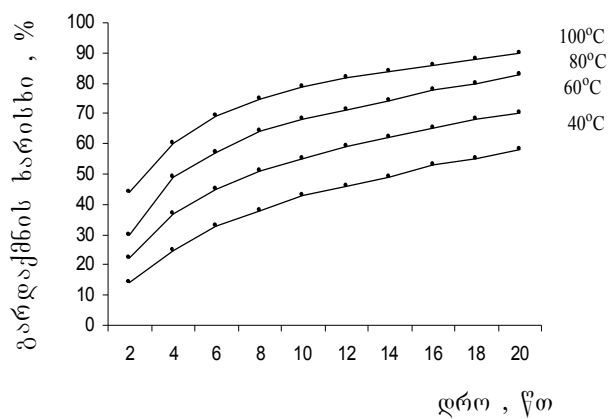
n = 10:14

შერეულ ოლიგომერში რეზორცინის და ჰიდროქინონის მოლური წილი იცვლებოდა 0,1-დან 0,5-მდე.

ნახაზზე 1 მოცემულია გარდაქმნის ხარისხის ცვლილება ფორმალდეჰიდთან საწყისი მონომერების ნარევის ურთიერთმოქმედებისას. როგორც სურათიდან ჩანს, პროცესის მიმდინარეობისას, რეაქციის ხანგრძლივობის და ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად იზრდება გარდაქმნის ხარისხიც.



ა



ბ

**ნახაზი 1.** გარდაქმნის ხარისხის ცვლილება ფორმალდეჰიდთან ურთიერთმოქმედებისას ნალღობში: ფენოლისა და რეზორცინის (ა); ფენოლისა და ჰიდროქინონის (ბ). მოლური თანაფარდობა 0,5 : 0,5.

რეზოლები კარგად იხსნებიან სპირტში, აცეტონში და სხვა ორგანულ გამხსნელებში. ისინი გამოყენებული იყო პოლიმერული კომპოზიციების მისაღებად.

**ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА - REFERENCES**

1. *Торопцева А.М., Белгородская К.В., Бондаренко В.М.* Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений. Ленинград, Изд-во «Химия», 1972, с.199.
2. Технология пластических масс (под ред. Коршака В.В.). Москва: «Химия», 1985, 251 с.
3. *Папава Г.Ш., Гелашвили Н.С., Молодинашвили З.П., Папава К.Р., Хотенашвили Н.З., Читрекашвили И.А.* Получение фенолформальдегидного олигомера новолачного типа в расплаве. Азербайджанский химический журнал, 2005, № 4, с.33-35.

**SYNTHESIS OF MIXED OLYGOMERS IN MELT**

Marina Gurgenishvili, Ia Chitrekashvili, Givi Papava, Zaza Molodinashvili,  
Nanuli Khotenashvili, Zurab Tabukashvili, Nora Dokhturishvili, Nazi Gelashvili, Nunu Maisuradze,  
Eteri Gavashelidze

**S U M M A R Y**

Mixed oligomers are synthesized in the melt on the base of oxibenzene and dioxibenzene. The content of dioxibenzene changes in the range of 0,1 – 0,5 mol. The influence of temperature and duration of the reaction of initial components' transformation has been studied

**СИНТЕЗ СМЕШАННЫХ ОЛИГОМЕРОВ В РАСПЛАВЕ**

М.Б.Гургенишвили, И.А.Читрекашвили, Г.Ш.Папава, З.П.Молодинашвили, Н.З.Хотенашвили,  
З.Ш.Табукашвили, Н.С.Дохтуришвили, Н.С.Гелашвили, Н.А.Маисурадзе, Э.Ш.Гавашелидзе

**РЕЗЮМЕ**

Синтезированы смешанные олигомеры в расплаве, на основе смесей окси- и диоксибензолов. Содержание диоксибензола изменялось в пределах 0,1 – 0,5 моли. Изучено влияние температуры и продолжительности реакции на степень превращения исходных компонентов.



**ნოვოლაქის ტიპის თანაოლიგომერების სინთეზი ნალღობში**

მარინა გურგენიშვილი, ია ჩიტრეკაშვილი, გივი პაპავა, ზაზა მოლოდინაშვილი, ნანული ხოტენაშვილი, ზურაბ თაბუკაშვილი, ნორა დოხტურიშვილი, ნაზი გელაშვილი, ნუნუ მისურაძე, ეთერი გავაშვილიძე

ნოვოლაქის ტიპის ოლიგომერი მიიღება ფორმალდეჰიდის ურთიერთმოქმედებით ფენოლთან, მჟავა კატალიზატორის თანაობისას. რეაქცია ჩვეულებრივ ტარდება წყალხსნარში. რეაქციის დასრულების შემდეგ ოლიგომერს გამოყოფენ წყალხსნარიდან, რომელიც შეიცავს ტოქსიკურ ნივთიერებებს – ფენოლს, ფორმალდეჰიდს. საწარმოო პირობებში განარეცხი წყლები დიდი რაოდენობით გროვდება და მათი გასუფთავება ტოქსიკური ნივთიერებებისაგან დიდ მატერიალურ დანახარჯებთანაა დაკავშირებული. ამასთან, უმეტეს შემთხვევაში, პროცესი არის პერიოდული. ამიტომ, დიდ ინტერესს იწვევდა ოლიგომერის სინთეზის ჩატარება ნალღობში. ამ პირობებში პროცესი არის უწყვეტი და აღარც განარეცხი წყლების გასუფთავებაა საჭირო, რაც უზრუნველყოფს გარემოს დაცვას დაბინძურებისაგან. მიღებული ოლიგომერები აღარ საჭიროებენ გაშრობას, რაც თავიდან აგვაცილებს აგრეთვე დამატებით ენერგეტიკულ დანახარჯებს.

ჩვენს მიერ ფორმალდეჰიდის წყალხსნარის ნაცვლად გამოყენებული იყო პარაფორმი. რეაქცია ტარდებოდა ნალღობში, პარაფორმის, ფენოლის და ორატომიანი ფენოლის ნარევის გახურებით, მჟავა კატალიზატორის თანაობისას. ფენოლისა და ორატომიანი ფენოლის ნარევისა და ფორმალდეჰიდის მოლური თანაფარდობა შესაბამისად შეადგენდა 1,15:1, კატალიზატორად გამოყენებული იყო მარილმჟავა (1% ფენოლური კომპონენტის მიმართ).

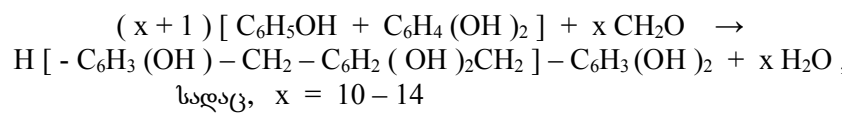
გახურებისას პარაფორმი დეპოლიმერიზდება. დეპოლიმერიზაციის შედეგად გამოყოფილი ფორმალდეჰიდი წარმოქმნისთანავე ურთიერთმოქმედებს ფენოლურ კომპონენტებთან. ამ ურთიერთმოქმედებისას ადგილი აქვს რიგ თანმიმდევრულად და პარალელურად მიმდინარე რეაქციებს : მიერთებას და კონდენსაციას. რეაქციის პირველი აქტია მეთილოლწარმოებულების წარმოქმნა ფენოლთან ფორმალდეჰიდის მიერთების შედეგად.

რეაქციის მიმდინარეობისას ფორმალდეჰიდი შესაძლებელია ურთიერთმოქმედებაში შევიდეს უკვე წარმოქმნილ მეთილოლწარმოებულთან, ან ოლიგომერთან. პარალელურად, მეთილოლწარმოებულების ერთმანეთთან, ფენოლურ კომპონენტებთან, ან ოლიგომერებთან ურთიერთმოქმედებით მიმდინარეობს პოლიკონდენსაციის რეაქციები. მიერთება ხდება ფენოლის მოლეკულაში ჰიდროქსილის ჯგუფის მიმართ ორთო- და პარა მდგომარეობაში მყოფი აქტიური წყალბადის ატომების მონაწილეობით. რეაქცია ტარდება ფენოლის სიჭარბისას. რეაქციის ტემპერატურა და კატალიზატორის კონცენტრაცია გავლენას ახდენენ რეაქციის სიჩქარეზე, ხოლო ხანგრძლივობა – ოლიგომერის საშუალო მოლეკულურ მასაზე.

თანაოლიგომერების სინთეზის დროს ფენოლთან ერთად მეორე კომპონენტად ჩვენს მიერ გამოყენებული იყო ორატომიანი ფენოლები – რეზორცინი და ჰიდროქინონი. ფენოლისა და ფორმალდეჰიდის ურთიერთმოქმედების შედეგად ჯერ წარმოიქმნება მეთილოლწარმოებულები, რომლებიც შემდგომ ურთიერთმოქმედებენ ერთმანეთთან, ან ფენოლთან. ჯაჭვის შემდგომი ზრდა ხდება მიერთებისა და კონდენსაციის რეაქციების შედეგად. ოლიგომერში ბენზოლის ბირთვები დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან მეთილენის ხიდებით.

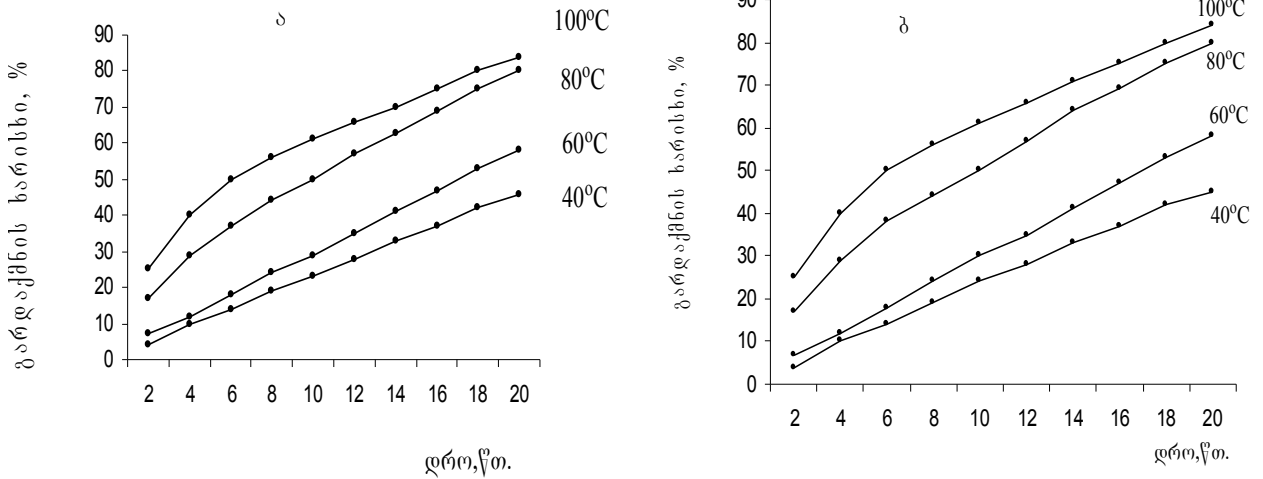
ვინაიდან კონდენსაციის რეაქციის სიჩქარე უფრო მაღალია, ვიდრე მიერთებისა, ამიტომ ოლიგომერები მეთილოლის ჯგუფებს პრაქტიკულად არ შეიცავენ, რასაც ადასტურებს სპექტრალური გამოკვლევა. მეთილოლის ჯგუფების დამახასიათებელი შთანთქმის ზოლის ინტენსივობა 1030 სმ<sup>-1</sup> უბანში თანდათან მცირდება და ბოლოს მთლიანად ქრება.

ზოგადად კონდენსაციის პროცესი მჟავა არეში ფენოლისა და ორატომიანი ფენოლის (ნარევი მათი მოლური თანაფარდობისას 0,5:0,5) ურთიერთმოქმედებისას ფორმალდეჰიდთან შეიძლება სქემატურად ასე გამოვსახოთ:



ნაღობში ნოვოლაქური თანაოლიგომერის მიღების რეაქცია ტარდებოდა 40 – 120°C ტემპერატურის ინტერვალში. ფენოლისა და ორატომიანი ფენოლის ნარევის და ფორმალდეჰიდის მოლური თანაფარდობა იყო 1,15 : 1. კატალიზატორად გამოყენებული იყო მარილმჟავა. რეაქციის მიმდინარეობა კონტროლდებოდა სარეაქციო ნარევი ფორმალდეჰიდის რაოდენობის ცვლილების მიხედვით.

№1 სურათზე მოტანილია მონაცემები სარეაქციო არეში ფორმალდეჰიდის რაოდენობის ცვლილების შესახებ. როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რეაქციის მიმდინარეობაზე გავლენას ახდენს როგორც ტემპერატურა, ასევე რეაქციის ხანგრძლივობა. რეაქციის ხანგრძლივობისა და ტემპერატურის გაზრდისას გარდაქმნის ხარისხი იზრდება. ასე მაგალითად, ფენოლისა და რეზოლის ნარევის ურთიერთმოქმედებისას ფორმალდეჰიდთან (მოლური თანაფარდობისას 1,15 : 1; ნარევი კომპონენტების თანაფარდობაა 0,5 : 0,5, შესაბამისად) 40°C-ზე, 20 წუთის შემდეგ, გარდაქმნის ხარისხი არის 45,8%, 60°C-ზე გარდაქმნის ხარისხი 58%-ია, 80°C-ზე იზრდება 80%-მდე, 100°C-ზე – 83%-მდე.



სურ.1. გარდაქმნის ხარისხის ცვლილება ფენოლისა და რეზორცინის (ა) და ფენოლისა და ჰიდროქინონის (ბ) ურთიერთმოქმედებისას ფორმალდეჰიდთან ნაღობში. ნარევი ფენოლისა და ორატომიანი ფენოლის მოლური თანაფარდობაა 0,5 : 0,5. ფენოლისა და ორატომიანი ფენოლის ნარევისა და ფორმალდეჰიდის მოლური თანაფარდობაა 1,15 : 1, კატალიზატორი 1% HCl

ფენოლისა და ჰიდროქინონის ურთიერთმოქმედებისას ფორმალდეჰიდთან, იგივე მოლური თანაფარდობისას, გარდაქმნის ხარისხი 20 წუთის შემდეგ 40°C-ზე შეადგენს 52,2, 60°C-ზე – 64,8 და 80°C-ზე – 79,8, ხოლო 100°C-ზე - 89,6 %-ს.

ცხრილში მოტანილია მონაცემები გარდაქმნის სიჩქარის შესახებ ფორმალდეჰიდთან ფენოლისა და ორატომიანი ფენოლების ურთიერთმოქმედებისას. როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, გარდაქმნის სიჩქარე განსხვავებულია. რეაქციის სიჩქარე, როდესაც ნარევი შეიცავს ჰიდროქინონს, უფრო მაღალია, ვიდრე რეზოლის შემთხვევაში. ტემპერატურის გაზრდისას გარდაქმნის სიჩქარე იზრდება, ხოლო რეაქციის ხანგრძლივობის გაზრდასთან ერთად იგი კლებულობს, რაც აიხსნება საწყისი კომპონენტების კონცენტრაციის შემცირებით სარეაქციო ნარევიში.

შერეული ოლიგომერები კარგად იხსნებიან სპირტში, აცეტონში, დიოქსანში, დიმეთილფორმამიდში, ტრიკრეზოლში და სხვ. ჰექსამეთილენტეტრამინის მოქმედებით 180-200°C-ზე განიცდიან სტრუქტურირებას და გადადიან სივრცითი სტრუქტურის მქონე რეზინში, რომლებიც სრულიად კარგავენ ხსნადობას ზემოხსენებულ გამხსნელებში და არ ლღვებიან.

ცხრილი 1. რეაქციის სიქარე ერთატომიანი დე ორატომიანი ფენოლების ურთიერთმოქმედებისას ფორმალდეჰიდთან ნალლობში, მოლური თანაფარდობა 0,5:0,5\*

წუთი	რეაქციის სიქარე, გ/წთ							
	40 <sup>0</sup> C		60 <sup>0</sup> C		80 <sup>0</sup> C		100 <sup>0</sup> C	
	1	2	1	2	1	2	1	2
2	2,10	3,85	3,65	5,10	8,60	10,00	12,50	13,1
3,5	2,03	3,20	2,51	3,48	7,22	7,88	9,48	10,37
5	2,24	3,06	3,08	3,92	6,82	8,48	9,16	9,96
7,5	2,05	2,70	2,32	3,09	8,80	6,36	6,96	7,48
10	2,14	2,51	2,90	3,04	5,18	5,50	6,02	6,48
12,5	2,17	2,24	2,90	3,36	4,84	5,05	5,50	5,88
15	2,34	2,53	2,96	3,14	4,48	4,62	4,89	5,30
17,5	2,48	2,67	3,12	3,16	4,16	4,29	4,63	4,92
20	2,29	2,61	2,90	3,24	4,00	3,99	4,15	4,48

\* 1 – ფენოლისა დე რეზორცინის ნარევი; 2 – ფენოლისა დე ჰიდროქინონის ნარევი.

**ლიტერატურა – ЛИТЕРАТУРА - REFERENCES**

1. *Торопцева А.М., Белгородская К.В., Бондаренко В.М.* Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений. Ленинград: «Химия», 1972, с.199.
2. *Технологи япластических масс (подред.Коршака В.В. ).* Москва: «Химия»,1985,с.251
3. *Папава Г.Ш., Гелашвили Н.С., Молодинашвили З.П., Папава К.Р., Хотенашвили Н.З., Читрекашвили И.А.* Получение фенолформальдегидного олигомера новолачного типа в расплаве. Азербайджанский химический журнал, 2005, № 4, с.33-35

**NOVOLAC-TYPE CO-POLYMERS SYNTHESIS IN MELT**

Marina Gurgeniashvili, Ia Chitrekashvili, Givi Papava, Zaza Molodinashvili, Nanuli Khotenashvili, Zurab Tabukashvili, Nora Dokhturishvili, Nazi Gelashvili, Nunu Maisuradze, Eteri Gavashelidze

**SUMMARY**

Mixed novolac-type oligomers are synthesized in the melt on the base of oxibenzene and dioxibenzenes. The content of dioxibenzene changes in the range of 0,1 – 0,5 mol. The influence of temperature and duration of the reaction of initial components' transformation has been studied.

**СИНТЕЗ СОПОЛИМЕРОВ НОВОЛАЧНОГО ТИПА В РАСПЛАВЕ**

М.Б.Гургенишвили, И.А.Читрекашвили, Г.Ш.Папава, З.Р.Молодинашвили, Н.З.Хотенашвили, З.Ш.Табукашвили, Н.С.Дохтуришвили, Н.С.Гелашвили, Н.А.Маисурадзе, Э.Ш.Гавашелидзе

**РЕЗЮМЕ**

Синтезированы смешанные олигомеры новолачного типа в расплаве, на основе смесей окси- и диоксибензолов. Содержание диоксибензола изменялось в пределах 0,1 – 0,5 моли. Изучено влияние температуры и продолжительности реакции на степень превращения исходных компонентов.

**მიკროელემენტების შემცველი კოორდინაციული ნაერთები და მათი საფუძველზე შექმნილი ფიტორეპლატორები**

სპარტაკ უროტაძე, იამზე ბეშქენაძე, ნანა ჟორჟოლიანი, მაია გოგალაძე, ლია გოგუა

როგორც ცნობილია, “სიცოცხლის ელემენტებად” წოდებული ლითონების Mg, Mn, Zn, Fe, Co, Cu, B, Mo და სხვ. ბიოლოგიური როლი მცენარეთა კვებაში უდიდესი და მრავალმხრივია. როგორც მცენარეში, ასევე ნიადაგში მიკროელემენტების დეფიციტი არის ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი, რომელიც განსაზღვრავს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დაბალ პროდუქტიულობასა და ხარისხს. ამ პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სახეობიდან გამომდინარე აუცილებელი მიკროელემენტების ოპტიმალური თანაფარდობით უზრუნველყოფა [1-2].

აგრარული ქიმიის პრობლემათა ლაბორატორიაში გრძელდება სამუშაოები აღნიშნული პრობლემის გადასაჭრელად. ამ მიზნით ჩვენს მიერ სინთეზირებული იყო ნაერთები ზოგადი ფორმულით:  $Me \cdot L \cdot nH_2O$ , სადაც  $Me = Mg, Mn, Zn, Fe, Co, Cu$ ;  $L =$  ქარვისმჟავას ანიონი (ან ციტრატ იონი),  $n = 1 \div 6$ . შესწავლილია მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები; ნაერთების საფუძველზე შექმნილი ორი ფიტორეგულატორიდან ერთი გამოცდილია სავსე პირობებში საშემოდგომო ხორბლის ორ ჯიშზე (ბეზოსტაია-1 და კობერი), ხოლო მეორე ლობიოს კულტურაზე; მიღებულია დამაკმაყოფილებელი შედეგები [3-4].

ვაგრძელებთ რა ჩვენს მიერ სინთეზირებული ნაერთების და მათ საფუძველზე შექმნილი ფიტორეგულატორების შესწავლას, მათი ინდივიდუალობის დაზუსტების და იზოსტრუქტურულობის დადგენის მიზნით ჩატარებული იქნა ნაერთების:  $Mg \cdot R \cdot 3H_2O$ ,  $Mn \cdot R \cdot 3H_2O$ ,  $Zn \cdot R \cdot H_2O$ ,  $Fe \cdot R \cdot 3H_2O$ ,  $Co \cdot R \cdot 2H_2O$ ,  $Cu \cdot R \cdot 6H_2O$ ,  $Mg \cdot HL \cdot 3H_2O$ ,  $Mn \cdot HL \cdot H_2O$ ,  $Zn \cdot HL \cdot 4H_2O$ ,  $Fe \cdot HL \cdot 4H_2O$ ,  $Co \cdot HL \cdot 6H_2O$ ,  $Cu \cdot HL \cdot 6H_2O$  (სადაც  $R =$  ქარვის მჟავას ანიონი,  $HL =$  ციტრატ იონი) რენტგენოდიფრაქტომეტრული კვლევა. ნიმუშების გადაღება წარმოებდა DROH-3M ტიპის დიფრაქტომეტრზე, სპილენძის ანოდის გამოსხივებით. მიღებული ნაერთების იდენტიფიკაცია ხდებოდა ამერიკული კართოტეკის მიხედვით [5]. კოორდინაციული ნაერთების დიფრაქტოგრამების გაშიფვრით მიღებული ფარდობითი ინტენსივობის და შესაბამისი სიბრტყეთაშორისო მანძილების გაზომვის შედეგები გვიჩვენებს, რომ მიღებულ ნიმუშებში საწყისი ნივთიერებების არსებობა ცალკე ფაზის სახით არ შეინიშნება, რის საფუძველზეც ვასკვნით, რომ მიღებულია სრულიად ახალი ინდივიდუალური ნაერთები. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ სინთეზირებული ნაერთების ინდივიდუალობა დაზუსტებულია, აგრეთვე მათი ნიმუშების ლლობის ტემპერატურებით (კაპილარული მეთოდი).

ნაერთების -  $Co \cdot R \cdot 2H_2O$ ,  $Mn \cdot HL \cdot H_2O$  რენტგენოდიფრაქტოგრამები ხასიათდებიან სუსტად გამოხატული დიფუზური პიკებით, ანუ ძირითადი ფაზა რენტგენულამორფულია, რის საფუძველზეც შეიძლება დავასკვნათ, რომ აღნიშნული ნივთიერებები წარმოადგენენ რენტგენულამორფულ ნაერთებს.

ნაერთებს -  $Zn \cdot R \cdot H_2O$ ,  $Mg \cdot HL \cdot 3H_2O$  აქვთ შედარებით სუსტად გამოხატული კრისტალური სტრუქტურა (რამდენადმე რენტგენულამორფული), ხოლო დანარჩენი ნაერთები ხასიათდებიან მკვეთრად გამოხატული კრისტალური სტრუქტურით სხვადასხვა ფარდობითი ინტენსივობის ( $I/I_0$ ) მქონე და სიბრტყეთაშორისი მანძილის ( $d/n$ ) განსაზღვრული სიდიდებით.

აღსანიშნავია, რომ ნაერთების:  $Mn \cdot R \cdot 3H_2O$ -  $Fe \cdot R \cdot 3H_2O$ ,  $Zn \cdot HL \cdot 4H_2O$ -  $Fe \cdot HL \cdot 4H_2O$ ,  $Co \cdot HL \cdot 6H_2O$ -  $Cu \cdot HL \cdot 6H_2O$  რენტგენოდიფრაქტოგრამები წვეილ-წვეილად იდენტურია, რაც მათ იზოსტრუქტურულობაზე მიუთითებს და გამომდინარეობს მათი ქიმიური შედგენილობის და კრისტალური სტრუქტურების გეომეტრიული მახასიათებლების ანალოგიურობიდან, რასაც ვერ ვიტყვივით  $Mg \cdot R \cdot 3H_2O$  და  $Cu \cdot R \cdot 6H_2O$ -ის შესახებ. სინთეზირებული ნაერთების საფუძველზე დამზადებული ორი ფიტორეგულატორის (პირობითი სახელწოდებით X და Y) მუშა ხსნარების ოპტიმალური კონცენტრაციების დადგენის მიზნით მომზადდა თითოეულისათვის 5%, 7% და 10%-იანი მუშა ხსნარები და ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარდა ტესტირება ხორბალზე; 100-100 ცალი ხორბლის მარცვალი წინასწარ დამუშავდა X და Y ფიტორეგულატორების 5,7 და 10%-იანი მუშა ხსნარებით და 0,5 საათის დაყოვნების შემდეგ ჩაითესა სავეგეტაციო ჭურჭელებში (საცდელი); ასევე ჩაითესა 100 ცალი ხორბლის მარცვალი საკონტროლო სავეგეტაციო ჭურჭელში სამუშაო ხსნარით წინასწარი დამუშავების გარეშე (საკონტროლო). შვიდივე ჯგუფი ირწყვებოდა ერთი კვირის შუალედით. ოთახის ტემპერატურა

მერყეობდა 4 -10<sup>0</sup>C-ის ზღვრებში. დაახლოებით ერთი თვის შემდეგ ხორბალმა დაიწყო აღმოცენება. დაკვირვება მიმდინარეობდა აღმოცენებული ღეროების სიხშირეზე და საშუალო სიგრძეზე. ბარტყობის ფაზის ბოლოს საცდელ ჯგუფებზე შევასხურეთ 5, 7 და 10%-იანი მუშა ხსნარები. დაკვირვება წარმოებდა ორი თვის განმავლობაში, შედეგები მოტანილია ცხრილში.

ლაბორატორიული ტესტირების შედეგები

№	ღეროების რაოდენობა (კალი)							ღეროების საშუალო სიმაღლე, სმ							t <sup>0</sup> C
	საკონტროლო	საცდელ-სავეგეტაციო ვარიანტი						საკონტროლო	საცდელ-სავეგეტაციო ვარიანტი						
		X მუშა ხსნარი			Y მუშა ხსნარი				X მუშა ხსნარი			Y მუშა ხსნარი			
		5%	7%	10%	5%	7%	10%		5%	7%	10%	5%	7%	10%	
1	0	6	7	10	5	6	11	0	4	6	8	5	6	9	4
2	3	8	10	12	7	11	14	8	5	6	9	6	7	10	6
3	7	20	21	24	21	23	26	10	11	12	14	10	9	16	6
4	23	54	56	60	53	57	62	11	14	16	18	13	15	19	7
5	34	80	84	90	78	82	92	12	16	18	21	15	17	22	5
6	42	86	88	98	85	89	98	17	19	22	24	18	20	24	9
7	49	90	94	100	90	95	100	18	20	24	27	21	23	28	7
8	54	96	98	100	92	97	100	23	24	25	28	25	26	30	7
9	60	98	100	100	97	100	100	24	26	28	32	27	29	34	9

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, დაკვირვების პერიოდში საცდელ სავეგეტაციო ჭურჭელში ხორბლის ღეროების რაოდენობა, რომლებიც დამუშავებული იყო 10%-იანი X და Y მუშა ხსნარებით 2,5-3-ჯერ მეტია საკონტროლოსთან შედარებით; ასევე გამოკვეთილია უპირატესობა ღეროების სიმაღლეშიც. ორივე მიმართულებით განსხვავება (საცდელ ჯგუფსა და საკონტროლოს შორის) შესამჩნევი გახდა საცდელ ვარიანტზე მუშა ხსნარის შესხურების შემდეგ.

დაკვირვების მთელი პერიოდის განმავლობაში 10% X და Y მუშა ხსნარებით დამუშავებული ხორბლის ღეროები გაცილებით უფრო ჯანსაღი და ხასხასა მწვანეა საკონტროლოსთან შედარებით, რაც სრულიად აკმაყოფილებს წაყენებულ აგრომითხოვნებს.

