

საქართველოს
საინჟინრო
სიახლანი

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

სსს

2'20

GEN

ISSN 1512-0287

საქართველოს
საინჟინერო
სიანხუანო

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

N2, vol. 91, 2020

საქართველოს საინჟინრო სიახლენო
GEORGIAN ENGINEERING NEWS, №2, vol. 91, 2020

საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია
საქართველოს საინჟინრო აკადემია

მთავარი რედაქტორი: არჩილ ფრანგიშვილი

სარედაქციო კოლეგია

პ. ბიელიგი (სლოვაკეთი), ი. გორგიძე (საქართველო), ბ. გუსევი (რუსეთი), ნ. ედილბერტო (პერუ), ი. ემრი (სლოვაკეთი), ა. ვასილევი (უკრაინა), ლ. ივანოვი (რუსეთი), ა. კაბულოვი (უზბეკეთი), ბ. კატალინიჩი (ავსტრია), ვ. კეკელიძე (რუსეთი), პ. კერვალიშვილი (საქართველო), კ. კოჟოგულოვი (ყირგიზეთი), ს. მინასიანი (სომხეთი), ო. ნამიჩეიშვილი (საქართველო), პ. ნიკიტენკო (ბელარუსია), დ. ნოვიკოვი (რუსეთი), ა. პაშაევი (აზერბაიჯანი), რ. ჯინევიჩიუსი (ლიტვა), ბ. ჟუმაგულოვი (ყაზახეთი), ლ. საიდმუროდოვი (ტაჯიკეთი), რ. შრაფტი (გერმანია), დ. ჩომახიძე (საქართველო), გ. ჯავახაძე (საქართველო), ა. ჯანახმედოვი (აზერბაიჯანი)

სარედაქციო საბჭო

დ. გორგიძე, ა. დოლიძე, ქ. მახაშვილი, მ. ფანჩვიძე

International Engineering Academy
Georgian Engineering Academy

Editor-in-Chief: Archil Prangishvili
EDITORIAL BOARD

N. Edilberto (Peru), D. Chomakhidze (Georgia), G. Javakhadze (Georgia), A. Janahmadov (Azerbaijan), P. Bielik (Slovakia), I. Gorgidze (Georgia), B. Gusev (Russia), I. Emri (Slovenia), L. Ivanov (Russia), A. Kabulov (Uzbekistan), K. Kozhogulov (Kyrgyz Republic), B. Katalinich (Austria), P. Kervalishvili (Georgia), V. Kekelidze (Russia), S. Minasyan (Armenia), R. Ginevičius (Lithuania), O. Namicheishvili (Georgia), P. Nikitenko (Belarus), D. Novikov (Russia), A. Pashayev (Azerbaijan), L. Saidmurodov (Tajikistan), R. Shraft (Germany), A. Vasiliev (Ukraine), B. Zhumagulov (Kazakhstan).

EDITORIAL STAFF:

D. Gorgidze, A. Dolidze, K. Makhashvili and M. Panchvidze

Georgian Engineering News (GEN)LTD

Address: TECHINFORMI, St. Kostava 47, Tbilisi 0179

Tel.: 995 (32) 2335315, 2335122

Fax: 995 (32) 2335122

[e-mail:nellym@caucasus.net](mailto:nellym@caucasus.net)

Internet: www.tech.caucasus.net

Copyright © by GEN LTD

ექვსენება ვანო (ივანე) ბორბიძის ხსოვნას



ჟურნალი გამოსაცემად მზად იყო როდესაც მოულოდნელად, ხანმოკლე ავადმყოფობის შემდეგ გარდაიცვალა სარედაქციო კოლეგიის წევრი, საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ერთ-ერთი დამფუძნებელი და აკადემიის აკადემიკოს-მდივანი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიისა და ინფორმატიზაციის საერთაშორისო აკადემიის ნამდვილი წევრი, რუსეთის საბუნებისმეტყველო აკადემიის ნამდვილი წევრი, სსრ კავშირის სახელმწიფო პრემიის ლაურეატი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი ივანე (ვანო) გორგიძე.

ივანე გორგიძე დაიბადა 1942 წლის 12 ივნისს, ქ. თბილისში. 1959 წელს დაამთავრა ქ. თბილისის 30-ე საშუალო სკოლა და სწავლა გააგრძელა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის გამოთვლითი ტექნიკისა და ინფორმატიკის ფაკულტეტზე, რომელიც წარჩინებით დაამთავრა 1964 წელს.

ინსტიტუტში სწავლის პერიოდში მუშაობდა სპი-ის პროფკავშირის თავმჯდომარის მოადგილის თანამდებობაზე. უმაღლესი სასწავლებლის დამთავრების შემდეგ 1965–1978 წწ-ში, მუშაობდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამოთვლით ცენტრში, შემდეგ სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის მართვის პრობლემების ინსტიტუტში; 1975–1980 წწ-ში იყო საქართველოს სამეცნიერო-სასწავლო ცენტრ „ალგორითმის“ დირექტორი; შემდგომ მუშაობდა საქართველოს მეცნიერებისა და ტექნიკის სახელმწიფო კომიტეტში, საქართველოს სახელმწიფო საგეგმო კომიტეტში, რესპუბლიკის მინისტრთა საბჭოში. 1996–2003 წწ-ში იყო საქართველოს პრეზიდენტთან არსებული საინჟინრო და სამეცნიერო-ტექნიკური საბჭოს პასუხისმგებელი მდივანი; საქართველოს ინფორმატიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის საზოგადოების სწავლული მდივანი; საქართველოს კვ. თბილისის საქალაქო კომიტეტთან არსებული ინფორმატიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის განყოფილების ხელმძღვანელი.

1980 წელს ივანე გორგიძე დაინიშნა საქართველოს გამოთვლითი ტექნიკისა და ინფორმატიკის სამეცნიერო-კვლევითი გაერთიანების დირექტორად, რომელსაც სათავეში ედგა 2000 წლამდე. მისი სამეცნიერო თემატიკის ინტერესს წარმოადგენდა მეცნიერებისა და ტექნიკის ისტორია, მართვის პრობლემები, მართვის სისტემები, ორგანიზაციული სისტემების აგება და მართვა.

ი. გორგიძე არის აქტიური სისტემების მართვის თეორიის ერთ-ერთი შემქმნელი.

2007 წლიდან იგი იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის რექტორის მრჩეველი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი, თეოლოგიის სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრის ხელმძღვანელის მოადგილე

იგი დაჯილდოებული იყო „ღირსების ორდენით“, საპატრიარქოს სიგელით, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიის დიპლომით და სხვა მაღალი ჯილდოთი. გამოქვეყნებული აქვს მრავალი სამეცნიერო ნაშრომი, მათ შორის 10-ზე მეტი მონოგრაფია. იყო მრავალი სამეცნიერო ჟურნალის სარედაქციო კოლეგიის წევრი.

ბატონი ივანე გორგიძე უაღრესად კაცთმოყვარე, მზრუნველი და სიკეთის მოესველი ადამიანი გახლდათ.

ძნელი წარმოსადგენია ტექნიკური უნივერსიტეტი ბატონი ვანოს გარეშე.

ბატონი ვანოს ხსოვნა სამუდამოდ დარჩება მეგობრების, კოლეგების გულში.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს საინჟინრო აკადემია
ჟურნალ Georgian Engineering News-ის რედაქცია*

სარჩევი

<i>მძვინვარეობა ვანო (ივანე) გორბიძის ხსოვნას</i>	3
РЕШЕНИЕ ДВУМЕРНОЙ ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ТЕРМОУПРУГОСТИ ДЛЯ ПОЛОГО ЦИЛИНДРА КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ <i>Гулуа Н.Г.</i>	9
ОСЕСИММЕТРИЧНОЕ ЭЛЕКТРОУПРУГОЕ РАВНОВЕСИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТЕЛА <i>Кварцхავა Л.Г.</i>	12
ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ <i>Мухашаврия С.Э.</i>	15
SYSTEM ANALYSIS OF THE MAIN FEATURES OF PROJECT MANAGEMENT IN A CONSTRUCTION COMPANY <i>Museridze R.R.</i>	18
ინოვაციური პროცესების მართვის მრავალკონტურიანი მემბანიზებული <i>ხუციშვილი ს.ა., გორგოძე დ.ა., ხუციშვილი ლ.ს., მუსხერიძე რ.რ.</i>	24
ბანაწილების სიმკვრივის ფუნქციონალების შეფასების საკითხისათვის <i>ბუაძე ტ.გ., გიორგაძე ვ.ა.</i>	30
GENERAL SOLUTION OF THE HOMOGENEOUS SYSTEM OF THE LINEAR THERMOELASTICITY OF MICROSTRETCH MATERIALS WITH MICROTHERMOTEMPERATURES <i>Kharashvili M.G. and Skhvitaridze K.M.</i>	33
МЕТОДИКА РАСЧЕТА УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ РЕЖИМАМИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ <i>Кенжебаева Ж.Е.</i>	38
ეკონომიკური პროცესების მეთროლოგიური უზრუნველყოფა <i>ლომსაძე ხ.ა.</i>	42
ინოვაციები საწარმოს სამეცნიერო-ტექნოლოგიურ განვითარებაში <i>ლომსაძე ხ.ა., მეცხვარიშვილი მ.რ., კალანდაძე ი.გ.</i>	45
ბეტონის კუბის ფიზიკური მოდელი კუმფის სიმტკიცეზე საკვალაოფიკაციო ტესტირების ჩასატარებლად <i>აბელაშვილი ნ.ნ., ოთხოზორია ნ.კ., მერეზაშვილი გ.მ.</i>	47
სიმინჯები და მათი ბამოყენება მშენებლობაში <i>ბაშარ მ. ამეენ აბდულლაჰ ალ-იმაბ</i>	50
დარტყმამდებობის მეთოდის კვლევა-ბაშმჯობესება <i>ბალიაშვილი გ.ი., ბეჟანოვი ფ.ხ., სარჯველაძე ნ.გ., ტყემალაძე ლ.გ., წიკლაური ვ.ზ.</i>	53
ბეტონის სიმტკიცის მატების დამაჩქარებელი დანამატების მიმოხილვა <i>ბალიაშვილი გ.ი., ბეჟანოვი ფ.ხ., სარჯველაძე ნ.გ., ტყემალაძე ლ.გ., წიკლაური ვ.ზ.</i>	57

<p>თბოგამტარობის λ კოეფიციენტის განსაზღვრის მეთოდობა არასტაციონარულ ტემპერატურულ რეჟიმში ნაწილი 1 <i>ქეციშვილი ნ.ა., ჯიშკარიანი თ.ს., ჯაგშანაშვილი ნ.ბ.</i></p>	59
<p>ბუნებრივი ბაზის ოდორიზაციის ხარისხის კონტროლის მოწყობილობის შესახებ <i>მანაშვილი ქ.ა., მესტვირიშვილი შ.ა, იაშვილი ნ.გ.</i></p>	64
<p>სპილენძის დაქანებული მიწებების სულფიდოზაციის ინტენსიფიკაცია ელექტროქიმიური მეთოდით <i>გიგინეიშვილი ა.ა., თევზაძე დ.მ.</i></p>	67
<p>პარიერისა და გამდიდრებელი ფაბრიკის ჩამდინარე წყლებიდან მეტალური სპილენძის ამოკრეფის შესაძლებლობის შესწავლა <i>გიგინეიშვილი ა.ა., თევზაძე დ.მ.</i></p>	70
<p>ალუმინის უშაქმრებელ ელექტრონულ-სხივური ტექნოლოგიით მიღებული ტანტალისა და ნიობიუმის დანაწარმების კვლევა <i>ანანიაშვილი ხ.ო.</i></p>	74
<p>პოლინაფთოილენბენზინიდაზოლების ფორკოლიმერის იზოტერმული თერმობრავნიმეტრიული პროცესის კვლევა ღრმა ვაკუუმში <i>ორმოცაძე ნ.შ., ბიბილეიშვილი დ.ვ., მესხიშვილი მ.მ.</i></p>	79
<p>BACTERICIDAL PROPERTIES OF METAL-CONTAINING PHILLIPSITES <i>Tsitsishvili V.G., Dolaberidze N.M., Kutsiava N.A., Khutsishvili B.T. and Mirdzveli N.A.</i></p>	83
<p>ზოგიერთი 3-ფორმილ-2-ფენილმეთილეთერინდოლის მათემატიკურ-ქიმიური გამოკვლევა <i>წიფწივაძე თ.ი., ცეცაძე ნ.რ.</i></p>	85
<p>ИЗМЕНЕНИЯ БЕЛКОВОГО КОМПЛЕКСА В ПРОЦЕССЕ ВЛАГОТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ МАСЛИЧНОГО МАТЕРИАЛА <i>Кварцхава Г.Р., Сирадзе М.Г., Дзнеладзе С.Дж.</i></p>	87
<p>ფენოლური ნივთიერებები სხვადასხვა ტექნოლოგიური ხერხის გამოყენებით დამზადებულ ნახევრადტკბილ წითელ ღვინოებში <i>ებელაშვილი ნ.გ., უთურაშვილი ე.ა., კეკელიძე ი.ა.</i></p>	90
<p>ქვევრისა და ევროპული წესით დამზადებულ ქართულ ღვინოებში ქიმიური პარამეტრების განსაზღვრა <i>სორდია ე.კ., ქვარცხავა გ.რ.</i></p>	94
<p>ქვევრის და ევროპული წესით დამზადებულ ქართულ ღვინოებში საერთო ფენოლების და ანტიოქსიდანტების შესწავლა <i>სორდია ე.კ.</i></p>	98
<p>ღვინის არომატული ნაერთები <i>მახვილაძე თ.გ.</i></p>	103
<p>განსხვავებულ კლიმატურ პირობებში ველურად მოხარდი კულმუსოს (<i>Inula helenium</i>) შედარებითი შესწავლა <i>დემეტრაშვილი მ.ა., ტყემალაძე გ.შ.</i></p>	107
<p>კულმუსოს ნაღვლ მასალაში ინულინის რაოდენობრივი განსაზღვრა <i>დემეტრაშვილი მ.ა.</i></p>	110

ქაცვი კვების მრეწველობაში <i>შილდელაშვილი ი.ი., ლაღოლიშვილი მ.შ., ბუიშვილი გ.თ.</i>	113
ქვემო ქართლის რეგიონის მუხნარი კორუმების ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტებისა და მძიმე ლითონების ანალიზის შედეგები <i>კაპანაძე ი.გ.</i>	115
ავთვისებიან სიმსივნეთა მეტასტაზირების ახალი ინჰიბიტორების შემენა ონკოლოგიაში და მათი მნიშვნელოვანი მნიშვნელობის <i>ჩიგოგიძე ნ.შ., ნადირაძე ი.შ., წიგწივაძე გ.პ., ჩიგოგიძე ე.ნ., წიგწივაძე თ.ი.</i>	118
საქართველოში ადაპტირებული ევროპული ჯიშის თხების ზრდა-ბანვითარების და ლაქტაციის მონაცემების შესწავლა <i>ჟღენტო თ.გ., ლილივაშვილი ე.ა.</i>	136
კობალანტის ტემპერატურის გავლენა მემბრანის მორფოლოგიასა და ხვედრით წარმადობაზე <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., კეჭერაშვილი მ.გ., ჯავაშვილი ზ.დ.</i>	141
კოლიმერული კომპოზიციის განხილვის ტემპერატურის გავლენა მემბრანის თვისებებზე <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., კეჭერაშვილი მ.გ., ჯავაშვილი ზ.დ.</i>	143
ბორჯომის მინერალური წყლის დეჰარირება-დეჰიორირების გავლენა კალციუმზე <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ბუთხუზი თ.გ.</i>	145
ბორჯომის მინერალური წყლის დეჰარირება-დეჰიორირების გავლენა ქლორზე <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ბუთხუზი თ.გ.</i>	147
მიკროფილტრაციული პროცესის კვლევა 0,75 – 60 NTU სიმღვრივის ბუნებრივ წყლებზე ასინტრატული წარმადობის დასადგენად <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., ყუფარაძე ლ.პ.</i>	149
მიკროფილტრაციული პროცესების დროს ხვედრითი წარმადობების კვლევა ბუნებრივი წყლის მუდმივი და ცვალებადი სიმღვრივისას <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., ყუფარაძე ლ.პ.</i>	151
კოლისულზონის სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარების კვლევა მიკროფილტრაციული მემბრანების მიღებისათვის <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კაკაბაძე ე.გ.</i>	154
კოლიმერის კონცენტრაციის და ორბანული დანამატების გავლენის კვლევა მიღებული მემბრანების ფორმირებასა და წარმადობაზე <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კაკაბაძე ე.გ.</i>	156
კოლიმერისა და არარბანული მარილის შრობის ტემპერატურის გავლენის შესწავლა კოლიმერის ხსნარობაზე ოპტიკური მიკროსკოპით <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., ებანოძე ლ.ო., ჯავაშვილი ზ.დ.</i>	158
არარბანული მარილის გავლენის შესწავლა კოლიმერის ხსნარობაზე სინათლის დინამიური გაბნევის მეთოდით <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., ებანოძე ლ.ო.</i>	160
<i>ნოდარ ჩიგოგიძე - 70</i>	163

РЕШЕНИЕ ДВУМЕРНОЙ ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ТЕРМОУПРУГОСТИ ДЛЯ ПОЛОГО ЦИЛИНДРА КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ

Гула Н.Г.

Грузинский технический университет

В работе рассматривается двумерная граничная задача теории термоупругости для полого цилиндра конечной длины под действием стационарного температурного поля и внешней нагрузки.

В работе [1] эффективно была решена двумерные граничные и гранично-контактные задачи теории упругости для многослойных тел, ограниченных координатными поверхностями цилиндра-эллиптической системы координат ξ, α, z ;

Принимая во внимание результаты полученные в работе [1] в данной статье для трансверсально изотропного тела решается двумерная граничная задача теории термоупругости в цилиндрико-эллиптических координатах.

Запишем основные зависимости теории термоупругости для исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) в цилиндрико-эллиптической системе координат ξ, α, z ; ($0 \leq \xi < \infty, -\pi < \alpha \leq \pi, -\infty < z < \infty$), связанные с прямоугольными декартовыми координатами x, y, z следующими формулами

$$x = ach\xi \cos \alpha, y = ash\xi \sin \alpha, z = z,$$

для параметров Ламе, принимаем: $H_1 = h_\xi, H_2 = h_\alpha, H_3 = h_z$, при этом

$h_\xi = h_\alpha = h = a(ch^2\xi - \cos^2\alpha)^{1/2} = \frac{a}{2^{1/2}}(ch2\xi - \cos 2\alpha)^{1/2}$, $h_z = 1$ параметры Ламе, a - масштабный коэффициент.

Обозначим через u, v, w компоненты вектора смещения \vec{U} вдоль касательных к координатным линиям ξ, α, z , через $\sigma_\theta, \sigma_\alpha, \sigma_z$ - нормальные напряжения; $\tau_{\theta z} = \tau_{z\theta}, \tau_{\theta\alpha} = \tau_{\alpha\theta}$ - касательные напряжения.