ამრიგად, ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული ტესტირების შედეგებიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ქარვის და ლიმონის მჟავების საფუძველზე დამზადებული მიკროელემენტების შემცველი ფიტორეგულატორების ოპტიმალური კონცენტრაციაა 10%-იანი მუშა ხსნარი. რამდენადაც საველე პირობებში ექსპერიმენტი ჩატარდა ფიტორეგულატორების 5-5%-იანი მუშა ხსნარებით, უნდა ვივარაუდოთ, რომ კონცენტრაციის 2-ჯერ გაზრდის შემთხვევაში შესაძლებელია მივიღოთ კიდევ უფრო მაღალი შედეგები.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. *Ткаченко К. Г. Косарева И.А.* Перспективы восстановления плодородия почв. Информационно-аналитический бюллетень. “Агроинформ”, Санкт-Петербург вы. 24, 2000, с.15-17.
2. *Исследование микроудобрений при возделывании озимой пшеницы в степи Украины.* Отчет по НИР Института зернового хозяйства УАН. Днепропетровск, 2000, 80 с..
3. *გოვალაძე მ., ბეშენაძე ი., ჟორჟოლიანი ნ., საყვარელიძე თ.* მიკროელემენტების შემცველი ფიტორეგულატორი. რესპუბლიკური სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია. ქუთაისი 2009წ. გვ.80-82.

4. უროტაძე ს., ბეშკენაძე ი., ჯორჯოლიანი ნ., საყვარელიძე თ., გოგალაძე მ. ქარვის მჟავას და მიკროელემენტების შემცველი ფიტორეგულატორი, საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის "მოამბე", 2009, ტ.25. გვ.17-20.
5. ASTM American Society for Testing Materials. 1960, 210 p.

### **MICROELEMENT CONTAINING COORDINATION COMPOUNDS AND PHYTO-REGULATORS CREATED ON THEIR BASIS**

Spartak Urotadze, Iamze Beshkenadze, Nana Zhorzholiani, Maia Gogaladze, Lia Gogua

#### **SUMMARY**

Individuality and iso- structural properties of the following synthesized compounds: Me·ЯК·nH<sub>2</sub>O and Me·HL·nH<sub>2</sub>O (where Me = Mg, Mn, Zn, Fe, Co, Cu; ЯК<sup>2-</sup>= anion of succinic acid, HL<sup>2-</sup>- citrate- ion, n=1÷6) have been established by XR-investigation. Phytoregulators proved in the laboratory conditions for wheat have been created; optimum concentrations of the working solutions have been established.

### **КООРДИНАЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И ФИТОРЕГУЛЯТОРЫ СОЗДАНИЕ НА ИХ ОСНОВЕ**

С.Л.Уротадзе, И.А.Бешкенадзе, Н.Б.Жоржوليანი, М.А.Гогаладзе, Л.Д.Гогуа

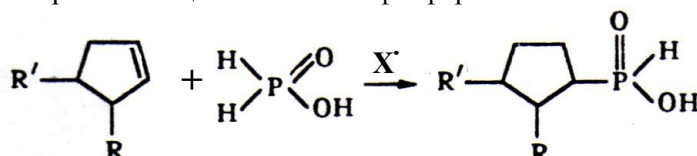
#### **РЕЗЮМЕ**

В результате проведённого рентгенодифрактометрического исследования установлена индивидуальность и изоструктурность синтезированных соединений типа Me·ЯК·nH<sub>2</sub>O и Me·HL·nH<sub>2</sub>O, где Me = Mg, Mn, Zn, Fe, Co, Cu; ЯК<sup>2-</sup> – анион янтарной кислоты, HL<sup>2-</sup>-цитрат ион, n = 1÷6. Составлены фиторегуляторы, которые апробированы в лабораторных условиях на пшеницу; установлены оптимальные концентрации рабочих растворов.

## ЦИКЛОПЕНТИЛФОСФОНИСТЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ПРЕВРАЩЕНИЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Л.О.Самхарадзе, Г.И.Баларджишвили, К.Г.Эбралидзе, Т.Н.Шатакишвили

Циклопентилфосфониновые кислоты (I) составляют группу малоизученных алициклических гидрофосфорильных соединений. Разработан простой метод синтеза циклопентилфосфониновых кислот и начато исследование их химических свойств. Циклопентилфосфониновые кислоты (I) получали гидрофосфорилированием циклопентенов фосфорноватистой кислотой [1].



В работе [2] приводятся результаты, полученные в этом направлении. В плане поиска новых биологически активных препаратов большой интерес представляет изучение превращений фосфониновых кислот цикlopentanного ряда. Они также интересны как полупродукты для тонкого органического синтеза. Органические соединения, которые имеют как активные группы, так и цикlopентальное ядро, могут проявлять сродство к определенным местам молекул белка и зафиксировать активные группы на поверхности биополимера.

Реагенты (I) – сильные кислоты. Они легко взаимодействуют с оксидами и гидроксидами металлов, образуя соли. В плане поиска эффективных гербицидов [3] представлял интерес синтез магниевых солей цикlopентилфосфониновых кислот (II). Соли (II) были получены в виде белых порошков, растворимых в воде, с выходом 90-99% (схема 1). Особенно энергично с саморазогревом проходила реакция оксида магния с незамещенной (Ia) и 3-метилциклопентилфосфониновой кислотой (Iв). Введение метильного или этильного заместителя в положение 2 пятичленного цикла приводило к некоторому замедлению процесса. В спектрах ЯМР  $^{31}\text{P}$  магниевых солей (II) зафиксированы дублетные сигналы в области 36-39 м.д. с КССВ 527-533 Гц, характерные для солей фосфониновых кислот. Реагенты (I) легко этерифицируются. Так, этерификацией кислоты (Ia) аллиловым спиртом получен ее аллиловый эфир (IIIa). Реакцию проводили в присутствии катализатора (серная кислота) с азеотропной отгонкой воды. В спектре ЯМР  $^{31}\text{P}$  эфира (IIIa) фиксировался дублетный сигнал с  $\delta$  42.38 м.д. и КССВ 517 Гц. Для установления строения аллилового эфира был изучен спектр ПМР.

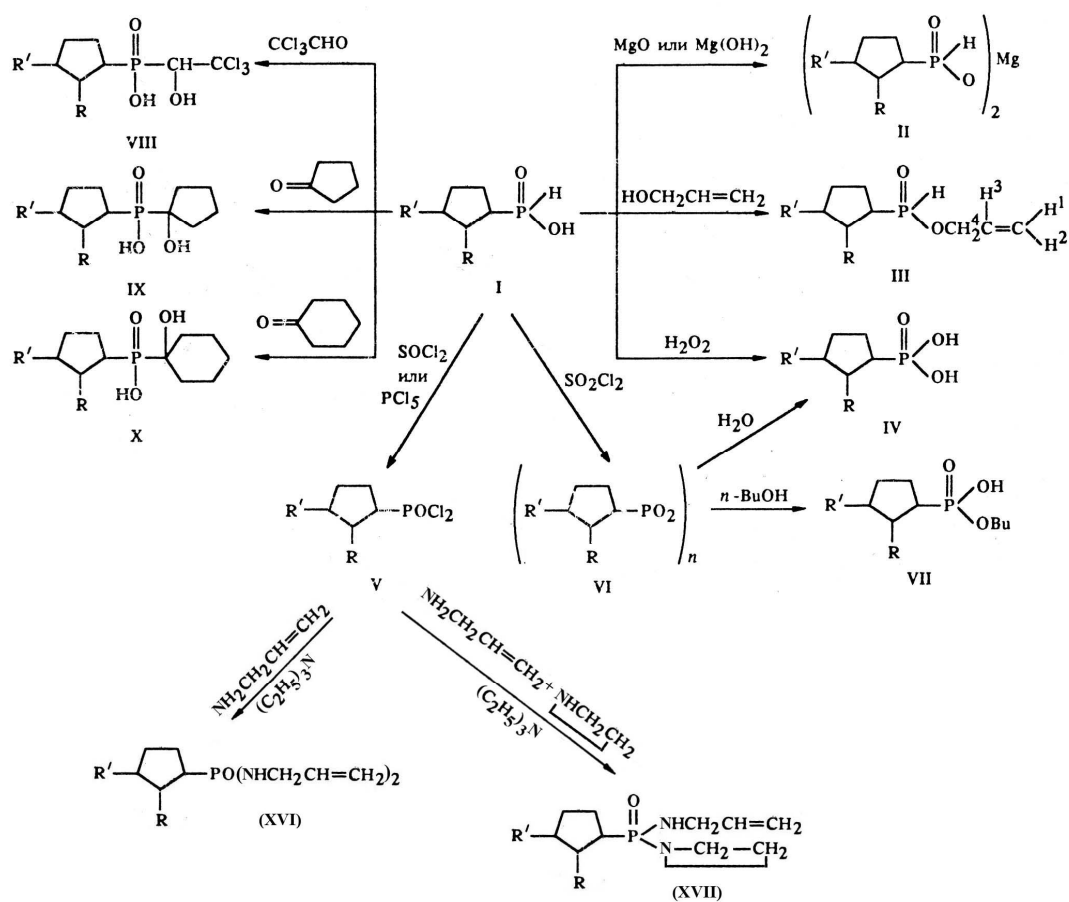
Далее нами было изучено окисление кислот (I) перекисью водорода. Реакцию проводили при длительном нагревании реагентов с выходом соответствующих фосфоновых кислот (IV) 85-93%. Заметим, что окисление алкилфосфониновых кислот проходит в более мягких условиях [4].

Кислоты (I) легко хлорируются и хлористым тионилем, и пятихлористым фосфором с образованием дихлорангидридов цикlopентилфосфоновых кислот (V). Эти способы синтеза более просты и эффективны, чем описанное в литературе [5,6] окислительное хлорфосфорирование цикlopентана и его производных. Дихлорангидриды фосфоновых кислот отличаются высокой реакционной способностью и могут быть использованы в синтезе эфиров и амидов фосфоновых кислот с цикlopентильным радикалом [7].

Синтезированы диаллиламид цикlopентилфосфоновой кислоты (XVI) и этиленамидоаллиламид цикlopентилфосфоновой кислоты (XVII). Они показали высокую хемотрепизирующую активность [8, 12].

Реакция цикlopентилфосфониновых кислот с хлористым сульфуром дает олигомерные ангидриды фосфоновых кислот (VI), о чем свидетельствуют спектры ЯМР  $^{31}\text{P}$ , в которых фиксируются уширенные сигналы в области 29.1-29.6 м.д., характерные для олигомерных ангидридов фосфоновых кислот. Ангидриды фосфоновых кислот – эффективные фосфорилирующие средства [9]. Они очень легко гидролизуются водой. Реакция идет даже при комнатной температуре с образованием соответствующих фосфоновых кислот (IV), идентичных веществам, полученным окислением кислот (I) перекисью водорода. Бутанолизом ангидрида (VIa) бутанолом получен монобутиловый эфир цикlopентилфосфоновой кислоты (VIIa) с выходом 65%.



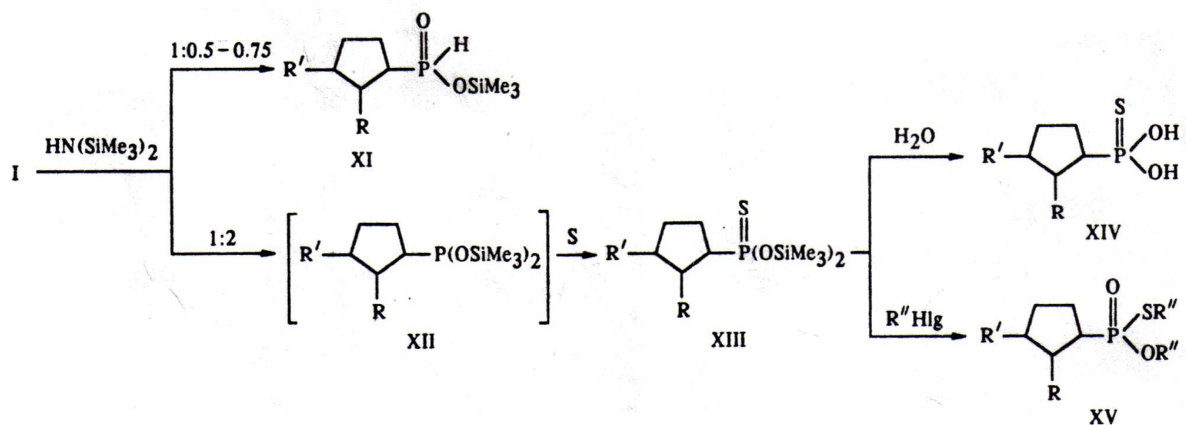


სქემა 1. R = R' = H (ა); R = Me, R' = H(ბ); R = H, R' = Me (ვ); R = Et, R' = H(გ); R'' = Et (ა-ვ), Bu (დ).

ნამი იზუჩენი რეაქცი გეტოლიტიკური პრისეინი რეაგენტ (I). ვაიზოდეიტი კისოტი (I) ს ქლორალემ რივოდიტ კ ფოსფინოვი კისოტ (VIII) ს ვიხოდ 40-50%. ს ეშე მენიში ვიხოდ დეე პრი დლიტელნი ნაგრევიანი იდოტ რეაქცი ს ციკლოპენტანონი ს ციკლოგესანონი, ხოტა გოლიტიკური პრისეინი სოეინი (Iა) კ ციკლოპენტენი ს პრისუტვიი ორგანიკური პერეკისეი პოდიტ ბოლეს ეფექტივნი (ვიხოდ დიციკლოპენტილფოსფინოვი კისოტი 71%) [1].

იზუწნი, ქოტი სილირივი გიდროფოსფორილნი სოეინი შიროკო ისოლუზოტეა დიოტ იოტ აქტივიტი რეაქცი ს ელექტროფილი (10). ნამი ისლედოვანი ტრიმეტილსილირივი კისოტი (I) გესამეტილდისილანონი (სქემა 2).

პრი მოლარნი სოოტნი რეაგენტ 1:0.5 – 0.75 ობრავოტეა სილიოვი ეფირი ფოსფონისტი კისოტი (XI) ს ვიხოდ 74-78%. სტროენი პოლუჩენნი პროდუქტი უსტანოვიტო მეთოდ სპექტროსკოპიი იამპ რეაქტი ნიკრეა  $^1\text{H}$  ს  $^{31}\text{P}$ .



სქემა 2.

При применении избытка гексаметилдисилазана и в более жестких условиях образовывались дисилиловые эфиры циклопентилфосфонистых кислот (XII). В связи с неустойчивостью к хранению соединений (XII) их целесообразно без выделения переводить в производные пентавалентного фосфора, например сульфурезировать. Строение тиофосфонатов (XIII) устанавливалось методом спектроскопии ЯМР на ядрах  $^1\text{H}$  и  $^{31}\text{P}$ .

При гидролизе фосфонатов (XIII) образуются тиофосфоновые кислоты (XIV), о чем свидетельствуют спектры ЯМР  $^{31}\text{P}$  и эквиваленты титрования.

Ранее был разработан препаративный метод синтеза S,O-диалкилалкилфосфонатов алкилированием O,O-ди(триметилсилил)тиофосфонатов галоидными алкилами [11]. С целью поиска фунгицидных и инсектоакарицидных препаратов мы распространили этот метод для получения S,O-диалкилциклопентилфосфонатов (XV). Реакцию проводили в два этапа: сначала S-алкилирование тиофосфонатов (XIII) алкилбромидом и абсолютным спиртом с выделением S-алкилтиофосфоновых кислот, затем с последующим алкилированием новой порцией алкилбромидом в присутствии триэтиламина. Строение фосфонатов (XV) также устанавливали методом спектроскопии ЯМР.

### **Экспериментальная часть**

Спектры ЯМР  $^{31}\text{P}$  записаны на приборе Bruker WP-80 на частоте 32.4 МГц относительно внешнего стандарта – 85%-ной фосфорной кислоты. Спектры ПМР получены на приборе Bruker AM-400 (400 МГц) в  $\text{C}_6\text{D}_6$ . Контроль за ходом реакций и индивидуальностью продуктов осуществляли методом ТСХ на пластинах Silufol в системах гексан-ацетон, 1:1 (А), бензол-диоксан, 3:1 (Б), бензол-диоксан, 1:3 (В). Хроматограммы проявляли парами йода.

#### **Магниево-соли циклопентилфосфонистых кислот (II а-г).**

а. Реакция с оксидом магния. К 0.01 моль соответствующей фосфонистой кислоты (I) добавляли при перемешивании в атмосфере инертного газа 0.005 моль оксида магния. При взаимодействии кислот (Iа) и (Iв) с оксидом магния наблюдался саморазогрев реакционной смеси. Полученные бесцветные порошки промывали от примеси циклопентилфосфонистых кислот эфиром или гексаном. Выход 94-99%.

б. Реакция с гидроксидом магния. К 2 мл воды добавляли 0.005 моль оксида магния. Массу перемешивали 0.5 ч при комнатной температуре и оставляли на ночь. К образовавшейся сметанообразной массе гидроксида магния при перемешивании в атмосфере инертного газа добавляли 0.01 моль соответствующей фосфонистой кислоты (I). Небольшой разогрев наблюдался при добавлении кислот (Iа) и (Iв). Избыток воды упаривали. Выход 91-97%. Магниево-соль (IIа), выход 95-99%.

#### **Аллиловый эфир циклопентилфосфонистой кислоты (IIIа).**

К 0.02 моль кислоты (Iа) в 30 мл безводного бензола добавили 0.04 моль аллилового спирта и 3-5 капель конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Реакционную массу кипятили 8-10 ч с азеотропной отгонкой воды, после чего охлаждали, промывали водой, насыщенным раствором  $\text{NaHCO}_3$ , снова водой до исчезновения кислоты (Iа) в промывных водах (контроль методом ТСХ). Растворитель отгоняли. Остаток сушили в вакууме, перегоняли в глубоком вакууме. Выход эфира (IIIа) 51%. Т. кип.  $135^\circ\text{C}$  ( $10^{-4}$  мм рт. ст.).

#### **Циклопентилфосфоновые кислоты (IV а-г).**

К 0.02 моль соответствующей кислоты (I) добавляли по каплям при перемешивании 0.03 моль 30%-ной перекиси водорода. Реакционную массу перемешивали 12-15 ч при  $85-90^\circ\text{C}$ . Образующуюся фосфоновую кислоту (IV) растворяли в воде, от примесей фосфонистой кислоты (I) очищали экстракцией последней гексаном. Воду упаривали, целевой продукт (IV) сушили в вакууме. Выход и свойства полученных фосфоновых кислот (IV) приведены в табл. 1.

#### **Дихлорангидриды циклопентилфосфоновых кислот (V).**

а. К 0.03 моль соответствующей кислоты (I) добавляли 0.06 моль хлористого тионила. Реакционную массу нагревали 2-3 ч при  $70-80^\circ\text{C}$ , после чего избыток хлористого тионила упаривали, продукт (V) перегоняли в вакууме масляного насоса.

б. К 0.22 моль тонкоизмельченного пятихлористого фосфора при  $10-15^\circ\text{C}$  при перемешивании добавляли по каплям 0.1 моль соответствующей кислоты (I). Реакционную массу перемешивали 2 ч при комнатной температуре и еще 2 ч при  $50-60^\circ\text{C}$ , после чего жидкость декантировали, образовавшиеся треххлористый фосфор и хлорокись фосфора отгоняли, продукт перегоняли в вакууме. Выход и свойства полученных дихлорангидридов приведены в табл. 1.

#### **Ангидриды циклопентилфосфоновых кислот (VIа,в).**

К 0.03 моль соответствующей кислоты (I) в 20 мл безводного бензола прибавляли по каплям при перемешивании 0.03 моль хлористого сульфурита со скоростью, предотвращающей подъем температуры реакционной массы выше 50°C. Перемешивали 2 ч при 40°C, растворитель упарили, остаток выдерживали 3 ч в вакууме. Выход ангидрида циклопентилфосфоновой кислоты (VIa) 90%.

**Гидролиз ангидридов (VIa,в).**

К 0.1 моль ангидрида (VI) добавляли 0.15 моль воды, оставляли на ночь, избыток воды упарили, остаток выдерживали 2-3 ч в вакууме. Получены фосфоновые кислоты (IVa,в).

**Бутанолиз ангидрида (VIa).**

К 0.01 моль ангидрида (VI) при перемешивании добавляли по каплям 0.04 моль бутанола, массу перемешивали 2 ч при 100°C, растворитель упарили, остаток сушили в вакууме, получили смесь диастереомеров бутилового эфира циклопентилфосфоновой кислоты (VIIa) (табл. 1).

Таблица 1. Свойства циклопентилфосфоновых кислот и их производных

№	Выход % (метод)	Т.кип., °C (р, мм. рт.ст.)	$n_D^{20}$	$R_f$		$\delta_r$ , м.д.	Эквивалент		Найдено, %		Формула	Вычислено, %	
				А	Б		найденно	вычислено	С	Н		С	Р
IVa	85	126-127 <sup>a</sup>	-	0.5	0.4	34.7	75	75	39.77	7.29	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> P	40.00	7.38
IVб	92	-	1.4824	0.8	0.5	37.6, 36.4	82	82	43.81	7.92	C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> O <sub>3</sub> P	43.90	7.98
IVв	92	-	1.4790	0.8	0.5	37.5, 36.9	81	82	43.84	7.87	C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> O <sub>3</sub> P	43.90	7.98
IVг	93	-	1.4890	0.8	0.5	38.9, 38.1	88	89	47.01	8.48	C <sub>7</sub> H <sub>15</sub> O <sub>3</sub> P	47.19	8.48
Va	72 (a) 60 (б)	60 (1) <sup>б</sup>	1.4996	-	-	56.7	-	-	-	-	-	-	-
Vв	73 (a) 61 (б)	83 (1) <sup>в</sup>	1.4925	-	-	57.1, 56.4	-	-	-	-	-	-	-
VIIa	90	-	1.4710	-	0.5	34.9, 34.6	-	-	52.18	9.16	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> O <sub>3</sub> P	52.42	9.28

**Реакция кислот (I) с циклопентаном и циклогексаном.**

К 0.01 моль фосфонистой кислоты (I) добавляли 0.01 моль циклопентанона или циклогексанона. Реакционную массу перемешивали в атмосфере инертного газа 10-12 ч при 95-100°C, охлаждали, осадок отфильтровывали, промывали на фильтре гексаном или эфиром. 1-Гидроциклопентилциклопентилфосфинная кислота (IXa), выход 30%, т. пл. 174-175°C.

**Силиловые эфиры циклопентилфосфонистых кислот (XI).**

К 0.03 моль соответствующей кислоты (I) при перемешивании добавляли 0.02 моль гексаметилдисилазана. Реакционную массу перемешивали 1 ч при 125-130°C в атмосфере инертного газа, затем охлаждали до комнатной температуры, избыток гексаметилдисилазана упарили, продукт перегоняли в вакууме. Свойства полученных силиловых эфиров приведены в табл. 2.

Таблица 2. Свойства силиловых эфиров циклопентилфосфонистых и циклопентилтиофосфоновых кислот

№	Выход %	Т.кип., °C (р, мм. рт.ст.)	$n_D^{20}$	$\delta_r$ , м.д. (J <sub>PH</sub> , Гц)	Найдено, %			Формула	Вычислено, %		
					С	Н	Р		С	Н	Р
XIa	78	70 (1)	1.4250	30.3 (525.7)	46.72	9.19	14.91	C <sub>8</sub> P <sub>19</sub> O <sub>2</sub> PSi	46.58	9.28	15.01
XIб	76	74-76 (1)	1.4450	30.9(528.7) 30.7	49.14 48.96	9.70 9.74	14.02 13.91	C <sub>9</sub> P <sub>21</sub> O <sub>2</sub> PSi	49.06	9.61	14.06
XIв	74	75 (1)	1.4435	29.7 (523) 29.0	49.16 49.22	9.72 9.78	13.99 13.65	C <sub>9</sub> P <sub>21</sub> O <sub>2</sub> PSi	49.06	9.61	14.06
XIIIa	71	85 (1)	1.4610	80.1	42.62 42.67	8.71 8.88	9.89 9.84	C <sub>11</sub> P <sub>27</sub> O <sub>2</sub> PSSi <sub>2</sub>	42.54	8.76	9.97
XIIIб	66	87-89 (1)	1.4710	79.9 75.4	44.52 44.59	8.99 8.96	9.46 9.41	C <sub>12</sub> P <sub>29</sub> O <sub>2</sub> PSSi <sub>2</sub>	44.41	9.01	9.54
XIIIв	68	92-95 (1)	1.4600	80.9 79.7	44.56 44.61	8.98 8.95	9.42 9.37	C <sub>12</sub> P <sub>29</sub> O <sub>2</sub> PSSi <sub>2</sub>	44.41	9.01	9.54
XIIIг	67	115-118 (2)	1.4670	80.3 75.8	46.18 46.22	9.22 9.18	9.07 9.01	C <sub>13</sub> P <sub>31</sub> O <sub>2</sub> PSSi <sub>2</sub>	46.11	9.23	9.15

**Циклопентилтиофосфонаты (XIII).**

К 0.01 моль соответствующей кислоты (I) добавляли в атмосфере инертного газа 0.02 моль гексаметилдисилазана, реакционную смесь перемешивали в атмосфере инертного газа 5 ч при 125-130°C, затем охлаждали до комнатной температуры и при перемешивании в токе инертного газа добавляли 0.016 моль серы, нагревали 1 ч при 40°C, охлаждали, отфильтровывали от избытка серы, непрореагировавший гексаметилдисилазан упаривали. Продукты очищали перегонкой в вакууме. Свойства тиофосфонатов (XIII) приведены в табл. 2.

**Циклопентилтиофосфоновые кислоты (XIV).**

К 0.01 моль соответствующего тиофосфоната (XIII) добавляли 0.14 моль воды. Реакционную смесь перемешивали 15 ч при 65-75°C. Избыток воды и побочные продукты упаривали, остаток выдерживали 2-3 ч в вакууме. Тиофосфоновая кислота (XIV), выход 75%,  $n_D^{20}$  1.4965.

**S,O-Диалкилциклопентилфосфонаты (XV).**

К 0.01 моль соответствующего тиофосфоната (XIII) в 5 мл абсолютного этанола добавляли 0.02 моль триэтиламина и затем по каплям при перемешивании – 0.02 моль бромистого алкила, реакционную массу перемешивали 2 ч при 50-55°C, охладили до комнатной температуры, осадок отфильтровали, фильтрат упарили в вакууме. Остаток растворили в 4 мл абсолютного бензола. К раствору добавили 0.02 моль триэтиламина и по каплям – 0.02 моль бромистого алкила. Реакционную смесь перемешивали 6 ч при 70-75°C, охладили, осадок бромгидрата триэтиламина отфильтровали. К фильтрату добавили 20-25 мл бензола, бензольный экстракт промыли ледяной водой (3-4 раза по 2-3 мл), сушили над сульфатом натрия. Растворитель упарили. Продукты очищали перегонкой в вакууме.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Нифантьев Э.Е., Магдеева Р.К., Долидзе А.В., Ингоркვა К.В., Самхарадзе Л.О., Васянина Л.К., Беккер А.Р. ОХ, 1991, т. 61, вып. 1, с. 96-106.
2. Самхарадзе Л.О., Магдеева Р.К., Нифантьев Э.Е., Долидзе А.В. Изв. АН ГССР, 1990, т. 16, №4, с. 264-267.
3. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. М., Химия, 1987, 711с.
4. Нифантьев Э.Е., Щепетьева Н.П., Магдеева Р.К. // ЖОХ, 1979, вып. 8, с. 1905-1906.
5. Isbell A.F., Wadsworth F.T. Am. Chem. Soc. 1956, vol. 78, p. 6042-6045.
6. Шихиев И.А., Алиев М.И., Исрафилова С.З. Докл. АН АЗССР, 1965, т. 21, №7, с. 7-9.
7. Алиев М.И., Подобоев Н.И., Исрафилова С.З. ЖОХ, 1968, т. 38, вып. 4, с. 883-886.
8. А.С. СССР №1702655 (1991) Амиды циклопентилфосфоновой кислоты, обладающие хемотерализующей активностью. Магдеева Р.К., Самхарадзе Л.О., Нифантьев Э.Е., Долидзе А.В., Кипиани А.А., Мачавариани Э.А.
9. Петров К.А., Трещалина Л.В. Итоги науки и техники ВИНТИ. Сер. технол. орг. веществ. 1977, №4, с. 60-94.
10. Лебедев Е.П., Пудовик А.Н., Цыганов Б.Н., Назмутдинов Р.Я., Романов Г.В. ЖОХ, 1977, т. 47, вып. 4, с. 765-769.
11. Буторина Л.С., Залесова Н.Н., Нифантьев Э.Е., Мاستрюкова Т.А. ЖОХ, 1987, т. 57, вып. 4, с. 786-792.
12. Самхарадзе Л.О., Баларджишвили Г.И., Долидзе А.В. О хемотерализующей активности некоторых фосфорорганических соединений. Georgian Engineering News, 2003, №2, с. 335-337.

**ციკლოპენტილფოსფონოვანი მჟავები და მათი გარდაქმნა ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებაებად**

ლია სამხარაძე, გულნარა ბალარჯიშვილი, ქეთევან ებრალიძე, თამარ შატაკიშვილი

**რეზიუმე**

შესწავლილია ციკლოპენტილფოსფონოვანი მჟავების რეაქციები ჰომოლიტურ და ელექტროფილურ რეაგენტებთან. შემუშავებულია სხვადასხვა ფოსფოციკლოპენტილური სისტემების სინთეზის ხელსაყრელი მეთოდები. ჩატარებულია ციკლოპენტილფოსფონოვანი მჟავების მონო- და ბის-ტრიმეთილსილილირება. მიღებული ნაერთები გამოიყენება ციკლოპენტილთიოფოსფონატების სინთეზისთვის.