Предположим, что $w=0, u=u(\xi, \alpha), v=v(\xi, \alpha)$, что приводит к следующим зависимостям теории термоупругости [2,3]

$$\begin{aligned} a) \frac{\partial K}{\partial \xi} - \frac{\partial B}{\partial \alpha} &= 0; & c) \frac{\partial(hu)}{\partial \xi} + \frac{\partial(hv)}{\partial \alpha} - \frac{k_{10}}{c_1} T &= \frac{K}{c_1}; \\ b) \frac{\partial B}{\partial \xi} + \frac{\partial K}{\partial \alpha} &= 0; & d) \frac{\partial(hv)}{\partial \xi} - \frac{\partial(hu)}{\partial \alpha} &= \frac{h^2}{c_3} B; \\ e) \Delta_2 T &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Закон Гука (физический закон), которая предполагает самую простую, линейную зависимость между компонентами напряжения и соответствующими им компонентам деформации для трансверсально-изотропного тела записывается так:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\xi &= K - \frac{2c_5}{h^2} \frac{\partial(hv)}{\partial \alpha} - \frac{2c_5}{h^2} \left(\frac{1}{h} \frac{\partial h}{\partial \xi} (hu) - \frac{\partial h}{\partial \alpha} (hv) \right) - k_{10} T, \\ \sigma_\alpha &= K - \frac{2c_5}{h^2} \frac{\partial(hu)}{\partial \xi} - \frac{2c_5}{h^2} \left(\frac{1}{h} \frac{\partial h}{\partial \xi} (hu) - \frac{\partial h}{\partial \alpha} (hv) \right) - k_{10} T, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\tau = \tau_{\xi\alpha} = B + \frac{2c_5}{h^2} \frac{\partial(hu)}{\partial \alpha} - \frac{2c_5}{h^2} \left(\frac{1}{h} \frac{\partial h}{\partial \alpha} (hu) + \frac{1}{h} \frac{\partial h}{\partial \xi} (hv) \right) \quad (3)$$

где u, v, w – компоненты вектора смещения \vec{U} вдоль координатных линии ξ, α, z $\varepsilon_\xi, \varepsilon_\alpha, \varepsilon_z, \varepsilon_{\xi\alpha} = \varepsilon_{\alpha\xi}, \varepsilon_{\xi z} = \varepsilon_{z\xi}, \varepsilon_{\alpha z} = \varepsilon_{z\alpha}$ – деформации, $c_i (i = \overline{1,5})$ – упругие характеристики, $k_{10} = [2(c_1 - c_5)k_1 + c_3k_2]$, $k_{20} = [2c_3k_1 + c_2k_2]$, а k_1 и k_2 – коэффициенты линейного теплового расширения в плоскости изотропии и вдоль z . T – температура в упругом теле подчиняющаяся уравнению

$$\Delta_2 T + \lambda_0 \frac{\partial^2 T}{\partial \zeta^2} = 0 \quad (4)$$

и соответствующим граничным условиям, $\Delta_2 = h^2 \left(\frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} \right)$;

Введем следующие обозначения

$$\bar{u} = \frac{2hu}{a^2}, \quad \bar{v} = \frac{2hv}{a^2}, \quad h_0 = \frac{\sqrt{2}}{a} h = \sqrt{ch2\xi - \cos 2\alpha} \quad (5)$$

С учетом формул (5) выражения (1),(2),(3) перепишем в следующем виде:

$$\begin{aligned} a) \frac{\partial K}{\partial \xi} - \frac{\partial B}{\partial \alpha} &= 0; & c) \frac{\partial \bar{u}}{\partial \xi} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial \alpha} - \frac{k_{10}}{c_1} T &= \frac{h_0^2}{c_1} K; \\ b) \frac{\partial B}{\partial \xi} + \frac{\partial K}{\partial \alpha} &= 0; & d) \frac{\partial \bar{v}}{\partial \xi} - \frac{\partial \bar{u}}{\partial \alpha} &= \frac{h_0^2}{c_5} B; \end{aligned} \quad (6)$$

$$e) \Delta_2 T = 0.$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\xi &= K - \frac{2c_5}{h_0^2} \frac{\partial \bar{v}}{\partial \alpha} - \frac{2c_5}{h_0^4} (sh2\xi \cdot \bar{u} - \sin 2\alpha \cdot \bar{v}) - k_{10} T, \\ \sigma_\alpha &= K - \frac{2c_5}{h_0^2} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \xi} - \frac{2c_5}{h_0^4} (sh2\xi \cdot \bar{u} - \sin 2\alpha \cdot \bar{v}) - k_{10} T, \\ \tau = \tau_{\xi\alpha} &= B + \frac{2c_5}{h^2} \frac{\partial \bar{u}}{\partial \alpha} - \frac{2c_5}{h_0^4} (\sin 2\alpha \cdot \bar{u} + sh2\xi \cdot \bar{v}) \end{aligned} \right\}$$

Пусть

$$a) K = \frac{2c_5}{h_0^2} \left(ch\xi \cdot \sin \alpha \frac{\partial(\varphi_1 - k_1 T)}{\partial \alpha} - sh\xi \cdot \cos \alpha \frac{\partial(\varphi_1 - k_1 T)}{\partial \xi} \right),$$

$$b) B = \frac{2c_5}{h_0^2} \left(ch\xi \cdot \sin \alpha \frac{\partial(\varphi_1 - k_1 T)}{\partial \alpha} + sh\xi \cdot \cos \alpha \frac{\partial(\varphi_1 - k_1 T)}{\partial \xi} \right).$$

тогда общее решение системы (6) имеет следующий вид

$$\bar{u} = - \left(sh^2 \xi_2 ch\xi \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial \xi \partial \alpha} + c_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial \alpha} - \frac{\partial \varphi_2}{\partial \xi} \right) sh\xi \cos \alpha - \left(ch^2 \xi_2 th\xi \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial \alpha} + c_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial \xi} - \frac{\partial \varphi_2}{\partial \alpha} \right) ch\xi \sin \alpha + \frac{\partial \tilde{\varphi}_2}{\partial \xi},$$

$$\bar{v} = - \left(ch^2 \xi_2 th\xi \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial \xi \partial \alpha} + c_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial \alpha} - \frac{\partial \varphi_2}{\partial \xi} \right) ch\xi \sin \alpha - \left(sh^2 \xi_2 ch\xi \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial \alpha} + c_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial \xi} - \frac{\partial \varphi_2}{\partial \alpha} \right) sh\xi \cos \alpha + \frac{\partial \tilde{\varphi}_2}{\partial \alpha},$$

Полученные общие решения применяются для решения граничных задач для областей ограниченных эллиптическими кривыми.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khomasuridze N.G., Zirakishvili N.G. Solution of Basic Two-Dimensional Problems of Elasticity for an Elliptic Cylinder with a Hole and its Parts, Proceedings of I.Vekua Institute of Applied Mathematics of Tbilisi State University, 1990, vol.39, pp.255-261, (<http://www.viam.science.tsu.ge/publish/proceedings/tom39>).
2. Khomasuridze N.G., Zirakishvili N.G. Elastic equilibrium of hollow elliptical cylinder and their frequencies. // Reports of Enlarged Session of the Seminar of I. Vekua Institute of Applied Mathematics, 1991, v. 6, # 2,
3. В. В. Новожилов. Теория упругости. –Москва, Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 1958, 370 с.

SUMMARY

SOLVING OF TWO-DIMENSIONAL BOUNDARY PROBLEM OF THE THEORY OF THERMAL ELASTICITY FOR HOLLOW CYLINDER OF FINITE LENGTH

Gulua N.G.

Georgian Technical University

In the two-dimensional boundary problem of the theory of thermal elasticity of hollow cylinder of finite length under the action of stationary temperature field and external load is considered.

Keywords: two-dimensional boundary problem, theory of thermal elasticity, hollow cylinder.

ОСЕСИММЕТРИЧНОЕ ЭЛЕКТРОУПРУГОЕ РАВНОВЕСИЕ
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТЕЛА

Кварцхава Л.Г.

Грузинский технический университет

В работе методом разделения переменных строится точное решение граничной задачи электроупругого равновесия для тела, ограниченного координатными поверхностями круговой цилиндрической системы ортогональных координат.

Ключевые слова: Точное решение, электроупругое равновесие, метод разделения переменных, транстропная (трансверсально-изотропная).

В круговой цилиндрической системе координат r, α, z рассмотрим электроупругое равновесие тела ограниченного координатными поверхностями, которая занимает область $\Pi = \{(r, \alpha, z) \in R : 0 \leq r_0 \leq r < r_1, 0 \leq \alpha \leq \alpha_1, 0 \leq z \leq z_1\}$. Криволинейный координатный параллелепипед транстропная (трансверсально-изотропная) с плоскостью изотропии $z = const$.

Пусть

$$\text{при } r = r_i : \sigma_z = f_{i1}, \tau_{r\alpha} = f_{i2}, \tau_{rz} = f_{i3} \quad (1)$$

а на боковых гранях заданы условия симметричного или антисимметричного продолжения, т.е. на боковых гранях имеем следующие условия

$$\text{при } \alpha = 0, \alpha_1 : \delta_1 \sigma_\alpha + \gamma_1 \nu = 0, \delta_1 w + \gamma_1 \tau_{\alpha z} = 0, \delta_1 u + \gamma_1 \tau_{\alpha r} = 0; \quad (2)$$

$$\text{при } z = 0, z_1 : \delta_1 \sigma_z + \gamma_1 w = 0, \delta_1 u + \gamma_1 \tau_{zr} = 0, \delta_1 \nu + \gamma_1 \tau_{z\alpha} = 0; \quad (3)$$

В равенствах (1), (2), (3) $i = 0$ или 1, причем в (2) и (3) $\delta_p = 1, \gamma_p = 0$, или $\delta_p = 0, \gamma_p = 1, p = 1, 2, 3$, а в (1) $\delta_p \gamma_p = 0, \delta_p + \gamma_p = 1, p = 1, 2$.

Уравнения равновесия и электростатики можно записать в виде [1]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\alpha}}{\partial \alpha} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \frac{\sigma_r - \sigma_\alpha}{r} &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{\alpha r}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_\alpha}{\partial \alpha} + \frac{\partial \tau_{\alpha z}}{\partial z} + \frac{2}{r} \tau_{\alpha r} &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{zr}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{z\alpha}}{\partial \alpha} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{1}{r} \tau_{zr} &= 0; \\ \frac{\partial D_r}{\partial r} + \frac{1}{r} D_r + \frac{1}{r} \frac{\partial D_\alpha}{\partial \alpha} + \frac{\partial D_z}{\partial z} &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где: $\sigma_r, \sigma_\alpha, \sigma_z$ - нормальные, $\tau_r, \tau_\alpha, \tau_z$ - касательные напряжения. D_r, D_α, D_z - компоненты вектора электрической индукции D вдоль касательных к координатным линиям. Уравнения состояния пьезоэлектрической среды имеют следующий вид [1]:

$$\begin{aligned} \sigma_r &= c_1 \varepsilon_{rr} + (c_1 - 2c_5) \varepsilon_{\alpha\alpha} + c_3 \varepsilon_{zz} - e_1 E_z = c_1 \frac{\partial u}{\partial r} + (c_1 - 2c_5) \left(\frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \alpha} + \frac{1}{r} u \right) + c_3 \frac{\partial w}{\partial z} + e_1 \frac{\partial \phi}{\partial z}, \\ \sigma_\alpha &= (c_1 - 2c_5) \varepsilon_{rr} + c_1 \varepsilon_{\alpha\alpha} + c_3 \varepsilon_{zz} - e_1 E_z = (c_1 - 2c_5) \frac{\partial u}{\partial r} + c_1 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \alpha} + \frac{1}{r} u \right) + c_3 \frac{\partial w}{\partial z} + e_1 \frac{\partial \phi}{\partial z}, \\ \sigma_z &= c_3 (\varepsilon_{rr} + \varepsilon_{\alpha\alpha}) + c_2 \varepsilon_{zz} - e_2 E_z = c_3 \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \alpha} + \frac{1}{r} u \right) + c_2 \frac{\partial w}{\partial z} + e_2 \frac{\partial \phi}{\partial z}; \\ \tau_{\alpha z} &= c_4 \varepsilon_{\alpha z} - e_3 E_\alpha = c_4 \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial \alpha} \right) + e_3 \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \alpha}, \\ \tau_{rz} &= c_4 \varepsilon_{rz} - e_3 E_r = c_4 \left(\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) + e_3 \frac{\partial \phi}{\partial r}, \\ \tau_{r\alpha} &= c_5 \varepsilon_{r\alpha} = c_4 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \alpha} + \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{1}{r} u \right). \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned}
 D_r &= e_3 \varepsilon_{rz} + \mathfrak{A}_1 E_r = e_3 \left(\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \mathfrak{A}_1 \frac{\partial \phi}{\partial r}; \\
 D_\alpha &= e_3 \varepsilon_{\alpha z} + \mathfrak{A}_1 E_\alpha = e_3 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial \alpha} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) - \mathfrak{A}_1 \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \alpha}; \\
 D_z &= e_1 (\varepsilon_{rr} + \varepsilon_{\alpha\alpha}) + e_2 \varepsilon_{zz} + \mathfrak{A}_3 E_z = e_1 \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \alpha} + \frac{1}{r} u \right) + e_2 \frac{\partial w}{\partial z} - \mathfrak{A}_3 \frac{\partial \phi}{\partial z}; \\
 \vec{E} &= -\text{grad} \phi = -\frac{\partial \phi}{\partial r} \vec{i} - \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \alpha} \vec{j} - \frac{\partial \phi}{\partial z} \vec{k}; \\
 E_r &= -\frac{\partial \phi}{\partial r}, \quad E_\alpha = -\frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \alpha}, \quad E_z = -\frac{\partial \phi}{\partial z}.
 \end{aligned} \tag{6}$$

გდე $\varepsilon_r, \varepsilon_\alpha, \varepsilon_z$ - კომპონენტი ტენზორი დეფორმაციი, E_α, E_r, E_z - კომპონენტი ვეკტორი ნაჟრენ-ნოსტი ელქტრიქოსოქი ქოქი. $\vec{E} = -\text{grad} \phi$, გდე ϕ - ელქტროსტატიქოსი პოტენციალი.

$c_i (i=1, 2, \dots, 5)$ - უჟრუგი ხარაქტერიტიქი, e_i - პიეზოელქტრიქოსი ქოსტოიანნი .

$\mathfrak{A}_1, \mathfrak{A}_2$ - დიელქტრიქოსი ქოსტოიანნი.

ესი უჟრუგი ხარაქტერიტიქი ტელა $c_i (i=1, 2, \dots, 5)$ უდვლქტვორიანთ უსოქიიამ,

$$c_1 c_2 - (c_3 + 2c_4^2) = 0, \tag{7}$$

პრი ეთოქ კომპონენტი ელქტროუჟრუგოქი ქოქი ნე ჯავსიანთ იქოორინატი α ი $u = u(r, z), v \equiv 0, w = w(r, z), B_z \equiv 0, K \equiv 0, \tau_{r\alpha} \equiv 0, \tau_{\alpha z} \equiv 0, D_\alpha \equiv 0$ (თოქი (4), (5), (6) მოქიო პერეპისათ ვ სდეუოქიქი ვიდე[2,3]:

$$\begin{aligned}
 \sigma_r &= c_1 \frac{\partial u}{\partial r} + (c_1 - 2c_5) \frac{1}{r} u + c_3 \frac{\partial w}{\partial z} + e_1 \frac{\partial \phi}{\partial r}, \\
 \sigma_\alpha &= (c_1 - 2c_5) \frac{\partial u}{\partial r} + c_1 \frac{1}{r} u + c_3 \frac{\partial w}{\partial z} + e_1 \frac{\partial \phi}{\partial z},
 \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_z &= c_3 \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r} u \right) + c_2 \frac{\partial w}{\partial z} + e_2 \frac{\partial \phi}{\partial z}, \\
 \tau_{rz} &= c_4 \left(\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) + e_3 \frac{\partial \phi}{\partial r}, \\
 D_r &= e_3 \left(\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \mathfrak{A}_1 \frac{\partial \phi}{\partial r};
 \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
 D_z &= e_1 \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r} u \right) + e_2 \frac{\partial w}{\partial z} - \mathfrak{A}_3 \frac{\partial \phi}{\partial z} \\
 \frac{\partial D_r}{\partial r} + \frac{1}{r} D_r + \frac{\partial D_z}{\partial z} &= 0
 \end{aligned} \tag{10}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{c_3}{c_1} \frac{\partial K}{\partial z} + \frac{c_1 c_2 - c_3^2}{c_1} \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + \frac{1}{\tau} \frac{\partial (r \tau_{rz})}{\partial r} &= -\frac{c_1 c_2 - c_3 e_1}{c_1} \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2}, \\
 r \frac{\partial K}{\partial r} + \frac{\partial (r \tau_{rz})}{\partial z} &= 0,
 \end{aligned} \tag{11}$$

$$\frac{\partial (r \tau_{z\alpha})}{\partial r} - \frac{c_4}{c_5} \frac{\partial (r B_z)}{\partial z} = 0$$

$$K = c_1 \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r} u \right) + c_3 \frac{\partial w}{\partial z} + e_1 \frac{\partial \phi}{\partial z} \tag{12}$$

Таким образом в области $\Pi = \{(r, \alpha, z) \in R : r_0 \leq r < r_1, 0 \leq \alpha \leq \alpha_1, 0 \leq z \leq z_1\}$ имеем осесимметричное напряженно деформированное состояние со следующими граничными условиями:

$$\begin{aligned} \text{При } r = r_i : \quad & \sigma_z = f_{i1}, \quad \tau_{r\alpha} = f_{i2}, \quad \tau_{rz} = f_{i3}; \\ \text{При } \alpha = 0, \alpha_1 : \quad & \nu = 0, \quad \tau_{\alpha z} = 0, \quad \tau_{\alpha r} = 0; \\ \text{При } z = 0, z_1 : \quad & w = 0, \quad \tau_{zr} = 0, \quad \tau_{z\alpha} = 0; \end{aligned} \quad (13)$$

Компоненты упругого поля, выраженные через эти функции, имеют следующий вид [3]

$$\begin{aligned} u &= \frac{\partial}{\partial r} \left(\psi_2 + \frac{1}{2c_4} \psi_1 \right) + \frac{1}{c_5} \frac{1}{r} \frac{\partial \psi_0}{\partial \alpha}, \\ v &= \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\psi_2 + \frac{1}{2c_4} \psi_1 \right) - \frac{1}{c_5} \frac{\partial \psi_0}{\partial r}, \\ w &= -\frac{\partial}{\partial z} \left(\psi_2 + \frac{1}{2c_4} \psi_1 \right) + \frac{1}{c_4} \frac{\partial \psi_1}{\partial z} - \frac{e_3}{c_4} \frac{\partial \psi_0}{\partial r}, \end{aligned}$$

Для нашего случая функции ψ_1, ψ_2 и ϕ имеют следующий вид

$$\begin{aligned} \psi_1 &= \sum_{\bar{m}=0}^{\infty} \left[A_{1\bar{m}} e^{s_1(r-r_1)} + A_{2\bar{m}} e^{s_2(r_0-r)} \right] \sin(mz), \\ \psi_2 &= \sum_{\bar{m}=0}^{\infty} \left[A_{3\bar{m}} e^{s_1(r-r_1)} + A_{4\bar{m}} e^{s_2(r_0-r)} \right] \sin(mz), \\ \phi &= \sum_{\bar{m}=0}^{\infty} \left[A_{5\bar{m}} e^{s_1(r-r_1)} + A_{6\bar{m}} e^{s_2(r_0-r)} \right] \sin(mz), \end{aligned}$$

где $m = \frac{\pi \bar{m}}{z_1} \gamma$, $\bar{m} = 0, 1, 2, \dots$. $A_i = A_i(s, m)$ - некоторые постоянные. Имея формулы для

составим при $r = r_i$ выражения для $\sigma_z, \tau_{r\alpha}, \tau_{rz}$ и приравним их к функциям f_{i1}, f_{i2}, f_{i3} , разложенным с учетом (13) в ряд Фурье. В результате для определения постоянных получим бесконечную алгебраическую систему с квазидиагональной матрицей Λ с диагональными блоками Λ_p . Непосредственной проверкой убеждаемся, что $\det \Lambda_p \neq 0$ ($\det \Lambda_p \neq 0$, когда $p \rightarrow \infty$).

ЛИТЕРАУРА

1. В.Т. Гринченко, А.Ф. Улитко, Н.А. Шульга. Электроупругость. -Киев.: Наукова думка, 1989.
2. N. Khomasuridze. Thermoelastic equilibrium of bodies in generalized cylindrical coordinates. // Mathematical Journal, 1998, v.5, № 6.
3. Д.А. Горгидзе. Общие решения уравнений электроупругости в цилиндрической системе координат. // Georgian Engineering News, 1997, № 2.

SUMMARY

AXIAL-SYMMETRICAL ELECTRICALLY ELASTIC EQUILIBRIUM OF CYLINDER BODY

Kvartskhava L.G.

Georgian Technical University

In circular cylindrical system of coordinates (r, α, z) electrically elastic equilibrium of body is considered, restricted by coordinate surfaces which occupies the region $\Pi = \{(r, \alpha, z) \in R : 0 \leq r_0 \leq r < r_1, 0 \leq \alpha \leq \alpha_1, 0 \leq z \leq z_1\}$.

There is axial-symmetric strained-deformed state in mentioned region with following boundary conditions:

$$\text{At } r = r_i : \quad \sigma_z = f_{i1}, \quad \tau_{r\alpha} = f_{i2}, \quad \tau_{rz} = f_{i3};$$

$$\text{At } \alpha = 0, \alpha_1 : \quad \nu = 0, \quad \tau_{\alpha z} = 0, \quad \tau_{\alpha r} = 0;$$

$$\text{At } z = 0, z_1 : \quad w = 0, \quad \tau_{zr} = 0, \quad \tau_{z\alpha} = 0;$$

Keywords: coordinate, cylinder, body, electrically elastic equilibrium.

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Мухашаврия С.Э.

Грузинский технический университет

Быстрые темпы развития современного общества требуют аналогичного развития в области образования. Чтобы быть своевременным и вовремя поддержать ногу. Дело не только в будущем, дело в настоящем. Поэтому в процессе обучения необходимо использовать современные средства обучения и оборудование. Особенно, если речь идет о высшем образовании.

21 век назвали эрой цифровых технологий. Новые технологии открыли новую эру, формировали новые связи и предоставили новые возможности процессу обучения. Сегодня слишком много развитых стран используют информационные и коммуникационные технологии в образовании. Можно сэкономить много времени, используя информационные и коммуникационные технологии. Это делает использование ИКТ еще более важным в процессе обучения. Без компьютерных технологий невозможно узнать новости о такой деятельности, поэтому важно включить в обучение информационные и коммуникационные технологии, которые определяют результат знаний и в целом эффективный процесс управления.

Виртуальное моделирование – это своего рода физический эксперимент, в котором студент развивает основные принципы и технологии экспериментирования и экспериментирования в «теоретической механике». Он включает в себя все основные этапы эксперимента: постановку основной исследовательской задачи, поиск путей и методов достижения поставленных целей, использование экспериментального оборудования.

Образование и наука постепенно становятся все более и более «виртуализированными»: цифровые лаборатории становятся естественным инструментом высшего образования.

При работе с виртуальной моделью студент приобретает знания на основе сбора и анализа экспериментальных данных: изучаются физические характеристики объекта; События и процессы, подтверждающие или опровергающие теорию экспериментов и многие другие.



Рис. 1. Прибор FPM-13

В данной статье рассматривается виртуальная модель лабораторной работы «Теоретическая механика» «Исследование колебаний звеньев системы». Виртуальная модель. Виртуально-реальная модель позволяет выполнять своего рода моделирование на устройстве в лаборатории, на котором будет выполняться виртуальный мониторинг и анализ данных.

Разработка алгоритма анимации виртуальной-реальной модели позволит пользователю участвовать в процессе, более близком к реальному. Модель реагирует на внешний фактор, имеет те же параметры, что и реальная. Изменение параметров дает тот же результат, что и фактический процесс.

В виртуальной модели есть база данных, которая позволяет нам отслеживать, изменять и сохранять результаты. В виртуальной модели используется специальное программное обеспечение и виртуальные эффекты, максимально приближенные к реальным.

Для создания модели использовались компьютерные модели, микроконтроллеры, языки программирования и платформа Adobe Flash. Последний позволяет нам передавать данные о текущих процессах в машине с помощью виртуальной модели. После такого подключения в результате создания базы данных можно будет наблюдать и анализировать реальный процесс.

Изучение колебаний связанных систем. В лаборатории «Изучение колебаний связанных систем» выполняется прибором FPM-13 (рис.1). Целью работы является изучение свойств и

основных характеристик колебаний связанных систем. Задача состоит в том, чтобы определить частоты парциальных и нормальных колебаний связанной системы из двух одинаковых маятников.

При выполнении лабораторного практикума большое значение имеет приобретение навыков проведения измерений и обработки результатов. Вычислительным инструментом, которая эффективно решает задачу математической обработки измерений, является mathcad. Эта универсальная программа позволяет производить математическую обработку результатов лабораторных работ по всем разделам курса теоретической механики.

Для большей точности данные, снятые с устройства, анализируются с помощью программы Mathcad. С помощью этой программы взятые данные вставляются в формулу и рассчитывается конечный результат. Программа может хранить данные до тех пор, пока они не будут изменены.

Ниже приведен расчет данных, необходимых для изучения колебаний связанных систем с помощью программы Mathcad.

Mathcad - [Study of oscillations.xmcd]

File Edit View Insert Format Tools Symbolics Window Help

Normal Arial 10 B I U

My Site Go

Given:

$$m := 0.1 \quad e := 0.45 \quad d := 0.1 \quad K := 5 \quad \alpha_0 := 10 \cdot \frac{\pi}{180} = 0.175$$

$$n := 10 \quad t_1 := 12.725 \quad t_2 := 11.117$$

Formulas used for calculations:

I. Co-phase oscillation

$$T_{1exp} := \frac{t_1}{n} = 1.272 \quad T_{\alpha} := 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{e}{g}} = 1.346 \frac{s}{m^{0.5}} \quad T_{1\alpha} := 1.346$$

$$V_{1exp} := \frac{1}{T_{1exp}} = 0.786 \quad V_{1\alpha} := \frac{1}{T_{1\alpha}} = 0.743$$

$$\Delta T_1 := \frac{T_{1\alpha} - T_{1exp}}{T_{1\alpha}} \cdot 100 = 5.461 \quad \Delta V_1 := \frac{|V_{1\alpha} - V_{1exp}|}{V_{1\alpha}} \cdot 100 = 5.776$$

II. Anti-phase oscillation

$$T_{2exp} := \frac{t_2}{n} = 1.112 \quad \frac{g}{e} = 21.793 \frac{m}{s^2} \quad G := 21.793$$

$$T_{2\alpha} := \frac{2\pi}{\sqrt{G + \frac{2 \cdot K \cdot d^2}{m \cdot e^2}}} = 1.215$$

$$V_{2exp} := \frac{1}{T_{2exp}} = 0.9 \quad V_{2\alpha} := \frac{1}{T_{2\alpha}} = 0.823$$

$$\Delta T_2 := \frac{|T_{2\alpha} - T_{2exp}|}{T_{2\alpha}} \cdot 100 = 8.522 \quad \Delta V_2 := \frac{|V_{2\alpha} - V_{2exp}|}{V_{2\alpha}} \cdot 100 = 9.316$$

:= equals symbol
exp - experimental work

Программа Mathcad

Виртуальная модель (рис.2) для для изучение колебаний связанных систем. Как уже отмечалось выше для создания виртуальной модели было использовано компьютерные модели, микроконтроллеры, языки программирования и платформа Adobe Flash.

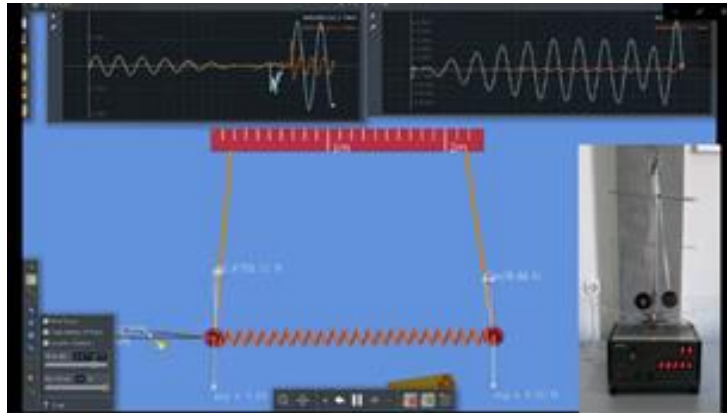


Рис.2. Виртуальная модель для изучения связанных систем

Экспериментировать в реальной лаборатории сложно из-за безопасности дорогостоящего оборудования, а также дорогостоящего оборудования. Симуляторы, виртуальные лаборатории и удаленные лаборатории предлагают решение этих проблем, экономя при этом время и устраняя потенциально опасные события. Концепция удаленной лаборатории также обеспечивает подход к обучению, ориентированный на студентов.

Вывод. Процессы глобализации в современном мире, наряду с развитием веб-стандартов, способствовала развитию распространенных сегодня методологий дистанционного и электронного обучения. Удаленные приложения позволяют студентам и исследователям получать удаленный доступ к лабораториям, не посещая практические занятия в кампусе, что, несомненно, является большим преимуществом для студентов или исследователей, у которых ограничено время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давид Горгидзе, Леван Джикидзе, Зураб Цицкишвили, Марине Лосаберидзе, Лиана Кварцхава. Методические указания к лабораторным работам по теоретической механике. –Тбилиси, ГТУ, 2019, (на груз.-ом) 219 с.
2. А. Горгидзе. Курс теоретической механики. –Тбилиси, Ганатлеба, 2017 . (на груз.-ом), 184 с.
3. <https://www.engr.colostate.edu/ECE562/mathcad.pdf>
4. <http://physics.aidio.net/index.php/18-teoria/28-tavisufali-rxeva-matematikuri-qanqara>
5. <https://www.engr.colostate.edu/ECE562/mathcad.pdf>
6. <https://1tv.ge/show/fizika-dro/>

SUMMARY

VIRTUAL MODELING AND USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THEORETICAL MECHANICS

Mukhashavria S.E.

Georgian Technical University

Education and science are gradually become more and more „virtualized“: digital laboratories become as natural instrument of high education. At operating with the virtual model the student receives the knowledge on the basis of collecting and analysis of experimental data. The physical characteristics of the object are studied as well as the events and processes, experiments confirming or disproving the theory and etc.

Keywords: virtual modeling, digital technologies, algorithm, distant and electron education.

SYSTEM ANALYSIS OF THE MAIN FEATURES OF PROJECT MANAGEMENT IN A CONSTRUCTION COMPANY

Museridze R.R.

Georgian Technical University

Abstract. The essence of project management, purpose, functions, main features of its implementation and directions of application are reviewed in the article. For construction companies project management components are given and their characteristics are analyzed. Emphasis is placed on the importance of the project structure, the relevant structural model is discussed. The hierarchic structure of the job distribution, calendar planning and reporting forms and the main features of the project office are presented too. The article shows form of the "magic triangle". Its properties and connections between the components are also analyzed.

Keywords: project management, structural model, hierarchical structure, scheduling and reporting forms

Introduction

Project management - is a field of professional activity of the company to create a unique product / service through the implementation of a complex of interrelated, targeted activities using modern knowledge, skills and tools, human and material resources, it is meant that there are certain restrictions on the scope, cost, risks, quality and timing of works.

Project management, as a mean of systems approach, allows project-oriented company management to develop their own project management technology. This reduces many uncertainties, risks and enables effective project management in the implementation of each project. In other words, the company successfully works with a new project each time, with a certain pattern: stages, results, work. At the same time it sets standards for project management.

At the present stage, project management methodology is widely used in various fields of activity: in IT industry; in production and educational fields, including construction.

Practice shows that success in using the project approach depends on how its employees are involved in the process, how the ongoing construction processes are managed, and how relevant communication links are formed between the project participants. Project management in construction is a way to make changes in project management, to develop more flexible, effective management means and methods.

The aim of the article is to investigate and analyze the key components of project management as an effective management technology in a construction company.

Main Part

A project is a planned complex of interrelated activities aimed at creating a unique product or service with limited time and resources. For example, a construction project focuses on the construction of a new facility or the reconstruction of an existing one.

It is important, in the project implementation process, necessary relationship between management functions and tasks and internal and external factors (Figure 1).

It should be noted that the main elements of the project are: the idea (problem), the means of its implementation, the solution of the problem and the final results obtained during the implementation (Figure 2).

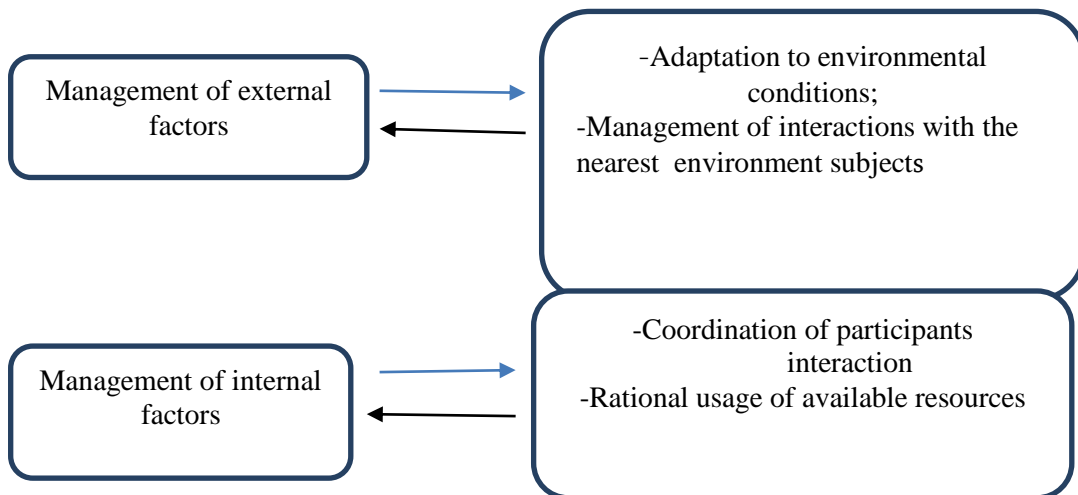


Figure 1. Relation of project management functions to the environment

Depending on the complexity of the project idea and the effectiveness of its implementation, the results are classified as: specific (products, organization, buildings, etc.) and abstract (plans, knowledge, experience, method, etc.); current (technology, documentation, signed contracts, etc.) and final (profit, product, knowledge, etc.).

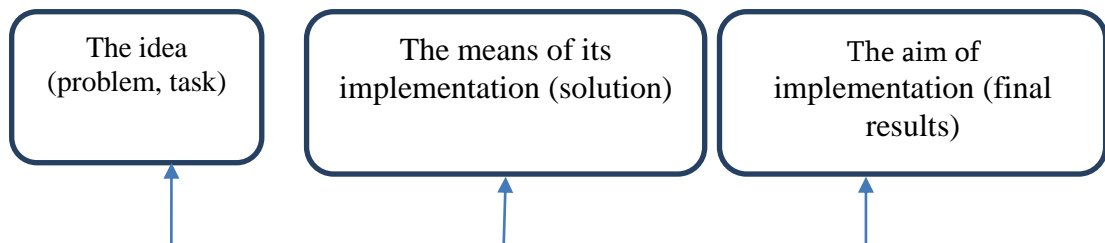


Fig. 2. Stages of project management

In practice, project management is considered as a tool for project development and implementation. In other words in variable, unstable and uncertain situations as a universal technology of effective management of the firm. Project management in construction is primarily a way to more effective project management processes. The following steps are important in these processes:

1. Change of organizational structure;
2. Introduction of WBS;
3. Introduction of a calendar plan;
4. Introduction of reporting forms;
5. Establishment of a project office;
6. Introduction of an assignment system;
7. Optimization the conformity of the

magic triangle composition (Purposeful, quality oriented).

1. Change of organizational structure

Any construction project is implemented within a specific construction company, the organizational structure of which has a significant impact on the success of the project. It is important that each company has an opportunity to modernize existing management structure before it can effectively manage projects.

Often while talking about structure it means organizational structure scheme (structural model): unity of divisions and sections, which are located in a certain hierarchy and headed by a manager (manager) - a manager or any leadership link. Such schemes can say quite a lot about the company.

It is accepted that the constituent units, divisions, departments of an organization can be formed on the basis of functions, product, region, client, project. It depends on which of the following signs is more important for the achievement of the strategic goal of the organization:

- If structural units - departments are formed according to the basic functions of the organization, then it is called a functional structure;
- If structures use a product, region, or client as a basis for grouping units, then it is called a divisional structure;
- The structures formed on the basis of the project are called project structures;
- If organizational units in a structure are created by two symbols at the same time, then it is called a matrix structure.

We discuss project organizational structures according to our goals [1].

This organizational form is considered as a temporary structural formation and is used within the existing (existing) functional structure to implement a specific task (project). In the project structure (Fig. 3.) certain functions (e.g. accounting, marketing, strategic planning, etc.) will be transferred to a higher level of management, while all other tasks are solved at the project management level. The project manager is responsible for the realization of the project within the given timeframe and the limits of available resources. For the realization of the project a group is formed with the staff of the organization, i.e from the best specialists of functional services. Such a structure is more effective in the case of large construction projects with a life cycle of more than 2 years.

The members of the project team and the resources allocated for its implementation are at the complete disposal of the project manager. Upon completion of the project, specialists begin to implement a new idea or return to a permanent job. The advantage of the project structure is that the members of the project team and its leader concentrate on the realization of a single project and do not participate in the solution of other problems (tasks) [1].

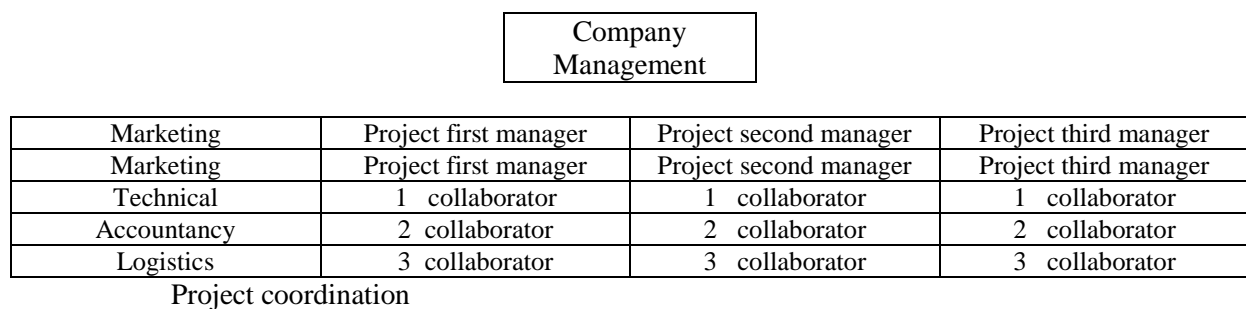


Fig. 4 Project structure of projects' management

In such a structure, decisions are made as a result of discussions with the team members. The project structure is an ideal organizational base for solving innovative problems, especially for very large projects of an innovative nature. A significant disadvantage in such structure is the duplication of services in the organization.

2. Introduction of a hierarchical structure of works (WBS-Work Breakdown Structure)

According to some specialists engaged in investment-construction project management it is obvious that there is complete chaos in the current processes in construction companies (especially small ones). Many issues are unknown to employees and therefore incomprehensible. One such issue is the WBS -Work Breakdown (hierarchical structure of works) and the issue of its existence in the organization. [3]

If we use PMBOK, then: hierarchical structure of works (WBS) is a result-oriented (project results), hierarchical decomposition of works, which is executed by the project team to achieve the project objectives and desired results. It helps to define and structure the overall content of the project.

For example, in practice it is simpler to determine and it is called a classifier. The essence of the classifier is to make it possible to classify all the processes in the company through a single search engine ('database') - both work and costs and the flow of documents, as well as accounting, risk assessment, etc. Such a classifier is a unique guide to the activities of each design company.

WBS is often equated with a simple list of project-related work, but it is only a grouping of project work and activities on a certain principle.

3. Adaptation of calendar plan

If after the initiation of the construction project the possibility of realization of the project is confirmed, the development of the activity plan-schedule begins. The main document at this stage is the project management calendar plan, which includes various supporting plans, namely: the project technological plan; project implementation timeline management plan; costing; requirement management plan; quality management plan; communication management plan; risk management plan; - procurement management plan; stakeholder Management Plan [2].

At this stage, the relevant set of works for the month is processed through weekly planning procedures. In addition to production planning, the company must develop a plan for tenders (bids and trading).

4. Implementation of reporting forms

Every small or large construction company has its own reporting standards. There are key elements of project management that should be emphasized when submitting a report, these elements are: **general information, analysis of checkpoints, key issues, next steps.**

If the company standards do not require a set volume of report, then it should be executed as briefly as possible. To make the reader aware of the progress of the project in a short time. If the report is emailed, then additional materials on potentially interesting issues may be attached to the report in a separate file, indicating what information it contains. Or it may simply indicate that this information exists and can be obtained [3].

5. Formation of a project office

There are many options for organizing a project office. Each construction company, depending on the management needs, maturity level and resources, creates its own version of this structure and realizes its tasks.

Professionals involved in project management and project management systems (according to PMSS) understand that a well-organized project office actually facilitates project implementation, improves the management system and related processes, and determines the timely and effective results of project objectives, and on the contrary: improperly organized work of this department damages the formation of the project management system in the company, reduces the interest of the company management in the project management process and may lead to conflicts in the management process, at the executor level. First of all, the concept of "Project Office" should be defined in accordance with international standards.

The Project Office is an organizational structure that standardizes project management processes and facilitates the targeted use and exchange of needed resources, methodologies, tools, and techniques.

6. Implementing System Tasks

It should be noted that the assignment system is part of a project management system that often fails or is not evaluated. Everyone tries to execute or justify the project meeting minutes in one way or another, but that does not mean that the system is working. System performance can be assessed if each manager task is completed or if he or she has been warned in advance of possible problems. This means that no task is left unattended.

Introduction of assignment system requires a full-fledged formalization of this process - from the moment of the project meeting and formulation of tasks to the final report on implementation. It

seems quite difficult, but its implementation is undoubtedly a plus for the manager. The second plus is the implementation of performance control, which, of course, depends on the process and many other factors. The assignment system has advantages not only for the supervisor who conducts the meeting but also for the staff involved.

In general, the assignment system can both improve and complicate the ongoing processes in the company. Therefore, it is not worth looking gently at the introduction of such a system, the process should be systematically understood, employees should be more informed, they should be given adequate powers and the necessary resources should be allotted.

7. Project Management Triangle

According to specialists, each construction project is a kind of so-called "magic triangle" in which terms, costs, and scope are balanced with each other (Figure 4.). It is impossible to change one factor without changing at least one of the others. The task of the project management manager is to ensure the sustainability of the triangle. This requires that when a problem arises, first of all, it must be determined its place in the project triangle and then analyzed:

1. What happens to the timeline (schedule), costs (budget) or scope of actions?
2. It is necessary to find out which sides of the triangle can be changed and which can be fixed;
3. The factors that will help eliminate the problem and optimize the project should be changed.

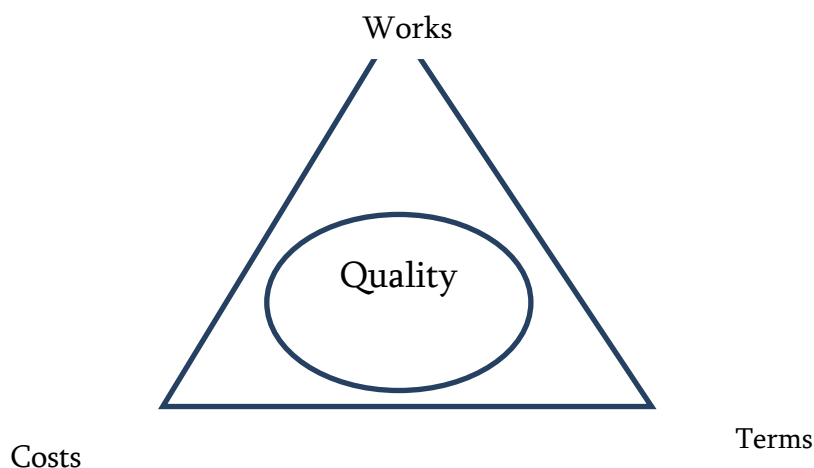


Fig.4 The "magic triangle" of project management by quality factor.

"Magic Triangle" shows a quality symbol, it is considered as the fourth factor of the triangle and largely determines the essence of project management. In other words, it shows the effectiveness of the project manager, project office, and project team. It is in the center of the triangle and any change in the sides affects it [4].

It is actually believed that there is no universal standard of quality. For each project, the quality is determined by the project itself. For some companies, quality is a measure of budget boundaries. For others, it is more important to get the product to market on time. The project manager must know how quality is defined for the organization and the project itself.

Conclusion.

It should be noted that project management tools are becoming more and more in demand in project-oriented companies, including construction companies. The efficiency of the management process in companies increases, which directly affects the company's revenue, its customers, the company's reputation, employee motivation, etc. Increases guarantees for meeting deadlines, risk avoidance, and effective management of resources. These are the main areas of project management, they are quite acceptable and feasible, but less effective due to specific problems in the construction business. These problems are: 1. Low level of competence on the construction site. 2. Large gap between "upper" and "lower" levels of management. 3. The goals of the participants in the

construction are very different. 4. Consumer is rarely engaged in a detailed study of value engineering of a new project. 5. Often project development at early stage is incompleting with its adjusting framework and critical characteristics.

REFERENCES

1. Khutsishvili S., Gorgidze D, Kharadze N. Analysis of project management organizational systems. // Business engineering, №1-2, 2016, pp. 122–127 (In Georgian).
2. Javakhadze G., Gorgidze D., Burjanadze V. Planning problems production and design works. Computer Science, Technology and Applications. -New York, Nova Science Publishens, Inc. 2012, p.161-166.
3. Rusyakova MS Review of modern models for assessing the maturity of project management. // Young scientist, 2014, №11, pp. 230-236. (In Russian)
4. D. Mezein "Project Management System" [Electronic resource] - Access mode: <http://www.advanta-group.ru> (In Russian)

РЕЗЮМЕ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ

Мусеридзе Р.Р.

Грузинский технический университет

В статье рассмотрены сущность управления проектом, цель, функции, основные особенности его реализации и направления применения. Для строительных компаний приводятся компоненты управления проектами и анализируются их характеристики. Подчеркивается важность структуры проекта, в статье рассматривается соответствующая структурная модель. Также представлена иерархическая структура распределения должностей, календарного планирования и форм отчетности, а также основные характеристики проектного офиса. В статье показана форма «магического треугольника», проанализированы его свойства и связи между компонентами.

Ключевые слова: управления проектами, структурная модель, иерархическая структура, календарное планирование и форм отчетности.