**CYCLOPENTYLPHOSPHONOUS ACIDS AND THEIR CONVERSION IN BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS**

Lia Samkharadze, Gulnara Balarjishvili, Ketevan Ebralidze, Tamar Shatakishvili

**SUMMARY**

Reactions of cyclopentylphosphonic acids with homolytical and electrophilic reagents are studied. Profitable methods of synthesis of various phosphocyclopentyl systems are elaborated. It is carried out mono- and bis-trimethylsilylation of cyclopentylphosphonic acids. Obtained compounds will be used for synthesis of cyclopentylthiophosphonates.

**მდგრადი ორბანული დამაბინძურებლების (POPs) შემცველი გაუვარვისებელი პესტიციდების ნარევის ბაზრების რეგულირების შესახებ**

ირმა მიქაძე, ნინო ქავთარაძე, ლიპარიტ დოლიძე, რუსუდან ურიდია, ნათია ბარბაქაძე, ავთანდილ დოლიძე

სოფლის მეურნეობის განვითარებასთან ერთად წარმოიქმნა მცენარეთა დაცვის ქიმიური საშუალებების გამოყენების აუცილებლობა. გასულ საუკუნეში განსაკუთრებით გაიზარდა სინთეზური პესტიციდების გამოყენება. თუმცა შემდგომში, გარემოზე ნეგატიური ზეგავლენის გამო, მეტი ყურადღება ექცევა ბუნებრივი პესტიციდების ანალოგებისა და ბიოლოგიური პრინციპების საფუძველზე შექმნილი პესტიციდების წარმოებას და გამოყენებას. ამჟამად, მავნებლებთან ბრძოლისათვის გამოიყენება 500-ზე მეტი სხვადასხვა პესტიციდი. სინთეზური ორბანული პესტიციდების პირველი თაობა წარმოადგენდა ქლორორგანულ ნაწარმებს (DDT და სხვ.), რომლებიც ეფექტურობასთან ერთად ღიდ ზიანს აყენებდნენ გარემოს თავისი მაღალი მდგრადობის და ცოცხალ ქსოვილებში დაგროვების უნარის გამო. შემდგომ ქლორორგანული პესტიციდები შეიცვალა ფოსფორორგანული ნაერთებით, რომლებიც ტოქსიკური არიან არა მხოლოდ მწერებისათვის, არამედ ასევე თბილსისხლიანი ცხოველებისა და ადამიანისათვის. გამოიყენება ასევე კარბამატები და სხვა ნაერთები, რომლებიც ხელს უწყობენ მოსავლის შენარჩუნებას. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ნაერთების მიმართ მავნებლებს უვითარდებათ რეზისტენტობა და ამიტომ აუცილებელია პესტიციდების ნომენკლატურის მუდმივი განახლება. ამჟამად მავნებლების საწინააღმდეგოდ ძირითადად გამოიყენება პირეტროიდული პრეპარატები, რომლებიც ბუნებრივი პირეტრინების სინთეზურ ანალოგებს წარმოადგენენ და ბუნებაში იშლებიან ნაკლებად სახიფათო ნივთიერებად. გასული წლების განმავლობაში საქართველოში დაგროვილია გამოყენებული პესტიციდების მარაგები, რომლებიც ნეგატიურ ზეგავლენას ახდენენ გარემოზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე, რის გამოც აუცილებელია მათი გაუვნებელყოფა.

**არსებული მდგომარეობა და გამოყენებული მეთოდები**

გაუვარვისებელი პესტიციდების, მათ შორის POPs შემცველი ნივთიერებების ისტორიულ სამარხებში განლაგებულია ათასობით ტონა სახიფათო ნარჩენები სხვადასხვა თაობის პესტიციდების ნარევის სახით. მათი წინასწარი დაცილება შეუძლებელია და აუცილებელი ხდება გარემოსდაცვითი ახალი ტექნოლოგიების შემუშავება POPs შემცველი პესტიციდების ნარევის გაუვნებელყოფისათვის. აღანიშნავია, რომ DDT აკრძალვის შემდეგ ნებადართული იყო ჰექსაქლოროციკლოჰექსანის გამა იზომერის ე.წ. ლინდანის გამოყენება, რის გამოც იგი ინახებოდა სხვა საერთო მოხმარების პესტიციდებთან ერთად და ამჟამად პესტიციდების სამარხი მთლიანად დაბინძურებულია ქლორორგანული ნაერთებით. აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ მსოფლიოში, განსაკუთრებით ევროპაში ამჟამად რამდენიმე მილიონი ტონა ჰექსაქლოროციკლოჰექსანის სხვადასხვა იზომერების ნარჩენებია თავმოყრილი. ამდენად, მიღებული შედეგები სასარგებლო იქნება ვადაგასული და გაუვარვისებელი პესტიციდების სხვადასხვა ნარევის გაუვნებელყოფის რაციონალური მეთოდის შემუშავებისათვის მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონისათვის [1].

უკანასკნელ წლებში სულ უფრო მეტად ვითარდება პესტიციდების გაუვნებელყოფის დაწვის გარეშე (non-combustion) ტექნოლოგიები, რომლებიც ნაკლებად სახიფათოა გარემოსათვის და ამავე დროს იძლევა შესაძლებლობას გამოვიყენოთ "ნიადაგის თვითგაწმენდის" პროცესები. ჩვეულებრივ, ტექნოლოგია მუშავდება ამა თუ იმ სახეობის პესტიციდების დეგრადაციისათვის, მაშინ როდესაც მრავალწლიანი შენახვის პირობებში წარმოიქმნება სხვადასხვა თაობის პესტიციდების ნარევი და მათი დაცილება შეუძლებელია. აუცილებელი ხდება კომპლექსური ტექნოლოგიის შემუშავება.

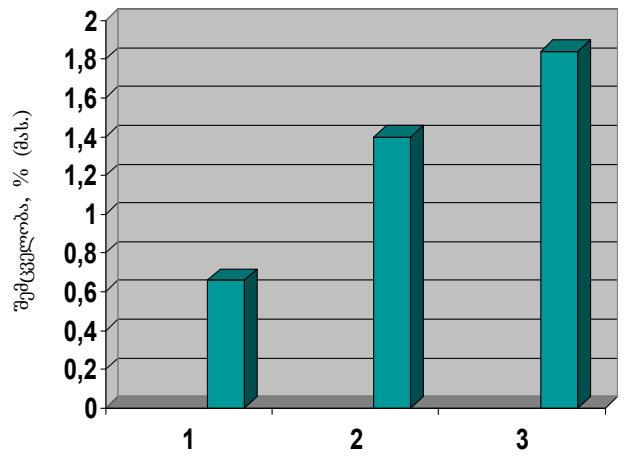
საქართველოში ამჟამად პესტიციდები შემოიტანება მხოლოდ დამკვეთი ორგანიზაციების მოთხოვნით და ფაქტიურად აღარ არის მათი მრავალწლიანი დასაწყობების აუცილებლობა. ძველი გაუვარვისებელი პესტიციდების დარჩენილი მარაგები თავმოყრილია იაღლეჯის სამარხებში და შემუშავებულია რამდენიმე წინადადება მათი გაუვნებელყოფისათვის. POPs პესტიციდები ძირითადად განთავსებულია რკინა-ბეტონის ბუნკერებში ან სპეციალურ სტანდარტულ კონტეინერებში. იგეგმება მონიტორინგისა და ჰომოგენიზაციის შემდეგ მათი გატანა საზღვარგარეთ მაღალტემპერატურულ დახურული ტიპის

ინსენერატორებში დასაწვავად. გარდა ამისა, რჩება POPs შემცველი პესტიციდების ნარევები, რომლებიც განლაგებულია ღია ტრანშეებში, დაახლოებით 2500 ტონის ოდენობით. სხვადასხვა თაობის პესტიციდების ნარჩენებთან ერთად აღინიშნება ჰექსაქლოროციკლოპექსანის გამა-იზომერის (ლინდანის) შემცველობა. მისი მცირე რაოდენობის შემთხვევაში შესაძლებელია კომპოსტირებით ქლორორგანული ნაერთების შეცველობის შემცირება ბიორემედიაციისათვის მისაღებ დონემდე (5-7%).

სამუშაოში გამოყენებულია GC/MS და მიკრობიოლოგიური კვლევის მეთოდები, ხოლო საცდელი ნიმუშები აღებულია სტანდარტული მეთოდების შესაბამისად.

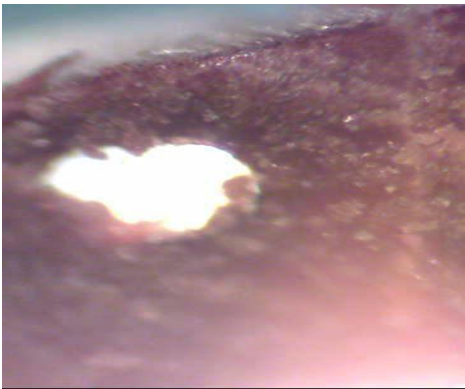
**მიღებული შედეგები და განსჯა**

იაღლეჯის სამარხიდან აღებულია გაერთიანებული ნიმუშები დასაწყობებული ზედაპირიდან, სიღრმეში და პერიმეტრზე, ასევე მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგებიდან. აღნიშნული რეალური ნიმუშები შესწავლილი იქნა GC/MS მეთოდით და დადგენილია პესტიციდების ნარევების თვისობრივი და რაოდენობრივი შემადგენლობა. დასაწყობებული პესტიციდების ნარევები წარმოადგენს გოგირდისა და ფოსფორის შემცველი ნაერთების კომპლექსს, სადაც ცალკეული ფენების სახით აღინიშნება კარბამატების, პირეტროიდების და ლინდანის არსებობა.



ქლორორგანული ნაერთების შემცველობა ტრანშეების მიხედვით

ცხრილის მონაცემების მიხედვით ქლორორგანული ნაერთების შემცველობა არ აღემატება 2%-ს და შესაძლებელია მისი გაუვნებელოფა ბიორემედიაციული მეთოდებით. აღსანიშნავია ნიადაგის თვითგაწმენდის პროცესების აქტიურობა. იაღლეჯის სამარხის ტერიტორიაზე მრავალი წლის განმავლობაში შენახვის პროცესში ბუნებრივად შეიქმნა ადგილობრივი მიკროორგანიზმების კონსორციუმები, რომლებიც ეფექტურად შლიან და ასიმილირებენ ბიომასის გაზრდის ხარჯზე POPs შემცველი პესტიციდების ნარევებს. ლაბორატორიაში შექმნილი იყო ოპტიმალური პირობები ბიოლოგიური აგენტების სტიმულაციისათვის სხვადასხვა მცენარეული სუბსტრატების გამოყენებით (თხილის ნაჭუჭი, მანდარინის ქერქი, მუხის ფოთლები, ჩალა და სხვ.). შედარებით უკეთესი შედეგები მიღებული იქნა თხილის ნაჭუჭის გამოყენებით, 10 დღის შემდეგ აღინიშნა მნიშვნელოვანი დექლორირების პროცესი (იხ. მიკროსკოპული სურათები).

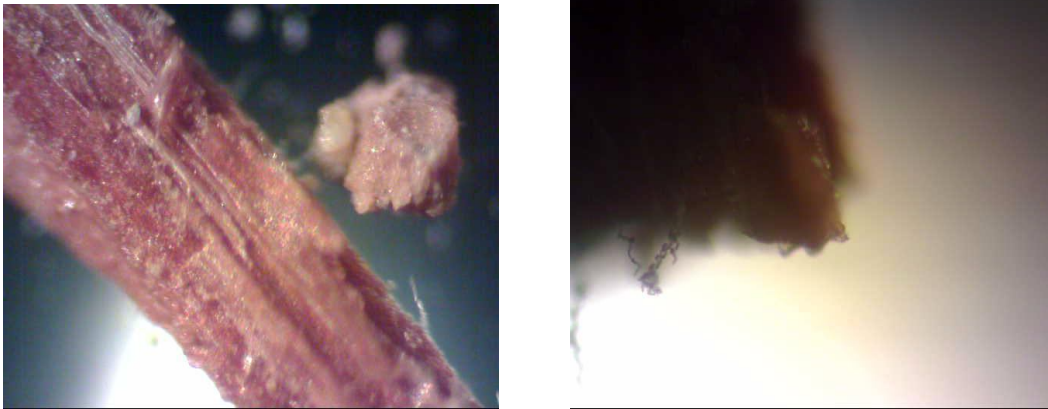


თხილის ნაჭუჭი სოკოს გაზრდამდე



სოკოს ბიომასის გაზრდის პროცესი





სოკოს ჰიფები

სავარაუდოდ ჰომოგენიზაციის, კომპოსტირების, მჟავიანობის კორექტირებით, მკვებავი კომპოზიციებისა და მცენარეული სუბსტრატების შეტანით იქმნება ოპტიმალური პირობები ბიოლოგიური აგენტების, კერძოდ მიკროსკოპული სოკოების აქტივაციისათვის, რაც ხელს უწყობს ბიოდეგრადაციის დაჩქარებას. ამასთან ერთად, ნიადაგის თვითგაწმენდის პროცესებში მნიშვნელოვანი წილი შეაქვთ ადგილობრივ ბაქტერიებს, რომლებიც ეფექტურად გადაამუშავენ პესტიციდებს, რომლებიც არ შეიცავენ ქლორნაწარმებს [2-3].

ძალზე მნიშვნელოვანია ფიტორემედიაციის შესაძლებლობების გამოყენება. საქართველოს მცენარეული საფარიდან შერჩეულია სოია, ბარდა და ლობიო, რომლებიც ახდენენ ქსენობიოტიკების ასიმილაციას მცირე კონცენტრაციის პირობებში. აუცილებელია სამივე ბიოლოგიური აგენტის (ბაქტერია, სოკო, მცენარე) ერთობლივი სინერგიული მოქმედება, რათა მოხდეს სახიფათო ნარჩენების ეკოლოგიურად უსაფრთხო გაუვნებელოება. დაბინძურებული ნიადაგების გასუფთავებასთან ერთად, ასევე მნიშვნელოვანია ნიადაგების ნაყოფიერების აღდგენა-რეაბილიტაცია.

წინასწარი ლაბორატორიული გამოცდები ადასტურებს პესტიციდებით დაბინძურებული ტერიტორიების გასუფთავებისა და შემდგომი სრულყოფილი რეაბილიტაციის შესაძლებლობას ადგილობრივი ბუნებრივი მასალებისა და საშუალებების გამოყენების საფუძველზე. სხვადასხვა დამაბინძურებლები და ნიადაგურ-კლიმატური პირობები ახდენენ ზეგავლენას რემედიაციისა და რეაბილიტაციის პროცესებზე, რაც მოითხოვს წარმოდგენილი მოდელის შესაბამისად ადაპტირებას [4].

რემედიაციისა და რეაბილიტაციის სამუშაოები საჭიროებენ მნიშვნელოვან დაფინანსებას, ხოლო საერთაშორისო ორგანიზაციები და დამფინანსებლები მოითხოვენ მხოლოდ აღიარებული და სარწმუნო ტექნოლოგიების გამოყენებას. უნდა აღინიშნოს, რომ ბოლო წლებში სულ უფრო მეტად გამოიყენება სტიმულირებული ბიორემედიაციისა და რეაბილიტაციის შესაძლებლობები სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებით. აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტომ POPS შემცველი პესტიციდების გაუვნებელოების საიმედო მეთოდებს შორის რეკომენდაცია მისცა ფირმა "DERAMEND"-ის ტექნოლოგიას, რომელიც სტიმულირებისათვის გამოიყენებს სისხლის შრატს, თუმცა აღინიშნა რომ უკეთესია ამ მეთოდოლოგიის გამოყენება ტოქსიკანტის ნაკლები კონცენტრაციის დროს [5].

ჩვენს მიერ ადგილობრივი მიკროორგანიზმების სტიმულირებისათვის გამოყენებულია ბუნებრივი საშუალებები: მკვებავი კომპოზიციები - ჰუმინური მჟავების შეცვლილი ტორფი ან მურა-ნახშირი, ოპტიმალური pH არეს შესაქმნელად ჩამქრალი კირი, მცენარეულ სუბსტრატად თხილის ნაჭუჭი, ჩალა და სხვ. რიგ შემთხვევაში საჭირო მინერალური კომპონენტები შეტანილია ბუნებრივი დოლომიტის სახით. ადგილობრივი ბუნებრივი მასალების გამოყენება განაპირობებს წარმოდგენილი მეთოდის ეკონომიკურ ხელმისაწვდომობას.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. ადლიძე, ვ.ციციშვილი, თ.დგებუაძე, ი.მიქაძე, ლ.დოლიძე. საქართველოში გაუვარგისებული პესტიციდების მარაგის გაუვნებელოების შესაძლო მეთოდები. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2007, 33, 3, გვ. 350-354.



2. *Andersson B.E., Lundstedt S., Tornberg K., Schnurer Y., Oberg L., Mattiasson B.* Incomplete degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil inoculated with wood-rotting fungi and their effect on the indigenous soil bacteria, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2003, 22, p.1238-1243.
3. *Rajashékara Murthy H.M., Thakur M.S., Manonmani H.K.* Degradation of technical grade hexachlorocyclohexane in soil slurry by a defined microbial consortium. *Int. J. Environ.* 2010, 4, 3, p.471-478.
4. *Coleman D.C., Obum E.P., Crossley D.A.* Soil biology, soil ecology, and global change. *Biol. Fertil. Soils*, 1992, 14, 2, p.104-111.
5. *DERAMEND Bioremediation*, Review of emerging, innovative technologies for the destruction of POPs. The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, 2005, p.34.

**ABOUT NEUTRALIZATION OF MIXTURES OF OBSOLETE PESTICIDES CONTAINING PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (POPs)**

Irma Mikadze, Nino Kavtaradze, Liparit Dolidze, Rusudan Uridia, Natia Barbakadze, Avtandil Dolidze

**SUMMARY**

Thousands of tons of dangerous residues of pesticides in the form of mixtures of various generations are located in historical burials of obsolete pesticides containing POPs. Their preliminary separation is impossible and development of new environmentally friendly technologies for neutralization of pesticides mixtures containing POPs becomes necessary. It should be noted that after prohibition of DDT application of gamma-isomer of hexachlorocyclohexane (lindane) was allowed and burials of pesticides were contaminated by chlororganic compounds. The complex method of neutralization of mixtures of different generations of obsolete pesticides using homogenization and composting for reducing toxic components to an acceptable level is elaborated; on the next stage optimal conditions for stimulation of local microorganisms on the basis of soils self purification processes is created.

**ОБ ОБЕЗВРЕЖИВАНИИ СМЕСЕЙ НЕПРИГОДНЫХ ПЕСТИЦИДОВ, СОДЕРЖАЩИХ СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ (СОЗ)**

И.И.Микадзе, Н.А.Кавтарадзе, Л.А.Долідзе, Р.З.Уридия, Н.Г.Барбакадзе, А.В.Долідзе

**РЕЗЮМЕ**

В исторических хранилищах непригодных пестицидов, в том числе содержащих СОЗ расположены тысячи тонн опасных остатков в виде смесей пестицидов различных поколений. Их предварительное разделение невозможно и становится необходимым разработка новых природосберегающих технологий для обезвреживания смесей СОЗ содержащих пестицидов. Следует отметить, что после запрещения ДДТ было разрешено применение гамма-изомера гексахлорциклогексана т.н. линдана и хранилища пестицидов общего назначения были загрязнены хлорорганическими соединениями. Разработан комплексный метод обезвреживания смесей пестицидов различных поколений гомогенизацией и компостированием для понижения содержания токсических компонентов до приемлемого уровня; на следующем этапе созданием оптимальных условий для стимуляции местных микроорганизмов, на основе процессов самоочищения почв.

**ნავთობური ნარჩენების რაციონალური გამოყენების ბუბი**

გურამ ხიტირი, ლეილა თოფურიძე, თინათინ გაბუნია

ჩატარებული კვლევების შედეგად ნაჩვენებია, რომ ნავთობური ნარჩენების გადამუშავებით შესაძლებელია მიღებულ იქნას გამსხნელები სამრეწველო-ტექნიკური მოხმარებისათვის, კომპონენტი საგზაო ბიტუმებისათვის და მცირეტონაჟიანი პროდუქტები საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის.

ნავთობის რესურსების სწრაფი კლება, აქედან გამომდინარე საწვავის ფასების მკვეთრი ზრდა და ბუნების დაცვის მკაცრი მოთხოვნები (რომლებიც კავშირშია გლობალურ დათბობასთან), მოითხოვს ახალი ეფექტური მეთოდების დამუშავებას ნავთობის ნარჩენების უტილიზაციისა და გამოყენებისათვის.

დღეისათვის საკმაოდ მწირი ინფორმაცია არსებობს ნავთობური ნარჩენების გადამუშავების ინოვაციური მეთოდების შესახებ. ცნობილია, რომ ნარჩენების რაოდენობა მომავალშიც მოიმატებს და მისი გამოყენებლობა გამოიწვევს გარემოს კიდევ უფრო მეტად დაბინძურებას და ნარჩენებიდან, რომლებსაც წვავენ, პოტენციურად საჭირო პროდუქტების მიღების შესაძლებლობის დაკარგვას.

ერთ-ერთ სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენს ნამუშევარი ნავთობპროდუქტების ნარჩენების გამოყენება დაწვის გარეშე. დიდი ხანია მრავალ განვითარებულ ქვეყანაში არსებობს ნარჩენების დაწვის ამკრძალავი კანონი, რაც ჩვენთვის მისაღებია.

სათბურის ეფექტის პრობლემა წამყვანი ქვეყნების დიდ ყურადღებას იქცევს. ევროკავშირის თაოსნობით ჩატარდა სპეციალური სამიტი, რომელზედაც დადგინდა, რომ 2010 წელს ეკოლოგიური პრობლემების გადასაჭრელად გამოიყოფოდა 50 მილიარდი დოლარი.

საქართველოში მსგავსი პრობლემის გადასაწყვეტად საჭიროა ნავთობური ნარჩენების ინდივიდუალური შესწავლა და მისი გადამუშავება კომპლექსურად, რაც ხელს შეუწყობს ძვირფასი ნედლეულის - ნავთობის რესურსების დაზოგვას და მისი რაციონალური გამოყენების პერსპექტივას.

ჩვენ მიერ შესწავლილია ნარჩენების სხვადასხვა ტიპები: 1. ნამუშევარი ნავთობპროდუქტების პიროლიზის შედეგად მიღებული ნარჩენი; 2. ნორიოს უნიკალური არომატული ბუნების ნავთობის გადამუშავების შედეგად მიღებული მძიმე ნარჩენი; 3. ნავთობსადენის პერიოდული პროფილაქტიკის შედეგად მიღებული ნარჩენი.

როგორც ჩატარებული სამუშაოდან ჩანს [1], ნარჩენი ნავთობპროდუქტების პიროლიზის შედეგად შესაძლებელია არომატული ნახშირწყალბადების მიღება, რომლებიც გამოიყენება გამსხნელებად ტექნიკური მიზნებისათვის და აგრეთვე როგორც დანამატი დაბალოქტანური ბენზინებისათვის (ცხრილი).

ნორიოს ნავთობის მაღალმოლეკულური ნარჩენის 500<sup>0</sup>C-ზე ზემოთ ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებისა და ჯგუფური შედგენილობის შესწავლის შედეგად ნაჩვენებია, მისი როგორც კომპონენტის შესაძლებლობის გამოყენება საგზაო ბიტუმის მისაღებად [2].

წინათ ნავთობის ნარჩენების გამოყენება ხდებოდა ძალზე არარაციონალურად. ბუნებრივი რესურსების სიძვირე და ბუნების დაცვის მკაცრი მოთხოვნები დღის წესრიგში აყენებს ახალი, ეფექტური მეთოდების ძიებას ნავთობური ნარჩენების უტილიზაციისათვის.

ნავთობსადენის ნარჩენის აპარატ APH-2-ზე გამოხდის შედეგად მიღებული ფრაქციებისათვის განსაზღვრული იყო რიგი მახასიათებლები:

- ფრ. 80-190<sup>0</sup>C: გამოსავალი 12%; n<sub>D</sub><sup>20</sup> - 1,4520; ρ<sub>4</sub><sup>20</sup> - 0,8158; გაყინვის ტემპ. -10<sup>0</sup>C-ზე დაბლა; ფეთქვის ტემპ. - +62<sup>0</sup>C.
- ფრ. 190-300<sup>0</sup>C: გამოსავალი 14%; n<sub>D</sub><sup>20</sup> - 1,4702; ρ<sub>4</sub><sup>20</sup> - 0,8519; გაყინვის ტემპ. +1<sup>0</sup>C; ფეთქვის ტემპ. 115<sup>0</sup>C.
- ფრ. 300-350<sup>0</sup>C: გამოსავალი 10%; n<sub>D</sub><sup>20</sup> - 1,4860; ρ<sub>4</sub><sup>20</sup> - 0,8830; გაყინვის ტემპ. +8<sup>0</sup>C; ფეთქვის ტემპ. 168<sup>0</sup>C.
- ფრ. 350-450<sup>0</sup>C: გამოსავალი 23,3%; ρ<sub>4</sub><sup>20</sup> - 0,8890; გაყინვის ტემპ. 55<sup>0</sup>C; ფეთქვის ტემპ. 178<sup>0</sup>C.
- ფრ. > 450<sup>0</sup>C: გამოსავალი 40,7%; გაყინვის ტემპ. 65<sup>0</sup>C.

ამრიგად, სარექტიფიკაციო სვეტში გამოხდის შედეგად მიღებული თხევადი და მყარი პარაფინული ფრაქციებისათვის მახასიათებლების განსაზღვრის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ ეს ფრაქციები გამოიყენება როგორც იაფი ნედლეული სხვადასხვა საყოფაცხოვრებო დანიშნულების პროდუქტების მისაღებად [3].

ცხრილი 1. პიროლიზის პროდუქტის გამოხდის შედეგები

ფრაქცია °C	გამოსავალი, %	$\rho_4^{20}$ კგ/მ <sup>3</sup>	$n_D^{20}$	იოდის რიცხვი $I_2/100$ გ	უჯერების მასური წილი	არომატული ნახშირწყალბა- დების რაოდენობა	პირობითი სიბლანტე 80°C	აფეთქების ტემპერატურა t°C	გაყინვის ტემპერატურა t°C
60-150	11,8	841	1,4696	77	30				
150-200	15,2	847	1,4892	70	30				
60-200	27	869	1,4850	90	35	51,4			
200-250	18	922	1,5056						
250-300	11	955	1,5430						
300-350	9,8	979	1,5706						
ნარჩენი >350°C	34,2	994	-				3,87	150	16

**ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА**

1. *Хитири Г.Ш., Топуридзе Л.Ф., Габуния Т.И., Амиридзе З.С.* Изучение продукта пиролиза отработанных нефтепродуктов. Химический журнал Грузии, т.8, №3, 2008, с. 295-296.
2. *Топуридзе Л.Ф., Хитири Г.Ш., Габуния Т.И., Шатакишвили Т.Н.* Перспектива применения остатка норийской нефти в качестве дорожного битума. Известия национальной академии наук Грузии, т. 35, № 3, 2009, с. 389-390.
3. *გ.ხიტირი, ლ.თოფურიძე, თ.გაბუნია.* ნავთობსადენის ნარჩენების რაციონალური გადამუშავება. სიმპოზიუმი ორგანულ ქიმიაში. 16 ოქტომბერი, 2009, სიღნაღი, გვ. 143-144.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ**

Г.Ш.Хитири, Л.Ф.Топуридзе, Т.И.Габуния

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

**РЕЗЮМЕ**

Показано, что переработкой любого типа нефтяного остатка могут быть получены растворители для промышленно-технических целей, компоненты дорожного битума, а также малотоннажные продукты бытового назначения.

**UTILIZATION OF RATIONAL METHODS FOR PROCESSING OF OIL RESIDUES**

Guram Khitiri, Leila Topuridze, Tinatin Gabunia

*Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry*

**SUMMARY**

It is shown that by way of processing of oil residues solvents of industrial-technical designation, components of road bitumen and low-tonnage products for everyday use can be obtained.

## МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ВЫСОКОКИПАЮЩИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ НЕФТЕЙ

В.Г.Цицишвили, Э.Г.Леквейшвили, Н.Т.Хецуриани

Изучение высококипящих ароматических углеводородов нефти, качественная и количественная информация, полученная о химической природе указанных углеводородов, во многом предопределяется эффективностью методов разделения нефти на узкие и близкие в химическом отношении группы соединений и совершенством методов их исследования. В настоящее время нефтехимия имеет в своем распоряжении целый арсенал физических, физико-химических и химических методов разделения компонентов нефти - различные виды перегонки, термодиффузия, хромадистилляционная разгонка, селективная экстракция, хроматографические методы, пикратный метод, комплексообразование с карбамидом и др. [1-3].

Широко используется в нефтехимии метод селективной экстракции различными растворителями и их комбинациями: анилином, нитробензолом, диметилформамидом, фурфуролом, ацетоном и др. [4,5]. При выделении из нефтяных фракций ароматических углеводородов применяется также метод кристаллизации [1]. Среди методов разделения нефтяных фракций на отдельные, более или менее, однородные по составу группы соединений наиболее широкое применение получили адсорбционно-хроматографические методы, в основном жидкостная хроматография со всеми ее разновидностями – распределительной, ионообменной, бумажной, тонкослойной, колоночной и др. Для общей характеристики нефтей исследования проводятся по методу ускоренного разделения на силикагеле АСК с элюированием компонентов разделяемой смеси растворителями повышающейся полярности. Для четкой дифференциации ароматических углеводородов применяют многоступенчатую хроматографию с использованием различных марок силикагеля, оксида алюминия и других адсорбентов. Обычно разделение ароматических и нафтенопарафиновых углеводородов хорошо происходит на силикагеле, а дальнейшая дифференциация ароматических углеводородов на моно-, ди- и трициклические углеводороды совместно с полициклическими – на оксиде алюминия. Поэтому при углубленном исследовании нефтей, в основном, применяют их сочетание [6-8].

Хорошие результаты при разделении ароматических углеводородов по числу бензольных колец получены различными исследователями на модифицированных адсорбентах, обработанных пикриновой кислотой [9]. При хроматографическом разделении большую роль играет степень адсорбционной активности и характер пористости адсорбента, размеры колонки, весовые соотношения исследуемых образцов и адсорбента, подбор растворителей по элюирующей способности, температура. Наилучшие результаты дифференцированного извлечения адсорбированных соединений получаются при последовательном использовании растворителей с возрастающей десорбционной способностью. В литературе отмечен ряд закономерностей по адсорбции углеводородов на оксиде алюминия; повышение адсорбируемости происходит в основном в следующей последовательности: алканы<циклоалканы<моноарены<биарены <полиарены [10]. Особую сложность представляет четкое разделение ароматических углеводородов от сернистых соединений нефти, поскольку указанные соединения склонны к ассоциативному взаимодействию [11]. Хотя адсорбционная хроматография позволяет концентрировать сернистые соединения нефтей, однако наиболее полно можно отделить от них лишь нафтенопарафиновые углеводороды; четкое разделение ароматических углеводородов до сих пор остается неразрешенной задачей. Следует отметить, что эффективность хроматографического выделения и разделения нефтяных ароматических углеводородов повышается при предварительном упрощении нефтяных фракций путем разгонки, селективной экстракции и других методов, поэтому обычно применяют сочетание различных методов разделения. В этом отношении удачным сочетанием является комплекс методов, использованных академиком Л.Д.Меликадзе с сотрудниками [12]. Для разделения нефтяных ароматических углеводородов применяют также тонкослойную хроматографию. Высокая чувствительность, универсальность, экспрессность обеспечивают указанному методу в некоторых случаях даже преимущество перед колоночной хроматографией [1].

При изучении ароматических углеводородов нефтей наряду с физическими и физико-химическими методами разделения применяются также и химические методы, хотя перечень их не

столь обширен. Успешно используется в отношении нафталиновых, фенантроновых, антраценовых и бензфлуореновых углеводородов пикратный метод, основанный на образовании кристаллических комплексов указанных углеводородов с пикриновой кислотой [13]. Как известно, комплексообразование с мочевиной широко используется для выделения из нефтей нормальных алканов с длинной цепью. Однако, в случае высококипящих углеводородов с длинной углеводородной цепью нормального строения мочевины образует комплексы даже при наличии в молекулах моно-, би- и трициклических ароматических структурных элементов [14]. Таким образом, как видно из приведенного выше краткого обзора, вышеуказанные методы разделения ароматических углеводородов не дают возможность получения узких концентратов, в которых было бы возможно исследование углеводородов на молекулярном уровне. В этом отношении определенное преимущество имеет разработанный нами метод выделения фенантроновых углеводородов и их бензолов из нефтей на основе реакции фотоконденсации указанных углеводородов с малеиновым ангидридом [15,16]. Указанный метод был успешно применен в отношении широких масляных и остаточных фракций малосернистых и сернистых нефтей различной природы. Метод включает три последовательные стадии: 1. синтез аддуктов фотоконденсацией нефтяной фракции с малеиновым ангидридом в присутствии сенсibilизатора бензофенона в кварцевом реакторе в н.гексане в атмосфере инертного газа при температуре 10-15<sup>0</sup>С при облучении ртутно-кварцевой лампой ПРК-2 в течение 6 часов; 2. получение ароматических концентратов фоторазложением аддуктов на исходные углеводороды и малеиновый ангидрид в кварцевом реакторе в атмосфере инертного газа в этиловом спирте при температуре 10-15<sup>0</sup>С в течение 15ч ртутно-кварцевой лампой ПРК-2; 3. хроматографическое разделение ароматических концентратов на Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; элюирование н.гексаном и бензолом; экстракция горячим бензолом и диоксаном. В дальнейшем полученные однородные по составу весьма узкие концентраты были исследованы различными инструментальными методами: ГЖХ, спектрофотометрии, спектрофлуориметрии, МС и ГХ/МС. Следует отметить, что в полученных узких концентратах даже на шестиметровых насадочных колонках методом ГЖХ возможно идентифицировать отдельные фенантроновые углеводороды. Для примера на рис.1 и 2 приведены хроматограммы ароматических концентратов, выделенных из норийской нефти (фракция 498-510<sup>0</sup>С) до и после обработки малеиновым ангидридом [17].

Первоначально метод был апробирован на высококипящих ароматических фракциях норийской нефти, полученных по методике [12]. В дальнейшем с таким же успехом выделение и исследование фенантронов проводилось из широких масляных фракций мирзаанской и самгорской нефтей. Меняя продолжительность облучения нефтяных фракций с малеиновым ангидридом, можно получить узкие концентраты различных ароматических углеводородов. Оказалось, что при небольшой продолжительности облучения (1-2 ч) в реакцию преимущественно вступают нафталиновые углеводороды. Дальнейшее увеличение продолжительности облучения приводит к росту содержания фенантронов в полученных концентратах, которое достигает максимума при 6-часовом облучении. Впоследствии, с увеличением времени облучения, увеличивается содержание бензольных углеводородов, причем их максимальное содержание наблюдается при 28-часовом облучении [18,19]. В таблице 1 приведен групповой состав ароматических концентратов до хроматографического разделения при различной продолжительности облучения (2, 6 и 28ч), полученных из мирзаанской нефти (фракция 460-475<sup>0</sup>С). Что касается антраценовых углеводородов, их выделение возможно путем предварительной термической конденсации с малеиновым ангидридом до облучения; при этом в аналогичных условиях в реакцию с малеиновым ангидридом частично вступают и полиалкилзамещенные нафталина.

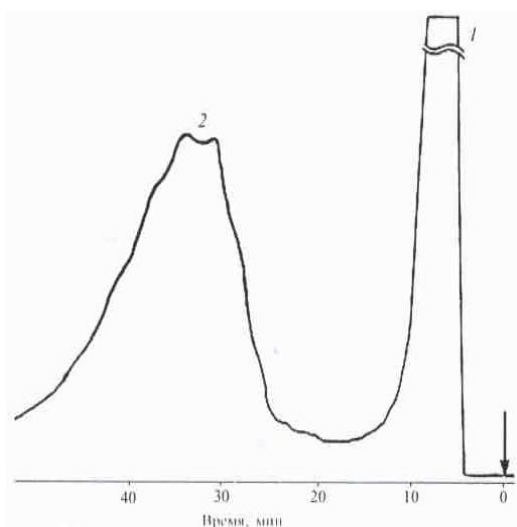


Рис.1. Хроматограмма ароматического концентрата, выделенного из норийской нефти(фр.498-510<sup>0</sup>С) до обработки малеиновым ангидридом

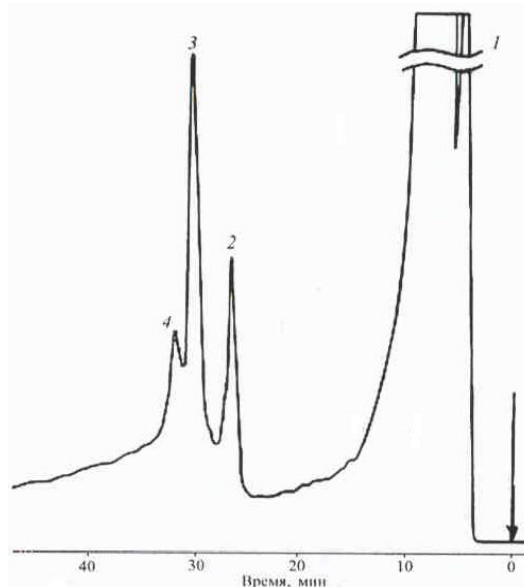


Рис.2. Хроматограмма ароматического концентрата, выделенного из норийской нефти(фр.498-510<sup>0</sup>С) после обработки малеиновым ангидридом

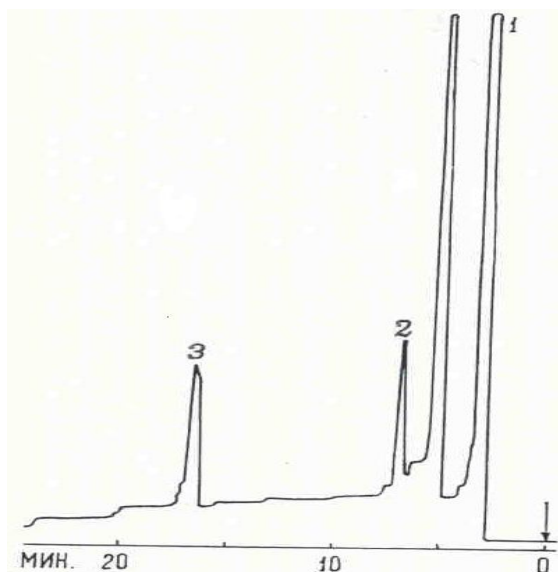
Таблица 1. Групповой состав (мас.%) ароматических концентратов, выделенных при различной продолжительности облучения из мирзаанской нефти

№	Типы соединений	Z*	Продолжительность облучения, ч		
			2	6	28
1	Алкилбензолы	6	11,4	9,8	10,6
2	Инданы(тетралины)	8	1,7	2,5	6,1
3	Динафтенобензолы	10	3,8	7,9	9,7
4	Нафталины	12	18,7	6,7	10,5
5	Аценафтены	14	20,7	3,1	8,6
6	Флуорены	16	11,7	4,4	10,3
7	Фенантрены	18	18,7	51,1	25,5
8	Нафтофенантрены	20	11,9	10,9	11,1
9	Пирены	22	1,4	2,7	5,6
10	Хризены	24	-	0,9	2,0
Σ Бензольные углеводороды			28,6	24,6	36,7
Σ Нафталиновые углеводороды			39,4	9,8	19,1
Σ Фенантрены и нафтофенантрены			30,6	62,0	36,6
Σ Фенантрены, пирены и хризены			32,0	62,7	44,2

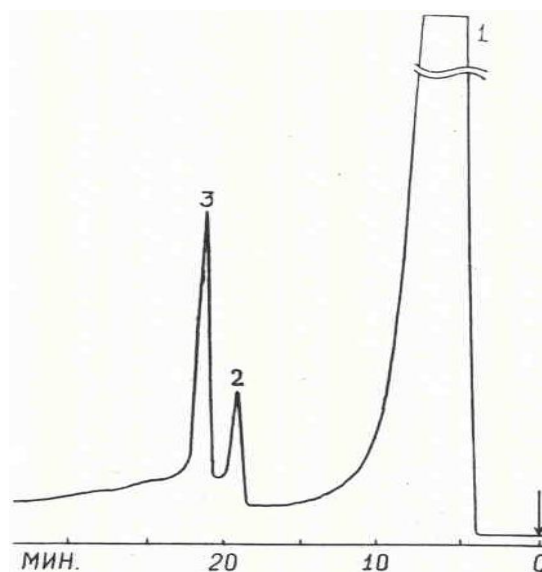
\* Z – Степень водородной насыщенности в C<sub>n</sub>H<sub>2n-z</sub>

Исследования узких ароматических концентратов проводилось с применением различных инструментальных методов. Спектрофотометрическими исследованиями [20] и люминесцентным анализом [21,22] показано наличие в различных нефтях бензольных, нафталиновых, фенантеновых, пиреновых и хризеновых углеводородов с высоким содержанием фенантенов и их бензологов в элюатах и экстрактах бензолом. Узкие концентраты были исследованы методом ГЖХ [19,23]. При этом были идентифицированы как на насадочных (6м) так и на капиллярных (25м) колонках: фенантрен, 9-метил-, 9-этил-, 9-пропил-, 9-изопропил-, 9,10-диметил-,1-метил-7-изопропил-, циклогексилфенантрены и хризен. На рис.3-5 приведены хроматограммы некоторых образцов, выделенных из норийской (фракция 525-540<sup>0</sup>С) и мирзаанской нефтей (фракция 410-425<sup>0</sup>С; 460-475<sup>0</sup>С). Узкие ароматические концентраты были исследованы также методом ГХ/МС [24]. Были идентифицированы: фенантрен, 1-метил-, 2-метил-, 3-метил-, 9-метил-, 9,10-диметил-,2,5-диметил-, 2,3-диметил-, 2,7-диметил-, 4,5-диметил-, 9-этил-,9-пропил-, 9-изопропил-, 9-бутил-, 1-метил-7-

იპროპილფენანტრენი, 3 იზომერა ტრიმეტილფენანტრენი, ციკლოგეხსილ-, დიმეტილნაფტენო-, დიმეტილდინაფტენო-, ბუტილნაფტენო-, ბუტილდინაფტენოფენანტრენი და ხრიზენი. ვ თო ჯე ვრემა იზ მირზაანსკოი და სამგორსკოი ნეფთეი ვიდელენი ვ ინდივიდუალური ვიდე და იდენტიფიცირანი: ფენანტრენი, 9-მეტილ- და 9-ეტილფენანტრენი [17].

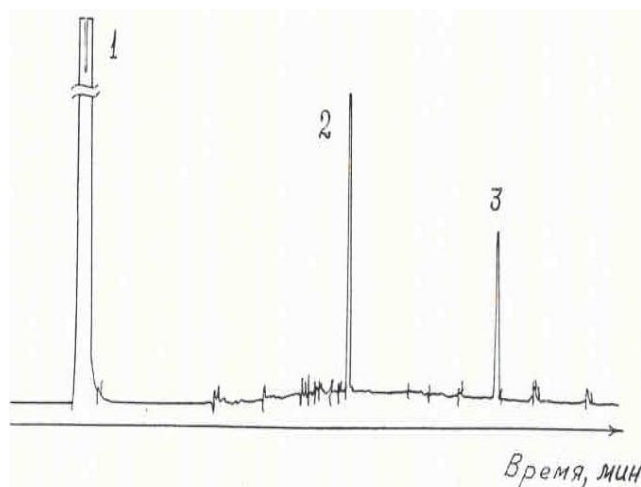


რის. 3. ჰრომატოგრამა ობრაცა, ვიდელენი იზ ნორიისკოი ნეფთეი:  
1 – ნ-გეხსანი, 2 – ფენანტრენი, 3 – ხრიზენი



რის. 4. ჰრომატოგრამა ობრაცა, ვიდელენი იზ მირზაანსკოი ნეფთეი:  
1 – ნ-გეხსანი, 2 – ფენანტრენი, 3 - ხრიზენი

უზკიე არომატიესკიე კონცენტრატე, ვიდელენი იზ ნორიისკოი, მირზაანსკოი და სამგორსკოი ნეფთეი, ბილი ისსლედანი თაკე მეტოდო მას-სპექტრომეტრიი. კაკ პოკაზალი ისსლედანი, ნაიბოლესე კოლიესტვო ფენანტრენოვ და ნაფტენოფენანტრენოვ, ნაბლადესე ვ ელუატა და ექსტრაქტა ბენზოლომ. დია სრავნენია გრუპოვოი სოსტავი უზკიე არომატიესკიე კონცენტრატოვ, ვიდელენი იზ რაზლიესნიე ნეფთეი და ფრაქციი, ვიკიპაოუიხი პრიბლიზიტელნი ვ ოდინაკოვო ტემპერატურნი ინტერვალე, ვ თაბლიცე 2 პრევედენი რეზულტატე მას-სპექტრალნიე ანალიზა ექსტრაქტოვ გორაჩიმ ბენზოლომ. უკაზანიე ექსტრაქტე ბილი ვიდელენი პრი 6-ესოვო ობლუესენი იზ ფრაქციი 498-510<sup>0</sup>С ნორიისკოი (ობრაცე 1), 490-505<sup>0</sup>С მირზაანსკოი (ობრაცე 2) და 450-500<sup>0</sup>С სამგორსკოი (ობრაცე 3) ნეფთეი [17,18].



რის.5. ჰრომატოგრამა ობრაცა, ვიდელენი იზ მირზაანსკოი ნეფთეი (ფრ. 460-475<sup>0</sup>С)  
1 – ნ-გეხსანი, 2 – 9-მეტილფენანტრენი, 3 - ხრიზენი



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

№	Типы соединений	Z*	Образцы		
			1	2	3
1	Алкилбензолы	6	3,5	3,0	5,3
2	Инданы(тетралины)	8	-	-	1,2
3	Динафтенобензолы	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	-	-
ΣФенантроны и нафтофенантроны			81,8	80,0	69,5
ΣАлкилфенантроны, нафтофенантроны, пирены и хризены			89,1	80,0	71,2

\*/ Z – Степень водородной ненасыщенности в  $C_nH_{2n-z}$

Рассмотренные выше нефти, хотя и отличаются по природе, все являются малосернистыми. Поэтому интересно было апробировать разработанный нами метод и в отношении нефтей с высоким содержанием серы. Как известно, задача разделения ароматических углеводородов и сераорганических соединений нефти до сих пор остается весьма сложной вследствие ассоциативного взаимодействия их между собой. Объектом изучения была взята углеводородная часть полугудрона смешанной сернистой нефти, выделенная коагуляционным обессмоливанием [25]. Содержание серы в нефти составляет 2,0 мас.%, а в углеводородной части полугудрона – 3,1-3,7 мас.%. В таблице 3 приведен элементный состав исходной нефтяной фракции (1), аддуктов с 6-часовым (2) и 28-часовым облучением (3) и продуктов фоторазложения соответствующих аддуктов (4 и 5).

Как показали результаты исследований, при облучении нефтяной фракции с малеиновым ангидридом сернистые соединения вступают в реакцию с малеиновым ангидридом наряду с ароматическими углеводородами. Однако, при фоторазложении аддуктов на исходные соединения, распад аддуктов сернистых соединений протекает с весьма малой скоростью по сравнению с аддуктами ароматических углеводородов, и содержание общей серы в продуктах фоторазложения аддуктов составляет 0,16-0,21 мас. %, почти в 20 раз меньше, чем исходной фракции (S=3,1-3,70 мас.%). При исследовании узких ароматических концентратов, выделенных из сернистой нефти, наблюдается та же закономерность, что и в случае малосернистых нефтей. Наибольшее количество фенантронов приходится на элюаты и экстракты бензолом.

Таблица 3. Элементный состав исходной нефтяной фракции, аддуктов с малеиновым ангидридом и продуктов фоторазложения аддуктов

Исследуемые образцы	Элементный состав, мас.%			
	С	Н	S	О
1	84,70; 84,30	12,20; 12,11	3,10; 3,70	-
2	73,47; 73,91	9,00; 8,90	3,50; 3,40	14,03; 13,79
3	71,43; 71,63	9,92; 9,70	2,15; 2,49	16,50; 16,18
4	89,35; 89,28	10,44; 10,45	0,17; 0,21	-
5	89,90; 89,81	9,91; 10,00	0,16; 0,17	-

Таким образом, сравнивая различные методы выделения и разделения высококипящих ароматических углеводородов, можно сделать вывод, что разработанный нами метод выделения фенантронов и их бензологов из нефтей обладает рядом преимуществ:

1. Позволяет получать весьма упрощенные ароматические системы, в которых возможно исследование на молекулярном уровне, т.е. идентификация индивидуальных углеводородов,

что представляет собой весьма сложную задачу при исследовании высококипящих фракций нефти.

2. Дает возможность выделения из нефтей узких фенантроновых концентратов из широких масляных и остаточных фракций малосернистых и сернистых нефтей.
3. В случае остаточных фракций с высоким содержанием серы наряду с выделением фенантроновых концентратов имеет место и отделение сераорганических соединений от ароматических углеводов.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Современные методы исследования нефтей. Под ред. А.И. Богомолова и др. Л. Недр, 1984, 431с.
2. Химия нефти и газа. Под ред. В.А. Проскуракова и А.Е. Драбкина. Л. Химия, 1989, 424с.
3. Проблемы химии нефти. Под ред. Г.Ф. Большакова. Сиб.отд., Новосибирск, Наука, 1992, 350с.
4. *Kotowski W., Berndt H., Lucke B., Fechner W.* Analytical innovations in characterisation of petroleum refining residues/ *Przem. Chem.* 1997, v.76, №12, pp.528-529.
5. *Марданов М.И., Мархасева С.М., Самедова С.Г.* Выделение ароматических углеводов из нефтяных фракций селективными растворителями. *Азерб.хим. журнал*, 1961, №3, с.25-31.
6. *Yogh J.W., Thomson J.S.* Preparative liquid chromatography for fractionation of petroleum and synthetic crude oils. *Anal. Chem.* 1981, v.53, №9, pp.1345-1350.
7. *Атамалов Б.Ш., Сергиенко С.Р., Полякова А.А., Эрнепесов Х.И., Талалаев Е.И.* Хроматографическое разделение тяжелых нефтяных фракций. *Изв.АН Туркм.ССР, сер. физ.-техн., хим. и геол.наук*, 1981, №1, с.82-87.
8. *Ramaswaty Veda, Kumar P., Gupta P.L.* Simple method for chromatographic separations and determination of mono-, di- and tricyclic aromatic hydrocarbons in heavier petroleum fractions. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 1984, v.137, №1, pp.37-41.
9. *Козак В.А., Закупра В.А.* Зависимость результатов жидкостного хроматографического разделения ароматических углеводов от степени модифицирования силикагеля пикриновой кислотой. *ЖАХ*, 1981, т.36, №2, с.325-331.
10. *Snyder L.R., Saunders D.L.* *Chromatography in Petroleum Analysis.* New York, Marcel Dekker, 1979, Ch.10, 215 p.
11. *Ляпина Н.К.* Химия и физикохимия сераорганических соединений нефтяных дистиллятов. М.Наука, 1984, 120с.
12. *Меликадзе Л.Д., Элиава Т.А., Ушараули Э.А.* К познанию природы флуоресцирующих компонентов нефти. Тбилиси, Изд. АН ГССР, 1958, 79с.
13. *Арешидзе Х.И.* Исследования в области химии нефти. Тбилиси, Мецниереба, 1980, 335с.
14. *Казакова Л.Т.* Твердые углеводороды нефти. М. Химия, 1986, 176с.
15. *Меликадзе Л.Д., Леквейшвили Э.Г.* Фотохимическая конденсация малеинового ангидрида с углеводородами фенантронового ряда. Тбилиси, Мецниереба, 1977, 104с.
16. *Леквейшвили Э.Г., Меликадзе Л.Д., Тевдорашвили М.Н., Картвелишвили Э.В.* К изучению фенантроновых углеводов нефти. *Нефтехимия*, 1979, т.19, №5, с.689-695.
17. *Леквейшвили Э.Г.* Исследования в области синтетических и природных углеводов фенантронового ряда. Дис. докт. хим. наук. ТГУ им. Ив.Джавахишвили. Тбилиси, 1999.
18. *Леквейшвили Э.Г., Меликадзе Л.Д., Полякова А.А., Тевдорашвили М.Н., Коган Л.О., Семанюк Р.Н., Токарев М.И.* Выделение фенантроновых углеводов из высококипящих фракций нефтей. *Нефтехимия*, 1988, т.28, №5, с.602-605.
19. *Тевдорашвили М.Н., Леквейшвили Э.Г.* Фенантроновые углеводороды и их бензологи в нефтях Грузии. Сб. «Проблемы химии нефти». Сиб. отд. Новосибирск, Наука, 1992, 230-234.
20. *Леквейшвили Э.Г., Тевдорашвили М.Н.* Исследование ароматических фракций норийской, мирзаанской и самгорской нефтей методом ультрафиолетовой спектроскопии. *Сообщ. АН ГССР*, 1988, т.130, №2, с.329-332.
21. *Алексеева Т.А., Леквейшвили Э.Г., Тевдорашвили М.Н., Теплицкая Т.А., Меликадзе Л.Д.* Спектрофлуориметрическое изучение ароматических углеводов норийской нефти. *Сообщ. АН ГССР*, 1979, т.96, №1, с.93-96.

22. *Марушкевич В.С., Козлова Г.Г., Леквейшвили Э.Г., Тевдорашвили М.Н.* Исследование ароматических углеводородов высококипящих фракций мирзаанской нефти люминесцентным методом. Сообщ. АН ГССР, 1988, т.132, №3, с.517-520.
23. *Леквейшвили Э.Г., Тевдорашвили М.Н., Картвелишвили Э.В., Асатиани Л.П., Эдилашвили И.Л.* Исследование фенантроновых углеводородов и их бензологов некоторых грузинских нефтей. Хим. журнал Грузии, 2005, 5, с.456-458.
24. *Полякова А.А., Тевдорашвили М.Н., Леквейшвили Э.Г., Меликадзе Л.Д., Семанюк Р.Н., Коган Л.О.* Изучение ароматических углеводородов норийской нефти методом масс- и хроматомасс-спектрометрии. Сообщ. АН ГССР, 1982, т.105, №1, с.65-68.
25. *Леквейшвили Э.Г.* Разделение ароматических и сернистых соединений полугудрона смешанной сернистой нефти. Сообщ. АН ГССР, 1989, т.134, №1, с.113-116.

**ნავთობიდან მაღალმდულარე არომატული ნახშირწყალბადების გამოყოფის მეთოდები**

ვლადიმერ ციციშვილი, ერნა ლეკვეიშვილი, ნათელა ხეტურიანი

**რეზიუმე**

მოცემულია ნავთობიდან მაღალმდულარე არომატული ნახშირწყალბადების გამოყოფის სხვადასხვა მეთოდების დახასიათება. ნაჩვენებია ფენანტრენული ნახშირწყალბადების მალეინის ანჰიდრიდთან ფოტოკონდენსაციის რეაქციის საფუძველზე ჩვენს მიერ შემუშავებული ფენანტრენებისა და მათი ბენზოლოგების ნავთობიდან გამოყოფის მეთოდის გარკვეული უპირატესობა.

**METHODS OF SEPARATION OF HIGH-BOILING AROMATIC HYDROCARBONS FROM OILS**

Vladimer Tsitsishvili, Erna Lekveishvili, Natela Khetsuriani

**SUMMARY**

Description of different methods of separation of high-boiling aromatic hydrocarbons from oils is given. Some advantages of the method of separation of phenanthrene hydrocarbons and their benzologues from oils on the basis of their photocondensation with maleic anhydride are showed.

**მიკროლემენტების კვლევა საქართველოს ნავთობებსა და ბიტუმებში**

თინათინ გაბუნია, ქეთევან გოდერძიშვილი, ნათელა ხეცურიანი

მზარდი ენერგეტიკული პრობლემების გადასაჭრელად აუცილებელია ნახშირწყალბადების ალტერნატიული წყაროების ძიება. ნავთობის მძიმე ნარჩენები და ბიტუმები განიხილება, როგორც 21-ე საუკუნის პერსპექტიული ნედლეული საწვავი ნავთობპროდუქტების მისაღებად. წარმოების მაღალი ტექნოეკონომიური მაჩვენებლების მისაღწევად და ასევე, გარემოს დაცვის პრობლემების ეფექტურად გადასაჭრელად, საჭიროა გადასამუშავებელ ნედლეულში მძიმე მტალების შემცველობის გათვალისწინება. ამასთან აღსანიშნავია, რომ მძიმე ნავთობებსა და ბიტუმებში კონცენტრირებულია ვანადიუმის, ნიკელის და სხვა ძვირფასი ლითონების მნიშვნელოვანი მარაგი, რაც შესაძლებელს ხდის მათ გამოყენებას სამრეწველო პირობებში დეფიციტური მტალების მისაღებად.

ნავთობების წარმოქმნა და მიგრაცია, საბადოს ფორმირება, გარემომცველ ქანებთან და წყალთან ურთიერთქმედება – ამ საკითხების გარკვევისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნავთობში არსებული მტალშემცველი ნაერთების შესწავლას. გარდა ამისა, ნავთობის მინერალური კომპონენტების შესახებ მონაცემები მნიშვნელოვანი კორელატივია ნავთობის წარმოშობის, ძიების და მოპოვების რიგი გეოქიმიური საკითხების გადასაწყვეტად [1]. საკითხის მნიშვნელობის გათვალისწინებით ჩვენს მიერ შესწავლილი და დახასიათებულია საქართველოს სამრეწველო ნავთობები და ბიტუმები.

სრულად არის შესწავლილი საქართველოს საბადოების – მირზაანი, ტარიბანი, ნორიო, სამგორი, ნინოწმინდა, თელეთი, საცხენისი, სუფსა, ჭალადიდი – ნავთობებში მიკროელემენტების რაოდენობრივი შემცველობა. ჩატარებული კვლევების შედეგად საქართველოს ნავთობებში იდენტიფიცირებულია შემდეგი მიკროელემენტები: V, Ni, Cr, Co, Mn, Cu, Fe, Mo, Ti, Pb, Zn, Ba, Sr, Be, B, Sn, Ga, Ag, Zr (ცხრილი 1).