ინოვაციური პროცესების მართვის მრავალკონტურიანი მიქანიზმები

ხუციშვილი ს.ა., გორგიძე დ.ა., ხუციშვილი ლ.ს., მუსყერიძე რ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი. ინოვაციური პროცესი რთული, მრავალ ეტაპინი და მრავალწახნაგა მოვლენაა, ის წარმოადგენს თანამედროვე ეკონომიკის მთავარ მამოძრავებელ ძალას, რომელიც ახდენს სამეცნიერო ტექნიკური პროცესის მიღწევების მატერიალიზაციას. ინოვაციის განმარტების ბევრი განსხვავებული მიდგომა არსებობს. ერთნი ინოვაციას აიგივებენ პრაქტიკაში ახალი ელემენტების შექმნის პროცესთან, მეორენი როგორც არსებით, მიზანმიმართულ ცვლილებებთან ტექნოლოგიურ პროცესში. შეხედულებების მნიშვნელოვანი დაყოფა ხდება იმასთან დაკავშირებით, არის ინოვაცია პროცესი თუ შედეგი და ა.შ. ჩვენი მიზნებისათვის გავერთიანოთ სხვადასხვა მიდგომა და მოვიყვანოთ ინოვაციის შემდეგი განმარტება:

ინოვაცია – ახალი ეფექტიანი პროდუქტის (მომსახურების) მიღების, მათი წარმოების წესის და შემდგომში, საშინაო და საგარეო ბაზარზე რეალიზაციის პროცესის შედეგია. იგი არის შემოქმედებითი პროცესის დამასრულებელი ეტაპი. თუ შემოქმედება გულისხმობს სიახლის შექმნას, ინოვაციის შინაარსში იგულისხმება შექმნილი სიახლის პრაქტიკაში გამოყენების შესაძლებლობა. ინოვაცია არის, სამეცნიერო-საწარმოო ციკლის საბოლოო შედეგი და განიხილება ინოვაციური პროცესებისგან მოუწყვეტლივ.

„ინოვაციური პროცესი“ – მეცნიერული ცოდნის ინოვაციებად გარდაქმნის პროცესია. იგი მთლიანობაში მოიაზრება, როგორც საქმიანობა, რომელიც უზრუნველყოფს ახალ შესაძლებლობათა მუდმივ ძიებას, დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად. სხვადასხვა რესურსული წყაროების გამოძებნას, მოზიდვას და კვლავწარმოებით პროცესში ჩართვას, მეცნიერებატევადი, კონკურენტუნარიანი პროდუქტის წარმოებას, ახალი მიდგომებისა და ტექნოლოგიების საშუალებით.

არსებობს ერთიანი ინოვაციური პროცესის „მეცნიერება – ინოვაციები – წარმოება – რეალიზაცია“ სტადიების ამუშავების პერიოდებს და მათგან მიღებულ შემოსავლებს შორის გარკვეული წყვეტა, მნიშვნელოვანი წინააღმდეგობები პროცესის მონაწილეებს შორის წარმოიშობა იდეის დასაბუთების, შუალედური შედეგების ხარისხის შეფასების, ყოველი სტადიის და განსაკუთრებით სტარტ-აპ კომპანიების ფინანსირების ეტაპზე, სტადიებს შორის ინფორმაციის გაცვლის ეტაპზე და ა.შ. რეალურად პრობლემები არსებობს როგორც წარმოების სტადიაზე ასევე ორგანიზაციულ, ფინანსურ, სამეცნიერო-კვლევით და სწავლების სფეროში. ისევე როგორც ნებისმიერი პროცესი, ინოვაციური პროცესებიც მიმდინარეობს ბევრი ფაქტორის ზემოქმედების პირობებში და ეს ზემოქმედება განსხვავებულია საქმიანობის სხვადასხვა დარგში. თუმცა ყოველი თაობის ინოვაციური მოდელი გარკვეულწილად პასუხია ეკონომიკაში მიმდინარე ცვლილებებსა და ტენდენციებზე.

საბოლოოდ, შეიძლება ითქვას, რომ ინოვაციური პროცესი წარმოადგენს პროცედურების, საშუალებების ერთობლიობას, რომელთა დახმარებითაც სამეცნიერო აღმოჩენა, იდეა გადაიქცევა სოციალურ, მათ შორის სასწავლო სიახლედ. რაც შეეხება საქმიანობას, რომელიც უზრუნველყოფს იდეის გადაქცევას სიახლედ და ამასთან ახდენს იმ პროცესის მართვის სისტემის ფორმირებას, უწოდებენ ინოვაციურ საქმიანობას.

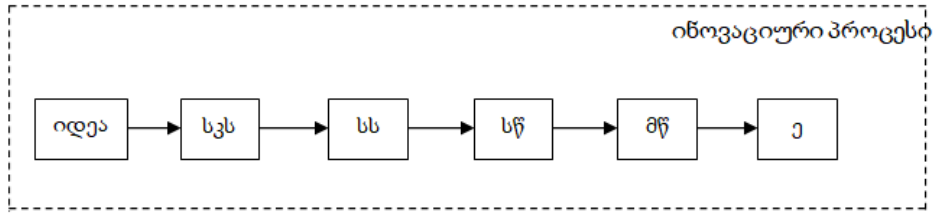
ასე, რომ ძალზე მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს ინოვაციური პროცესების მართვის სხვადასხვა მოდელის (მათ შორის სტრუქტურული) დამუშავება, რომელიც მორგებული იქნება კონკრეტული ორგანიზაციის ინოვაციურ საქმიანობას, მიზნებს და შესაბამისობაში მოვა ფორმის შიდა და გარე გარემოსთან.

ძირითადი ნაწილი

ინოვაციური თეორიის განვითარებასთან ერთად ევოლუცია განიცადა ინოვაციური პროცესების მოდელებმაც: მარტივი ხაზოვანი მოდელებიდან რთულ, კომპლექსურ და ქსელურ მოდელებამდე.

ინოვაციურ პროცესებთან დაკავშირებით პირველადი კვლევები და პროცესის სტადიები 1950–1960 წლებს მოიცავს. ამ პერიოდში გავრცელდა მარტივი ხაზოვანი მოდელები (პირველი და მეორე თაობა). ხაზოვანი იმიტომ, რომ სპეციალისტების

აზრით, ინოვაციურ პროცესს აქვს ხაზოვანი, თანმიმდევრული ხასიათი და აერთიანებს სამეცნიერო კვლევებს და გამოგონებებს, საწარმოო კვლევებს და დამუშავებას, მარკეტინგს და ბოლოს ბაზარზე ახალი პროდუქტის ან პროცესის გატანის ეტაპს (სქემა 1).



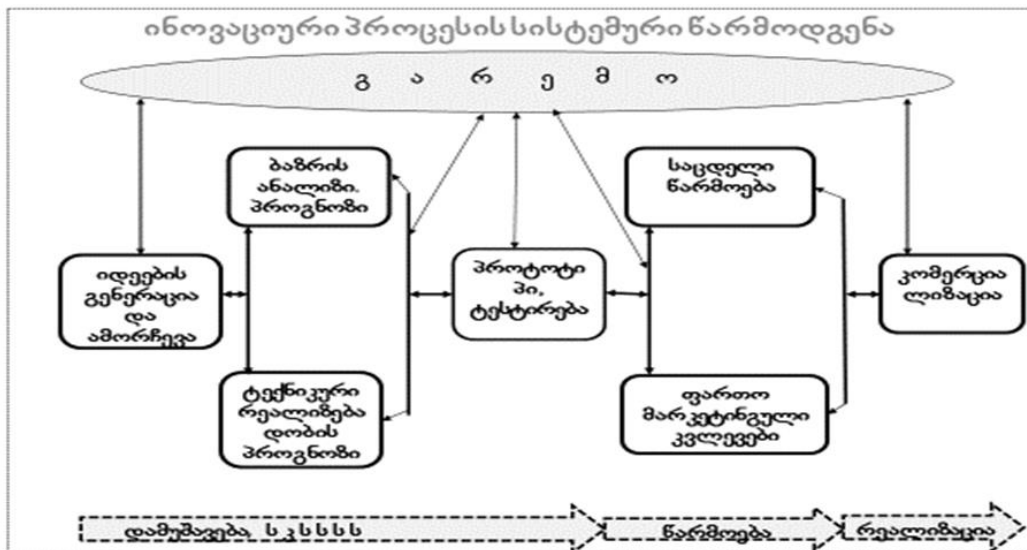
სქემა 1. ინოვაციური პროცესის ხაზოვანი მოდელი

XX საუკუნის 70-იან წლებიდან ორივე თაობის ხაზოვანი მოდელებს განიხილავდნენ როგორც უფრო ზოგადი პროცესების (მეცნიერება, ტექნოლოგია, ბაზარი) კერძო შემთხვევებს. რ. როსველი, კ. ფირმანის, ნ. როზნბერგის და სხვა მეცნიერთა კვლევებმა დაადასტურა მარკეტინგული, საბაზრო და ტექნიკური ფაქტორების მნიშვნელობა წარმატებულ ინოვაციების ფორმირებისთვის. ამან განაპირობა 1970–1980-იან წლებში ინოვაციური პროცესების მესამე და შემდეგი თაობის არახაზოვანის მოდელების შექმნა.

გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ თანამედროვე ეკონომიკურ პირობებში ინოვაცია იქმნება სამეცნიერო ცვლილებების და დამუშავების შედეგად, თანაც ინოვაციური პროცესის ეტაპებზე იცვლის ფორმებს (სქემა 1). მას აქვს მკაფიო ორიენტაცია გამოყენებითი ხასიათის საბოლოო შედეგზე. ის სულ მუდამ უნდა განიხილებოდეს როგორც რთული პროცესი, რომელიც უზრუნველყოფს გარკვეულ ტექნიკურ და სოციალურ-ეკონომიკურ ეფექტს.

ინოვაციური პროცესის ეტაპები ერთმანეთთან არის დაკავშირებული და უზრუნველყოფს პროცესის ეფექტურობას.

სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოების (სკს) ეტაპზე ხდება იდეების საბაზრო რეალიზაციის შესაძლებლობების გამოკვლევა, ხდება ახალი პროექტის (ტექნოლოგიის) შექმნის და შეფასებების მეთოდური მიდგომების დამუშავება. თუ მირეზული შედეგები იქნება დადებითი, მაშინ მის საფუძველზე იწყება საკონსტრუქტორი სამუშაოები (სს) და იქმნება საცდელი ნიმუშები (პროტოტიპი), რომელიც გადის საცდელ გამოცდა-შემოწმებას (საცდელი წარმოება, სწ).



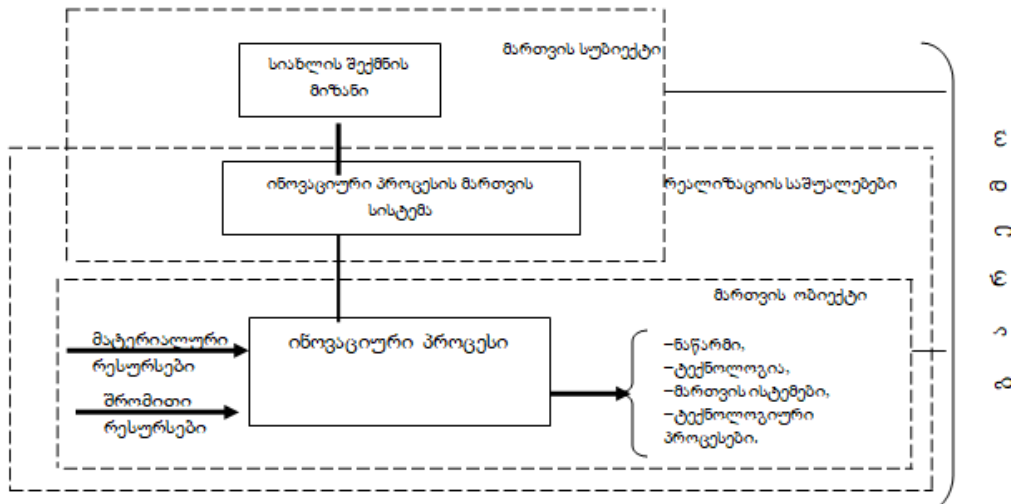
სქემა 2. ინოვაციური პროცესის სისტემური წარმოდგენა

თუ შედეგები იქნება დადებითი, შესაძლებელია დაიწყოს ახალი პროდუქტის მასიური წარმოება (მწ), ეს ათვისების ეტაპია, როცა აუცილებელია საწარმოო პროცესის ადაპტაცია ახალ მოთხოვნებთან (ახალი მოწყობილობების ათვისება, ახალი ტექნოლოგიების დაუფლება და ა.შ.). ათვისების პროცესის ეფექტურობა დიდ წილად განაპირობებს ახალი პროდუქციის წარმოების ეფექტურობას.

ექსპლუატაციის (ე) ეტაპი მოიცავს ახალი პროდუქციით ბაზარზე გასვლასთან დაკავშირებული პრობლემების გადაწყვეტას და შესაბამისი სამუშაოების ჩატარებას, რეალიზაციის შემდგომი მომსახურების უზრუნველყოფას. მასიური წარმოების (მწ) და ექსპლუატაციის (ე) ეტაპები მთლიანობაში განსაზღვრავს კომერციალიზაციის სტადიას და მის მიმართულებებს.

კომერციალიზაციის სტადია მოცემულია სქემა 2-ზე, სადაც, ინოვაციური პროცესის ხაზოვანი მოდელის შემადგენელი ეტაპები, კავშირშია გარემოსთან, ბაზრის კვლევის პრობლემატიკასთან, კომერციალიზაციის პროცესთან და ა.შ. ასეთი სტრუქტურული მოდელი მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ინოვაციური პროცესის და მისი შემადგენლების სისტემურ ხედვას.

ინოვაციური საქმიანობის წარმოდგენა შეიძლება „სუბიექტი – ობიექტი“ სახის სისტემის საშუალებით, სადაც, ობიექტს წარმოადგენს ინოვაციური პროცესი, ხოლო სუბიექტს ინოვაციური პროცესის მართვის სისტემა (სქემა 3).



სქემა 3. ინოვაციური საქმიანობის სტრუქტურული სქემა გარემოსთან კავშირში

რთული სისტემის ფუნქციონირების (სისტემების ზოგადი თეორია) პრინციპების ანალოგიით, შესაძლებელია განვსაზღვროთ ინოვაციური პროცესების და მათი მართვის სისტემის ძირითადი კანონზომიერება: რაც მაღალია ინოვაციის „რანგი“, მით მეტია მოთხოვნები ინოვაციური პროცესების მართვის მეცნიერულად დასაბუთებულ სისტემასთან.

სტრუქტურული დეკომპოზიციის მეთოდი.

ინოვაციური პროცესის მართვა წარმოადგენს რთულ სისტემურ ფუნქციას. მართვის სისტემას რომელიც ამ ფუნქციის რეალიზაციას ახდენს, აქვს თავისი შემადგენლების მოწყობის (ორგანიზების) განხვავებული ფორმები (ელემენტები, ქვესისტემები, ფუნქციები, კავშირის ფორმები შიგნით და გარემოსთან და ა.შ.) აღნიშნული ფუნქციის რეალიზაცია გულისხმობს მართვის სისტემის სტრუქტურულიზაციას, მისი ნაწილების გამოყოფის და მათ შორის კავშირების გამოვლენის მიზნით, რათა განისაზღვროს და / ან დაზუსტდეს სისტემის ორგანიზების შესაძლებელი ფორმები.

მართვის სისტემის ორგანიზების ფორმების აღწერა და ვიზუალიზაცია შეიძლება მოვახდინოთ სტრუქტურული ჭრილების საშუალებით, რომლებიც წარმოადგენს სისტემის გარკვეული შემადგენლების (ელემენტების) და მათ შორის კავშირების ერთობლიობას, და იყოფიან მოცემული საკვალიფიკაციო ნიშნის (დეკომპოზიციის

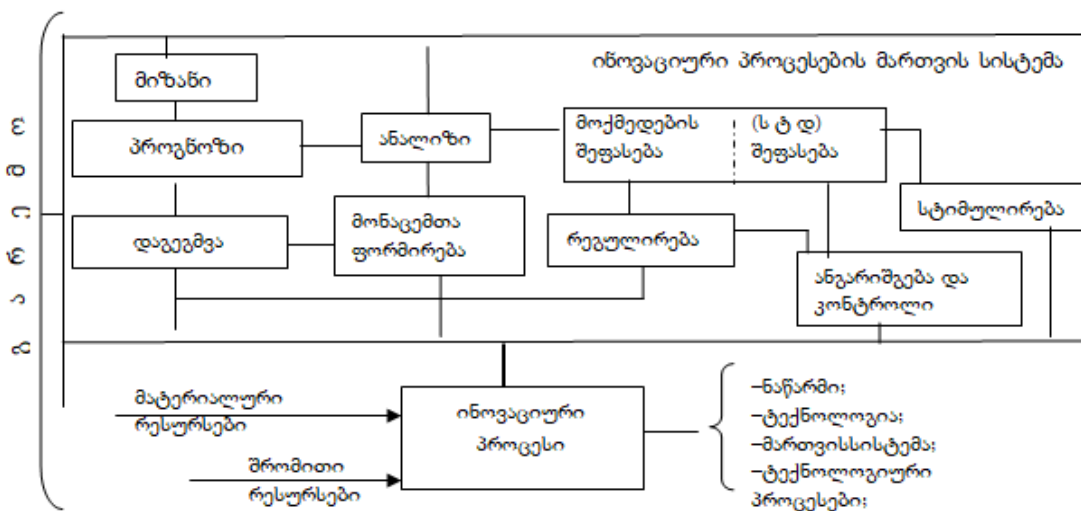
მოცემული საფუძველი) მიხედვით. აქ მნიშვნელოვანია იმ ფაქტის დაფიქსირება, რომ სისტემის სტრუქტურას სრულად ახასიათებს სტრუქტურული ჭრილების მხოლოდ მთელი ერთობლიობა და არა ცალკე აღებული რომელიმე სტრუქტურული ჭრილი, რადგანაც არც ერთი მათგანი არ იძლევა საშუალებას, ადეკვატური წარმოდგენა ვიქონიოთ მართვის მთლიან სისტემაზე. სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით დეკომპოზიციის განხორციელება შესაძლებელია სასურველი რაოდენობით. დეკომპოზიციის პროცესის გაჩერების მომენტი განისაზღვრება მართვის სისტემის აღწერის და კვლევის მიზნებით და ობიექტურად არის შემოსაზღვრული მართვის ობიექტის დეტალიზაციის სირთულით (დონით, ხარისხით, სიზუსტით), მოცემულ შემთხვევაში ინოვაციური პროცესით.

დეკომპოზიციის ნიშნის (მაჩვენებლის) არჩევა ორიენტირებული უნდა იყოს, დეკომპოზიციის შედეგად მიღებული სტრუქტურული ჭრილის ინფორმაციულობასა და თვალსაჩინოებაზე (სიცხადეზე). როგორც წესი დეკომპოზიცია მიმდინარეობს მანამ, სანამ არ მიიღწევა მართვის სისტემის ის ძირითადი კომპონენტები, რომელსაც აქვთ ცნობილი, მოცემული ან მოდელირებას დაქვემდებარებული მახასიათებლები (ვთქვათ პროცესის საწყისი და საბოლოო მდგომარეობა).

სტრუქტურული დეკომპოზიციის ძირითადი მიზანი მდგომარეობს იმაში, რომ საკვალიფიკაციო ნიშნის არჩევის დროს გამოვიყენოთ მართვის სისტემის სტრუქტურაზე არსებული აპრიორული მონაცემები და გავამარტივოთ ამ სისტემის აგების ამოცანა სასურველი მახასიათებლებით. საკვალიფიკაციო ნიშნის მიხედვით გამოყოფილი ელემენტი (ქვესისტემა, ცალკეული მართვის ფუნქცია და ა.შ.) და მისი კავშირები სხვა ელემენტებთან უნდა იყოს საწყის სისტემაზე მარტივი. ამ შემთხვევაში დეკომპოზიციის ნიშნის სწორად არჩევისას, შევძლებთ არსებითად გავამარტივოთ ამ ელემენტების აგების, აღწერის და მოდელირების პროცესი და საბოლოო ანგარიშით მართვის მთელი სისტემის აღწერა, აგება და მოდელირებაც.

ინოვაციური პროცესის მართვის სისტემის ქვეშ შეიძლება გავიგოთ სისტემა, რომელიც ორიენტირებულია სიახლეთა შექმნის გაგრძელების და გამოყენების პროცესის რეალიზებაზე.

მართვის სისტემის აღწერის პრაქტიკული მიზნებისთვის მიღებულია გამოიყოს რამდენიმე ძირითადი ნიშანი: ორგანიზაციული, ფუნქციონალური და ტექნოლოგიური, ინოვაციური პროცესის დეკომპოზიციის საფუძველად შეიძლება გამოდგეს შემდეგი საკლასიფიკაციო ნიშნები: ახალი პროდუქციის სასიცოცხლო ციკლის მიხედვით), დარგების მიხედვით, რეგიონების მიხედვით და ა.შ. ინოვაციური პროცესის და მართვის სისტემის დეკომპოზიცია სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით, ცალსახად განსაზღვრავს შესაბამის სტრუქტურულ ჭრილს, რომლის საშუალებით შესაძლებელია კონკრეტული მიზნის და ამოცანების რეალიზება.