ცხრილი 1. საქართველოს ნავთობების მიკროელემენტური შედგენილობა საბადოების მიხედვით

№	საბადოს დასახელება	ჭაბ №	მიკროლემენტების რაოდენობრივი შემცველობა ნავთობის ნაცარში, %												V/Ni	
			V	Ni	Cr	Co	Mn	Mo	Cu	Ti	Pb	Sn	Zn	Sr		Ba
1	სამგორის სამსრეთი თალი	18	0,33	1,12	0,08	0,12	0,09	0,005	0,10	0,24	0,07	0,03	0,3	0,05	0,12	0,29
		40	0,48	1,54	0,06	0,16	0,15	0,003	0,21	0,28	0,10	0,08	0,1	0,08	0,18	0,31
		46	0,46	1,30	0,05	0,20	0,13	0,002	0,10	0,16	0,10	0,06	0,1	0,08	0,30	0,35
2	ნინოწმინდა	9	0,13	0,63	0,06	0,04	0,14	0,002	0,05	0,13	0,08	0,04	0,1	0,02	0,17	0,21
		43	0,16	0,47	0,10	0,04	0,35	0,002	0,12	0,30	0,10	0,03	1,0	0,07	1,0	0,34
3	თელეთი	22	0,05	0,10	0,03	0,01	0,12	0,002	0,15	0,25	0,60	0,02	0,1	0,08	0,30	0,5
		40	0,27	0,70	0,07	0,16	0,12	0,001	0,15	0,26	0,30	0,10	0,3	0,08	0,24	0,38
4	რუსთავი	2	0,03	1,0	0,10	0,03	0,18	0,03	0,5	0,07	0,8	0,10	0,06	0,23	0,8	0,03
		13	0,06	0,12	0,02	0,01	0,09	0,013	0,12	0,08	0,01	0,01	0,1	0,01	0,50	0,50
5	მირზაანი	187	0,5	1,4	0,13	0,1	0,08	0,001	1,0	0,01	0,01	0,001	0,1	–	0,03	0,35
		273	0,3	1,5	0,07	0,1	0,21	0,001	1,0	0,10	0,03	0,001	0,1	–	0,02	0,20
		278	0,24	1,0	0,09	0,1	0,18	0,005	1,0	0,08	0,03	0,002	0,1	–	0,07	0,24
6	ტარიბანი	18	0,74	3,0	0,10	0,12	0,18	0,003	0,22	0,25	0,18	0,02	0,2	0,3	1,3	0,23
		22	0,40	3,0	0,03	0,10	0,14	0,002	0,4	0,22	0,12	0,12	0,5	0,11	0,26	0,13
		33	1,6	5,0	0,03	0,07	0,16	0,002	0,1	0,16	0,10	0,007	0,1	0,18	0,16	0,32
7	სუფსა	59	0,41	1,2	0,02	0,08	0,08	0,001	0,10	0,09	0,03	0,01	–	0,04	0,07	0,34
		68	0,56	1,8	0,08	0,12	0,11	0,002	0,10	0,18	0,10	–	0,05	0,05	0,17	0,31
		32	0,57	1,5	0,03	0,13	0,10	0,006	0,07	0,16	0,30	0,06	0,3	0,05	0,22	0,38
8	ნორიო	27	0,15	0,6	0,02	0,02	0,20	კვ	0,26	0,17	0,02	0,012	0,6	0,2	0,45	0,25
		31	0,26	10	0,10	0,03	0,15	0,005	0,14	0,25	0,02	0,008	0,4	1,0	1,0	0,26
		57	0,40	1,0	0,02	0,04	0,16	0,007	0,24	0,22	0,02	0,011	0,3	1,4	1,0	0,40
9	საცხენისი	1	0,17	0,5	0,03	0,01	0,18	0,001	0,2	0,09	0,15	0,01	0,3	0,14	0,21	0,34
		14	0,19	0,8	0,08	0,04	0,21	0,004	0,27	0,21	0,08	0,03	0,6	0,12	0,30	0,24
		18	0,13	0,7	0,04	0,03	0,10	0,002	0,3	0,07	0,10	0,08	–	0,03	0,12	0,18
10	ჭალადიდი	2	0,24	1,0	0,02	0,30	0,14	კვ	0,28	0,20	0,1	0,01	0,3	0,27	1,0	0,24
		3	0,38	1,0	0,03	0,30	0,13	კვ	0,20	0,16	–	0,03	0,5	0,40	0,36	0,38
		9	0,09	0,36	0,01	0,08	0,10	–	0,08	0,5	0,3	0,3	0,3	0,12	0,18	0,25

სამგორის საბადოს 20 სხვადასხვა სიღრმის ჭაბურღილიდან აღებული ნიმუშების შესწავლის საფუძველზე დადგენილია მიკროელემენტების რაოდენობრივი ცვლილების კანონზომიერება. სიღრმის ზრდის შესაბამისად აღინიშნება ნაცრიანობისა და მიკროელემენტების შემცველობის ზრდა.

მიკროელემენტების კვლევისას მნიშვნელოვანია მათი გენეზისის საკითხი – ნავთობში მათი მოხვედრის წყაროს დადგენა [4]. ამ მიზნით შესწავლილია ნავთობის სხვადასხვა საბადოს თანამდევრი ქანური წყლების ნიმუშები. ჩატარდა ამ წყლების მშრალი ნაშთის ანალიზი ექვსი საბადოდან: სამგორი, მირზაანი, ტარიბანი, სუფსა, საცხენისი, ნორიო. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 2.

ცხრილი 2. მიკროელემენტების შემცველობა საქართველოს ნავთობსაბადოების ქანურ წყლებში

საბადო	ჭაბ.	მიკროელემენტების შემცველობა ქანური წყლების მშრალ ნაშთში, %										
		Mn	Ni	V	Cr	Mo	Cu	Sr	Ba	Mg	Fe	B
სამგორი	10	0,014	-	-	-	-	0,002	0,22	0,003	0,10	0,004	0,1
	43	0,028	-	0,001	0,01	0,007	0,006	0,17	0,008	0,60	0,030	0,1
მირზაანი	273	0,007	0,001	0,002	0,002	0,01	0,0016	0,10	0,006	0,23	0,040	-
ტარიბანი	18	-	-	0,002	-	-	0,0003	0,01	0,006	0,02	0,003	-
სუფსა	68	0,002	-	0,001	-	-	0,0002	0,20	0,08	0,70	0,003	-
ნორიო	57	0,001	-	-	0,002	-	0,0001	0,07	0,04	1,00	0,002	-
საცხენისი	4	0,004	-	-	-	0,002	0,0001	0,04	0,05	0,70	0,025	-

სპექტრალური ანალიზის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ქანურ წყლებში არ არის აღმოჩენილი Zn, Co, Ag, Be, Zr, Sn. ხოლო ნავთობის სპეციფიური ელემენტები: V, Ni, Cr, Mo, Mn, Pb, Ti არის ძალიან უმნიშვნელო რაოდენობით. ჩატარებული კვლევებით ნაჩვენებია, რომ მიკროელემენტების შემცველობა ქანურ წყლებში მნიშვნელოვნად დაბალია, ვიდრე ნავთობებში. ამდენად ნაკლებსავარაუდოა, ნავთობში სპეციფიკური მიკროელემენტების წყარო იყოს ქანური წყლები. შეიძლება დავასკვნათ, რომ მიკროელემენტები ნავთობთან გენეტიკურად დაკავშირებული კომპონენტებია.

შესწავლილია მიკროელემენტების გადანაწილება ნავთობის სხვადასხვა ფრაქციებში – მძიმე ნარჩენებში (>350°C), ქრომატოგრაფიული დაყოფით მიღებულ ფრაქციებში, თერმოლიფუზიურ ფრაქციებში, კოაგულაციური გაუფისოების პროდუქტებში [5,6]. დადგენილია, რომ მიკროელემენტები ძირითადად კონცენტრირდება მძიმე ფრაქციებში – ფისებსა და ასფალტენებში.

პირველად არის შესწავლილი საქართველოს სხვადასხვა ბიტუმების მიკროელემენტური შედგენილობა. გამოკვლეულია ნიმუშები როგორც აღმოსვლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოდან: ბაიდა-1, ბაიდა-2, პოლპოიტები, კარის გადასასვლელი, ჭიბრევი, კილა-კუპრა და მირზაანი. ბუნებრივი ბიტუმებიდან ორგანული ნაწილის გამოყოფა ხდებოდა ქლოროფორმით სოქსლეტის აპარატში. ორგანული მასის პირდაპირი წვით მიღებულ ნაცრებში მიკროელემენტების განსაზღვრა ჩატარდა ემისიური სპექტრალური ანალიზით [7-9]. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 3.

ცხრილი 3. საქართველოს ბიტუმების ორგანული ნაწილის ნაცრების სპექტრალური ანალიზის შედეგები

მოედანი	მიკროელემენტების შემცველობა ნაცარში, %											
	V	Ni	Cr	Co	Mn	Mo	Cu	Ti	Pb	Sr	Ba	Zr
ბაიდა-1	0,06	0,09	0,04	0,002	0,5	0,0003	0,06	0,07	0,002	0,5	0,27	0,001
ბაიდა-2	0,06	0,19	0,02	0,004	0,34	0,003	0,25	0,22	0,001	0,7	0,009	0,001
პოლპოიტები	0,03	0,15	0,01	0,004	0,18	0,0003	0,15	0,22	0,002	0,65	0,19	0,003
კარის გად.	0,04	0,05	0,03	-	0,4	0,003	0,06	0,19	0,001	0,4	0,15	0,002
ჭიბრევი	1,0	0,86	0,02	0,01	0,3	0,002	0,15	0,1	0,16	0,7	0,11	-
მირზაანი	0,05	0,04	0,01	-	0,4	0,0003	0,04	0,19	0,005	0,06	0,07	0,002
კილა-კუპრა	0,01	0,07	0,01	0,08	0,07	0,001	0,03	0,09	0,003	<1	<1	0,007

დადგინდა, რომ ბიტუმებში გვხვდება ნავთობისათვის დამახასიათებელი ყველა ელემენტი მნიშვნელოვნად მაღალი კონცენტრაციით. განსაკუთრებით ყურადღებას იმსახურებს ჭიბრევის (რაჭა) ასფალტიტში ვანადიუმის (1%) და ნიკელის (0,86%) მაღალი შემცველობა, რაც აღნიშნული საბადოს პრაქტიკული დამუშავების პერსპექტიულობაზე მიუთითებს და იძლევა ბიტუმიდან დეფიციტური მეტალების გამოყოფის შესაძლებლობას.

**ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА**

1. *Антипенко В.Р.* Металлы в нефтях. Основные аспекты исследования и способы удаления (обзор). // Нефтехимия, 1999, т. 39, №6, с. 403-413.
2. *Quddus M., Iqbal Z., Sarwar S.* Quatily Assessment of Furnace Oil with Special Reference to Trace Metals. Petrol. Science Technology, 2004, v. 22, N5/6, p. 523-536.
3. *Ковальчук Л.А., Сатонкина О.А., Тарханова А.Э.* Тяжёлые металлы в окружающей среде Среднего Урала и их влияние на организм. // Экология, 2002, №5, с. 358-361.
4. Методы изучения нефтей, природных газов, органического вещества пород и вод. Ленинград, Недра, 1980, 232 с.
5. *Меликадзе Л.Д., Топуридзе Л.Ф., Хитири Г.Ш., Хецуриани Н.Т.* Коагуляционная деасфальтизация высококипящих остатков нефти. Сообщ. АН ГССР, 1984, 116, №1, с 105-107.
6. *ვადერძიშვილი ქ., გაბუნია თ., ხეცურიანი ნ., თოფურიძე ლ., შატაკიშვილი თ.* მიკროელემენტების განაწილების შესწავლა ნავთობის ფრაქციებში. საქ. მეცნ. ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქობიის სერია, 2008, ტ.34, №4, გვ.441-445.
7. *Годердзишвили К.Г., Ткемаладзе М.Т., Лобжанидзе Р.В., Габуния Т.И.* Распределение микроэлементов в некоторых природных битумах Грузии. Сообщения Академии наук ГССР, 1990, т.137, № 3, с.535-536.
8. *Aiyesanmi A.F., Jpinmozoti R. O., Adeeyinwo C.E.* Baseline geochemical characteristics of groundwater of the bituminous sands field of Nigeria. International Journal of Environmental Studies, 2004, v.61, N1, p. 49-58.
9. *Alboudwarej H., Jakher Rajesh K., Svrcek W.Y., Yarranton H.W.* Spectrophotometric Measurement of Asphaltene Concentration. Petroleum Science & Technology. 2004, v. 22, N5/6, p. 647-665.

**INVESTIGATION OF MICROELEMENTS CONTAINED IN GEORGIAN OILS AND BITUMENS**  
Tinatin Gabunia, Ketevan Goderdzishvili, Natela Khetsuriani

**S U M M A R Y**

Investigation of qualitative and quantitative microelemental composition of several oil and bitumen deposits of Georgia had been carried out. Microelements of 10 basic oil deposits of Georgia, namely Mirzaani, Taribani, Norio, Samgori, Teleti, Ninotsminda, Supsa, Satskhenisi, Chaladidi, had been studied. The following microelements had been identified in Georgian oils: V, Ni, Cr, Co, Mn, Cu, Fe, Mo, Ti, Pb, Sn, Zn, Sr, Ba, B, Be, Ga, Ag, Zr. Microelemental content of several bituminous layers of Georgia, namely Baida, Polpoiteibi, Karis Gadasavleli, Tchibrevi, Mirzaani, Kila-Kupra, had been investigated for the first time. The asphalt from the Tchibrevi deposit is of practical interest because a high content of Vanadium (1%) and Nickel (0,86%) is registered in it. It is recommended to enlarge the sphere of bitumen utilization by way of extraction of less-common metals out of them.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В НЕФТЯХ И БИТУМАХ ГРУЗИИ**

Т.И. Габуния, К.Г.Годердзишвили, Н.Т.Хецуриани

**Р Е З Ю М Е**

Проведены исследования по изучению качественного и количественного микроэлементного состава нефтей и битумов различных месторождений Грузии. Изучены микроэлементы 10 основных нефтяных месторождений Грузии - Мирзаани, Тарибани, Норлио, Самгори, Телети, Ниноцминда, Супса, Сацхениси, Чаладиди. В нефтях Грузии идентифицированы следующие микроэлементы: V, Ni, Cr, Co, Mn, Cu, Fe, Mo, Ti, Pb, Sn, Zn, Sr, Ba, B, Be, Ga, Ag, Zr. Впервые изучено содержание микроэлементов в различных битуминозных породах Грузии - Байда, Полпоитейби, Переход Кари, Чибреви, Мирзаани, Кила-Купра. Практический интерес представляет битум месторождения Чибреви, в котором отмечено высокое содержание ванадия (1%) и никеля (0,86%). Рекомендовано расширить сферу использования битумов путем извлечения из них редких металлов.

**მანავისა და ნინოწმინდის ახალი ჭაბუჭილების ნავთობების კვლევა**

ნათელა ხეცურიანი, ესმა უშარაული, ქეთევან გოდერძიშვილი, მადლენა ჩხაიძე, გოჩა შავგულიძე

პარაფინული ნახშირწყალბადები ნებისმიერი საბადოს ნავთობის მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია. მათი რაოდენობა დამოკიდებულია ნავთობის ტიპზე და მერყეობს 20-დან 60%-მდე, ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადებისა კი 1-დან 20%-მდე. ნავთობები, რომლებშიც ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადების შემცველობა 5%-ს აღემატება, პარაფინულ ნავთობებად ითვლება [1].

საქართველოს ნავთობების კვლევამ აჩვენა, რომ სამგორის, ნინოწმინდის, ოქუშის და მანავის ნავთობები პარაფინულ ნავთობებს განეკუთვნებიან. ამათგან სამგორის ნავთობი დეტალურადაა შესწავლილი. ნინოწმინდის და განსაკუთრებით მანავის ახალი ჭაბუჭილების ნავთობები არასაკმარისადაა გამოკვლეული. ამ ნავთობების საფუძვლიანი შესწავლა კი მნიშვნელოვანია, ვინაიდან ხარისხიანი სასაქონლო ნავთობპროდუქტების მისაღებად (რეაქტიული და დიზელის საწვავი, გაზოილი, სხვადასხვა ზეთები, საგზაო ბიტუმი და სხვა) აუცილებელი ხდება მათი დეპარაფინიზაცია. ამასთან არანაკლებ მნიშვნელოვანია, რომ ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადები წარმოადგენენ გამოყენების ფართო დიაპაზონის მქონე, მაღალი ღირებულების პროდუქტებს. კერძოდ: ასეთი ნავთობების 40-200°C დისტილაციური ფრაქციები შეიძლება ნავთობურ გამხსნელებად გამოვიყენოთ [2], C<sub>10</sub>-C<sub>20</sub> ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადები შესანიშნავი ნედლეულია სხვადასხვა სახეობის მრავალფეროვანი პროდუქტების მისაღებად (სარეცხი საშუალებები, პლასტიკური და საცხი მასალები, ემულგატორები, სინთეზური კაუჩუკი და სხვ.), მყარ პარაფინებს – C<sub>20</sub>-C<sub>44</sub> იყენებენ ქაღალდის წარმოებაში, ტყავის, კოსმეტიკური ნაერთების, ასანთის მრეწველობაში, ვაზელინის მისაღებად და ა.შ. [3].

წინამდებარე შრომის მიზანია მანავისა და ნინოწმინდის ნავთობების შესწავლა, მათი ფრაქციული შედგენილობის და დიზელის ფრაქციების ზოგიერთი მახასიათებლის დადგენა, დიზელის ფრაქციებიდან ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადების გამოყოფა და მათი დახასიათება.

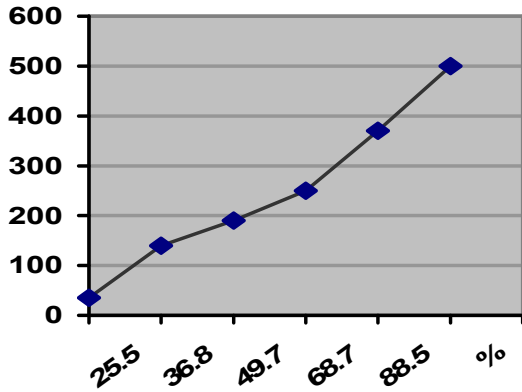
ცხრილი 1. ნინოწმინდის და მანავის ნავთობების დახასიათება

საბადო	ჭაბუჭილის №	სიმკვრივე, 20°C კგ/მ <sup>3</sup>	კონმატიკური სიბლანტე, სსტ	ტემპერატურა, °C		პარაფინები		გოგირდი, მას. %	ფისები, მას. %	ასფალტენები, მას. %	გამოსავალი, მას. %	
				გაყინვის	აფეთქების	გამოსავალი, მას. %	გაყინვის, °C				200°C მდე	350°C მდე
ნინოწმინდა	9	830.7	6.5	3	6.5	5.9	48.5	0.30	7.07	1.86	33.0	62.0
მანავი	12	822.5	3.5	0	-2	6.1	49.6	0.17	8.12	3.7	40.0	62.7

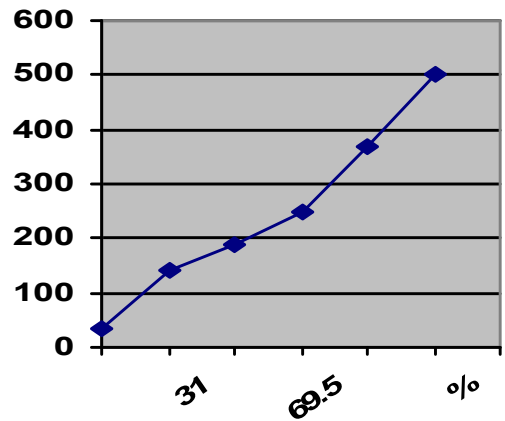
ცხრილში 1 წარმოდგენილია საკვლევი ნავთობების ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები. ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ორივე ნავთობი საშუალო სიმკვრივისაა, გაყინვის თითქმის ერთნაირი ტემპერატურით და საქართველოს სხვა ნავთობების მსგავსად ხასიათდებიან გოგირდის და ფისოვან - ასფალტენური ნაერთების დაბალი შემცველობით. მსუბუქი ფრაქციების გამოსავლები მაღალია.

ნახაზებზე 1 და 2 წარმოდგენილია ნინოწმინდის და მანავის ნავთობების გამოხდის ტემპერატურული მრუდები.





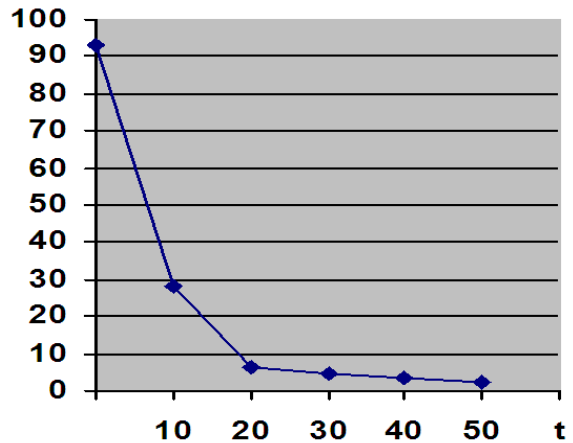
ნახ. 1. მანავის ნავთობის ფრაქციული გამოსავლები



ნახ. 2. ნინოქმინდის ნავთობის ფრაქციული გამოსავლები

ნავთობების პარაფინულ ბუნებაზე მიუთითებს ნინოქმინდის ნავთობის კინემატიკური სიბლანტის ტემპერატურული მრუდიც (ნახ. 3), რომელიც ძალზე დამრეცია. თუ 0°C –ზე სიბლანტე 93,6 სსტ-ია, 10°C-ზე მისი მნიშვნელობა 28 სსტ-მდე ეცემა, რაც აშკარად ნ-პარაფინების მაღალი შემცველობითაა გაპირობებული.

ნახ. 3. ნინოქმინდის ნავთობის კინემატიკური სიბლანტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე



ცხრილში 2 მოცემულია ნაფტას, ნავთის, დიზელის და ზეთის ფრაქციების გამოსავლები.

ცხრილი 2. მანავის და ნინოქმინდის ნავთობების ფრაქციული შედგენილობა

№	ფრაქციის დასახელება	ფრაქციის ლუღილის ტემპერატურა, °C	ფრაქციების შემცველობა მოცულობით პროცენტებში	
			მანვი	ნინოქმინდა
1	მსუბუქი ნაფტა	35-140	25.5	18.6
2	მძიმე ნაფტა	140-190	11.3	12.4
3	ნავთის ფრაქცია	190-250	12.9	11.0
4	დიზელის ფრაქცია	250-370	19.0	27.5
5	ზეთის ფრაქცია	370-500	19.8	21.0
6	ნარჩენი	> 500	11.5	9.5

საკვლევი ნავთობების ფრაქციული შედგენილობის მონაცემებიდან ირკვევა, რომ ისინი დაახლოებით ერთნაირი რაოდენობით შეიცავენ მძიმე ნაფტას, ნავთის და ზეთის ფრაქციებს და ერთმანეთისგან განსხვავდებიან მსუბუქი ნაფტას და დიზელის ფრაქციების შემცველობით. მანავის ნავთობში მსუბუქი ნაფტას შემცველობა 25,5%-ია, ნინოქმინდის ნავთობში 18,6%. დიზელის ფრაქციის შემცველობა, პირიქით, მანავის ნავთობში 19,0%-ია და ნინოქმინდის ნავთობში 27,5% 500°C-ზე ზემოთ, ნარჩენის გამოსავალი ნინოქმინდის ნავთობისთვის – 9,5 %, მანავის ნავთობისთვის – 11,5%.

საკვლევი ნავთობიდან გამოყოფილი, ლუღილის სხვადასხვა ტემპერატურის მქონე ღიზელის ფრაქციების ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები წარმოდგენილია ცხრილში 3. მონაცემებიდან ჩანს, რომ საკვლევი ნავთობების ღიზელის ფრაქციების მახასიათებლები: გამოსავლები, გარდატეხის მაჩვენებელი, სიმკვრივე, კინემატიკური სიბლანტე, ღიზელის ინდექსი და ცეტანის რიცხვი ახლოსაა ერთმანეთთან, რაც კიდევ ერთხელ მიუთითებს ამ ნავთობების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მსგავსებაზე.

ცხრილი 3. ნინოწმინდის და მანავის ნავთობების ღიზელის ფრაქციების დახასიათება

საბადო	ფრაქცია °C	გამოსა ვალი მას. %	$n_D^{20}$	სიმკვრივე 20°C, კგ/მ <sup>3</sup>	კინემატ. სიბლანტე, 20°C, სსტ	ღიზელის ინდექსი	ცეტანის რიცხვი
ნინო- წმინდა	140-320	42.1	1.4528	814.2	2.61	64.42	57.12
	140-350	47.0	1.4560	820.8	3.17	63.27	55.04
	180-320	33.0	1.4542	816.7	3.00	63.56	56.20
	180-350	37.0	1.4650	834.3	4.53	61.37	50.60
მანავი	140-320	42.0	1.4580	819.2	2.80	64.72	58.00
	140-350	49.0	1.4640	825.3	3.27	63.52	55.60
	180-320	34.1	1.4633	837.0	3.20	63.84	56.43
	180-350	40.0	1.4682	842.0	4.60	61.6	51.80

საკვლევი ნავთობების ღიზელის ფრაქციებიდან ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადების გამოსაყოფად გამოყენებული იყო კარბამიდული მეთოდი [4]. აქტივატორად გამოყენებული იყო მეთილის სპირტი. მიღებული ადუქტი იფილტრებოდა გუჩის ფილტრზე წყლის ვაკუუმის გამოყენებით და ირეცხებოდა იზოოქტანით. ადუქტის დაშლა ხდებოდა თბილი წყლით, გაცივების შემდეგ ემატებოდა ეთილის ეთერი. ეთერხსნარის გაუწყლოების, გადაღებით ეთერის მოცილების და ვაკუუმთერმოსტატში მუდმივ წონამდე დაყვანის შემდეგ ისაზღვრებოდა ნ-პარაფინების მახასიათებლები. შედეგები ასახულია ცხრილში 4. როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ღიზელის ფრაქციებიდან გამოყოფილი ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადების კონცენტრატების მახასიათებლები: გამოსავლი, სიმკვრივე, გარდატეხის მაჩვენებელი და გაყინვის ტემპერატურა ორივე ნავთობისთვის თითქმის ერთნაირია.

ცხრილი 4. ღიზელის ფრაქციებიდან გამოყოფილი ნ-პარაფინული კონცენტრატების დახასიათება

საბადო	ფრაქცია	გამოსავალი, მას. %	სიმკვრივე 20°C, კგ/მ <sup>3</sup>	$n_D^{20}$	გაყინვის ტემპერატურა, °C
ნინოწმინდა	140-320	24.6	768.1	1.4235	4.5
	140-350	25.3	770.3	1.4295	6.8
	180-320	27.2	786.4	1.4384	14.4
	180-350	26.2	789.5	1.4398	21.5
მანავი	140-320	25.1	767.9	1.4241	5.0
	140-350	26.0	771.1	1.4301	7.1
	180-320	27.1	787.1	1.4391	15.3
	180-350	25.8	788.3	1.4400	22.4

აირთხვადი ქრომატოგრაფიის მეთოდით შესწავლილი იყო ნინოწმინდის და მანავის ნავთობების 180-320°C ღიზელის ფრაქციებიდან გამოყოფილი ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადების კონცენტრატების ინდივიდუალური შედგენილობა [5]. ანალიზი ტარდებოდა 0,35 მმ დიამეტრის 100 მ-იან სვეტზე, რომელზეც დაფენილი იყო კარბოვაქსი. აირმატარებლად გამოყენებული იყო ჰელიუმი, დეტექტორი ალურ-იონიზაციური. პიკების იდენტიფიკაცია ხდებოდა მოდელური ნახშირწყალბადების გამოყენებით. ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების ფარდობითი კონცენტრაციები წარმოდგენილია ცხრილში 5. ქრომატოგრაფიულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ საკვლევი კონცენტრატები შეიცავენ C<sub>9</sub>-C<sub>26</sub> ნორმალურ პარაფინულ ნახშირწყალბადებს. ორივე ნავთობში მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა წარმოდგენილი C<sub>11</sub>-C<sub>22</sub> ნახშირწყალბადები.

ამრიგად, მანავის და ნინოწმინდის ნავთობების კვლევით დადგენილია მათი ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები და ფრაქციული გამოსავლები. მიღებული და დახასიათებულია ღიზელის ფრაქციები 140-320°C, 140-350°C, 180-320°C, 180-350°C.