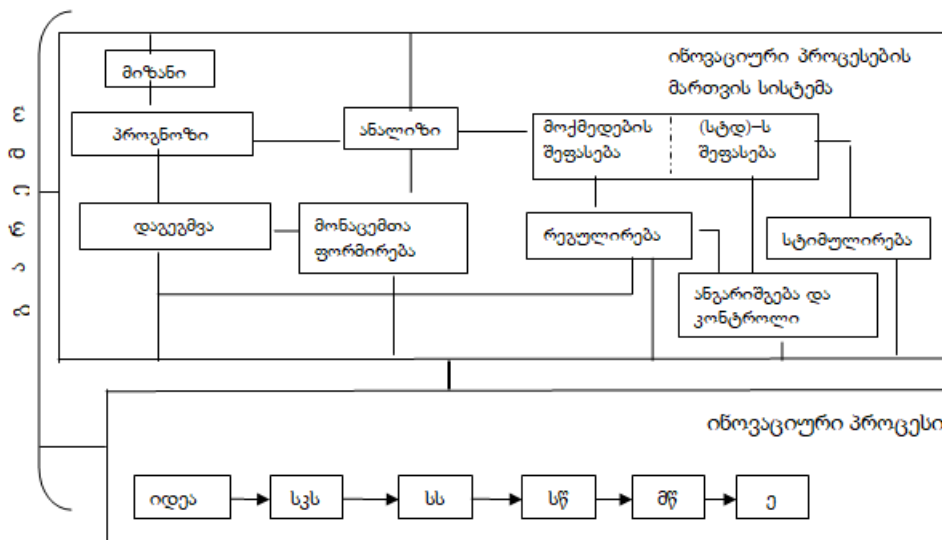


სქემა 4. ინოვაციური პროცესის მართვის ფუნქციონალური სტრუქტურა

ინოვაციური პროცესის მართვის სისტემის დეკომპოზიციას მართვის ფუნქციებად (დაგეგმვა, კონტროლი, მონაცემების ფორმირება, სტიმულირება და ა.შ.) მიუყვართ ფუნქციონალური სტრუქტურის ჩამოყალიბებამდე. ფუნქციების თანმიმდევრობა ქმნის „მართვის კონტურს“, რომელიც სქემა 4-ზე არის ნაჩვენები. ქვესისტემები რომლებიც სქემაზე „ბლოკების“ სახით არის წარმოდგენილი, შეიძლება საჭიროების შემთხვევაში დაექვემდებაროს შემდგომ დეკომპოზიციას. საჭიროების ქვეშ იგულისხმება დაგეგმვის, სტიმულირების, რესურსების განაწილების და სხვა მათემატიკური ამოცანების დასმა, ანალიზი და გადაწყვეტა. მაგალითად, მიზნის „ბლოკის“ დეკომპოზიციას „მიზანი-საშუალება“ ნიშნის მიხედვით, ხდება ინოვაციური საქმიანობის „მიზნის ხის“ აგება. წვეროდან მიზნის ხის საფუძველისკენ მოძრაობისას, ქვემიზნები ღებულობენ უფრო და უფრო კონკრეტულ სახეს.

მაგალითად, მიზნის „ბლოკის“ დეკომპოზიციას „მიზანი-საშუალება“ ნიშნის მიხედვით, ხდება ინოვაციური საქმიანობის „მიზნის ხის“ აგება. წვეროდან მიზნის ხის საფუძველისკენ მოძრაობისას, ქვემიზნები ღებულობენ უფრო და უფრო კონკრეტულ სახეს. დაბალი დონის მიზნები ხასიათდებიან მაგალითად, შესაქმნელი ახალი ტექნიკის, ტექნოლოგიის, სამეცნიერო-ტექნიკური, ტექნიკურ-ეკონომიკური და ტექნიკური მაჩვენებლების დახმარებით. ასევე შესაძლებელია სხვა ბლოკების დანაწილებაც, თუმცა ნაშრომის მიზანს ამ ეტაპზე არ შეადგენს მართვის ფუნქციების შემდგომი დეკომპოზიცია.

მნიშვნელოვანია გარემოსთან „არსებული ურთიერთკავშირების“ დაფიქსირება და სტრუქტურისა და პროცესში მისი გათვალისწინება. ეს ჩვენი აზრით ყოველი სტრუქტურული ჭრილისათვის გულისხმობს, გარემოდან ზემოქმედების შესაბამისი ფაქტორების სწორად გააზრებას და დაფიქსირებას. თუ ინოვაციური პროცესის დეკომპოზიცია ხდება სასიცოცხლო ციკლის სტადიებად, ხოლო მართვის სისტემისა მართვის ფუნქციებად, მაშინ ვღებულობთ ფუნქციურ-ტექნოლოგიურ სტრუქტურულ ჭრილს (სქემა 5).

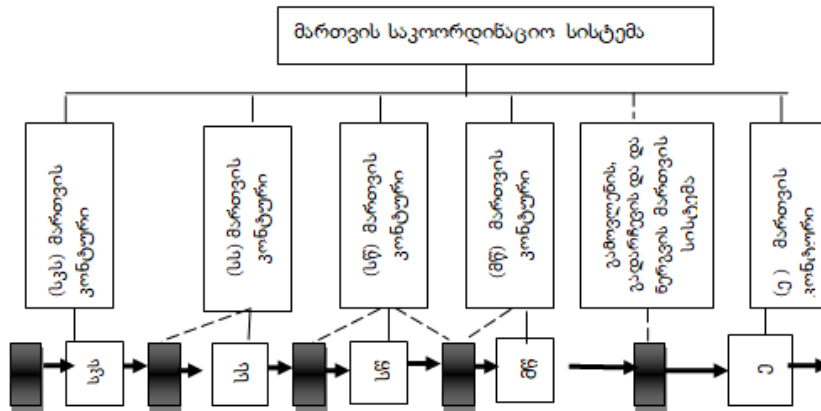


სქემა 5. ინოვაციური პროცესების მართვის ფუნქციურ-ტექნოლოგიური სტრუქტურა

ეს არის შემთხვევა, როდესაც ინოვაციური პროცესის ყველა სტადიის რეალიზება ხდება ერთი მართვის კონტურით (ვთქვათ რომელიმე ფირმა თვითონ ახდენს მთელი პროცესის მართვას). ასეთ ფირმას თვითონ აქვს სამეცნიერო და საკონსტრუქტორო საქმიანობის წარმართვის შესაძლებლობა, ძლიერი მარკეტინგული განყოფილება და კვალიფიციური სპეციალისტები. ანუ გვაქვს შესაძლო დახურული ინოვაციური პროცესი.

მსხვილ კორპორაციებში ინოვაციური პროცესის სტადიების რეალიზება შეიძლება მოხდეს ტერიტორიული ნიშნით. ასეთ შემთხვევაში ყოველი სტადია შეიძლება იმართებოდეს თავისი მართვის სისტემით (მართვის კონტურით), ხოლო მთლიანი პროცესის ეფექტური საქმიანობისთვის მიღებულია მართვის საკოორდინაციო სის-

ტემის (კონტურის) ფუნქციონირება. მან უნდა უზრუნველყოს კონტურებს შორის შეთანხმებული ურთიერთკავშირები, როგორც ვერტიკალზე ასევე ჰორიზონტალურად. შესაბამისი სტრუქტურული ჭრილი მოცემულია სქემა 6-ზე.



სქემა 6. ინოვაციური პროცესის მართვის მრავალკონტურიანი სისტემა

ინოვაციური პროცესის ასეთი სისტემა შეესაბამება მართვის იერარქიული დონეების არსებობას და შესაბამის მიზნებს იერარქიაზე. ინოვაციური პროცესის მართვის სტრუქტურა უფრო რთულ სახეს ღებულობს, როცა საჭირო ხდება ინოვაციურ საქმიანობაში დინამიკის გათვალისწინება, ან საჭიროა რთული კომპლექსური სიახლეების რეალიზება, რამდენიმე კონკრეტული სიახლის და რთული ორგანიზაციის მონაწილეობით.

საბოლოოდ შეიძლება დავასკვნათ, რომ ინოვაციური პროცესის მართვის სისტემა მიეკუთვნება ე.წ. რთულ სისტემებს, ამიტომ ერთადერთი მისაღები გზა ასეთი სისტემების აღწერის, კვლევის და დაპროექტების (ორგანიზების) ვფიქრობთ არის მათი თანმიმდევრული დეკომპოზიცია უფრო მარტივ ქვესისტემებად საკვალიფიკაციო ნიშნის მიხედვით. შემდგომ ეტაპზე კი უნდა მოხდეს ასეთი ქვესისტემებისთვის მართვის ამოცანების გადაწყვეტა და კონკრეტული შედეგები გაერთიანდეს ამოსავალი სისტემის ზოგად ამოხსნაში. ამ მიზნით ინოვაციური საქმიანობის პრაქტიკული სიტუაციების სტრუქტურული წარმოდგენა და სტრუქტურული ჭრილების ბიბლიოთეკის შექმნა, მნიშვნელოვან ეტაპს წარმოადგენს ინოვაციური პროცესების მართვის სისტემის პროექტირებაში.

ლიტერატურა

1. Прангишвили И.В. Системный подход и общие системные закономерности. Серия «Системы и проблемы управления» - М.: СИНТЕГ, 2000.
2. ჯ. გაგლოშვილი, ს. სუციშვილი. მოდელირების ამოცანები ღია ინოვაციურ პროცესებში. //ბიზნეს-ინჟინერინგი, №4, 2015 გვ. 152-156.
3. Курмангалиев А.М., Хиджакадзе А.Г., Хуцишвили С.А. Некоторые примеры многоконтурного управления в активных системах. /В. кн.: «Механизмы управления социально-экономическими системами». /сборник трудов, ИПУ, Москва, 1998.

SUMMARY

MULTICONTOUR MECHANISMS FOR MANAGEMENT OF INNOVATIVE PROCESSES

Khutsishvili S.A., Gorgidze D.A., Khutsishvili L.S. and Museridze R.R.

Georgian Technical University

Article defines innovation, innovation process and concept of innovative work. Innovative work is described as “subject-object” system and based on structural decomposition methodology some structural sections of management system are created, together with functional structure of innovative process management, where management system is presented as management contour (sequence of management functions). Article also presents functional-technological structural section, when management system is decomposed in management functions, and innovative process is decomposed in constitutive stages. For such system examples of structural sections of one contour and multi-contour management are discussed.

Keywords: innovation, innovative process, stages, decomposition, structural section, management contour

ბანაწილების სიმკვრივის ფუნქციონალების შემსახების საკითხისათვის

ბუაბე ტ.ბ., გიორგაბე ვ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ეძღვნება შესანიშნავი მათემატიკოსისა და მეგობრის გრიგოლ სოსხაძის ხსოვნას

1. შესავალი. ვთქვათ, X უცნობი $f(x)$ განაწილების სიმკვრივის მქონე შემთხვევითი სიდიდეა. X_1, X_2, \dots, X_n - X -ის დამოუკიდებელი დაკვირვებებია. გარდა ამისა, \mathfrak{R} არის $L_2(R)$ სივრცის ფუნქციონალი, რომელიც განსაზღვრულია რაიმე L ქვესივრცეზე $L \subset L_2(R)$ და აქვს პირველი და მეორე რიგის წარმომებულები. დაეუშვათ, რომ $f = f(x) \in L$ და შესაბამისად არსებობს $\mathfrak{R}f$. ჩვენი მიზანია გამოვიკვლიოთ $\mathfrak{R}f$ -თვის დამოუკიდებელი დაკვირვებების მიხედვით აგებული შეფასების მდგრადობის საკითხი, დამატებითი $\mathfrak{R}\hat{f}_n$ სტატისტიკის გამოყენებით, სადაც \hat{f}_n არის X_1, \dots, X_n დაკვირვებებით აგებული შეფასება.

f -ის და მისი წარმომებულების შესაფასებლად ჩვენ გამოვიყენებთ ალბათური სიმკვრივის როზენბლატ-პარზენის ტიპის ბირთვულ შეფასებას [1-3, 7].

$$\hat{f}_n^{(j)}(x) = \frac{1}{nh_n^{j+1}} \sum_{i=1}^n K^{(j)}\left(\frac{x - X_i}{h_n}\right), \quad j = 0, 1, \dots, m.$$

სადაც h_n დადებითი რიცხვების მიმდევრობაა, რომელიც როცა $n \rightarrow \infty$ კრებადია 0-სკენ, $K(x)$ გული განაწილების სიმკვრივისთვის $K(x) \geq 0$ ფუნქციაა.

დასახული ამოცანა მოიცავს შემოუსაზღვრელი ფუნქციონალის შემთხვევას (ინტეგრალური და სხვა ტიპის), ისევე როგორც ინფორმაციის და ენტროპიის ფუნქციონალებს.

2. აღნიშვნები და პირობები. მომავალში დაგვჭირდება შემდეგი აღნიშვნები და პირობები. ვთქვათ, X ალბათური განაწილების $f(x)$ სიმკვრივის მქონე შემთხვევითი სიდიდეა. ვივარაუდოთ, რომ შესრულებულია შემდეგი პირობები:

f 1). $f(x)$ აქვს უწყვეტი წარმომებულები, მათ შორის m რიგის და არსებობს ისეთი C_f ნამდვილი რიცხვებია. $C_f > 0$ რომ სრულდება პირობა

$$\sup_{x \in R} |f^{(i)}(x)| \leq C_f < \infty, \quad i = 1, 2, \dots, m;$$

f 2). არსებობს უწყვეტი, ზრდადი ფუნქცია $H(x)$, ისეთი რომ

$$\sup_{|y| \leq x} \frac{1}{f(y)} \leq H(x).$$

განვიხილოთ ნამდვილი მნიშვნელობების მქონე ფუნქცია $K(x) \geq 0$ და ვივარაუდოთ, რომ დაკმაყოფილებულია შემდეგი პირობები:

k 1). $K(x)$ ფუნქციას აქვს კომპაქტური მატარებელი

$$k 2). \int_{-\infty}^{\infty} K(x) dx = 1$$

k 3). $K(x)$ -ს აქვს უწყვეტი წარმომებულები, მათ შორის m რიგის.

მაშინ არსებობს $C_K > 0$ რიცხვები, რომ: $|K^{(i)}(x)| \leq C_K < \infty, i = 0, 1, \dots, m.$

h_n მიმდევრობისთვის ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ შემდეგი პირობებია დაკმაყოფილებული

h). $h_n, n=1, 2, \dots$ არის დადებითი რიცხვების მიმდევრობა, რომლებიც მონოტონურად კრებადია 0-სკენ ისეთნაირად, რომ ზოგიერთი $c>0$ რიცხვებისათვის $h_n \geq \frac{c \log n}{n}$.

(ცნობილია [4-6], რომ f 1). f 2). k 1), k 2). k 3) და h). პირობების შესრულებისას, 1-ის ტოლი აღბათობით სრულდება პირობა:

$$\sup_{x \in R} |\hat{f}_n(x) - Ef_n(x)| = O\left(\frac{\sqrt{|\log h_n| V \log \log n}}{\sqrt{nh_n}}\right)$$

მ ფუნქციონალისთვის ვვარაუდობთ შემდეგს: ვთქვათ $W_m = W_m(R)$ არის $L_2(R)$ -დან აღებული ფუნქციების სობოლევის სივრცე უწყვეტი წარმოებულებით, მათ შორის m რიგის, და ნორმით

$$\|g\|_m = \sqrt{\sum_{j=0}^m \int_{-\infty}^{\infty} |g^{(j)}(x)|^2 dx},$$

W_m სივრცეს აქვს სკალარული ნამრავლი

$$(g_1, g_2)_m = \sum_{j=0}^m \int_{-\infty}^{\infty} g_1^{(j)}(x) g_2^{(j)}(x) dx,$$

ხოლო მ ფუნქციონალს შემდეგი თვისებები

მ1). მ ფუნქციონალი განსაზღვრულია $L \subset W_s$ ქვესივრცეში;

მ2). მ არსებობს;

მ3). არსებობს ფუნქციონალები $\mathfrak{R}_l, l=0, 1$, ისეთი, რომ

1) \mathfrak{R}_l ფუნქციონალის განსაზღვრის არეა $L \| W_* \left(\int \| \cdot \| \right)$ ნებისმიერი

$k=1, 2, \dots$, -თვის, სადაც s_k არის ∞ -კენ კრებადი მიმდევრობა როცა $k \rightarrow \infty$;

2) $\hat{f}_n \in L_k$ თითოეული k -თვის;

3) ნებისმიერი $g \in L$, $\mathfrak{R} \|\cdot\| \rightarrow \mathfrak{R}g$, როდესაც $k \rightarrow \infty$;

4) \mathfrak{R}_i ფუნქციონალები აკმაყოფილებენ პირობას, რომ არსებობს წარმოებულები, მათ შორის მეორე რიგისაც; \mathfrak{R}'_k - წრფივი ფუნქციონალია L_k -ზე, \mathfrak{R}''_k - ბიწრფივი ფუნქციონალია L_k -ზე, და ორივე აკმაყოფილებს უტოლობებს:

$$\|\mathfrak{R}_k^{(i)} g\|_m \leq C \cdot s_k^\alpha \cdot \|g\|^\beta \cdot \|g\|_m^2, \quad g \in C([-s_k; s_k]), \quad \alpha \geq 0, \quad \beta \geq 0, \quad i=1, 2.$$

სადაც $\|g\|$ აღნიშნავს g ელემენტის ერთგვაროვან ნორმას და $\|g\|_m$ ნორმას L_k -ში.

3. ნაშთითი წევრების შეფასება. აღვნიშნოთ $f_n(x) = \hat{E}f_n(x)$. განვიხილოთ სხვაობა $\mathfrak{R}_n \hat{f}_n - \mathfrak{R}_n f_n$ და მ3, 4) პირობების გამოყენებით გადავწეროთ ის შესაბამისი ფორმით:

$$\mathfrak{R}_n \hat{f}_n - \mathfrak{R}_n f_n = S_n(h_n) + R_n \tag{1}$$

სადაც $S_n(h_n)$ აღნიშნავს \mathfrak{R}_n ფუნქციური წარმოებულის (ის წრფივი ფუნქციონალია) შედეგს $\hat{f}_n - f_n$ -ზე. (1)-ში

$$R_n = O\left(\|\mathfrak{R}_n''(\hat{f}_n - f_n)\|_m\right)$$

თეორემა 1. თუ $f1), f2), k1)-k4) h)$ და $\mathfrak{R}1) - \mathfrak{R}3)$ პირობები სრულდება, მაშინ (1)-ში ნაშთითი კომპონენტებისთვის გვექნება

$$R_n = O\left(\frac{d(s_n)\log n}{nh_n^{2m+1}}\right)$$

4. მდგრადობა. ვთქვათ $\varepsilon > 0$ ფიქსირებული რიცხვია. h_n მიმდევრობა შერჩეულია ისეთნაირად, რომ $\frac{\log n}{nh_n^{2m+1}} \rightarrow 0$, როდესაც $n \rightarrow \infty$.

განვიხილოთ s_n როგორც შემდეგი განტოლების ამონახსნი.

$$\frac{\log n}{nh_n^{2m+1}} = \frac{\varepsilon}{d(s_n)} \tag{2}$$

სადაც $d(x) = x^\alpha H^\beta(x)$.

თეორემა 2. ვთქვათ $f 1. f 2, k1) - k3), h)$ და $\mathfrak{R}1) - \mathfrak{R}3)$ პირობები დაკმაყოფილებულია. ამასთან, h_n დადებითი რიცხვების მიმდევრობაა, რომელიც მონოტონურად კრებადია 0-სკენ ისეთნაირად, რომ $\frac{\log n}{nh_n^{2m+1}} \rightarrow 0$, როდესაც $n \rightarrow \infty$ და თუ ნებისმიერი n -თვის $n \in N$, s_n - არის (2) განტოლების ამოხსნი, მაშინ 1-ის ტოლი ალბათობით ადგილი აქვს კრებადობას

$$I(\hat{f}_n, s_n) - I(f) \rightarrow 0. \text{ როცა } n \rightarrow \infty$$

თეორემა 1 და 2-ის საფუძველზე დგინდება განაწილების სიმკვრივის არაწრფივი, შესაძლოა შემოუსაზღვრელი ფუნქციონალის დამოუკიდებელი დაკვირვებებით აგებული სტატისტიკის მდგრადობა და კრებადობის რიგი.

ლიტერატურა

1. Rosenblatt M. Remarks on some nonparametric estimates of a density function. //Ann. Math. Statist, 1956, 27, pp. 832-837.
2. Parzen E. On estimation of a probability density function and mode. //Ann. Math. Statist., 1962, 33, pp. 1065-1076.
3. Nadaraya E. Nonparametric Estimation of probabilitu Densites and Regression Curves. Kluwer Academic Publishers, 1988.
4. Gine E., mason D.M. Uniform in bendwidth estimation of integral functionals of the density function. // Scand. J. Statist, 2008, 35, pp. 739-761.
5. Sokhadze G. On the Absolute Continuity of Smooth Measures. Theory of Probability and Mathematical Statistics, 1996, 49, pp.159-164.
6. Буадзе Т.Г., Сохадзе Г.А. Об одной статистической задаче в Гильбертовом пространстве. часть I. //Georgian Engineering News, 2006, #4.
7. Буадзе Т.Г. Статистические вопросы оценивания распределения вероятностей. -Тбилиси, технический университет, 2009, 93 с.

SUMMARY

TO THE ISSUE OF DISTRIBUTION DENSITY FUNCTIONALS' ESTIMATION

Buadze T.G. and Giorgadze V.A.

Georgian Technical University

Estimation of a nonlinear, possibly unbounded functional of probability distribution density is studied. The plug-in-estimator is taken for the estimation. The functional can be unbounded, but it cannot exceed polynomial growth. Consistency of the estimator is proved and the convergence order is established.

Keywords: estimation, plug-in-estimator, unbounded functional, consistency.

**GENERAL SOLUTION OF THE HOMOGENEOUS SYSTEM OF THE LINEAR
THERMOELASTICITY OF MICROSTRETCH MATERIALS WITH
MICROTEMPERATURES**

Kharashvili M.G. and Skhvitardze K.M.

Georgian Technical University

Abstract. We consider the static case of the theory of linear thermoelasticity with microtemperatures and microstretch materials. The representation formula of differential equations obtained in the paper is expressed by means of four harmonic and four metaharmonic functions. These formulae are very convenient and useful in many particular problems for domains with concrete geometry.

Keywords: microtemperature, microstretch, thermoelasticity, fourier transform, metaharmonic function.

1. Introduction

One of the basic methods solving three-dimensional problems of rigid deformable bodies is the Fourier method which is based on the solution of differential equations of a given model by the method of separation of variables in a certain system of curvilinear coordinates. In case the construction of system of differential equations turns out complicated, its solution can be represented by a simple solution of Laplace and Helmholtz equations. Representations proposed by W. Kelvin, J. Hadamard, J. Boussinesq, M. Papkovich, G. Neuber, E. Trefftz, G. Kolosow, N. Muskhelishvili and other authors are well known in the literature.

2. Basic equations and auxiliary theorems

The system of equations of statics in the linear theory of thermoelasticity of the microstretch materials with microtemperatures is written in the form [1]

$$\mu \Delta u(x) + (\lambda + \mu) \text{grad div } u(x) + \eta \text{grad } v(x) + \gamma \text{grad } \theta(x) = 0 \quad (1)$$

$$\kappa_6 \Delta w(x) + (\kappa_4 + \kappa_5) \text{grad div } w(x) - \kappa_3 \text{grad } \theta(x) + \kappa_2 w(x) = 0 \quad (2)$$

$$\kappa \Delta \theta(x) + \kappa_1 \text{div } w(x) = 0 \quad (3)$$

$$\eta_1 \Delta v(x) - \eta \text{div } u(x) - \kappa_7 \text{div } w(x) + \gamma_1 \theta(x) - \eta_2 v(x) = 0 \quad (4)$$

where Δ is three-dimensional Laplace operator, $u = (u_1, u_2, u_3)^T$ is the displacement vector, $w = (w_1, w_2, w_3)^T$ is the microtemperature vector, θ is the temperature measured from the constant absolute temperature T_0 , $T_0 > 0$, v is the microstretch, T is the transposition symbol, $\lambda, \mu, \gamma, \gamma_1, \eta, \eta_1, \kappa, \kappa_j, j=1, 2, \dots, 7$ are constitutive coefficients, satisfying the -conditions

$$\mu > 0, 3\lambda + 2\mu > 0, 3\kappa_4 + \kappa_5 + \kappa_6 > 0, \kappa_6 + \kappa_5 > 0, \kappa_6 - \kappa_5 > 0,$$

$$(\kappa_1 + T_0 \kappa_3)^2 < 4T_0 \kappa \kappa_2, \gamma > 0, \eta_2(3\lambda + 2\mu) - 3\eta^2 > 0, \eta_1 > 0$$

Definition. The vector $U = (u, w, \theta)^T$ is assumed to be regular in a domain $\Omega \subset \mathbb{R}^3$ if $U \in C^2(\Omega) \cap C^1(\overline{\Omega})$.

Theorem 1. A vector $U = (u, w, \theta, v)^T$ is a solution of system (1) – (4) in a domain $\Omega \subset \mathbb{R}^3$, if and only if it is represented in the form

$$\begin{aligned}
 u(x) &= a_1 c \frac{x}{|x|} + \text{grad} \Phi_1(x) + a_2 x_3 \text{grad} \Phi_2(x) - e_3 \phi_2(x) + \\
 &+ \text{rot}(e_3 \Phi_2(x)) - a_2 x_3 \text{grad} \Phi_4(x) + a_3 \text{grad} \Phi_5(x) - \eta \text{grad} \Phi_8(x), \\
 w(x) &= \text{grad} \left[2a_4 \frac{c}{|x|} + a_4 \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} + a_5 \Phi_5(x) \right] + \text{rotrot}(e_3 \Phi_6(x)) + \text{rot}(e_3 \Phi_7(x)), \quad (5) \\
 \theta(x) &= 2 \frac{c}{|x|} + \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} + (\lambda + 2\mu) \lambda_1^2 \Phi_5(x), \\
 v(x) &= 2a_1 \frac{c}{|x|} + a_5 \frac{\partial \Phi_2(x)}{\partial x_3} + a_4 \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} + a_2 \Phi_5(x) + (\lambda + 2\mu) \lambda_3^2 \Phi_8(x),
 \end{aligned}$$

where c is arbitrary constant $\Delta \Phi_j(x) = 0, j = 1, 2, 3, 4$

$$(\Delta - \lambda_1^2) \Phi_5(x) = 0, (\Delta - \lambda_2^2) \Phi_j(x) = 0, j = 6, 7, (\Delta - \lambda_3^2) \Phi_8(x) = 0,$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_1^2 &= 22 \frac{\chi \chi_2 - \chi_1 \chi_3}{\chi l_0} > 0, l_0 = \chi_4 + \chi_5 + \chi_6, \lambda_2^2 = \frac{\chi_2}{\chi_6} > 0, \\
 \lambda_3^2 &= 2 \frac{\eta_2 (\lambda + 2\mu) - \eta^2}{\eta_1 (\lambda + 2\mu)} > 0, a_1 = \frac{\gamma \eta_2 - \eta \gamma_1}{\eta_2 (\lambda + 2\mu) - \eta^2}, a_2 = \frac{\eta^2 - (\lambda + \mu) \eta_2}{\eta^2 - (\lambda + 3\mu) \eta_2}, \\
 a_3 &= \frac{\eta_2 \gamma - \eta \gamma_1}{\eta_2 - (\lambda + 3\mu) \eta^2}, a_4 = -\frac{\chi_3}{\chi_2}, a_5 = -\frac{\chi (\lambda + 2\mu) \lambda_1^2}{\chi_1}, \\
 a_1 &= \frac{(\lambda + 2\mu) \gamma_1 - \gamma \eta}{\eta_1 (\lambda + 2\mu) \lambda_3^2}, a_2 = \frac{\lambda_1^2 (\lambda + 2\mu)}{\eta_1 (\lambda_3^2 - \lambda_1^2)} \left(\frac{\lambda_1 (\lambda + 2\mu) - \gamma \eta}{\lambda + 2\mu} + \frac{\chi \chi_7}{\chi_1} \lambda_1^2 \right) \\
 a_3 &= \gamma - \frac{\eta}{\lambda_1^2 (\lambda + 2\mu)} a_2, a_4 = a_1 + \frac{\mu \eta a_3}{\eta^2 - (\lambda + 2\mu) \eta_2}, a_5 = \frac{2\mu \eta}{\eta_2 (\lambda + 3\mu) - \eta^2}
 \end{aligned}$$

Proof. Assume that the vector $U = (u, w, \theta, v)T$ is a solution of system (1)–(4). From (2) – (3), we obtain

$$\Delta (\Delta - \lambda_1^2) \theta(x) = 0, \lambda_1^2 = (\chi \chi_2 - \chi \chi_3) / \chi l_0 > 0,$$

from these equation we get

$$\theta(x) = 2 \frac{c}{|x|} + \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} + (\lambda + 2\mu) \lambda_1^2 \Phi_5(x) \quad (6)$$

where c is arbitrary constant, $\Delta \Phi_4(x) = 0, (\Delta - \lambda_1^2) \Phi_5(x) = 0$.

Substituting the value of $\theta(x)$ from (6) and $\text{div} w(x) = -\frac{\chi}{\chi_1} \Delta \theta(x)$ into equation (2), we

obtain

$$(\Delta - \lambda_2^2) w(x) = \frac{\chi_3}{\chi_6} \text{grad} \left(2 \frac{c}{|x|} + \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} \right) + \frac{\chi}{\chi_1} (\lambda + 2\mu) \cdot \lambda (\lambda_2^2 - \lambda_1^2) \text{grad} \Phi_5(x)$$

where $\lambda_2^2 = \chi_2 / \chi_6 > 0$.

The solution of this equation has the form

$$2w(x) = \text{grad} \left[2a_4 \frac{c}{|x|} + a_4 \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} + a_5 \Phi_5(x) \right] + \text{rotrot}(e_3 \Phi_6(x)) + \text{rot}(e_3 \Phi_7(x)) + \text{grad} \psi(x) \quad (7)$$

where $(\Delta - \lambda_2^2) \Phi_j(x) = 0, j = 6, 7, (\Delta - \lambda_2^2) \psi(x) = 0, a_4 = -\chi_3 / \chi_2, a_5 = -\chi(\lambda + 2\mu) \lambda_1^2 / \chi_1$
 Substituting the values of $w(x)$ and $\theta(x)$, from (10) and (8) into (3), we obtain $\psi(x) = 0$,
 thus

$$w(x) = \text{grad} \left[2a_4 \frac{c}{|x|} + a_4 \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} + a_5 \Phi_5(x) \right] + \text{rotrot}(e_3 \Phi_6(x)) + \text{rot}(e_3 \Phi_7(x)) \quad (8)$$

If we apply the operator div to both part of equality (1), then we obtain

$$\Delta[(\lambda + 2\mu) \text{div} u(x) + \eta v(x) - \gamma \theta(x)] = 0.$$

From this equation, we get

$$(\lambda + 2\mu) \text{div} u(x) = \gamma \theta(x) - \eta v(x) + \eta_1 (\lambda + 3\mu) (\lambda + 2\mu) \lambda_3^2 \frac{\partial \Phi_9(x)}{\partial x_3} \quad (9)$$

where

$$\Delta \Phi_9(x) = 0, \lambda_3^2 = \frac{\eta_2 (\lambda + 2\mu) - \eta^2}{\eta_1 (\lambda + 2\mu)} > 0.$$

Substituting the value of $\text{div} u(x)$, from (9) into equation (6) and (8), we obtain

From these, we get:

$$2v(x) = a_1 \left(\frac{2c}{|x|} + \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} \right) + a_2 \Phi_5(x) - \eta (\lambda + 3\mu) \frac{\partial \Phi_9(x)}{\partial x_3} + (\lambda + 2\mu) \lambda_3^2 \Phi_8(x) \quad (10)$$

where $(\Delta - \lambda_3^2) \Phi_8(x) = 0$,

$$a_1 = \frac{(\lambda + 2\mu) \gamma_1 - \gamma \eta}{\eta_1 (\lambda + 2\mu) \lambda_3^2}, a_2 = \frac{\lambda_1^2 (\lambda + 2\mu)}{\eta_1 (\lambda_3^2 - \lambda_1^2)} \left(\frac{\gamma_1 (\lambda + 2\mu) - \gamma \eta}{\lambda + 2\mu} + \frac{\chi \chi_7}{\chi_1} \lambda_1^2 \right)$$

Substitute the expressions of $\theta(x)$ and $v(x)$, given by (6) and (10) into (1), to obtain

$$3\mu \Delta u(x) + (\lambda + \mu) \text{grad} \text{div} u(x) = \text{grad} \left[(\gamma - \eta a_1) \left(2 \frac{c}{|x|} + \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} \right) + \right. \\ \left. + (\gamma \lambda_1^2 (\lambda + 2\mu) - \eta a_2) \Phi_5(x) + \eta^2 (\lambda + 3\mu) \frac{\partial \Phi_9(x)}{\partial x_3} - \eta (\lambda + 2\mu) \lambda_3^2 \Phi_8(x) \right] \quad (11)$$

which implies

$$u(x) = u_0(x) + \tilde{u}(x), \quad (12)$$

where $u_0(x)$ is a general solution of the Lamé homogeneous equation

$$\mu \Delta u_0(x) + (\lambda + \mu) \text{grad} \text{div} u_0(x) = 0,$$

and $\tilde{u}(x)$ is a particular solution of the nonhomogeneous system (11).

The solution $u_0(x)$ has the form [8]

$$u_0(x) = \text{grad} \Phi_1(x) + a x_3 \text{grad} \Phi_2(x) - e_3 \Phi_2(x) + \text{rot}(e_3 \Phi_2(x))$$

where $a = (\lambda + \mu) / (\lambda + 3\mu), \Delta \Phi_j(x) = 0, j = 1, 2, 3$.

The particular solution of the system (11) will be written as

$$2\tilde{u}(x) = (\gamma - \eta a_1) \left(\frac{c}{\lambda + 2\mu} \frac{x}{|x|} + \frac{1}{\lambda + 3\nu} x + x_3 \text{grad}\Phi_4(x) \right) + a_3 \text{grad}\Phi_5(x) - \eta^2 x_3 \text{grad}\Phi_9(x) - \eta \text{grad}\Phi_8(x)$$

where

$$a_3 = \gamma - \frac{\eta}{\lambda_1^2(\lambda + 2\mu)} a_2.$$

Substituting the values of the vectors $u_0(x)$ and $\tilde{u}(x)$ into (15), we get:

$$u(x) = \text{grad}\Phi_1(x) + a x_3 \text{grad}\Phi_2(x) - e_3 \Phi_2(x) + \text{rot}(e_3 \Phi_3(x)) + (\gamma - \eta a_1) \left(\frac{c}{\lambda + 2\mu} \frac{x}{|x|} + \frac{1}{\lambda + 3\mu} x_3 \text{grad}\Phi_4(x) \right) + a_3 \text{grad}\Phi_5(x) + \eta^2 x_3 \text{grad}\Phi_9(x) - \eta \text{grad}\Phi_8(x) \quad (13)$$

Substitute the expressions of $u(x)$, $\theta(x)$ and $v(x)$, given by (13), (6) and (10) respectively, we obtain

$$(\eta^2 - (\lambda + 3\mu)\eta_2) \frac{\partial \Phi_9(x)}{\partial x_3} - \frac{2\mu}{\lambda + 3\mu} \frac{\partial \Phi_2(x)}{\partial x_3} - \frac{\mu a_1}{\lambda + 3\mu} \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} = 0.$$

This equality will be satisfied, if the function $\Phi_9(x)$ is defined in the following form

$$\Phi_9(x) = \frac{\mu}{(\lambda + 3\mu)(\eta^2 - (\lambda + 3\mu)\eta_2)} (2\Phi_2(x) + a_1 \Phi_4(x)),$$

where

$$a_1 = \frac{\gamma \eta_2 - \eta \gamma_1}{\eta_2(\lambda + 2\mu) - \eta^2}.$$

Substituting the value of $\Phi_9(x)$ into (10) and (13), we get

$$v(x) = 2a_1 \frac{c}{|x|} + a_5 \frac{\partial \Phi_2(x)}{\partial x_3} + a_4 \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} + a_2 \Phi_5(x) + (\lambda + 2\mu) \lambda_3^2 \Phi_8(x),$$

$$u(x) = a_1 c \frac{x}{|x|} + \text{grad}\Phi_1(x) + a_2 x_3 \text{grad}\Phi_2(x) - e_3 \Phi_2(x) + \text{rot}(x \Phi_3(x)) - a_3 x_3 \text{grad}\Phi_4(x) + a_3 \text{grad}\Phi_5(x) - \eta \text{grad}\Phi_8(x)$$

where

$$a_4 = a_1 + \frac{\mu \eta a_3}{\eta^2 - \eta_2(\lambda + 2\mu)}, \quad a_5 = a_1 + \frac{2\mu \eta}{\eta_2(\lambda + 3\mu) - \eta^2}, \quad a_3 = a_1 + \frac{\eta_2 \gamma - \eta \gamma_1}{\eta^2 - \eta_2(\lambda + 3\mu)}.$$

Thereby we have proved the first part of the theorem. As to the second part, it is proved by a straightforward verification that the vector $U = (u, w, \theta, v)^T$ represented in form (5) is a solution of system (1) – (4).

Denote by Ω^- a half-space $x_3 > 0$, and by $\partial\Omega$ its boundary plane $x_3 = 0$, $\Omega_R := \Omega^- \cap B(0, R)$ where $B(0, R)$ is the ball with center at the origin and radius R . Denote by \sum_R that part of the boundary of the ball $B(0, R)$ which lies in the domain $x_3 > 0$ by $S(O < R)$ the circle with center at the origin and radius R which lies on the plane $x_3 = 0$.

Definition. Assume that in the domain Ω^- the regular vector $U = (u, w, \theta, v)^T$ has the property $Z(\Omega^-)$ if it satisfies the following conditions

$$u(x) = 0(1), \theta(x) = 0(|x|^{-1}), v(x) = 0(|x|^{-1}), w(x) = 0(|x|^{-2}) \quad (14)$$

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \frac{1}{2\pi R^2} \int_{\Sigma_R} n(x) \cdot u(x) d\Sigma_R = 0 \quad (15)$$

where $n(x)$ is the external normal unit vector passing at a point $x \in \Sigma_R$ with respect to Ω_R , $R = |x|$.

Theorem 2. A solution of system (1) – (4) which has the property $Z(\Omega^-)$

$$u(x) = \text{grad}\Phi_1(x) + a_2 x_3 \text{grad}\Phi_2(x) - e_3 \Phi_2(x) + \text{rot}(e_3 \Phi_2(x)) - a_2 x_3 \text{grad}\Phi_4(x) +$$

$$+ a_2 \text{grad}\Phi_5(x) - \eta \text{grad}\Phi_8(x),$$

$$w(x) = \text{grad}\left(a_4 \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} + a_5 \Phi_5(x)\right) + \text{rotrot}(e_3 \Phi_6(x)) + \text{rot}(e_3 \Phi_7(x)), \quad (16)$$

$$\theta(x) = \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} + (\lambda + 2\mu)\lambda_1^2 \Phi_5(x),$$

$$v(x) = a_5 \frac{\partial \Phi_2(x)}{\partial x_3} + a_4 \frac{\partial \Phi_4(x)}{\partial x_3} + a_2 \Phi_5(x) + (\lambda + 2\mu)\lambda_3^2 \Phi_8(x).$$

Proof. The proof of this theorem follows from Theorem 2.1 the vectors $u(x)$ and $w(x)$ and the functions $\theta(x)$ and $v(x)$ represented by formulae (5) satisfy conditions (14). If the value of $u(x)$ is substituted from (5) into (15), then we have $c = 0$. If the value $c = 0$ is used in (5), then we obtain equalities (16), which completes the proof of the theorem.

Remark 2.3. The solution of differential equations (1) – (4), which have $Z(\Omega^-)$ property, a point at infinity satisfies the following conditions under in vanishes

$$u(x) = 0(|x|^{-1}), \theta(x) = 0(|x|^{-2}), v(x) = 0(|x|^{-2}), w(x) = 0(|x|^{-3}), \partial_k u(x) = 0(|x|^{-2}), k = 1, 2, 3 \quad (17)$$

where $\partial_k = \partial / \partial x_k$, $k = 1, 2, 3$.

REFERENCES

1. D. Iesan. Thermoelasticity of bodies with microstructure and microtemperatures. //Int.J. Solids and Structures, 2007, 44, pp.8648-8662.
2. K. Skhvitardze, M. Kharashvili., Investigation of the Dirichlet and Neumann Boundary value problems for a half-space filled a viscous incompressible fluid. Mechanics of the continuous environment issues. Published by Nova science Publishers, Inc. New York, 2012, pp. 85-98.
3. L.Giorgashvili, K.Skhvitardze, M.Kharashvili. Effective solution of the Neumann boundary value problem for a half-space with double porosity. //Georgian Int. Journal of science and tehnology, Nova Science Publishers, Inc., 2012, pp.143 - 154.

РЕЗЮМЕ

ОБЩЕЕ РЕШЕНИЕ ОДНОРОДНОЙ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ ТЕРМОУПРУГОСТИ ДЛЯ ТЕЛ МИКРОРАСТЯЖЕНИЕМ С УЧЕТОМ МИКРОТЕМПЕРАТУРЫ

Харашвили М.Г., Схвитаридзе К.М.

Грузинский технический университет

Рассматривается случай статики линейной теории термоупругости с учетом микрорастяжения и микротемпературы. Получено формула представлений общей решений системы дифференциальных уравнений с помощью четыре гармоническими и четыре метагармоническими функциями. Полученная формула является более удобным при решении конкретных задач для тел конкретной геометрии.

Ключевые слова: микротемпература, микрорастяжение, термоупругость, преобразование Фурье, метагармоническая функция.

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ РЕЖИМАМИ
МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ****Кенжебаева Ж.Е.****НАО Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г.Нур-Султан,
Казахстан**

К качеству расчетов эксплуатационных режимов неизотермических трубопроводов предъявляются повышенные требования, так как высокая вязкость и сдвиговые напряжения, появляющиеся при перекачке у многих нефтей и нефтепродуктов при температурах окружающей среды, требуют чрезмерно высоких энергозатрат для преодоления гидравлического сопротивления трубопровода, а тиксотропные свойства исключают возможность остановки перекачки на продолжительное время. При "горячей" перекачке потребность в тепле в течение года меняется: летом расход тепла на подогрев меньше, чем зимой. Отсюда следует, что теплогидравлический режим трубопровода в течение года переменный. Кроме этого, подача центробежных насосов (ЦБН) и работа печей в течение года меняются по технологическим причинам, включая плановые и аварийные остановки. Проектный стационарный режим на неизотермических трубопроводах практически не достигается, и трубопроводы редко эксплуатируются в том режиме, на который проектируются, работая с недогрузкой.

Современный уровень методов расчета нестационарных режимов работы неизотермических трубопроводов позволяет рассчитывать указанные процессы лишь приближенно, с той или иной степенью точности. Это объясняется сложностью сопутствующих явлений и трудностью их математического описания. Существующие методы расчета и отраслевой стандарт не учитывают изменения подачи насосов Q вследствие изменения гидравлического сопротивления трубопровода при неизотермических нестационарных процессах. Колебания подачи насосов и температуры перекачки жидкости взаимосвязаны. Поэтому принятие постоянства $Q = \text{const}$ правомерно лишь для поршневых насосов.

При длительной работе ЦБН на "горячий" трубопровод рабочие параметры системы определяются точкой пересечения стационарной характеристики "горячего" трубопровода с характеристикой насосов. При нестационарной работе режим работы определяется пересечением мгновенной характеристики с насосной характеристикой. Мгновенной характеристикой называется графическая зависимость потерь напора от расхода жидкости по трубопроводу на данный момент времени. Эта характеристика изотермическая. Так как расход жидкости по трубопроводу меняется во времени вследствие изменения гидравлического сопротивления, то рабочая точка будет перемещаться по характеристике ЦБН, стремясь при прогреве к точке пересечения, а при охлаждении подача сбрасывается до "0".

Развитие подобных процессов зависит от двух факторов: крутизны насосной характеристики и тепловой инерции грунта, которая определяет темп прогрева или темп охлаждения трубопровода. Практика эксплуатации трубопроводных систем показывает, что "горячие" магистральные трубопроводы эксплуатируются в нестационарных режимах, со сложным наложением "предыстории" переключений, остановок и возобновлением перекачек. Это приводит к тому, что теоретически в течение года вокруг трубы нет одинаковых температурных полей. Многочисленные диспетчерские данные свидетельствуют о том, как часто не коррелируются значения гидравлических потерь h в трубопроводе и температурных режимов t_n и t_k . Обычно исследователи относят это к неточности замеров и погрешности экспериментов. Но объяснение может быть и другое, вполне определенное. В силу тепловой инерции грунта, при смене режимов, сопровождающихся изменением удельного теплового потока в грунт, на разном удалении от трубы могут идти разные процессы.