ცხრილი 5. 180-320<sup>0</sup>C დიზელის ფრაქციებიდან გამოყოფილი პარაფინული კონცენტრატების აირ-თხევადი ქრომატოგრაფიული ანალიზის შედეგები

ნახშირწყალბადი C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>	ფარლობითი კონცენტრაცია, %	
	ნინოწმინდა	მანავი
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0.14	1.33
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	2.34	3.80
C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	5.86	7.60
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	8.61	8.33
C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	10.87	9.00
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	12.40	10.77
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	10.37	9.88
C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	8.77	7.26
C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	7.80	7.05
C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	6.61	6.73
C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	5.70	4.87
C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	4.78	4.24
C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	4.21	4.76
C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>	3.98	4.33
C <sub>23</sub> H <sub>48</sub>	3.88	3.70
C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	2.65	2.73
C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	1.20	1.70
C <sub>26</sub> H <sub>54</sub>	0.79	1.36

180-320<sup>0</sup>C დიზელის ფრაქციებიდან გამოყოფილი ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადების კონცენტრატების აირთხევადი ქრომატოგრაფიული ანალიზით შესწავლილია მათში შემავალი ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების ფარლობითი კონცენტრაციები. მიღებული შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ აღნიშნული ნავთობები როგორც ქიმიური თვისებებით ისე შედგენილობით ერთმანეთის მსგავსნი არიან.

**ლიტერატურა – REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА**

1. П.Р. Проскурякова В.А., Драбкина А.Е. Химия нефти и газа. Санкт-Петербург, Химия, 1995, 446с.
2. М.Н. Стекольщиков. Справочник. Углеводородные растворители. Москва, «Химия», 1986, 120 с.
3. Товарные нефтепродукты. Справочник,
4. М.Н. Лебедев. Химия и технология основного органического синтеза. Москва, «Химия», 1988, с. 365-370.
5. Современные методы исследование нефтей. Ленинград, «Недра», 1984, 430 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ СКВАЖИН МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАНАВИ И НИНОЦМИНДА**

Н.Т.Хецуриანი, Э.А.Ушараული, К.Г.Годердзишвили, М.Н.Чхаидзе, Г.Г.Шавгулидзе

**РЕЗЮМЕ**

Изучены характеристики нефтей месторождений Манави и Ниноцминда и их фракционный состав. Из указанных нефтей получены и исследованы дизельные фракции. Из дизельных фракций 180-320<sup>0</sup>C при помощи карбамидного метода выделены концентраты n-парафиновых углеводородов. При помощи газожидкостной хроматографии в исследуемых концентратах установлено наличие индивидуальных углеводородов и их относительные концентрации.

**INVESTIGATION OF NEW WELLS OF MANAVI AND NINOTSMINDA OUTFIELDS**

Natela Khetsuriani, Esma Usharauli, Ketevan Goderdzishvili, Madlena Chkhaidze, Gocha Shavgulidze

**SUMMARY**

Characteristics and fractional composition of Manavi and Ninotsminda outfields had been studied. The diesel fractions of the abovementioned oils had been obtained and investigated. The concentrates of n-paraffinic hydrocarbons had been isolated from diesel fraction with b.p. 180-320<sup>0</sup>C by carbamide method. The presence of individual hydrocarbons and their relative concentrations had been determined in the concentrates under investigation by gas-liquid chromatography.

**ნავთობის მაღალმდულარე ნახშირწყალბადების არომატული სტრუქტურების შესწავლა**

ესმა უმარაული, ლია კორტავა, ელზა თოფურია, ირინე მჭედლიშვილი, ნათელა ხეცურიანი

ცნობილია, რომ ნავთობპროდუქტების ზივიერთი თვისება – ჟანგვის მიმართ მედეგობა, სიბლანტის ტემპერატურული მრუდი, დანამატების (ინჰიბიტორები, ლუბრიკატორები, დეპრესატორები და სხვა) შემთვისებლობის უნარი და ა.შ. – მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მათში შემავალი არომატული ნახშირწყალბადების ბუნებაზე და კონცენტრაციაზე. აქედან გამომდინარე ნავთობის მაღალმდულარე ნაწილში შემავალი არომატული ნახშირწყალბადების ბუნების შესწავლა მნიშვნელოვანია აღნიშნული ნედლეულის ეფექტური და ოპტიმალური გამოყენებისთვის.

ლიტერატურული მონაცემებიდან ცნობილია, რომ მაღალმდულარე ფრაქციებში შემავალი არომატული ნახშირწყალბადები, უაღრესად რთული აგებულების ჰიბრიდული ნაერთებია, რომლებიც არომატულ სტრუქტურებთან ერთად შეიცავენ ოთხ-, ხუთ- და ექვსწევრიან ციკლოალკანურ ბირთვებს და უამრავ სხვადასხვა ალკილჩამნაცვლებლებს. ეს გარემოება, ბუნებრივია, ძლიერ ართულებს ასეთი ნახშირწყალბადების იდენტიფიკაციას და მათ მოლეკულებში შემავალი ცალკეული სტრუქტურების განსაზღვრას. საკვლევი ნიმუშების რთული ქიმიური ბუნების, მაღალი ოპტიკური სიმკვრივის და მუქი ფერის გამო ულტრაიისფერი (ՄՈ), ინფრაწითელი (ՈՎ) და მასსპექტრომეტრული მეთოდებიც არ გვაძლევს ამომწურავ ინფორმაციას მათ შესახებ. ეს მეთოდები ძირითადად შემოიფარგლებიან სტრუქტურულ-ჯგუფური ანალიზით და მოლეკულის არომატულ, ნაფტენურ და პარაფინურ ფრაგმენტებში შემავალი ნახშირბადის პროცენტის განსაზღვრით.

ნავთობის ქიმიის ლაბორატორიაში მრავალი წელია მიმდინარეობს ნორიოს ნავთობის მაღალმდულარე არომატული ნახშირწყალბადების სისტემური კვლევები. საქართველოს სხვა ნავთობებისგან განსხვავებით ეს ნავთობი გამოირჩევა ინტენსიური ფლუორესცენციით სპექტრის ხილულ უბანში. აღნიშნული ნახშირწყალბადების კვლევისათვის შემუშავებულია მეთოდების კომპლექსი, რომელიც ითვალისწინებს არომატული ნახშირწყალბადების მაქსიმალურად გამარტივებული ნარეების მიღებას და მათ შემდგომ კვლევას. კომპლექსში შედიოდა: ვაკუუმგამოხდით მაღალმდულარე ფართო ფრაქციის მიღება, ფრაქციიდან სელექტიური გამსხნელით, ანილინით, არომატული ნახშირ-წყალბადების გამოყოფა და მათი ვაკუუმგამოხდა ვიწრო დისტილატებად. მიღებული დისტილატების აღსორბციული დაყოფა აქტივირებულ ალუმინის ჟანგზე და ქრომატოგრაფიული ფრაქციების მიღება (ელუენტი - პეტროლენის ეთერი). ელუირების შემდეგ ხდებოდა ქრომატოგრაფიული სვეტის დაყოფა ფლუორესცენციული ნათების ფერის მიხედვით სხვადასხვა ზონებად და იქიდან ცხელი ბენზოლით ორგანული ნაერთების გამოწვლილვა [1, 2].

მეთოდების ამ კომპლექსის გამოყენებით პირველადაა გამოყოფილი კრისტალური ნაერთები, რომლებიც ინტენსიურად ლუმინესცირებენ სპექტრის ხილულ უბანში ცისფერიდან მოყვითალო – მწვანემდე. ერთნაირი ფერის ნათების მქონე კრისტალური ნაერთების გაერთიანებით და მრავალჯერადი გადაკრისტალებით მიღებულია ლობის ვიწრო ტემპერატურული ზღვრების მქონე ნიმუშები, რომლებიც გამოკვლეულია ՄՈ, ՈՎ და მასსპექტრომეტრული მეთოდებით [3].

შთანთქმის ՄՈ - სპექტრების მიხედვით მიღებული სტრუქტურულ-ჯგუფური მონაცემების, მასსპექტრების, ელემენტური შედგენილობის და ՈՎ – სპექტრალური კვლევებიდან გამომდინარე დადგენილია, რომ კრისტალური ნაერთები წარმოადგენენ რთული აგებულების ჰიბრიდულ არომატულ ნახშირწყალბადებს ემპირიული ფორმულით  $C_nH_{2n-18}$ -დან  $C_nH_{2n-44}$ -მდე. აღნიშნული ნაერთები შეიცავენ ნაფტალინის, ფენანტრენის, ქრიზენის, 3,4 - ბენზოფენანტრენის და ბენზოფლუორენის ნაფტენო- და ალკილწარმოებულებს. სპექტრალურმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ თხევად ქრომატოგრაფიულ ფრაქციებში შემავალ ნახშირწყალბადებზე გაცილებით უფრო მარტივი კრისტალური ნაერთების შესატყვისი მოლეკულური ფორმულების დადგენა ვერ მოხერხდა. ბუნებრივია, გაცილებით უფრო რთულია თხევად ფრაქციებში შემავალი არომატული ნახშირწყალბადების აგებულების განსაზღვრა. ცნობილია, რომ მსგავსი რთული ორგანული ნაერთების - სტეროიდებისა და ა.შ. მოლეკულებში შემავალი სტრუქტურული ელემენტების კვლევისათვის გამოიყენება თერმული დესტრუქციის მეთოდი [4, 5]. ნავთობის მაღალმდულარე არომატული ნახშირწყალბადებისთვის მთავარ “ელემენტს” წარმოადგენს ძირითადი არომატული სტრუქტურა. მათი კვლევისათვის საკმაოდ ეფექტური აღმოჩნდა

ჩვენს მიერ შემუშავებული ავტოკლავური ჰიდროპიროლიზის მეთოდი, რომლის ეფექტურობა დადასტურებული იყო ინდივიდუალური პოლიციკლო - არომატული ნახშირწყალბადების და მათი ალკილ- და ნაფტენო-წარმოებულების ჰიდროპიროლიზატების კვლევის შედეგებით [6, 7].

კვლევის ობიექტებს წარმოადგენდა ნორიოს ნავთობის მაღალმდულარე არომატული ნახშირწყალბადების 498-510<sup>0</sup>C, 525-540<sup>0</sup>C და 560-590<sup>0</sup>C დისტილატების ქრომატოგრაფიული ფრაქციები.

საკვლევი ნახშირწყალბადების ჰიდროპიროლიზი ტარდებოდა ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდით სინჯარის ტიპის ავტოკლავში 450<sup>0</sup>C ტემპერატურაზე, 70 ატმ. წყალბადის წნევის ქვეშ, 4 სთ-ის განმავლობაში [6]. ჰიდროპიროლიზატებს ვიკვლევდით მოლეკულური მასსპექტრომეტრის და აირ-თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდებით. მასსპექტრებს ვიღებდით ქრომატომასსპექტრომეტრზე “Finnigan 4021”, მასსპექტრომეტრის იონიზაციის კამერაში ნიმუშების უშუალო შეყვანით, ელექტრონების 50 ევ ენერჯიის დროს. გადაღება იწყებოდა 40<sup>0</sup>C-დან წუთში 10<sup>0</sup>C ბიჯით ნიმუშების სრულ აორთქლებამდე.

ქრომატოგრაფიული ფრაქციების შედგენილობა ისაზღვრებოდა მოლეკულური და ნახლენი იონების პიკების ჯამური ინტენსივობის მიხედვით. შესაბამისი ჰიდროპიროლიზატების კომპონენტურ შედგენილობას ვიკვლევდით მოლეკულური იონების პიკების მიხედვით <sup>12</sup>C და <sup>13</sup>C იზოტოპების ბუნებრივ გავრცელებაზე შესწორების მხედველობაში მიღებით და ფარდობითი მგრძობიარობის კოეფიციენტების გამოყენებით, რომელიც ასახავდა სხვადასხვა ნაერთებისათვის იონების წარმოქმნის ფარდობით ალბათობას [8]. მიღებული შედეგები ასახულია ცხრილებში 1 და 2.

ქრომატოგრაფიული ფრაქციების მასსპექტრალურმა კვლევებმა აჩვენა, რომ 498-510<sup>0</sup>C დისტილატის ნიმუშებში ჭარბობს ტრიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები. ფრაქციის ნომრის ზრდასთან ერთად მათი რაოდენობა 37,9%-დან 53,2%-მდე იზრდება. ალკილბენზოლები, ნაფტალინები, პირენები და ქრიზენები შედარებით მცირე რაოდენობითაა წარმოდგენილი (2-7%), ხოლო აცენაფტენებს, ფლუორენებს და ნაფტენოფენანტრენებს შუალედური მდგომარეობა უკავიათ (11-18%). დისტილატების დუდილის ტემპერატურის და ქრომატოგრაფიული ფრაქციების ნომრის ზრდასთან ერთად შეიმჩნევა ფენანტრენების, ფლუორენების, ნაფტალინების და აცენაფტენების შემცველობის კლება და პირენების, ქრიზენების და ნაფტენოფენანტრენების კონცენტრაციის მატება.

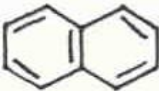
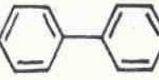

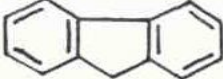

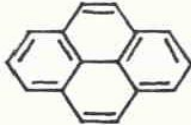
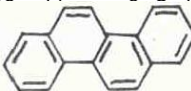
ამავე ნიმუშების ჰიდროპიროლიზატების მასსპექტრალური კვლევებით დადგენილია, რომ მათში ძირითადად წარმოდგენილია ნაფტალინის, ფენანტრენის, პირენის, ქრიზენის, პერილენის და ბენზპერილენის სტრუქტურები, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ჰიდროპიროლიზის დროს საკვლევი ნახშირწყალბადები განიცდიან დესტრუქციას, ნაფტენური ბირთვების და პარაფინული ჯაჭვების მოწყვეტით და დაშლით. არომატული ფრაგმენტები ინარჩუნებენ სტრუქტურას, რის გამოც ჯგუფური შედგენილობის ნაცვლად ჰიდროპიროლიზატების მასსპექტრალური ანალიზი ასახავს კომპონენტურ შედგენილობას.

**ცხრილი 1.** ნორიოს ნავთობის მაღალმდულარე არომატული ნახშირწყალბადების ქრომატოგრაფიული ფრაქციების მასსპექტრალური კვლევის შედეგები (მას.%)

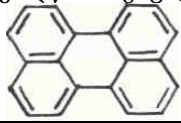
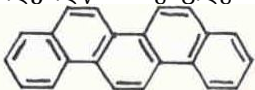
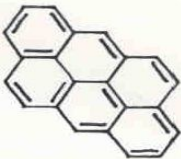

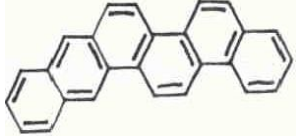
დისტილატი, <sup>0</sup> C	ქრომატოგრაფიული ფრაქციები	ნაერთების ტიპები, %						
		ნაფტალინები	აცენაფტენები	ფლუორენები	ფენანტრენები	ნაფტენოფენანტრენები	პირენები	ქრიზენები
498-510*	42	7,1	11,3	18,6	37,9	12,1	4,0	2,0
	92	1,1	3,0	11,5	53,2	15,9	11,8	3,5
525-540	39	3,9	5,7	11,1	26,8	28,4	21,2	2,9
	104	1,6	1,7	1,3	11,8	30,0	42,3	11,3
560-590	26	3,2	4,0	7,2	15,5	32,1	28,3	9,7
	59	2,7	2,8	2,6	8,4	18,0	39,3	26,2

\*დისტილატი 498-510<sup>0</sup>C - №42 შეიცავს ალკილბენზოლებს - 4,8%, დინაფტენბენზოლებს - 2,2%.

**ცხრილი 2.** ნორიოს ნავთობის მაღალმდულარე არომატული ნახშირწყალბადების ქრომატოგრაფიული ფრაქციების ჰიდროპიროლიზატების მასსპექტრალური კვლევის შედეგები (მას.%)

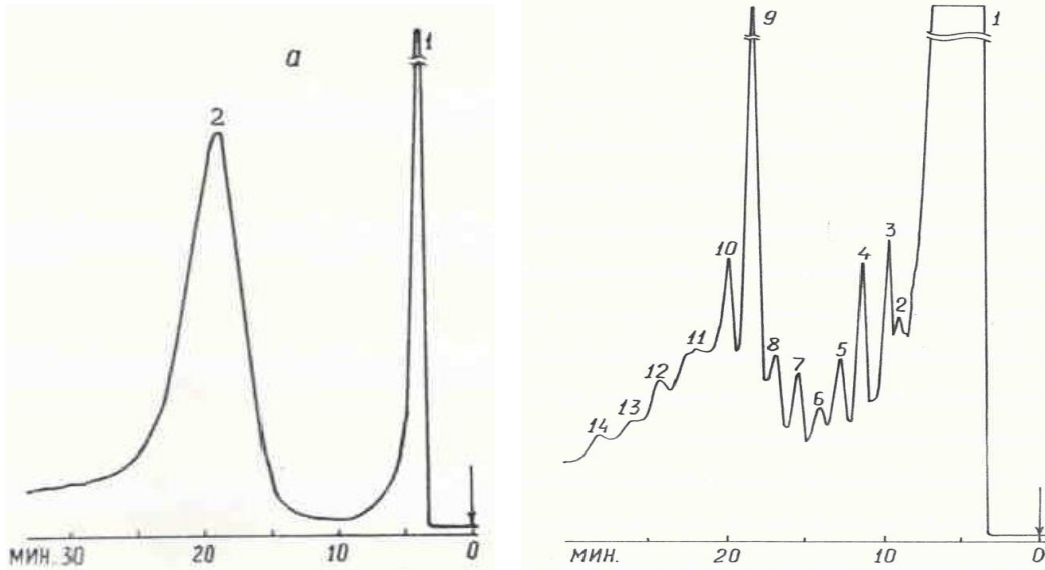
ჰიდროპიროლიზის პროდუქტი	მოლეკულური მასა	დისტილატები, °C					
		498-510		525-540		560-590	
		ქრომატოგრაფიული ფრაქციები, №					
		42	92	39	104	26	59
1	2	3	4	5	6	7	8
ნაფტალინი და მისი ალკილწარმოებულები 	128	0,9	0,8	3,3	0,6	2,3	2,1
	142	0,8	0,8	3,3	0,5	2,5	1,8
	156	0,8	0,5	1,9	0,1	1,5	0,5
	170	–	–	0,7	–	0,5	–
დიფენილი და მისი ალკილწარმოებულები 	154	0,5	0,3	1,9	0,1	0,5	0,5
	168	0,8	0,8	1,0	0,2	1,6	0,9
	182	–	–	2,8	0,2	2,1	0,7
	196	–	–	1,7	–	1,3	–
ბიფენილენი 	152	1,8	2,6	3,0	1,5	2,5	1,2
ფლუორენი 	166	2,9	2,0	2,4	0,9	2,2	1,4
დიჰიდროფენანტრენი და მისი ალკილწარმოებულები	180	2,8	1,8	3,8	1,6	3,2	2,5
	194	1,9	1,2	2,4	0,2	2,1	0,8
	208	1,0	1,0	–	–	–	–
ფენანტრენი და მისი ალკილწარმოებულები 	178	33,9	41,6	20,8	13,4	14,0	9,2
	192	10,9	14,4	11,6	2,7	8,8	4,4
	206	4,5	2,5	3,5	0,4	2,8	1,1
	220	1,8	0,6	1,2	0,3	0,9	0,5
	234	0,9	0,6	–	–	–	–
ნაფტენოფენანტრენი და მისი ალკილწარმოებულები	204	3,8	6,1	3,6	2,1	3,3	2,5
	218	4,6	4,9	4,5	4,2	4,6	3,5
	232	3,2	1,4	2,4	2,8	2,7	1,8
	246	–	–	0,7	0,1	0,6	0,2
პირენი 	202	7,2	6,4	7,3	8,8	7,5	5,6
	216	3,6	3,2	4,3	9,5	5,9	5,8
	230	2,4	1,4	2,1	6,4	3,2	3,3
	244	1,2	0,6	0,3	2,0	1,1	1,1
ქრიზენი და მისი ალკილწარმოებულები 	228	2,8	1,9	3,0	7,0	7,2	13,0
	242	1,4	0,6	1,1	4,7	2,4	4,3
	256	1,0	0,2	0,5	2,8	0,9	1,5
	270	–	–	0,2	1,0	0,3	0,6

ცხრილი 2 – გაგრძელება

1	2	3	4	5	6	7	8
<p>პერილენი და მისი ალკილწარმოებულები</p> 	252	0,9	0,9	1,7	7,1	3,7	9,8
	266	0,4	0,2	0,6	3,0	1,6	3,8
	280	—	0,1	0,2	1,6	0,6	1,5
	294	—	—	0,1	0,6	0,2	0,5
<p>ბენზპერილენი და მისი ალკილწარმოებულები</p> 	278	—	—	0,2	1,6	0,7	1,8
	292	—	—	0,1	1,3	0,3	0,7
	306	—	—	—	0,7	0,1	0,2
<p>ანანტრენი და მისი ალკილწარმოებული</p> 	276	—	—	0,4	2,8	0,7	1,3
	290	—	—	—	0,6	—	—
<p>ბენზპერილენი და მისი ალკილწარმოებულები</p> 	302	—	—	—	3,0	—	—
	316	—	—	—	0,9	—	—
	330	—	—	—	0,5	—	—
<p>დიბენზპერილენი და მისი ალკილწარმოებულები</p> 	314	—	—	—	0,2	—	—
	328	—	—	—	0,9	—	—
	342	—	—	—	0,8	—	—
	356	—	—	—	0,3	—	—
<p>დიჰიდროპერილენი და მისი ალკილწარმოებულები</p>	254	0,4	0,4	0,8	—	2,0	5,5
	268	0,3	0,2	0,5	—	1,3	3,4
	282	0,6	—	0,1	—	0,4	0,7

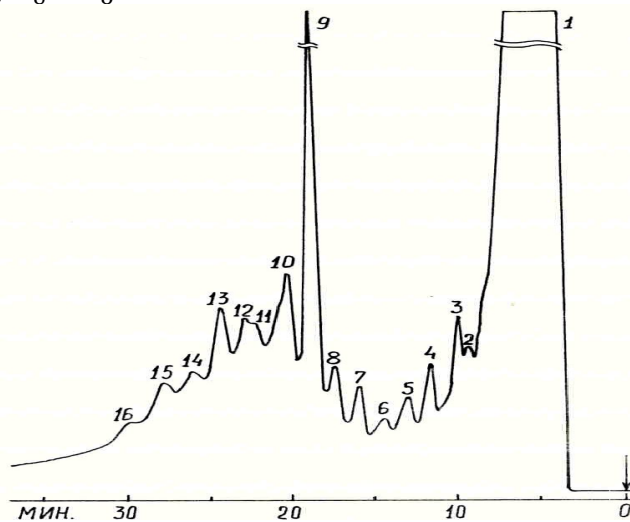
ჰიდროპიროლიზაციის მასსპექტრომეტრული კვლევებით განსაზღვრულია ქრომატოგრაფიულ ფრაქციებში არომატული სტრუქტურების განაწილება. ფენანტრენის სტრუქტურას ყველაზე დიდი რაოდენობით შეიცავენ 498-510<sup>0</sup>C დისტილატის ქრომატოგრაფიული ფრაქციები. აქ წარმოდგენილია აგრეთვე ფლუორენის, დიფენილის, ბიფენილენის, პირენის და ქრიზენის სტრუქტურები. დისტილატის დუღილის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ფენანტრენის შემცველობა მცირდება, ხოლო ქრიზენის შემცველობა იზრდება. პირენის და ნაფტენოფენანტრენის კონცენტრაციები თითქმის არ იცვლება. პერილენის და ბენზპერილენის სტრუქტურები ვლინდება 525 - 540<sup>0</sup>C დისტილატის ფრაქციებში და მათი კონცენტრაცია შესამჩნევად იზრდება 560 - 590<sup>0</sup>C დისტილატში. აღსანიშნავია, რომ დიფენილის, ბიფენილენის, ფლუორენის და ნაფტენოფენანტრენების კონცენტრაციები საკვლევ ნიმუშებში მცირე ინტერვალში მერყეობს.

ნორიოს ნავთობის მაღალმდუღარე არომატული ნახშირწყალბადების ქრომატოგრაფიული ფრაქციების ჰიდროპიროლიზაციის მასსპექტრომეტრული კვლევის შედეგები დადასტურდა ამავე ნიმუშების აირ-თხევადი ქრომატოგრაფიითაც. ქრომატოგრაფიული დაყოფა განხორციელდა ექვსმეტრიან სვეტზე ქრომოსორბ W-ზე, რომელზეც დაფენილი იყო ლითიუმის ქლორიდი.



**ნახ. 1.** 522-540<sup>0</sup>C დისტილატის №104 ქრომატოგრაფიული ფრაქციის ქრომატოგრამა: 1 - გამხსნელი, 2 - ნაფტალინი, 3 - მეთილნაფტალინი, 4 - დიფენილი, 7 - ფლუორენი, 9 - ფენენტრენი, 10 - მეთილფენანტრენი, 11 - პირენი, 14 - ქრიზენი ტემპერატურის საზოვანი პროგრამირება 100<sup>0</sup> C→10<sup>0</sup> C/წთ→325<sup>0</sup> C

ნახაზზე 1 წარმოდგენილია 525-540<sup>0</sup>C დისტილატის ქრომატოგრაფიული ფრაქციის და მისი ჰიდროპიროლიზატის ქრომატოგრამები. ფრაქციის ქრომატოგრამა ფართო დაუნაწევრებელი პიკია, მაშინ როდესაც შესაბამისი ჰიდროპიროლიზატის ქრომატოგრამაზე იდენტიფიცირებულია ნაფტალინი, ფენანტრენი, მათი ალკილწარმოებულები, დიფენილი, ფლუორენი, პირენი და ქრიზენი. იგივე სტრუქტურებია დადგენილი 560-590<sup>0</sup>C დისტილატის ქრომატოგრაფიული ფრაქციის ჰიდროპიროლიზატში (ნახ.2). ისინი რაოდენობრივი თანაფარდობით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. საკვლევი ნიმუშების ჰიდროპიროლიზატების მასსპექტრომეტრულმა და აირ-თხევადმა ქრომატოგრაფიულმა კვლევამ ერთმნიშვნელოვნად აჩვენა ავტოკლავური ჰიდროპიროლიზის მეთოდის ეფექტურობა ნავთობის მაღალმდულარე ნაერთებში შემავალი არომატული სტრუქტურების შენარჩუნებისა და იდენტიფიცირებისთვის.



**ნახ. 2.** 560-590<sup>0</sup>C დისტილატის №26 ქრომატოგრაფიული ფრაქციის ჰიდროპიროლიზატის ქრომატოგრამა: 1 - გამხსნელი, 2 - ნაფტალინი, 3 - მეთილნაფტალინი, 4 - დიფენილი, 7 - ფლუორენი, 9 - ფენენტრენი, 10 - მეთილფენანტრენი, 11 - პირენი, 14 - ქრიზენი. ტემპერატურის საზოვანი პროგრამირება 100<sup>0</sup> C→10<sup>0</sup> C/წთ→325<sup>0</sup> C



ამრიგად, ნავთობის მალამდულარე ნახშირწყალბადების კვლევის შედეგები უფლებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ავტოკლავური ჰიდროპიროლიზის მეთოდის გამოყენება შეიძლება როგორც ნავთობის მოლეკულების არომატული ფრაგმენტების გამოვლენისა და მათი სტრუქტურის დადგენისთვის.

**ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА**

1. *Меликадзе Л.Д., Элиава Т.А., Ушараули Э.А.* К познанию природы флуоресцирующих компонентов нефти. Тбилиси, Изд-во АН ГССР, 1958, 80 с.
2. *Барабаде Ш.Ш., Меликадзе Л.Д., Сирюк А.Г., Челидзе Г.Ш.* Изучение ароматических углеводородов норийской нефти. Сообщения АН ГССР, 1972, 67(3), с. 601-604.
3. *Бродский Е.С., Барабаде Ш.Ш., Сирюк А.Г., Лукашенко И.М., Лебедевская В.Г., Шнырев Г.Д.* Исследование кристаллов, выделенных из высококипящих нефтяных фракций. Хим.техн.топлив и масел, 1975 (2), 53-57.
4. *Cox J.S.G., High J.B., Jones K.H.* Proc.Chem. Soc., 1958, №1, 234p.
5. *Janake J.* Nature, 1960, 185, 685 p.
6. *Ушараули Э.А., Меликадзе Л.Д., Кортава Л.М.* Гидропиролитический автоклавный способ фрагментации углеводородов. Сообщения АН ГССР, 1982, № 2, 105, с. 305-308.
7. *Ушараули Э.А., Меликадзе Л.Д., Кортава Л.М., Коган Л.О., Бродский Е.С.* Гидропиролитическое определение ароматических фрагментов высококипящих соединений нефти. Нефтехимия, 1987, т. 27, № 4, с. 481-488.
8. *Полякова А.А.* Молекулярный масс-спектральный анализ нефтей. Москва, изд. «Недра», 1973, 141 с.

**ИЗУЧЕНИЕ АРОМАТИЧЕСКИХ ФРАГМЕНТОВ ВЫСОКОКИПАЩИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТИ**

Э.А.Ушараули, Л.М.Кортава, Э.Н.Топурия, И.Дж.Мchedlishvili, Н.Т.Хецуриани

**РЕЗЮМЕ**

Показана эффективность автоклавного гидропиролитического метода для сохранения ароматических структур, содержащихся в высококипящих ароматических углеводородах нефти. Масс-спектрометрическим анализом и газо-жидкостной хроматографией в соответствующих гидропиролізатах идентифицированы структуры нафталина, фенантрена, дифенила, флуорена, пирена и хризена. При помощи этого метода возможно выявить и установить структуру ароматических фрагментов, входящих в состав углеводородов со сложной структурой.

**INVESTIGATION OF AROMATIC FRAGMENTS OF HIGH BOILING HYDROCARBONS OF OILS**

Esma Usharauli, Lia Kortava, Elza Topuria, Irina Mchedlishvili, Natela Khetsuriani

**SUMMARY**

The effectiveness of the autoclave hydrolysis method is shown for retaining of aromatic structures contained in high boiling aromatic hydrocarbons of petroleum. The structures of naphthalene, phenanthrene, diphenyl, fluorene, pyrene and chrysene are identified in appropriate hydrolysisates by methods of mass spectrometry and gas-liquid chromatography. With the help of this method it is possible to reveal and determine the structure of aromatic fragments contained in hydrocarbons with complicated structure.

## ნავთობის ქიმიის ლაბორატორია უძღვნება ნავთობის ქიმიის ლაბორატორიის დაარსების 70 წლისთავს

ნათელა ხეცურიანი, ესმა უშარაული, მანანა ბურჯანაძე

ნავთობის ქიმიის ლაბორატორია დაარსდა საქართველოს რესპუბლიკის ერთ-ერთ უძველეს სამეცნიერო დაწესებულებაში, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ქიმიის ინსტიტუტში 1940 წელს. 1947 წლამდე მას ხელმძღვანელობდა ბატონი ქრისტეფორე არეშიძე, რომელიც შემდეგ სათავეში ჩაუდგა ამ ლაბორატორიის ბაზაზე შექმნილ ორგანული კატალიზის ლაბორატორიას; ნავთობის ლაბორატორიის გამგედ დაინიშნა აკადემიკოსი, ბატონი ლეონიდე მელიქაძე, რომელიც ამავე დროს მუშაობდა ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილედ სამეცნიერო ნაწილში. 1989-2007 წლებში იგი შეცვალა პროფესორმა ირაკლი ედილაშვილმა. ამჟამად ლაბორატორიას ხელმძღვანელობს აკადემიური დოქტორი ნათელა ხეცურიანი.

დაარსების დღიდან ლაბორატორიაში წარმოებს საქართველოში მოპოვებული ნავთობების შესწავლა. ჩატარებული კვლევებით ნაჩვენებია, რომ საქართველოში არსებობს ერთმანეთისაგან ქიმიური ბუნებით განსხვავებული თითქმის ყველა ცნობილი ტიპის ნავთობი, მაგრამ ისინი მცირედებიტიანი ნავთობებია. ამის გათვალისწინებით ლ.მელიქაძემ წარმოადგინა ოფიციალური წინადადება საქართველოს მცირედებიტიანი ნავთობების შერჩევითი ათვისების შესახებ, მათგან მცირეტონაჟიანი, ფართო გამოყენების მქონე მასალებისა და პროდუქტების მიღების მიზნით, რაც დადებითად აისახებოდა როგორც ნავთობის მარაგებზე, ისე რესპუბლიკის ეკონომიკაზე. ამ მიზნით ლაბორატორიაში კვლევები შემდეგი მიმართულებით განვითარდა:

- საქართველოს ნავთობების და ნავთობპროდუქტების შედგენილობისა და სასაქონლო თვისებების შესწავლა
- ნავთობის ფლუორესცირებადი ნაერთების კვლევა და მათი ათვისების გზების ძიება
- ნავთობის მაღალმდუღარე ნაწილის კვლევის ახალი, ეფექტური მეთოდების და აპარატურის შემუშავება.

კვლევების ინტენსივობისა და მეცნიერული ინტერესების არეალის გაფართოების პარალელურად 50-იან წლებიდან თანდათან იზრდებოდა ლაბორატორიაში მომუშავე მეცნიერთა რიცხვი, ძირითადად თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის და საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის კურსდამთავრებულებიდან.

საქართველოს ნავთობების შესწავლის პერიოდი დროის დიდ მონაკვეთს მოიცავს. 1970 წლიდან ნავთობების შესწავლა უნიფიცირებული პროგრამის მიხედვით დაიწყო და ახლაც გრძელდება. მათი შედეგებისა და სასაქონლო თვისებების კვლევის შედეგები საფუძვლად დაედო საქართველოს ნავთობების პასპორტიზაციას და ათვისების პერსპექტივას [1-8].

1951 წელს, მირზანის და ნორიოს ნავთობების სასაქონლო თვისებების შესწავლის საფუძველზე დაპროექტდა და საფუძველი ჩაეყარა საგზაო ბიტუმების წარმოებას ლილოში. ამ პერიოდში ის ერთადერთი წყარო იყო, რომელიც რესპუბლიკას ამ ნედლეულით ამარაგებდა.

საქართველოს ნავთობების ნივთიერი შედგენილობის შესწავლაში მეტად მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა ტარიბანისა და საცხენისის ნავთობების საშუალო ფრაქციების ნაჯერი ნახშირწყალბადებიდან სტრუქტურულად ერთგვაროვანი, პოლიციკლური ალკანების “ვიწრო” კონცენტრატების გამოყოფის კომპლექსური მეთოდის შემუშავება. მათში შემავალი ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების შესახებ მოლეკულურ დონეზე მაქსიმალურად სრული ინფორმაციის მიღების მიზნით გამოყენებული იქნა კვლევის თანამედროვე ლაბორატორიული მეთოდები – ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და ინსტრუმენტული. ქრომატომასსპექტრომეტრული კვლევებით კონცენტრატებში იდენტიფიცირებული იყო 70-ზე მეტი ბი-, ტრი-, ტეტრა- და პენტაციკლური ნაფტენები. მათ შორის 10 პირველად ნავთობში, 54 კი – პირველად საქართველოს ნავთობებში [9].

ნავთობის ფრაქციების, თხევადი ან აირადი ორგანული ნარევების მცირე რაოდენობების პრეპარატული დაყოფის მიზნით ლაბორატორიაში შემუშავებულია ორიგინალური კონსტრუქციის თერმოდინამიკური სვეტი, სადაც მილთაშორის ჭვრიტესთან დაკავშირებულ შტუცერებში გამორიცხულია ბუფერულ ზონებში დაყოფილი ფრაქციების შერევა საწყის ნარევთან, რაც მკვეთრად

ზრდის დაყოფის ხარისხს. ლაბორატორიაში კონსტრუირებული თერმოდინამიკური სვეტები ეფექტურად გამოიყენება როგორც რესპუბლიკის სამეცნიერო დაწესებულებებში, ასევე მოსკოვისა და ბაქოს ნავთობქიმიური სინთეზის ინსტიტუტებში [10].

ნავთობების ფლუორესცენციის გამომწვევი ნაერთების ბუნების შესწავლის მიზნით ლაბორატორიაში შემუშავებული მეთოდების კომპლექსის გამოყენებით ერთმნიშვნელოვნად დადგინდა, რომ ფლუორესცენცია გაპირობებულია პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადებით. ეს დასკვნა დადასტურდა ნორიოს ნავთობიდან კრისტალური ნახშირწყალბადების გამოყოფით, რომლებიც ხასიათდებიან სპექტრის ხილულ უბანში ინტენსიური ფლუორესცენციით – დაწყებული ღია ცისფერით და დამთავრებული მომწვანო - ყვითელი ნათებით. სპეციალურმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ეს ნაერთები ნავთობის ბუნებრივ კომპონენტებს წარმოადგენენ. კვლევის შედეგები გამოქვეყნდა მონოგრაფიაში [11]. 1959 წელს მონოგრაფიის ავტორებს მიენიჭათ საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პეტრე მელიქიძის სახელობის პირველი პრემია.

ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ საქართველოს ნავთობებიდან ფლუორესცენციის უნარის მქონე ნაერთებით ყველაზე მდიდარია ნორიოს ნავთობი. ამ ნავთობის საფუძველზე შემდგომში ლილოს ექსპერიმენტულ ბაზაზე შემუშავდა ლუმინოფორების –“ნორიოლი”, “ნორიოლი-ა”, “ნორიოლი-ა 400” - მიღების ტექნოლოგიური პროცესი [12, 13]. “ნორიოლი -ა” და “ნორიოლი-ა 400” მრავალი წლის განმავლობაში ეფექტურად გამოიყენებოდა ყოფილი სსრ კავშირის მრავალ ქარხანაში მანქანათა საპასუხისმგებლო დეტალების ლუმინესცენციური დეფექტოსკოპისთვის. 1960 წელს საბჭოთა კავშირის სახალხო მეურნეობის მიღწევათა გამოფენაზე “ნორიოლს” მიენიჭა პირველი ხარისხის პრემია, ხოლო მისი ავტორები დაჯილდოვდნენ ოქროსა და ვერცხლის მედლებით.

ნავთობების ფლუორესცენციური და ფოტოქიმიური კვლევებისთვის ლაბორატორიაში კონსტრუირებულ იქნა ფლუორესცენციური ჰეტეროქრომული ფოტომეტრი, რომელსაც წარმატებით იყენებდნენ ლუმინოფორის წარმოებაში ტექნოლოგიური პროცესისა და მზა პროდუქციის კონტროლისათვის [14].

ნავთობის მაღალმდულარე არომატული და ჰეტეროარომატული ნახშირწყალბადების კვლევისთვის საჭირო მოდელური ნახშირწყალბადების მისაღებად შეიქმნა სინთეზის ჯგუფი. ჯგუფის მიერ შემუშავდა ახალი რაციონალური მეთოდები მაღალმოლეკულური, რთული აღნაგობის არომატული ნახშირწყალბადებისა და მათი გოგირდწარმოებულების სინთეზისათვის. მიღებულ იქნა ნაფთალინის, ფენანტრენის, ანტრაცენის და პენტაცენის ალკილ-, არილ- და ადამანტილწარმოებულები; აგრეთვე ბენზთიოფენის, დიბენზთიოფენის, ბენზნაფთოთიოფენის და ანტრაბენზთიოფენის ტიპის გოგირდნაერთები [15, 16, 17]. შედეგად ნავთობის ქიმიის ლაბორატორიაში შეიქმნა მაღალმოლეკულური არომატული- და ჰეტეროარომატული ნახშირწყალბადების მდიდარი კოლექცია, რომელსაც იყენებდა მრავალი სასწავლო და სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი როგორც ჩვენი ქვეყნის შიგნით, ისე მის ფარგლებს გარეთ. მოდელური ნახშირწყალბადები წარმატებით იქნა გამოყენებული ნორიოს ნავთობის მაღალმდულარე არომატული ნახშირწყალბადების ვიწრო ქრომატოგრაფიული ფრაქციებისა და მათგან გამოყოფილი კრისტალური ნაერთების შესწავლისთვის; გოგირდნახშირწყალბადები კი – შპოლსკის მეთოდით ლუმინესცენციისა და შთანთქმის ქვაზიზაზოვანი სპექტრების კვლევისათვის. კერძოდ, პირველად იქნა შესწავლილი ნავთობის კომპონენტების ნაფტენო- და ანტრაბენზოთიოფენების და მათი ზოგიერთი წარმოებულის ლუმინესცენციური მახასიათებლები, რაც საფუძველად დაედო ნავთობში და ნავთობპროდუქტებში აღნიშნული ნაერთების იდენტიფიკაციას [18].

ლაბორატორიაში დასინთეზებული არომატული ნახშირწყალბადების საფუძველზე შთანთქმის ულტრაიისფერი სპექტრების მიხედვით გამოიკადა არომატული სტრუქტურების რაოდენობრივი ანალიზის არსებული მეთოდები. შემუშავებულ იქნა მასსპექტრების მიხედვით არომატული ნახშირწყალბადების შედგენილობის განსაზღვრის ახალი მეთოდი უჯერობის მაღალი ხარისხის მქონე (44 ერთეულამდე) ნახშირწყალბადებისთვის. ში, ოვ და მასსპექტრალური მეთოდების კომპლექსური გამოყენებით განსაზღვრულ იქნა ნორიოს ნავთობის მაღალმდულარე არომატული ნახშირწყალბადების შედგენილობა, აღნაგობა და მათი განაწილება 340-590°C ფრაქციებში [19].

სპექტრალური მეთოდებით კრისტალური ნაერთების სტრუქტურულ-ჯგუფური შედგენილობის კვლევით დადგინდა, რომ ისინი პოლიციკლური არომატული და ნაფტენო-არომატული ნახშირწყალბადებია, რომელთა არომატული სტრუქტურები წარმოდგენილია ქრიზენის 3,4-ბენზენანტრენის და ბენზფლუორენის ბირთვებით.

ნავთობი ფენანტრენული ნახშირწყალბადების მდიდარ წყაროდ ითვლება და მათ კვლევას დიდი მეცნიერული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. მაღენის ანჰიდრიდის ფენანტრენის წარმოებულბთან ფოტოკონდენსაციის რეაქციის შესწავლით შემუშავებულია ნავთობიდან ფენანტრენული ნახშირწყალბადების კონცენტრატების გამოყოფის კომპლექსური მეთოდი ფოტოალექტების მიღებისა და მათი დაშლის გზით. მიღებულ კონცენტრატებში აირთხევადი ქრომატოგრაფიის, მასსპექტრომეტრიის, სპექტროფლუორომეტრიის და ქრომატო-მასსპექტრომეტრიის მეთოდებით იდენტიფიცირებულია 24 ფენანტრენული ნახშირწყალბადი. შედეგები განზოგადებულია მონოგრაფიაში [20].

ნავთობის მაღალმდულარე ფრაქციების არომატული ნახშირწყალბადების კვლევისთვის ლაბორატორიაში შემუშავებულია ჰიდროპიროლიზური ფრაგმენტაციის ავტოკლაკური მეთოდი. აირთხევადი ქრომატოგრაფიის, ულტრაიისფერი სპექტრების, მასსპექტრომეტრიის და სხვა მეთოდებით შესაბამისი ჰიდროპიროლიზატების კვლევის შედეგად, გამოვლენილი და იდენტიფიცირებულია ნავთობის მაღალმდულარე ნახშირწყალბადებში, ფისოვან-ასფალტენურ ნაერთებში და ბუნებრივ ბიტუმებში შემავალი მთელი რიგი არომატული სტრუქტურები, მათ შორის ნაფტალინი, ფენანტრენი, დიფენილი, ფლუორენი, პირენი, ქრიზენი და სხვა [21].

ლაბორატორიაში შემუშავდა და დაინერგა ნავთობიდან და ნავთობპროდუქტებიდან მიკროელემენტების გამოყოფის ეფექტური, ფოტოქიმიური მეთოდი. მისი დახმარებით შესწავლილია მიკროელემენტების განაწილება საქართველოს ნავთობებში და დადგენილია განსაზღვრული კანონზომიერებები ნავთობის ასაკისა და მიკროელემენტების კონცენტრაციებს შორის. შედეგები წარმოდგენილია მონოგრაფიაში [22]. მიკროელემენტების შესახებ მიღებული მონაცემების მიხედვით შესაძლებელია ნავთობის მძიმე ნარჩენებიდან და ბუნებრივი ბიტუმებიდან დეფიციტური ლითონების მიღება.

ლაბორატორიაში შემუშავებული ფოტოქიმიური მეთოდის გამოყენებით დადგენილია, რომ ნავთობის ფისოვან-ასფალტენური ნაერთები ფოტოქიმიური ზემოქმედებისას განიცდიან დესტრუქციას და ჟანგვას. დესტრუქციის დროს ძირითადად ადგილი აქვს ნაჯერი ჩამნაცვლებლების მოხლეჩას, ხოლო ფოტოქიმიური ჟანგვის დროს წარმოიქმნება ფენოლის და სპირტის ჰიდროქსინაერთები – ბიოლოგიურად აქტიური სისტემების წყალში ხსნადი ფორმები–მცენარეთა ზრდის რეგულატორები, რაც იაფი ნედლეულიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების მიღების შესაძლებლობას იძლევა. ამ პრობლემის აქტუალობამ განაპირობა კვლევების განვითარება ნავთობის მაღალმდულარე ნაერთების ფოტოქიმიური რეაქციის მექანიზმის შესწავლის მიმართულებით. დადგენილი იყო, რომ მაღალმდულარე ფრაქციების ფოტოქიმიური ჟანგვა მოლეკულური მექანიზმით – სინგლეტალგზნებული ჟანგბადის  $O_2$ -ის მონაწილეობით მიდის. ნაჩვენები იყო არომატული ნახშირწყალბადების როლი სინგლეტალგზნებული ჟანგბადის წარმოქმნაში. შესწავლილია მრავალი ნაერთის ინჰიბიტორული თვისებები და გამოვლენილია ნავთობის მაღალმდულარე ფრაქციის ფოტოქიმიური ჟანგვის ეფექტური ინჰიბიტორები [23, 24].

ლაბორატორიაში შესწავლილია მცენარეთა დაცვისათვის გამოყენებული ნავთობის ზეთების ფოტოქიმიური რეაქციის მექანიზმი და გამოვლენილია მათი ჟანგვის ინჰიბიტორები. მიღებული შედეგების საფუძველზე, ტრანსფორმატორის ინჰიბიტორული ზეთის ბაზაზე შემუშავებული და დანერგილია ციტრუსების მავნებლებთან ბრძოლის ეფექტური პრეპარატი – “კეიმი” (ინჰიბიტორი - არნოლდის ფუძე იწარმოებოდა ლილოს ექსპერიმენტულ ბაზაზე, პრეპარატი კი ბათუმში) [25].

1972 წელს ნავთობის ქიმიის ლაბორატორიაში მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტთან ერთად შემუშავებული იყო ნაძვის დიდი ლაფანჯამიის და ფიჭვის ღეროს ალურას საწინააღმდეგო ეფექტური პრეპარატი “პლკ”, რომლის მიღებისა და დანერგვისათვის ავტორთა კოლექტივი დაჯილდოვდა საქართველო სსრ მინისტრთა საბჭოს პრემიით [26].

ლაბორატორიაში ტარდებოდა კვლევები მაღალდისპერსული ნახშირბადის საფუძველზე ავტომობილების ენერგოდამზოგველი სატრანსმისიო ზეთების მიღებისა და შესწავლის მიმართულებით. ამ ზეთების მრავალწლიანმა გამოცდამ დაადასტურა საწვავის ხარჯვის ეკონომიურობა და მაღალი ანტიფრიქციული და ტრიბომექანიკური თვისებები. კვლევებმა აჩვენა აგრეთვე, რომ სატრანსმისიო საბაზო ზეთების ნაცვლად წარმატებით შეიძლება ნორიოს ნავთობიდან მიღებული ზეთების გამოყენება [27].

ნავთობის ქიმიის ლაბორატორიაში შესაბამისი კვლევებით ნაჩვენებია, რომ სამგორის ნავთობების ნარჩენების ნელი დაკოქსით შესაძლებელია დეფიციტური, დაბალგოვირდიანი ელექტროდული კოქსის მიღება, რომელიც ალუმინის წარმოებაში გამოიყენება [28].

საქართველოს პარაფინული ნავთობების პირდაპირნახადი ბენზინების (დ.დ. -  $200^{\circ}C$ ) ფრაქციული შედგენილობის და თვისებების შესწავლით ნაჩვენებია ამ ნავთობებიდან დუდილის ვიწრო ინტერვალის

მქონე დისტილატური ფრაქციების, მაღალი ხარისხის ნავთობური გამსხნელების – “ნეფრასები”-ს მიღების შესაძლებლობა. აირთხევადი ქრომატოგრაფიით დადგენილია ინდივიდუალური ნ.პარაფინული ნახშირწყალბადების განაწილება სამგორის და მანავის ნავთობების საშუალო ფრაქციებში. შემუშავებულია პარაფინული ნავთობებიდან მოხმარების დიდი დიაპაზონის მქონე ვაზელინების მიღების გამარტივებული და ეკოლოგიურად უსაფრთხო კომპლექსური მეთოდი [29, 30].

ლაბორატორიაში წარმოებული კვლევების შედეგები გამოქვეყნებულია 3 მონოგრაფიაში და 300-მდე სამეცნიერო ნაშრომში, დაპატენტებულია 40-მდე გამოგონება, დაცულია ხუთი სადოქტორო და 25 საკანდიდატო დისერტაცია.

### ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Меликадзе Л.Д., Комладзе Т.А., Бекаури Н.Г. Исследование нефтей месторождения Норико. Труды Института химии им.П.Г.Меликишвили, 1951, т.10А, с. 25-39.
2. Топуридзе Л.Ф., Хитири Г.Ш., Меликадзе Л.Д. Исследование самгорской нефти. Известия АН ГССР, сер.хим., 1979, т.5, №1, с.63-71.
3. Топуридзе Л.Ф., Меликадзе Л.Д., Хитири Г.Ш., Хецуриани Н.Т. Нефть месторождения Рустави скважина №13. Сообщения АН ГССР, 1990, т.139, №3, с. 525-528.
4. თოფურიძე ლ., მელიქაძე ლ., ხიტირი გ., ხეცურიანი ნ. ნინოწმინდის საბადოს ნავთობის შესწავლა. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 1989, ტ.15, №4, გვ. 291-296.
5. Хитири Г.Ш., Меликадзе Л.Д. Исследование телетской нефти. Сообщения АН ГССР, 1981, т.101, №2, с. 361-364.
6. თოფურიძე ლ., ხიტირი გ., ხეცურიანი ნ., ედილაშვილი ი. ოქუმის საბადოს ნავთობის ქიმიური ბუნებისა და სასაქონლო თვისებების შესწავლა. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 1998, ტ.24, №1-4, გვ. 148-151.
7. Топуридзе Л.Ф., Хитири Г.Ш., Хецуриани Н.Т., Эдилашвили И.Л. Изучение ведзбского месторождения. Химический журнал Грузии, 2006, т.6, №6, с. 637-638.
8. ედილაშვილი ი., ხეცურიანი ნ., თაველუბაძე ი., შავგულიძე გ. მანავის საბადოს №12 ჭაბურღილის ნავთობის შესწავლა. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 12007, ტ.33, №2, გვ. 241-243.
9. Топурия Э.Н., Леквейшвили Э.Г., Хецуриани Н.Т., Эдилашвили И.Л. Исследование углеводородного состава средних и высококипящих фракций грузинских нефтей методами масс - и хроматомасс-спектрологии. Журнал Масс-спектрометрия, 2007, т. 4, №3, с. 197-226.
10. Меликадзе Л.Д., Добрынин Н.М. Термодиффузионная колонка. Авт. свид. №837355-открытия, примышл. образцы, товарные знаки, 1981, №21,с.18.
11. Меликадзе Л.Д., Элиава Т.А., Ушараули Э.А. К познанию природы флуоресцирующих компонентов нефти. Изд-во АН ГССР, Тбилиси, 1968, 80с.
12. Меликадзе Л.Д., Занес Б.К., Манджгаладзе И.Г. Проявитель дефектов в люминесцентной и цветной дефектоскопии. Авт. свид.№212599. открытия, примышл. образцы, товарные знаки, 1968, №9, с.99.
13. ხიტირი გ., ახობაძე რ. ლუმინოფორის მიღების ხერხი. პატენტი Р-205, ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი «საქპატენტი», 2008.
14. Меликадзе Л.Д., Баумберг И.Д. Флуоресцентный гетерохромный фотометр. Журнал прикладной спектроскопии, 1964, т.1, вып.4, с.299-302.
15. Меликадзе Л.Д., Схиртладзе Н.Н., Дзамукашвили А.А., Гецадзе М.П. Синтез 1-моноарил производных адамантана. Известия АН ГССР, сер.хим., 1975, т.1, №2, с. 132-137.
16. Меликадзе Л.Д., Табашидзе Н.И., Барабадзе Ш.Ш., Цамалашвили Л.Д., Мачабели М.А. Синтез некоторых 9-изо - и 9,10-диизоалкилпроизводных фенантрена. Известия АН ГССР, сер. хим., 1978, т.4, №1, с. 35-41.
17. Никитина А.Н., Гверцители Д.Д., Романова О.А., Литвинов В.Е. Исследование в ряду конденсированных гетероароматических систем, включающих тиофеновое кольцо. Химия гетероциклических соединений, 1972, №7, с. 925-932.
18. Меликадзе Л.Д., Ахобадзе Р.Н., Теплицкая Т.А., Уткина Л.Ф. Квазилинейчатые спектры нафто- и антрабензтиофенов и некоторые предпосылки их качественного определения в нефти. Доклад на всесоюзном совещании по высокомолекулярным соединениям нефти. Томск, 1976.
19. Оглоблина А.М., Теплицкая Т.А., Барабадзе Ш.Ш., Алексеева Т.А., Меликадзе Л.Д. Определение молекулярных структур кристаллических углеводородов норийской нефти комплексом спектральных методов. Сообщения АН ГССР, 1979, т.96, №2, с. 355-355.

20. Меликадзе Л.Д., Леквейшвили Э.Г. Фотохимическая конденсация малеинового ангидрида с углеводородами фенантренового ряда. Издательство «Мецниереба», 1077, 104 с.
21. Ушараули Э.А., Меликадзе Л.Д., Кортава Л.М., Коган А.О., Бродский Е.С. Гидропиролитическое определение ароматических фрагментов высококипящих соединений нефти. Нефтехимия, 1987, т. XXVII, №4, с. 481-488.
22. Меликадзе Л.Д., Годердзишвили К.Г., Зульфугарлы Дж. И. К изучению микроэлементов нефтей в Грузии. Издательство «Мецниереба», 1976, 97 с.
23. Эдилашвили И.Л., Иоселиани К.Б., Джанибеков Н.Ф., Маркова Е.И., Ахмензаде Д.А. Тушение синглетного кислорода комплексными солями о,о-диарилдитиофосфорных кислот. Журнал физ. химии, 1978, т.52, №8, с.2079-2080.
24. Эдилашвили И.Л., Купрашвили Б.Г., Бахтуридзе Г.Ш. Участие синглетного кислорода в фотоокислении нефтяных масел. Сообщения АН ГССР, 1979, т.95, №3, с.625-628.
25. Меликадзе Л.Д., Кипиани Р.Я., Эдилашвили И.Л., Гургенидзе З.И. Ингибитор фотохимического окисления нефтяных масел. Авт. свид. №237315-открытия, промышл. образцы, товарные знаки, 1981, №2, с.18.
26. Меликадзе Л.Д., Кипиани Р.Я., Мухашаврия А.П., Шония Д.И., Гаджиев М.К., Гургенидзе З.И. Препарат для борьбы с большим еловым лубоедом. Авт. свид. №410750-открытия, промышл. образцы, товарные знаки, 1974, №2, с.8.
27. Иосебидзе Д.С., Меликадзе Л.Д., Абрамишвили Г.С., Чхеидзе А.П., Ходжава Р.В., Ломидзе Л.Г., Логва Т.Э. и др. Трансмиссионное масло. Авт. свид. №925991-открытия, промышл. образцы, товарные знаки, 1982, №17, с.124.
28. Меликадзе Л.Д., Бекаури Н.Г., Иосебидзе Д.С. Генератор для получения высокодисперсного углерода. Авт. свид. №199117-открытия, промышл. образцы, товарные знаки, 1967, №15, с.23.
29. Хецуриани Н.Т., Ушараули Э.А., Мчедlishვილი И.Дж. Перспективы использования парафинистых нефтей Грузии. Процессы нефтехимии и нефтепереработки, Баку, 2008, 3-4(35-36), с.244-248.
30. ხეცურიანი ნ., ედილაშვილი ი. ვაზელის მიღების ხერხი. პატენტი U 553 – ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი “საქპატენტი”, 1998.

### ЛАБОРАТОРИЯ ХИМИЯ НЕФТИ

Посвящается 70-летней юбилей лаборатории

Н.Т.Хецуриани, Э.А.Ушараули, М.Бурджанадзе

#### РЕЗЮМЕ

В статье дан краткий обзор проводившихся со дня основания лаборатории химии нефти научных работ по исследованию состава и товарных свойств, добываемых в Грузии нефтей. Исследованы полициклические алканы средних фракций некоторых грузинских нефтей, флуоресцирующие соединения нефтей и выявлены пути их использования, также изучены высококипящие ароматические углеводороды норийской нефти и распределение микроэлементов в грузинских нефтях. Описаны разработанные в лаборатории новые эффективные методы исследования высококипящей части нефти и необходимая для этого аппаратура, а также другие вопросы.

### LABORATORY OF OIL CHEMISTRY

Dedicated to the 70-th Anniversary of the Laboratory

Natela Khetsuriani, Esma Usharauli, Manana Burjanadze

#### SUMMARY

The article gives a brief overview of scientific works conducted in the laboratory of oil chemistry since its foundation on investigation of composition and commercial properties of extracted in Georgia crude oils. Polycyclic alkanes from middle fractions of some Georgian oils, fluorescent compounds and ways of their usage, high-boiling aromatic compounds of Norio oil and distribution of microelements in Georgian oils had been studied. New effective methods of investigation of high-boiling part of crude oil and necessary apparatus had been developed, etc.