В грунте происходит сложнейшее перераспределение не только температур, но и влажности. Коэффициенты теплопереноса в таких случаях практически неопределимы. На эксплуатацию трубопроводных систем влияют климатические условия, проявляющиеся в виде экстремальных ситуаций, связанных с резким изменением температуры окружающей среды, обильными осадками, паводками, наводнениями, засухами и прочими условиями,

значительно изменяющими характер теплообмена, следовательно, и гидравлическое сопротивление трубопровода и, как результат, нарушающие подачу насосов.

Подача центробежных насосов уменьшается с увеличением гидравлического сопротивления трубопровода, а темп ее падения зависит от крутизны характеристики ЦБН. Снижение производительности является причиной чрезмерного охлаждения и понижения температуры по мере следования жидкости до конечного пункта трубопровода. Процесс сбрасывания подачи насосов продолжается до полного прекращения подачи и "замораживания" трубопровода, если не принять специальных мер. Параметр, производительность трубопровода, определяется гидравлическим сопротивлением, возможностью насосно-силового оборудования и насосной характеристикой (5) в системе дифференциальных уравнений (1-7), описывающих нестационарные процессы, при соответствующих краевых условиях и общепринятых допущениях:

- движения

$$\frac{\partial(\rho \cdot v)}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial z}(p + \rho \cdot v^2) = -\rho \cdot g \cdot \sin \alpha + \frac{2 \cdot \tau_{TP}}{R}, \quad (1)$$

- неразрывности

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} = -\frac{\partial(\rho \cdot v)}{\partial z}, \quad (2)$$

- энергии

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + v \cdot \frac{\partial t}{\partial z} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot q(t)}{\rho \cdot c \cdot F} + \frac{v}{c} \cdot \frac{dh}{dz}, \quad (3)$$

где:

$$q(t) = \frac{\lambda_1}{2 \cdot \pi \cdot R} \int_0^{\pi} \frac{\partial t_1}{\partial r} \Big|_{r=R} dr, \quad (4)$$

- центробежных насосов

$$H, = H' - k_0 \cdot Q^{b_0}, \quad (5)$$

- теплопроводности изоляции

$$\frac{\partial t_i}{\partial \tau} = a_i \cdot \left(\frac{\partial^2 t_i}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial t_i}{\partial r} \right), \quad (6)$$

- теплопроводности грунта

$$\frac{\partial t_{TP}}{\partial \tau} = a_{TP} \cdot \left(\frac{\partial^2 t_{TP}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t_{TP}}{\partial y^2} \right), \quad (7)$$

где: ρ, c и v - плотность, теплоемкость и скорость движения жидкости по трубопроводу; p и t - давление и температура; τ - время; R, R_i - радиус трубы, изоляции, соответственно; x, y, z - координаты оси трубопровода; α - угол наклона трубы к горизонту; τ_{TP} - напряжение трения жидкости на стенке трубы; $q(t)$ - тепловой поток через стенку трубы; F - площадь поперечного сечения трубы; h - потери энергии на трение; H_0, H' - напор центробежного насоса при подаче Q и нулевой подаче; k_0, b_0 - эмпирические коэффициенты в (5); t, t_1, t_i и t_{TP} - температуры жидкости, стенки трубы, слоев изоляции и грунта; λ_1, λ_i и a_i, a_{TP} - соответственно коэффициенты теплопроводности и температуропроводности.

Таким образом, к простейшей системе 5-ти дифференциальных уравнений, описывающих гидродинамические процессы и теплообмен подземного трубопровода, добавляется еще одно уравнение напорной характеристики ЦБН (5). Сопряженная задача в

общем, виде представляется системой уравнений (1-7), при соответствующих краевых условиях и условиях сопряжения. В общем, виде решение данной сопряженной задачи получить не представляется возможным. Аналитическое решение системы (1-7) весьма трудоемко даже при многочисленных допущениях. Упростить подход к решению данного класса задач можно, если использовать метод последовательной смены стационарных состояний. Реализовать этот принцип возможно в аналитической постановке, с использованием ЭВМ и графоаналитическим способом. Не задаваясь целью изложить здесь полученные аналитические решения по определению времени прогрева трубопровода, времени безопасной остановки перекачки и др. в виду их громоздкости, сославшись на алгоритмы и соответствующие программы расчета на ЭВМ основных нестационарных процессов, рассмотрим графоаналитический метод решений сопряженных задач, используя динамические характеристики трубопроводной системы. Метод динамических характеристик успешно применялся для расчета нестационарных режимов нефтепроводов Узень-Шевченко, расчета безопасного времени остановки при транспорте бузачинских нефтей и других [1-3].

Решение уравнений (1-4, 6-7) дает величину потребного напора для прокачки жидкости по трубопроводу в температурном режиме, определяемом тепловой инерцией окружающего массива, т.е. дифференциальным уравнением (7).

$$H = \frac{P_k}{\rho \cdot g} + \Delta z + h(t) = \Delta z' + h(t) \quad (8)$$

Условие сопряжения на контуре трубы удобно задать тепловым потоком, полагая сбалансированность теплообмена, например, уравнением

$$q = Q \cdot \rho \cdot c \cdot \left(\frac{dt}{dz} \right)_R, \quad (9)$$

Совместное решение уравнений (5) и (8) дает параметры рабочей точки на рассматриваемый момент времени: подачу насосов Q и развиваемый ими напор H .

Для стационарного режима это - Q_A и H_A ; для нестационарного - Q_{Vi} и H_{Vi} :

$$h(t) + \Delta z' = H' - k_0 \cdot Q^{b_0}, \quad (10)$$

Следует отметить, что для действующих нефтепроводов величину потерь энергии $h(t)$ в уравнении (8) можно определять с учетом реального гидравлического сопротивления. Суть теплогидравлического расчета, например, прогрева системы, выражается в определении температур и построению на их основе мгновенных характеристик на каждый момент времени. По точкам пересечения V_i определяют потребный напор и сравнивают его с допустимым. Аналогично поступают, если учитывают температуру застывания перекачиваемой нефти или другие факторы.

Отличительная особенность характеристики трубопровода для транспорта вязкопластичных жидкостей заключается в том, что она начинается не с нуля, а с некоторой величины статического напора при нулевой подаче. При работе насосов с малыми подачами потери напора в трубопроводе состоят из потерь на трение H_v и на преодоление предельного напряжения сдвига H_τ .

$$h(t) = H_y + H_\tau, \quad (11)$$

По длине неизотермического трубопровода может сформироваться 4 характерных участка, отличающихся режимами течения и законами гидравлического сопротивления. Потери энергии на вязкое трение определяются с учетом неизотермичности потока по сечению и по длине трубопровода. Для определения потерь энергии H_τ с учетом линейной зависимости τ'_0 от температуры вида

$$\tau_0 = \tau_0^* \cdot \frac{t_y - t}{t_y - t_0}, \quad (12)$$

предлагая формулу:

$$H_\tau = \frac{16 \cdot \tau_0^* \cdot L}{3 \cdot d \cdot Su} \left(\ln \frac{t_y - t_e}{t_k - t_e} + \frac{t_n - t_e}{t_y - t_e} - 1 \right), \quad (13)$$

где: $Su = \ln \frac{t_n - t_e}{t_k - t_e}$, t_y – температура появления предельного напряжения сдвига, τ_0^* –

предельное напряжение сдвига при температуре t_e – грунта на глубине заложения трубопровода в ненарушенном тепловом состоянии; t_n и t_k – температура перекачиваемой жидкости в начальном и конечном сечении трубопровода; d и L – внутренний диаметр и длина трубопровода.

Таким образом, данная методика позволяет проводить полноценное моделирование стационарного, пускового, переходных режимов работы, а также остывания трубопровода. На основе такого моделирования можно решать следующие задачи, необходимые для трубопроводного транспорта реологически сложных нефтей: 1) Определение возможных технологий для транспорта реологически сложных нефтей; 2) Выбирать наиболее выгодные режимы работы, например, с точки зрения экономии электроэнергии; 3) Заранее прогнозировать возможные осложнения при транспорте нефти, находить время безопасной остановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика расчета эксплуатационных режимов теплоизолированных мазутопроводов. Главнефтеснаб РСФСР // Отрасл. лабор. трубопр. транспорта. – Уфа: УНИ, 1979, 79 с.
2. Методика теплогидравлического расчета мазутопроводов. Госкомнефтепродукт РСФСР. Отрасл. лабор. трубопр. транспорта. – Уфа: УНИ, 1982, 55 с.
3. Тугунов П.И., Гаррис Н.А. Применение динамических характеристик для расчетов эксплуатационных режимов неизотермических трубопроводов // ОИ ВНИИОЭНГ. Сер. Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – 1985, Вып. 3, 60 с.

SUMMARY

CALCULATION PROCEDURE FOR CONTROL OF OPERATIONAL REGIMES OF MAIN OIL PIPELINES

Kenzhebaeva Zh.E.

Kazakh agro-technical University Named After S. Seifullin JSC, Nur-Sultan

Procedure allows the valid modeling of stationary, starting, transient regimes of operation as well as of cooling down of oil pipeline.

Keywords: oil, operational regime, oil pipeline.

ეკონომიკური პროცესების მეტროლოგიური უზრუნველყოფა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინსტიტუტი „ტალდა“

ლომსაძე ხ.ა.

თანამედროვე ბაზარზე, მნიშვნელოვანია პროდუქციის ტექნიკური მახასიათებლების გაუმჯობესებისა და შენარჩუნების საკითხი, რაც პროდუქციის ხარისხთან პირდაპირ კავშირშია.

ედვარდს დემინგის კლასიფიკაციით პროდუქციის დაბალი ხარისხი ორ ჯგუფად იყოფა: სპეციალური და სისტემური. აქედან დაბალი ხარისხის მიზეზის 94% სისტემურია. მხოლოდ სპეციალური (6%) მიზეზების აღმოფხვრით, ხარისხის მკვეთრი ცვლილების მიღწევა შეუძლებელია [1].

მე-18, მე-19 საუკუნეებში ზუსტი გაზომვადობის გამოყენებამ რევოლუციურად შეცვალა წარმოება, მეწარმეებმა შრომა ეფექტურად და კვალიფიციურად დაანაწილეს. მოგვიანებით გაზომვადობა გახდა პროცესების კონტროლის ერთ-ერთი განუყოფელი ნაწილი [2].

გაზომვების და კონტროლის საშუალებები დიდი სიზუსტით უნდა ასახავდეს ინფორმაციას ნივთიერებების, მასალების და პროდუქტების თვისებების შესახებ, ასევე გამოშვებული პროდუქციის ტექნოლოგიური პროცესების ბუნებას, ხარისხს და რაოდენობას. უფრო მეტიც, ხარისხის პრობლემის გადაჭრა უმეტესწილად დამოკიდებულია მიღებული გაზომვის ინფორმაციის სისწორეზე და კვლავწარმოებაზე.

პროდუქციის ხარისხის გაზომვად მაჩვენებელზე ობიექტური ინფორმაციის მიღება დაფუძნებულია გასაზომი (კონტროლირებადი) პარამეტრების მოთხოვნების შემუშავებასა და რეგლამენტაციაზე; საზომი ინსტრუმენტების არჩევაზე, საჭირო სიზუსტით შესრულებულ გაზომვის მეთოდიკაზე; მიღების, დამუშავების და შედეგების წარდგენისათვის მთელი რიგი მეტროლოგიური წესების დაცვაზე.

საბაზრო ეკონომიკის პირობებში, წარმოებული პროდუქცია უნდა გამოირჩეოდეს მაღალი ხარისხის ინდიკატორებით. იმისათვის, რომ საწარმოები იყვნენ კონკურენტუნარიანი და განახორციელონ წარმატებული ეკონომიკური საქმიანობა უნდა გამოიყენონ მაღალეფექტური და შედეგიანი ხარისხის სისტემები. ასეთი სისტემების გამოყენებამ უნდა გამოიწვიოს ხარისხის მუდმივი გაუმჯობესება და მომხმარებელთა კმაყოფილების ზრდა. ხარისხის სისტემა შეიძლება ეფექტური იყოს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა საწარმოს ყველა დეპარტამენტი ფუნქციონირებს ერთდროულად და შეთანხმებულად, რაც გავლენას ახდენს პროდუქტის ხარისხზე.

ამ დროს, მეტროლოგია პროდუქციის ხარისხის მართვის კომპლექსური სისტემის შემადგენლობის ქვესისტემად გვევლინება, რომელიც აწვდის ინფორმაციას მართული ობიექტების მდგომარეობის შესახებ მათი მახასიათებლების გაზომვის საფუძველზე. მაგალითად, დასამუშავებელი დეტალების ხარისხზე გავლენის მოსახდენად საჭიროა მისი შესაბამისი პარამეტრების ფაქტიური სიდიდეების ცოდნა (ზომები, გეომეტრიული ფორმები, ზედაპირის სიმქისე და ა.შ, რაც შეიძლება განისაზღვროს მხოლოდ ტექნოლოგიური პროცესების დაწყებისას ან პირველი დეტალის დამუშავების შემდეგ). გაზომვების საფუძველზე დამუშავების პროცესის კორექცია მიმდინარეობს ტექნოლოგიური ოპერაციის შემსრულებლების მიერ ან ავტომატურად (აქტიური კონტროლის სისტემის გამოყენებით). უნდა აღინიშნოს, რომ ტექნიკური გაზომვების დონეს გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ნებისმიერ საწარმოში ხარვეზების გარეშე მუშაობის უზრუნველსაყოფად. ხარისხის მართვა წარმოუდგენელია გაზომვების მეტროლოგიური უზრუნველყოფის გარეშე, რაც ხასიათდება მატერიალურ და ენერგორესურსებზე, მასალებისა და ნედლეულის ხარისხზე, გარემოს

მდგომარეობაზე, ადამიანის ჯანმრთელობის უსაფრთხოებასა და დაცვაზე და, შესაბამისად, პროცესებისა და პროდუქტების ხარისხზე რაოდენობრივი ინფორმაციის მოპოვების უნიკალური შესაძლებლობებით. ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს, რომ საწარმოს ხარისხის უზრუნველსაყოფად მეტროლოგიური სამსახური არის ყველაზე მნიშვნელოვანი ელემენტი.

პროდუქციის სასიცოცხლო ციკლის პროცესების დაგეგმვისას ორგანიზაციამ მისთვის სასარგებლო ხედვა უნდა შექმნას:

- ა) მიზანი – პროდუქციის ხარისხი და მოთხოვნები;
- ბ) პროცესებისა და დოკუმენტების შემუშავების საჭიროება, აგრეთვე კონკრეტული პროდუქტისთვის რესურსების უზრუნველყოფა;
- გ) აუცილებელი ღონისძიებების ჩატარება კონკრეტული პროდუქტების ვერყვი-კაციისა და ვალიდაციის, მონიტორინგისა და გაზომვის, კონტროლისა და ტესტირებისათვის, აგრეთვე პროდუქციის მიღების კრიტერიუმები;
- დ) ჩანაწერები, რომლებიც აუცილებელია იმის დასამტკიცებლად, რომ პროდუქტის სასიცოცხლო ციკლის პროცესები და პროდუქტები შეესაბამება მოთხოვნებს. ასევე, ორგანიზაციამ უნდა განსაზღვროს მონიტორინგი და გაზომვები, რომელთა განხორციელებაც მოხდება და აგრეთვე შესაბამისი მოწყობილობები მონიტორინგისა და გაზომვებისათვის, რომლებიც უზრუნველყოფენ პროდუქციის დადგენილ მოთხოვნებთან შესაბამისობის მტკიცებულებას.

პროდუქტების ვერიფიკაციის და ვალიდაციის, მონიტორინგის და გაზომვების, კონტროლის და ტესტირების ღონისძიებების უზრუნველყოფა ხორციელდება მონიტორინგისა და გაზომვების მაკონტროლებელი მოწყობილობების საშუალებით ე.ი. მეტროლოგიური უზრუნველყოფით, რომლის შესრულებაზეც პასუხისმგებლობა მეტროლოგიურ სამსახურს ეკისრება.

მეტროლოგია მნიშვნელოვანია საერთაშორისო ვაჭრობაში. ის უზრუნველყოფს აუცილებელ ტექნიკურ საშუალებებს, იმისათვის, რომ მოხდეს კორექტული გაზომვები ჰარმონიზებული გაზომვის სისტემის გამოყენებით, რომელიც მოიცავს ერთეულთა საერთაშორისო სისტემას (SI), ზუსტ საზომ ინსტრუმენტებს, რომლებიც აკმაყოფილებენ საერთაშორისო სტანდარტებს. გაზომვა შედის პრაქტიკულად ყველა კომერციულ ოპერაციაში, დაწყებული საბითუმო ვაჭრობით (პროდუქტები, როგორცაა ნავთობი, ბუნებრივი გაზი და ლითონის საბადო), ბაზარზე მომხმარებელზე საქონლის საცალო გაყიდვამდე. გარდა რაოდენობისა, პროდუქციის ხარისხი და მათი შესაბამისობა სტანდარტებთან მნიშვნელოვანი კრიტერიუმია საერთაშორისო ვაჭრობაში.

შესაბამისი სერტიფიკატები გამოიყენება პროდუქტების სტანდარტებთან და რეგულაციებთან შესაბამისობის დასამტკიცებლად. ასეთი სერტიფიკატები უფრო და უფრო მნიშვნელოვანი ხდება. მრავალ შემთხვევაში ხარისხის შემოწმება და შესაბამისობა მოითხოვს გადამოწმებას.

აკრედიტებულმა საკალიბრაციო ლაბორატორიებმა უნდა უზრუნველყონ გაზომვისა და ტესტირების აღჭურვილობის სათანადო კალიბრაციის პირობები.

მეტროლოგიას აქვს საკმაოდ დიდი ფიქსირებული ხარჯები, მაგრამ აქვს მნიშვნელოვანი გამოყენებადობა. საბაზრო ეკონომიკაში გაზომვის ღონისძიებები ორ ნაწილად იყოფა. პირველი, თითოეული ორგანიზაცია საბაზრო ეკონომიკაში ახდენს გაზომვებს შიდა მიზნებისათვის და უზრუნველყოფს, რომ ის აკმაყოფილებდეს რეგულაციებს. მეორე, გაზომვა არის საბაზრო ეკონომიკაში გაცვლის ნაწილი ორგანიზაციებს შორის. აქ შესაძლებელია საჭირო გახდეს სპეციალური ჩარევა, იმის გამო, რომ შესაძლებელია მიმწოდებელსა და მყიდველს შორის გაზომვადობას ჰქონდეს შეუსაბამობა.

ლიტერატურა

1. Deming, W. Edwards. The New Economics for Industry, Government, and Education. Boston, Ma: MIT Press. p. 132. ISBN 0262541165.
2. G.M. Peter Swann. The Economics of Metrology and Measurement. Report for National Measurement Office, Department for Business, Innovation and Skills Final Draft 14th October 2009, p. 116.

SUMMARY

METROLOGICAL SUPPORT OF ECONOMIC PROCESSES

Lomsadze Kh.A.

“Talga” Institute of Georgian Technical University

The article presents the importance of metrological provision of products for companies that are going to enter the international market. The objectives of modern metrological support are presented, the world market requirements for product certification and towards the organizations (testing and calibration laboratories) which are making certifications are described.

Keywords: metrology, certification, international market.

ინოვაციები საწარმოს სამეცნიერო-ტექნოლოგიურ განვითარებაში

ლომსაძე ხ.ა., მეცხვარიშვილი მ.რ., კალანდაძე ი.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინსტიტუტი „ტალღა“

თანამედროვე ეკონომიკაში წარმოების სამეცნიერო-ტექნიკური განვითარების ძირითადი მიმართულებები არის: წარმოების კომპლექსური მექანიზაცია და ავტომატიზაცია; ელექტროფიკაცია; ქიმიური მიმართულება; ახალი მასალების შექმნა და დანერგვა; ახალი ტექნოლოგიების (მასალის) შექმნა, მათ შორის ნანოტექნოლოგიების (ნანომასალების).

ყველა ეს მიმართულება ხელს უწყობს წარმოების გააქტიურებას, სამუშაო პირობების გაუმჯობესებას, მისი პროდუქტიულობის გაზრდას, კომპანიის პროდუქციის ხარისხისა და კონკურენტუნარიანობის გაუმჯობესებას. ამრიგად, კომპანიის სამეცნიერო და ტექნოლოგიური განვითარება არის ინოვაციის უწყვეტი პროცესია [1,2].

არსებობს ინოვაციური საქმიანობის მრავალგვარი განმარტება.

ინოვაციების დანერგვა სულ უფრო მეტად განიხილება, როგორც წარმოებული საქონლის კონკურენტუნარიანობის გაზრდის, განვითარების მაღალი დონის და მომგებიანობის შენარჩუნების ერთადერთი გზა. საწარმოებში ტექნოლოგიური განვითარების განხორციელების აქტუალობა განპირობებულია ცვლილებების ორი ჯგუფით, რომელსაც აქვს საშინაო და საერთაშორისო ხასიათი.

სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, საწარმოებზე ზეწოლას ახდენენ გარე და შიდა ბაზრები, რაც აისახება შემდეგში: მომხმარებლის ქცევის ცვლილება; განვითარებული ბაზარი საქონლით და მომსახურებით, შედეგად გაზრდილი კონკურენცია; ახალი, მსოფლიო დონის მრავალფეროვანი ტექნოლოგიები; მიწოდებისა და მოთხოვნის გლობალიზაცია.

2016 წლის 22 ივნისის „ინოვაციების შესახებ“ საქართველოს კანონის თანახმად, ინოვაცია არის ეკონომიკური, სამეცნიერო ან სოციალური ღირებულების მქონე, გამოყენებადი, ახალი ან მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებული პროდუქტი, პროცესი ან მომსახურება, რომელიც შეიძლება იყოს სხვადასხვა სახის. ხოლო ინოვაციური საქმიანობა არის საქმიანობა, რომელიც ხორციელდება ეკონომიკური ან სოციალური ღირებულების მქონე, გამოყენებადი, ახალი, ან მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებული პროდუქტის, პროცესის ან მომსახურების შესაქმნელად [3].