**ელისაბედ ბენაშვილი  
(1915-2004 წ.წ.)**



მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწე, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, პეტრე მელიქიშვილის სახელობის პრემიის ლაურეატი ელისაბედ ბენაშვილი პირველი დოქტორი ქალბატონი გახლდათ საქართველოში ორგანული ქიმიის დარგში. მან გასული საუკუნის 40-იანი წლებიდან დაიწყო სისტემატური კვლევა ნავთობქიმიური სინთეზისა და ნავთობის ქიმიის დარგში.

ქალბატონი ელისაბედ ბენაშვილი დაიბადა 1915 წლის 10 დეკემბერს ქ. თბილისში ჭვჭვარიტი ქართველი ინტელიგენტების ოჯახში. მამამისი, მიხეილ ბენაშვილი გახლდათ ცნობილი ინჟინერი, რომლის სახელსაც უკავშირდება ბაქო-ბათუმის ნავთობსადენის მშენებლობის წარმოება. მის აღზრდასა და პიროვნულ ჩამოყალიბებაზე დიდი გავლენა იქონიეს მამიდამ, ნინო ბენაშვილმა და მისმა მეუღლემ, გამოჩენილმა ქართველმა მწერალმა ვასილ ბარნოვმა, რომელთა ოჯახში თავს იყრიდნენ იმ დროისთვის ცნობილი ადამიანები და გოგონას მათ წრეში ხშირად უხდებოდა

ყოფნა. მომავალი პროფესიის არჩევაში კი გარკვეული როლი ითამაშა ბიძამ, თბილისის უნივერსიტეტის ერთ-ერთმა დამაარსებელმა, თვალსაჩინო მეცნიერმა, ასტრონომისა და გეოდეზიის პროფესორმა ანდრია ბენაშვილმა, რომელიც იმ პერიოდში პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში (მაშინდელ ინდუსტრიულ ინსტიტუტში) მოღვაწეობდა.

1934 წელს ელისაბედ ბენაშვილმა წარჩინებით დაამთავრა თბილისის მე-9 შრომის სკოლა და იმავე წელს გახდა საქართველოს ინდუსტრიული ინსტიტუტის ქიმიურ-ტექნოლოგიური ფაკულტეტის სტუდენტი. იგი ინსტიტუტს ასევე წარჩინებით ამთავრებს და 1940 წლიდან ორგანული სინთეზის დარგში ასპირანტურის კურსის გავლას იწყებს საკავშირო მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის ალექსანდრე პეტროვის ხელმძღვანელობით. მეორე მსოფლიო ომმა გარკვეულად შეაფერხა სამეცნიერო კონტაქტები თბილისსა და მოსკოვს შორის და 1943 წლიდან ელისაბედ ბენაშვილი საკანდიდატო დისერტაციის თემაზე მუშაობას აგრძელებს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პეტრე მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში, იმ დროისთვის ახლადშექმნილი ნავთობის ქიმიის ლაბორატორიაში ლაბორატორიის გამგის, შემდგომში აკადემიკოს ქრისტეფორე არემიძის უშუალო ხელმძღვანელობით. დისერტაციის წარმატებით დაცვის შემდეგ ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი ელისაბედ ბენაშვილი ამავე ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი ხდება.

ქიმიის აქტუალურ საკითხებს ეძღვნებოდა მეცნიერი ქალბატონის სადოქტორო დისერტაცია, კერძოდ, ნავთობის ნახშირწყალბადების ადსორბციულ დაყოფას და მათი თერმული და კატალიზური გარდაქმნის შესწავლას, ახალი ადსორბენტების და კატალიზატორების შემუშავებას. მნიშვნელოვანია მისი წვლილი სინთეზური და ბუნებრივი ცეოლითების კომპლექსური შესწავლის სფეროში, ამ იაფი ნედლეულის ნავთობქიმიურ პროცესებში გამოყენებისა და მათ საფუძველზე ახალი ადსორბენტებისა და კატალიზატორების შექმნის მიმართულებით. ამ უმნიშვნელოვანესი კვლევის შემდგომი მეცნიერული შესწავლისათვის საჭირო გახდა ახალი სპეციალური პროფილის, თხევადი საწვავის ქიმიის ლაბორატორიის შექმნა, რომელიც ორგანიზებული იყო 1975 წელს და მას სათავეში ელისაბედ ბენაშვილი ჩაუდგა.

ფუნდამენტურ კვლევებს მეცნიერი შესანიშნავად უხამებდა სახალხო მეურნეობისათვის მნიშვნელოვან პრაქტიკული ხასიათის სამუშაოებს. ამ მიზნით მას მჭიდრო ურთიერთობა ჰქონდა ბათუმის ნავთობგადამამუშავებელ ქარხანასთან. იგი ქარხნის მეცნიერ-კონსულტანტი გახლდათ.

უაღრესად საგულისხმოა ელისაბედ ბენაშვილის გამოკვლევები, რომლებიც ნავთობის გოგირდისა და მისი ნაერთებისაგან გასუფთავების პრობლემას ეხება. ეს საკითხები დღესაც აქტუალურია აღნიშნული ნედლეულის გადაამუშავებისათვის, რადგან გოგირდმემცველი ნავთობი დაბალხარისხოვანია, როგორც გადამამუშავების, ისე მაღალხარისხოვანი პროდუქტების მიღების თვალსაზრისით.



მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ აღნიშნული მეთოდის საფუძველზე შექმნილია უნარჩუნო ტექნოლოგია, რომელიც თავის მხრივ, გარემოს გაჭუჭყიანებისაგან იცავს.

1983 წელს ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორ ელისაბედ ბენაშვილს მიენიჭა საქართველოს მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწის წოდება. იგი 200-ზე მეტი სამეცნიერო შრომის, არაერთი გამოგონების და რამდენიმე მონოგრაფიის ავტორია. მონოგრაფიისთვის “ნავთობის ნახშირწყალბადების და ჰეტეროატომური ნაერთების დაყოფა” იგი დაჯილდოებულია საქართველოს მეცნიერების აკადემიის პეტრე მელიქიშვილის სახელობის პრემიით. ასევე მიღებული ჰქონდა ღირსების ორდენი.

ელისაბედ ბენაშვილის შრომებმა ფართო გამოხმაურება ჰპოვა ყოფილ საბჭოთა კავშირსა და საზღვარგარეთის მთელ რიგ ქვეყნებში: აშშ, უნგრეთი, გერმანია, პოლონეთი, ჩეხოსლოვაკია, ბულგარეთი. მას ხშირად იწვევდნენ უცხოეთში სამეცნიერო კონფერენციებსა და სიმპოზიუმებზე. მეგობრული დამოკიდებულება ჰქონდა სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერებთან, კოლეგებთან, რაც კიდევ ერთხელ ხაზს უსვამს მის პიროვნულ ღირსებებს. დაუღალავ, ფართო სამეცნიერო-კვლევით მუშაობასთან ერთად ქალბატონი ელისაბედი ნაყოფიერად ემსახურებოდა ახალგაზრდა, მაღალკვალიფიციური კადრების აღზრდის საქმეს. იგი კითხულობდა ნავთობის ქიმიის კურსს ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში, მეცნიერულ ხელმძღვანელობას უწევდა ასპირანტებს და მაძიებლებს, გულისხმიერებით ეკიდებოდა ცოდნის გაღრმავების სურვილის მქონე ყველა ახალგაზრდას და უანგარო, ენერგიულ დახმარებას უწევდა მათ.

პროფესორი ელისაბედ ბენაშვილი წლების განმავლობაში იყო თსუ-ს და საქართველოს მეცნიერების აკადემიის პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორბანული ქიმიის ინსტიტუტის სამეცნიერო ხარისხების მიმნიჭებელი საკვალიფიკაციო საბჭოს წევრი, სსრკ მეცნიერების აკადემიის ნავთობქიმიის სამეცნიერო საბჭოს საქართველოს სექციის თავმჯდომარის მოადგილე, სსრკ მეცნიერების აკადემიის კატალიზის სამეცნიერო საბჭოს საქართველოს სექციის წევრი, საქართველოს საზოგადოება “ცოდნის” გამგეობის წევრი, ამავე საზოგადოების მუდმივმოქმედი საკონკურსო კომისიის წევრი.

ქალბატონი ელისაბედი, როგორც უაღრესად განათლებული და ჭეშმარიტი ინტელიგენტი, გულისხმიერი და კეთილმოსურნე პიროვნება დიდი პატივისცემით და გულწრფელი სიყვარულით სარგებლობდა თავისი კოლეგების, მრავალრიცხოვანი აღზრდილების და მეგობრების წრეში. ამასთან ერთად იგი სამაგალითო მეუღლე, დედა და მზრუნველი ბებია გახლდათ. ქალბატონ ელისაბედის მეუღლე, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწე პეტრე ცისკარიშვილი საქართველოს ნახშირების ქიმიის მამამთავარი გახლდათ. მათ ჰყავთ 2 შვილი, 3 შვილიშვილი და 3 შვილთაშვილი. ოჯახში ქიმიკოსთა ტრადიციები გრძელდება.

ქალბატონმა ელისაბედმა 88 წელი იცოცხლა და ასაკის მიუხედავად არ დაუკარგავს სიცოცხლის ხალისი, ნათელი გონება და აქტიური საზოგადოებრივი ინტერესი. მან დამსახურებულად მოიპოვა მეგობრებისა და კოლეგების, მრავალრიცხოვანი აღზრდილების სიყვარული და დაფასება, მოიმკო ის, რასაც ხანგრძლივი ცხოვრების მანძილზე ყოველდღიური სიყვარულით, კეთილგანწყობით და დიდი ადამიანური გულისხმიერებით ქმნიდა.

იგი დაკრძალულია საბურთალოს საზოგადო მოღვაწეთა პანთეონში.

### Елизавета Михайловна БЕНАШВИЛИ

Посвящается памяти заслуженного деятеля науки, доктора химических наук, профессора, лауреата премии им. П.Г.Меликишвили, кавалера Ордена Чести, Елизаветы Михайловны Бенашвили (1915-2004), которой 10 декабря 2010 года исполнилось бы 95 лет.

### ELIZABETH BENASHVILI

In memory of the Honored Scholar, Doctor of Chemical Sciences, Laureate of the Petre Melikishvili prize, Holder of the Order of Honor, Professor Elizabeth Benashvili (1915-2004). On December 10, 2010, her 95<sup>th</sup> jubilee has been celebrated.

**პეტრე ცისკარიშვილი  
(1902-1996)**



საქართველოში ნახშირების ქიმიის კვლევის მამამთავარი, ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწე, პეტრე ცისკარიშვილი დაიბადა 1902 წელს პეტერბურგის უნივერსიტეტის ისტორიის ფაკულტეტის კურსდამთავრებულ, თელავის სათავადაზნაურო გიმნაზიის დირექტორის, დიმიტრი ცისკარიშვილის ოჯახში. ამ ოჯახში გაიზარდა 7 შვილი, ყველა სახელოვანი მამულიშვილი, მეცნიერი და საზოგადო მოღვაწე. სწავლა პეტრე ცისკარიშვილმა თელავის გიმნაზიაში დაიწყო, რომელიც წარმატებით დაამთავრა 1922 წელს და სწავლა განაგრძო ახლადდაარსებულ თბილისის უნივერსიტეტის პოლიტექნიკურ ფაკულტეტზე. მალე ამ ფაკულტეტის ბაზაზე ჩამოყალიბდა პოლიტექნიკური ინსტიტუტი (დღევანდელი ტექნიკური უნივერსიტეტი), რომლის ერთ-ერთი პირველი კურსდამთავრებულიც იყო ინჟინერ-ტექნოლოგის სპეციალობით.

მან, ჯერ კიდევ სტუდენტობის წლებიდან გამოავლინა სწრაფვა და სიყვარული მეცნიერული კვლევებისადმი. ეს შეუმჩნეველი არ დარჩენია აკადემიკოს ალექსანდრე თვალჭრელიძეს, რომელმაც ახალგაზრდა კაცი მინერალოგია-პეტროგრაფიის კათედრაზე მიიწვია სამუშაოდ და გზა გაუკაფა მეცნიერებაში.

1929 წელს დიდი ქართველი მეცნიერის, პეტრე მელიქიშვილის მოწაფის, ლევ პისარჟევსკის თაოსნობით ჩამოყალიბდა პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ინსტიტუტი, სადაც დაარსებისთანავე ანალიზური ქიმიის ლაბორატორიაში მიწვეულ იქნა 28 წლის პეტრე ცისკარიშვილი, რომელიც შემდგომ დაინიშნა ანალიზური ქიმიის ლაბორატორიის ხელმძღვანელად. ლევ პისარჟევსკი თავის მეუღლესთან, ასევე ქიმიკოს მ. როზენბერგთან ერთად ინსტიტუტის ეზოში, ორ პატარა ოთახში დაბინავდა. იგი გამორჩეული სიმპათიით განეწყო ახალგაზრდა ნიჭიერი და შრომისმოყვარე პეტრე ცისკარიშვილის მიმართ, რომელიც რეპრესირებული ოჯახის წევრი გახლდათ. მისი ძმა, გაბრიელ ცისკარიშვილი საქართველოს პირველი პარლამენტის წევრი იყო და 1924 წ. დახვრიტეს. ცისკარიშვილების ოჯახი გაუსაძლის მდგომარეობაში აღმოჩნდა. ეს კარგად ესმოდა ლ. პისარჟევსკის და ძალიან ხშირად, სამეცნიერო დავალებების მიცემის მოტივით, სამსახურის შემდეგ იქვე, თავის ბინაში იბარებდა, კარგად გაუმასპინძლდებოდა და დავალებებსაც მისცემდა. ამ ფაქტს ბატონი პეტრე ხშირად ნაღვლიანად და დიდი სითბოთი იგონებდა.

1930-1932 წლებში ბატონი პეტრე ცისკარიშვილი ხელმძღვანელობს ანალიზური ქიმიის ლაბორატორიას. პარალელურად იგი მუშაობდა მანგანუმის მადნის ანალიზური კვლევის მეთოდებზე. მან პირველმა შეიმუშავა მანგანუმის უმაღლესი ჟანგეულების ნარეგების დაყოფა – დაცილების მეთოდი, ჩაატარა ათასზე მეტი ქიმიური ანალიზი ამიერკავკასიის მადნებისა. ამ საკითხებს მიეძღვნა მისი საკანდიდატო დისერტაცია.

ამ პერიოდიდან იწყება პეტრე ცისკარიშვილის მეცნიერული დაინტერესება საქართველოს ნახშირებით. 1932 წელს ინსტიტუტში ჩამოყალიბდა ნახშირების ქიმიის ლაბორატორია, რომლის ხელმძღვანელად დაინიშნა პეტრე ცისკარიშვილი. გაიშალა ფართო კვლევითი სამუშაოები ნამარხი ნახშირების ქიმიის სფეროში.

მისი გამოკვლევები საფუძვლად დაედო ახალციხის მურა ნახშირის ახალი საბადოს სამრეწველო ექსპლუატაციის საკითხის გადაწყვეტას. მან პირველმა შეისწავლა ტყბულის, ტყვარჩელისა და ახალციხის ნახშირებიდან მეტალურგიული კოქსის მიღების შესაძლებლობა, რაც შემდგომში ქარხნული გამოცდით დადასტურდა. ამ პრობლემის გადაწყვეტას დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა საქართველოში მეტალურგიის შემდგომი განვითარებისათვის. ტყბულის საბადოს უნიკალური ფისოვანი ნახშირის (რომელიც პეტრე ცისკარიშვილმა განსაზღვრა, როგორც რაბდოპისიტი) მრავალწლიანი და მრავალმხრივი შესწავლის შედეგად, პირველად დადგინდა მისი პლასტიკური მასალების წარმოებაში გამოყენების შესაძლებლობა. ეს იყო ბუნებრივი მაღალმოლეკულური ნივთიერებებიდან – ფისოვანი

ნახშირიდან ახალი, იაფფასიანი პლასტმასის მიღების პირველი წარმატებული ცდა. ამ უნიკალური ნახშირის სისტემატური გამოკვლევის შედეგად მეცნიერმა შექმნა ახალი, ორიგინალური მიმართულება მყარი ნამარხი საწვავების გამოყენების სფეროში. მან შეიმუშავა ნახშირების თერმული პლასტიფიკაციის მეთოდი, რომელიც დღეს სასწავლო სახელმძღვანელო ლიტერატურაშია დამკვიდრებული.

აი, რას წერს თვითონ ამ გამოკვლევებზე:

“ჩემი სამეცნიერო-კვლევითი მუშაობის ერთ-ერთი ძირითადი მიზანი იყო ტყიბულის ქვანახშირის ერთი სახეობის – რაბლოპისიტის ბუნების დადგენა და მისი სამრეწველო-სამეურნეო გამოყენება. რესპუბლიკის მაშინდელი (1960-1970წწ.) უთავბოლო ხელმძღვანელობის გამო ჩვენი მუშაობის შედეგი დანერგული იყო არა საქართველოში, არამედ ქალაქ მინგჩაურის ქარხანაში (აზერბაიჯანი). ქარხანამ ამ დანერგვის შედეგად რესპუბლიკას დიდი ეკონომიური სარგებელი მოუტანა. მე დამაჯილდოვეს ჩვენი მეცნიერებათა აკადემიის პრემიით. ეს კვლევითი სამუშაოები არ დარჩათ უყურადღებოდ საბჭოთა კავშირში. უკრაინის სათანადო დარგის მეცნიერებმა ორ წიგნში აღნიშნეს ჩვენი სამუშაოს მაღალი დონე და ორივე წიგნი რეკომენდირებულია უმაღლეს სასწავლებელში დამხმარე სახელმძღვანელოდ ქვანახშირის ტექნოლოგიის სპეციალობით. ჩვენი დასკვნები მიღებულია უდავოდ. ორივე წიგნის ავტორი უკრაინელი პროფესორები არიან (სულ 6 ავტორი)”.

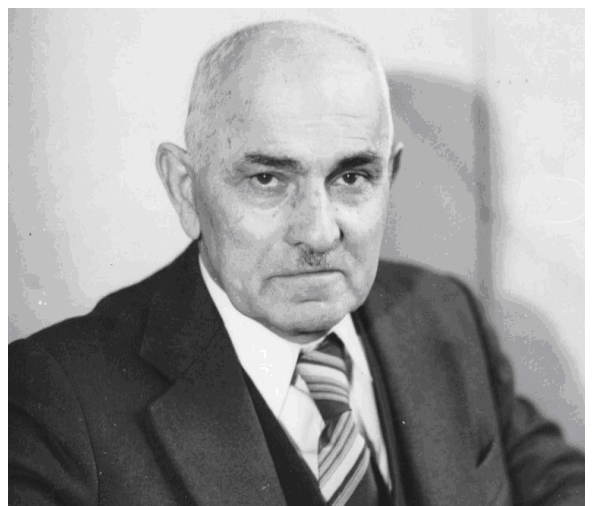
ამ მიმართულებით მისი კვლევა ნათლად ავლენს ავტორის ღრმა ერუდიციას მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ქიმიის დარგში. მონოგრაფია “გამოკვლევები რაბლოპისიტური ნახშირების ქიმიისა და ტექნოლოგიის დარგში” არის კაპიტალური ნაშრომი ნახშირების ქიმიის შესწავლის სფეროში. კვლევების მნიშვნელოვანი ნაწილი გამოქვეყნდა სტატიებისა და საავტორო მოწმობების სახით. მათ ფართო რეზონანსი ჰპოვეს როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ. ამ საკითხებზე მან წარმატებით დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია მოსკოვის დ.ი. მენდელეევის სახელობის ქიმიურ-ტექნოლოგიურ ინსტიტუტში.

შემდგომი კვლევა საფუძვლად დაედო ქუთაისში ლიტოპონის ქარხნის ბაზაზე პლასტმასების საწარმოთა პროექტირებასა და მშენებლობას. საცდელი წარმოების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები კი საფუძვლად დაედო ელექტროსაიზოლაციო მასალების ფართო წარმოებას რაბლოპისიტის პლასტიფიკატის ბაზაზე. ეს საიზოლაციო მასალები ხასიათდებიან მაღალი თერმულ-მექანიკური მაჩვენებლებით და სრულიად უნიკალური, აბსოლუტური ტროპიკომედეგობით. არსებითაა ისიც, რომ აღნიშნული პლასტმასები საკმაოდ იაფია ანალოგიური ტიპის სხვა ცნობილ მასალებთან შედარებით.

ამ პლასტმასების ნიმუშები არაერთგზის იყო დემონსტრირებული საბჭოთა კავშირის და საერთაშორისო გამოფენებზე და სპეციალისტთა დიდი ინტერესი გამოიწვია.

უაღრესად განათლებული მეცნიერის ინტერესების სფერო ქიმიის დარგში ერთი კერძო მიმართულებით არ შემოისაზღვრა. ჯერ კიდევ 1949 წელს პეტრე ცისკარიშვილმა ქიმიის ინსტიტუტში ნახშირების ქიმიის ლაბორატორიის ბაზაზე საქართველოში პირველად ჩამოაყალიბა მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ქიმიის ლაბორატორია, სადაც განვითარდა ინტენსიური კვლევა მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ქიმიის დარგში.

თავისი ნიჭი, გამოცდილება და ცოდნა პეტრე ცისკარიშვილმა ახალგაზრდა თაობის აღზრდისა და კვალიფიციური კადრების ჩამოყალიბების საქმეს მოახმარა. 1930-1940 წლებში ლექციებს კითხულობს საქართველოს ინდუსტრიულ ინსტიტუტში (დღეს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი). აქვე აყალიბებს სამეცნიერო-კვლევით ლაბორატორიას ქიმიურ ტექნოლოგიაში. 1943-1947 წ.წ. იყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პეტრე მელიქიშვილის სახ. ქიმიის ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილე სამეცნიერო დარგში. მის კალამს ეკუთვნის ორი მონოგრაფია, ორასზე მეტი სტატია, საავტორო მოწმობები. წლების განმავლობაში იყო საკავშირო მეცნიერებათა აკადემიის მყარი საწვავის ქიმიის



სამეცნიერო საბჭოს უცვლელი წევრი, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაღალმოლეკულურ ნაერთთა სექციის თავმჯდომარე, სხვადასხვა სამეცნიერო და საკვალიფიკაციო საბჭოების წევრი. მეცნიერებაში შეტანილი დიდი ღვაწილისთვის იგი დაჯილდოებული იყო ლენინის ორდენით. მას მჭიდროდ სამეცნიერო და მეგობრული ურთიერთობები ჰქონდა ისეთ დიდ მეცნიერებთან, როგორებიც იყვნენ აკადემიკოსები სტანდინკოვი, კარგინი, კაზანსკი, კორშაკი და სხვები.

ასალგაზრდობის წლებში პეტრე ცისკარიშვილი ძალიან გატაცებული იყო ალპინიზმით და პროფესორ გიორგი ნიკოლაძესთან, რომელთანაც ახლო მეგობრული ურთიერთობა აკავშირებდა და დიდ ალპინისტ იავორ კახალიკაშვილთან ერთად არაერთხელ მონაწილეობდა ალპინიადებში და დალაშქრული ჰქონდა კავკასიონის ყველა მნიშვნელოვანი მწვერვალი. ქართული ალპინიზმისადმი მიძღვნილ წიგნებში და პუბლიკაციებში ეს კარგად არის გაშუქებული.

პეტრე ცისკარიშვილის მეუღლე იყო ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწე, პეტრე მელიქიშვილის პრემიის ლაურეატი, პროფესორი ელისაბედ ბენაშვილი. ბატონ პეტრეს და ქალბატონ ელისაბედს ჰყავთ 2 შვილი, 3 შვილიშვილი და 3 შვილთაშვილი.

ბატონი პეტრე ცისკარიშვილი მრავალპროფილიანი ქიმიკოსი, წლების განმავლობაში მუშაობდა ანალიზური ქიმიის დარგში, იყო საქართველოს ნახშირების ქიმიის პატრიარქი. ბოლო წლებში დიდი სამუშაოები ჩაატარა პოლიმერების ქიმიის განხრით. მისი თაოსნობით ჩამოყალიბდა სამი ლაბორატორია: ანალიზური ქიმიის, ნახშირების ქიმიისა და მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ქიმიის.

პროფესორ პეტრე ცისკარიშვილის ოჯახში ქიმიკოსთა ტრადიცია თანმიმდევრულად გრძელდება.

პროფესორი პეტრე ცისკარიშვილი გარდაიცვალა 1996 წელს და დაკრძალულია საბურთალოს საზოგადო მოღვაწეთა პანთეონში.

**Пётр Дмитриевич ЦИСКАРИШВИЛИ**

Посвящается памяти заслуженного деятеля науки, доктора технических наук, профессора, орденоносца Петра Дмитриевича Цискаришвили (1902-1996), основоположника углехимии и полимерной науки в Грузии, воспитавшего поколения грузинских учёных-химиков и технологов.

**Petre TSISKARISHVILI**

In memory of the Honored Scholar, Doctor of Technical Sciences, Orderholder and Professor Petre Tsiskarishvili, creator of coal chemistry and polymer science in Georgia, tutor of several generations of Georgian chemists and technologists.

### აკადემიკოს გიორგი ციციშვილის იუბილე საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნულ აკადემიაში



2010 წლის 27 ოქტომბერს საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნულ აკადემიაში ჩატარდა აკადემიკოს გიორგი ციციშვილის 95 წლისთავისადმი მიძღვნილი საიუბილეო სხდომა, რომელიც მისალოცი სიტყვით გახსნა საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის პრეზიდენტმა, აკადემიკოსმა თამაზ გამყრელიძემ.



საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსმა თეიმურაზ ანდრონიკაშვილმა მოხსენება გააკეთა აკადემიკოს გიორგი ციციშვილის ცხოვრებისა და მოღვაწეობის შესახებ, აკადემიკოსმა კონტა ჯაფარიძემ მიმოიხილა აკადემიკოს გიორგი ციციშვილის შრომები თეორიული ქიმიის დარგში, მან ხაზი გაუსვა გიორგი ციციშვილის ღვაწლს წყალბადური ბმის თეორიის განვითარებაში; აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვლადიმერ ციციშვილმა გააშუქა აკადემიკოს გიორგი ციციშვილის შრომები სინთეზური და ბუნებრივი ცეოლითების მიღების, კვლევისა და გამოყენების დარგში.



მოგონებებითა და მილოცვებით გამოვიდნენ საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსები ეთერ ქემურტელიძე, გიორგი კვესიტაძე, წევრ-კორესპონდენტი შოთა სამსონია და სხვ., წაკითხული იყო სხვადასხვა ქვეყნებიდან მოსული მისალოცები. სამადლობელ სიტყვაში იუბილარმა პატივი მიაგო მისი მასწავლებლების ხსოვნას, მადლობა გადაუხადა საიუბილეო სხდომის ორგანიზატორებსა და მონაწილეებს, ყველას უსურვა ჯანმრთელობა, ბედნიერება და შემოქმედებითი წარმატებები მათ სამეცნიერო და სხვა საქმიანობაში.





**JUBILEE OF GIORGI TSITSISHVILI AT GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES**



Jubilee session has been held at the Georgian National Academy of Sciences on 27<sup>th</sup> of October, 2010, according to the 95<sup>th</sup> anniversary of Giorgi Tsitsishvili, Member of the Georgian National Academy of Sciences. Chairman, President of the Georgian National Academy of Sciences Tamaz Gamkrelidze, opened the ceremony with congratulation speech, and Members of the Georgian National Academy of Sciences came out – Teimuraz Andronikashvili about Life and Work of Giorgi Tsitsishvili, Kokhta Japaridze about his researches in a field of theretical chemistry, especially in development of the Hydrogen Bond theory, and Vladimer Tsitsishvili on investigations in zeolite science. Reminiscences and congratulation speeches have been made by Members of the Georgian National Academy of Sciences Eter Kemertelidze, Giorgi Kvesitadze, Shota Samsonia, and others. Congratulation letters from scientists of many countries have been read. In the gratitude speech Giorgi Tsitsishvili respected memory of his teachers, thanked organizers and participants of the ceremony, and desired them health, happiness, and success in activities.



## ЮБИЛЕЙ АКАДЕМИКА Г.В.ЦИЦИШВИЛИ В НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИИ



В связи с 95-тилетием академика Георгия Владимировича Цицишвили в Национальной Академии наук Грузии 27-го октября 2010 года прошло торжественное заседание, которое открыл Президент НАН Грузии, академик Т.В.Гамкрелидзе. На заседании с докладами выступили академик Т.Г.Андроникашвили, рассказавший о жизни и деятельности академика Г.В.Цицишвили, академик К.Г.Джапаридзе, представивший обзор трудов академика Г.В.Цицишвили в области теоретической химии и подчеркнувший его вклад в развитие теории водородной связи, а также член-корреспондент В.Г.Цицишвили, осветивший труды Г.В.Цицишвили в области получения, исследования и применения цеолитов. С воспоминаниями и поздравлениями выступили академики НАН Грузии Э.П.Кемертелидзе и Г.И.Квеситадзе, член-корреспондент Ш.А.Самсония и другие, были зачитаны поздравления, поступившие из разных стран мира. В благодарственном слове юбиляр почтил память своих учителей, поблагодарил организаторов и участников заседания, а также зарубежных коллег, и пожелал всем здоровья, счастья, процветания и творческих успехов.