ამგვარად, ინოვაცია არის სამეცნიერო, სამეცნიერო-ტექნიკური და ინტელექტუალური პოტენციალის გამოყენების სისტემა, იმისთვის, რომ მივიღოთ ახალი ან გაუმჯობესებული პროდუქტი ან მომსახურება, წარმოების ახალი მეთოდი, რომელიც დააკმაყოფილებს როგორც ინდივიდუალურ, ისე საზოგადოებრივ მოთხოვნებს.

პირველი, და ძირითადი სიახლე ისეთი ინოვაციაა, რომელიც რეალიზებას უკეთებს უდიდეს გამოგონებას და ტექნიკაში ხდება რევოლუციური გადატრიალების საფუძველი, ფორმირდება ახალი მიმართულებები, მიმდინარეობს ტექნოლოგიური სისტემების ხარისხობრივი ცვლილება, იქმნება ახალი ინდუსტრიები.

ასეთი ინოვაციები ათვისებისათვის მოითხოვს ხანგრძლივ პერიოდს და დიდ ხარჯებს. მაგრამ, სანაცვლოდ უზრუნველყოფენ მნიშვნელოვან ეკონომიკურ დონეს და მასშტაბებს [4].

მეორე, ძირითადი და ფუნდამენტური ინოვაციები წარმოიქმნა ანალოგიური გამოგონებების მიხედვით, სამეცნიერო და ტექნიკური რეკომენდაციების საფუძველზე, რის შედეგადაც, იცვლება ტექნიკის თაობები, ან იქმნება ახალი ტექნოლოგიები საწყისი ფუნდამენტური სამეცნიერო პრინციპის შენარჩუნებით. ამ ინოვაციების რეალიზაცია ხდება უფრო მოკლე დროში და უფრო დაბალ ფასად, მაგრამ ტექნიკური დონის ნახტომი და ეფექტურობა გაცილებით ნაკლებია.

მესამე, საშუალო და კომბინირებული ინოვაციები წარმოადგენენ კონსტრუქციულად შეერთებული ელემენტების სხვადასხვა კომბინაციას. გამოგონებისა და

ნოუ-ჰაუს საშუალო დონის რეალიზაციისას, მოცემული ინოვაციები საშუალებას იძლევა შეიქმნას მოცემული თაობის ტექნიკის ბაზა ახალი მოდელებისა და მოდიფიკაციების შესაქმნელად, სრულყოფილ არსებული ტექნოლოგია, გააუმჯობესოს გამოსაშვები პროდუქციის ძირითადი ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები.

მეოთხე, მცირე და კომბინატორული ინოვაციები შემოიფარგლება მცირე გამოგონებებით, რაციონალიზაციური წინადადებებით და წარმოების გამოცდილებით. ისინი აუცილებელია ტექნიკურ-ეკონომიკური პარამეტრების შესანარჩუნებლად [5,6].

საბოლოო ჯამში საწარმოს ეფექტურობის გაზრდის მიზნით, ინოვაციურმა საქმიანობამ უნდა უზრუნველყოს:

- საჭიროებების სრულყოფილი და დროული დაკმაყოფილება;
- საწარმოს კონკურენტუნარიანობა პროდუქციის ხარისხისა და წარმოების ეფექტურობის თვალსაზრისით, ბალანსის მიღწევა სტაბილურობასა (ტრადიციული ტექნოლოგიით მართვა) და ახალი ტექნოლოგიის დანერგვის მცდელობებს შორის. ტრადიციული პროდუქტიული ტექნოლოგიის შენარჩუნებისას, აუცილებელია რესურსების ნაწილის მიმართვა ახალი ტექნოლოგიის დანერგვისაკენ.

- სისტემის შიდა და გარე ელემენტების განვითარების ურთიერთქმედების ორგანიზება, რომლის ძირითადი ფაქტორები არის ინფორმაცია ინოვაციების ბაზრის შესახებ, ალტერნატიული პროექტების შერჩევა და ურთიერთდაინტერესება [7].

ასე რომ, ახალი ტექნიკის და ტექნოლოგიის დანერგვის მიზანია საქონლის ღირებულების შემცირება, რაც იწვევს საქონლის გაიაფებას, ასევე მცირდება საქონლის ერთეულზე წარმოების სამუშაო დრო და მატერიალური ხარჯები, იზრდება ძირითადი ფონდების სიმძლავრე და ა.შ. საბაზრო პირობებში ახალი ტექნიკის და ტექნოლოგიის დანერგვა ხელს უწყობს საწარმოს ძირითადი ამოცანის განხორციელებას - მოგების მაქსიმალური გაზრდა მინიმალურ ფასად.

ლიტერატურა

1. Парамонов П.Ф. и др. Экономика предприятий. В 2-х частях. –Краснодар, КГАУ, 2008, ч.1, 331с. ч.2, 522с.
2. Miller W., Langdon M. 4th Generation R&D. Managing knowledge, Technology and Innovation. - John Wiley & Sons, Inc., 1999, 335 p.
3. საქართველოს კანონი ინოვაციების შესახებ.
<https://matsne.gov.ge/ka/document/view/3322328?publication=0>.
4. Bamberger Ingolf. Product/Market Strategies of Small and Medium-sized Enterprises. - England: Avebury, 1994.
5. Bray Stewart. Total Innovation. - Pitman Publishing. 1995.
6. Cozijnsen A., Vrakking W. Handbook of Innovation Management, Basil Blackwell, Ltd, 1993.
7. Johnson A. Edosomwan. Integrating Innovation and Technology Management. - John Wiley & Sons. Inc. - 1989.

SUMMARY

INNOVATIONS IN SCIENTIFIC-TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE ENTERPRISE

Lomsadze Kh.A., Metskhvarishvili M.R. and Kalandadze I.G.

“Talga” Institute of Georgian Technical University

Market development and market attitudes show that one of the key competitive strategic conditions for an enterprise is its innovative activity. Therefore, the introduction of new techniques and technology is relevant and very important. The article presents innovation as an important component of the economic efficiency of the enterprise. Today the scientific and technical development of the enterprise is an integral part of its main activity. Scientific-technical progress means the development of science, technique, technology, improvement of the working tools, forms and methods of the enterprise.

Keywords: innovation, technologies, complex mechanization, market conditions.

ბეტონის კუბის ფიზიკური მოდელი კუმშვის სიმტკიცეზე
საკვალიფიკაციო ტესტირების ჩასატარებლად

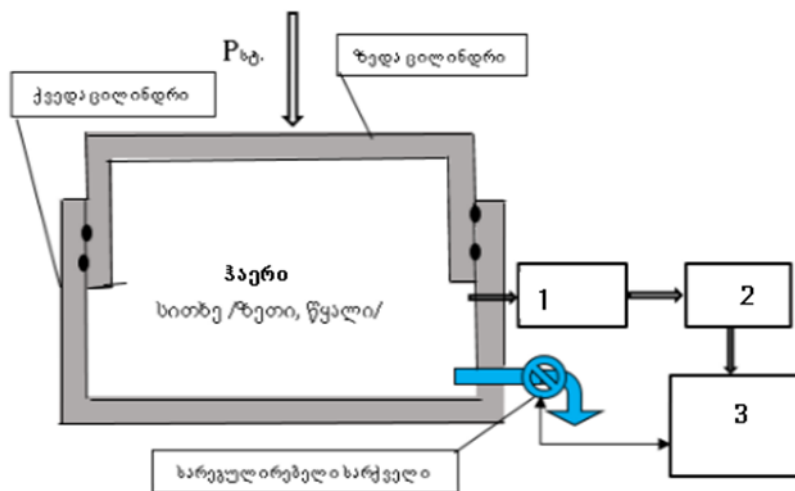
აბელაშვილი ნ.ნ., ოთხოზორია ნ.კ., მერებაშვილი გ.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საგამოცდო ლაბორატორიები, რომლებიც სამშენებლო სფეროს პროდუქციის კონტროლისა და მონიტორინგის ამოცანების გადაწყვეტით არიან დაკავებული ძირითადად იყენებენ მრღვევი ტესტირების მეთოდებს, მათ შორის ბეტონის კუმშვის ხარისხის დადგენის დროს. ნორმატიული დოკუმენტაციით ასეთი ტიპის ტესტირების ჩასატარებლად მოთხოვნილია გამოსაცდელი ნიმუშის 7 ან 28 დღიანი დაყოვნების მქონე ბეტონის კუბების გამოცდის აუცილებლობა, რაც თვითონ ბეტონის ნაკეთობის ტექნოლოგიური აუცილებლობითაა გამოწვეული. ასეთივე დროითი დაყოვნება სჭირდება, საკვალიფიკაციო გამოცდისათვის აუცილებელი ბეტონის კუბების საკონტროლო ნიმუშების მომზადებასაც, რომლის დანიშნულებას არა ბეტონის ხარისხის კვლევა, არამედ თვითონ ლაბორატორიის, პერსონალის, საკონტროლო-საზომი აპარატურის, გამოცდის მეთოდის და პროცედურების, მონაცემთა დამუშავების მეთოდების კომპეტენტურობის დადგენა წარმოადგენს. ამას გარდა გაზომვის შედეგების ადეკვატურობის მისაღწევად მეტად მნიშვნელოვანია საკონტროლო გამოსაცდელი ნიმუშების – ბეტონის კუბების, ერთგვაროვნება და გაზომვის შედეგების აღწარმოებადობის და განმეორებადობის მაჩვენებლების კვლევა რაც საკონტროლო ნიმუშისათვის ნორმირებული მეტროლოგიური მახასიათებლების მინიჭებას გულისხმობს, ეს კი რღვევად გამოცდების ჩატარების აუცილებლობიდან გამომდინარე საკონტროლო ნიმუშების ერთგვაროვნებას განსაკუთრებულ მოთხოვნებს უყენებს [1-4].

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით შემოთავაზებულია ბეტონის კუბის ფიზიკური მოდელი, კუმშვის სიმტკიცეზე საკვალიფიკაციო ტესტირების ჩასატარებლად. ბეტონის კუბის კუმშვის სიმტკიცეზე ლაბორატორიათაშორის საკვალიფიკაციო ტესტირების ჩატარებისათვის შემოთავაზებულია ბეტონის კუბის რამდენიმე საცდელი ფიზიკური მოდელი.

ფიზიკური მოდელის შესრულების ერთ-ერთი ვარიანტი (ნახ. 1) წარმოადგენს ერთმანეთში ჩასმულ ორ ურთიერთთავსებად ცალმხრივად დახურულ ლითონის, ზედა და ქვედა, ცილინდრს, რომლებიც ერთმანეთის მიმართ ისეა განლაგებული, რომ ქმნიან საერთო დახურულ სივრცეს.



სურ 1. ბეტონის კუბის კუმშვის სიმტკიცეზე ლაბორატორიათაშორის საკვალიფიკაციო ტესტირების ჩატარების ფიზიკური მოდელი

1. გამზომი სენსორი წინასწარი გამაძლიერებლით;
2. ანალოგურ ციფრული გარდამსახი;
3. საზომი და ინდიკაციის ბლოკი, სარქველის მართვის სქემასთან ერთად.

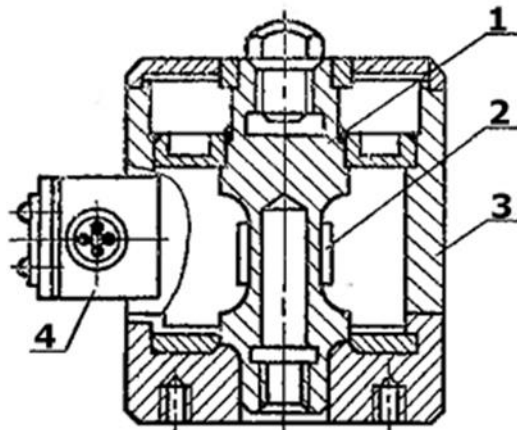
ცილინდრებს შორის მოქცეული დახურული სივრცე შევსებულია რაიმე სითხით მაგალითად, ზეთით ან წყლით. ზედა ცილინდრის გარე დიამეტრი თავსებადია ქვედა ცილინდრის შიგა დიამეტრთან. სითხის გაჟონვის თავიდან ასაცილებლად, ცილინდრებს შორის არსებულ საჰაერო ღრეჩოში, მოთავსებულია რეზინის ორი საიზოლაციო რგოლი. ტესტირების პროცესში ზედა ცილინდრზე, ვერტიკალური მიმართულებით, მოქმედებს კუმშვის ძალა, ის იწვევს დახურულ სივრცეში მოთავსებულ სითხეზე წნევის ზრდას. წნევის ცვლილება აღიქმება წნევის სენსორის საშუალებით საიდანაც წინასწარი გამაძლიერებლით გაძლიერებული ელექტრული სიგნალი, ანალოგურ ციფრული გარდამსახით გარდაიქმნება ციფრულ ფორმაში, რომელიც საზომი ხელსაწყო შესაბამისი სქემით, მოქმედი ძალის მნიშვნელობად გარდაიქმნება და აისახება ინდიკატორის ეკრანზე (დისპლეი). ამას გარდა საზომი ხელსაწყო უზრუნველყოფს სარეგულირებელი სარქველის მუშაობის მართვას, რომელიც წინასწარ განსაზღვრული ზემოქმედების ძალის მიღწევის შემდეგ გახსნის სარეგულირებელ სარქველს, რითაც მიიღწევა კუმშვის ძალის ზემოქმედებით ბეტონის კუბის რღვევის ეფექტი, სითხეზე მოქმედი წნევის მკვეთრად შემცირების გზით.

ანალოგიური წესით ზედა და ქვედა ცილინდრს შორის გარემო შეიძლება შევსებული იყოს ჰაერით, რომელიც შესაძლებელია ჩაიტუმბოს წინასწარი წნევით ან მის გარეშე. ასეთ შემთხვევაში რა თქმა უნდა გამოყენებული უნდა იქნას პნევმატიკაზე გათვლილი რეზინის სადებები და პნევმატური სარქველი.

ფიზიკური მოდელის ინდიკატორის ჩვენებას და რეალურ გამოსაცდელი დანადგარის გამზომი სქემის ჩვენებას შორის შედარებით განისაზღვრება გამოცდის პროცესის კომპეტენტურობა.

ფიზიკური მოდელის შესრულების, გარდა ზემოთ აღწერილი კონსტრუქციისა, შესაძლებელია ასევე, მისი დამზადება კუმშვის ტენზოგარდამსახის გამოყენებით.

კუმშვის ტენზოგარდამსახი წარმოადგენს ძალის ელექტრულ ფორმაში გარდამსახ მოწყობილობას (ნახ. 2), რომლის მოქმედების პრინციპი დამყარებულია მოქმედი დატვირთვისაგან დამოკიდებულებით, გამტარის განივკვეთის ცვლილებაზე რა დროსაც იცვლება გამტარში გამავალი დენის სიდიდე, გამტარის ელექტრული წინაღობის ცვლილების ხარჯზე.



ნახ. 2. ტენზოგარდამსახის კონსტრუქცია

1. დრეკადი ელემენტი; 2. ტენზორეზისტორი; 3. გარდამსახის კორპუსი; 4. კაბელის მისაერთებელი პერმეტული ბუდე.

ტენზორეზისტორული გარდამსახი კონსტრუქციულად წარმოადგენს დრეკად ელემენტზე დამაგრებულ ტენზორეზისტორს. ძალის მოქმედების შედეგად ხდება დრეკადი ელემენტის დეფორმაცია, რაც თავის მხრივ ტენზორეზისტორის გეომეტრიული პარამეტრების ცვლილებას იწვევს, რაც გავლენას ახდენს ელექტრულ პარამეტრებზე.

ასეთი ტიპის გარდამსახების გამოყენება პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს მითუმეტეს, რომ მათი მეტროლოგიური მახასიათებლები ნორმირებულია.

ასეთი გარდამსახის ბაზაზე დამზადებული საკვალიფიკაციო ტესტირების საკონტროლო ნიმუშის ფიზიკური მოდელი საშუალებას იძლევა ისინი გამოყენებული იქნან საგამოცდო ლაბორატორიების კომპეტენტურობის შესაფასებლად.

ტენზომეტრული გარდამსახების გაზომვის პროცესის უზრუნველყოფისათვის რეკომენდებულია უიტსონის ბოგირული სქემის გამოყენება. ტენზომეტრული გარდამსახების დამზადების და გამოყენების რეკომენდაციები საერთაშორისო დოკუმენტებით რეგულირდება (OIML R60).

ამრიგად, წამოყენებული და დასაბუთებულია მოსაზრება ბეტონის კუბის კუმშვაზე საკვალიფიკაციო ლაბორატორიათაშორისი ტესტირებისათვის საკონტროლო ნიმუშის სახით ფიზიკური მოდელის გამოყენების შესაძლებლობის შესახებ. შემოთავაზებულია ბეტონის კუბის კუმშვაზე გამოცდის საკონტროლო ნიმუშის რამდენიმე ვარიანტი მათ შორის ჰიდრაულიკური (ზეთი, წყალი), პნემატური და ტენზომეტრული გარდამსახის მოქმედებაზე დამყარებული ფიზიკური მოდელები. განსახილველი ამოცანისათვის შემოთავაზებული მიდგომა გამართლებულია, რადგანაც საკონტროლო ნიმუშის დანიშნულება არ არის ბეტონის ხარისხის კვლევა, არამედ თვითონ ლაბორატორიის, პერსონალის, საკონტროლო-საზომი აპარატურის, გამოცდის მეთოდის, პროცედურების და მონაცემთა დამუშავების მეთოდების კომპეტენტურობის დადგენა.

ლიტერატურა

1. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Дата введения 2013-07-01;
2. О. Болотских. Европейские методы Физико-Механических испытаний бетона. Харьковю TESTING. 2010, 144 с.
3. Compressive strength of concrete. <https://midtech.com.jo/compressive-strength-of-concrete-cubes> 27.10.2020;
4. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM Designation: A 370 – 03).

SUMMARY

PHYSICAL MODEL OF A CONCRETE CUBE FOR QUALIFICATION

COMPRESSIVE STRENGTH TESTS

Abelashvili N.N., Otkhзорia N.K. and Merebashvili G.M.

Georgian Technical University

The article presents and substantiates an opinion on the possibility of using a physical model as a control sample for interlaboratory tests of a concrete cube for compressive strength. Several versions of a sample for testing a concrete cube for compressive strength have been proposed, including physical models based on the actions of hydraulic (oil, water), pneumatic and tensometric effects.

Keywords: interlaboratory tests, control sample, statistical design, concrete compressive strength, assigned value, standard deviation, reproducibility and reproducibility of measurement results.

ხიმინჯები და მათი გამოყენება გზინაგზაობაში

ბაშარ მ. ამენ აბდულაჰ ალ-იმამ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

ხიმინჯოვანი საძირკვლების დაპროექტება იწყება მათი სახეობის შერჩევით, რაც დამოკიდებულია ნაგებობის დანიშნულებაზე, ადგილის გეოლოგიურ პირობებზე, საწარმოს ტექნიკურ შესაძლებლობაზე, როდესაც – სუსტი გრუნტია; მიწისქვეშა წყლის დონე აწეულია; დატვირთვები სტრუქტურულიდან მიმდინარე და არარეგულარული; გრუნტი ხასიათდება მაღალი კუმშვადობით; შესაძლებელია ეროზიის არსებობა; სტრუქტურის მახლობლად არსებობს არხი ან ღრმა სადრენაჟე სისტემა. ზოგჯერ მეწყერული ფერდობების გამაგრება ხდება ვერტიკალური ან ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით. [1,2]

2. ძირითადი ნაწილი

ხიმინჯების კლასიფიკაცია შემდეგნაირად ხდება: მასალის მიხედვით – ხის, ბეტონის, რკინა-ბეტონის, ფოლადისა და კომბინირებული; ხის ხიმინჯები მოთავსებულია წყლის დონის ქვეშ. ისინი შეიძლება იყოს მართკუთხა ან წრიული ფორმის, მისი უპირატესობებია: ჩვეულებრივი ზომისაა, ხელმისაწვდომია, ეკონომიურია და მარტივია მათი ინსტალაცია. ხის ხიმინჯები შეიძლება მოჭრილი იქნას ნებისმიერი სასურველი სიგრძის დაყენების შემდეგ; საჭიროების შემთხვევაში ხის ხიმინჯები ადვილად გადაადგილება და ა.შ. ხის ხიმინჯები უარყოფითი მხარე – გრძელი სიგრძის ხიმინჯების დაყენება ყოველთვის არ არის შესაძლებელი; ძნელია ხიმინჯის დაყენება თუ ნიადაგის შრეები ძალიან რთულია და ა.შ.

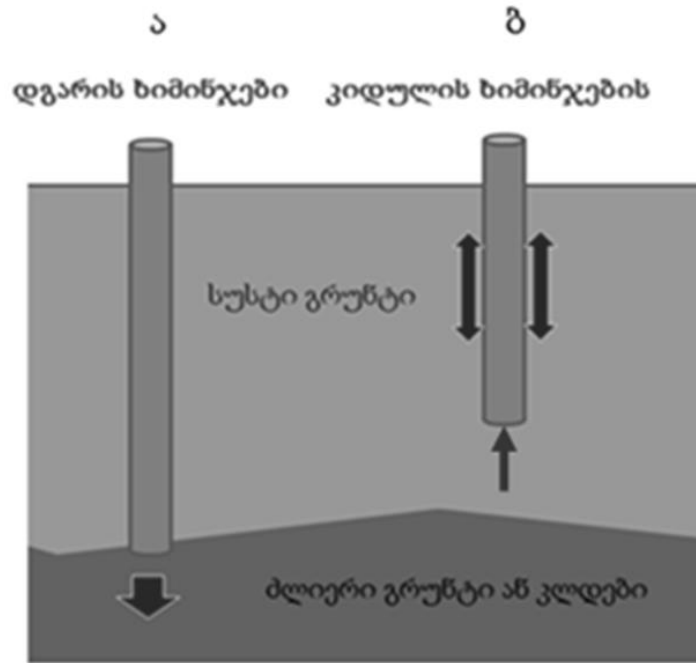
ნაბურღნატენი ხიმინჯი. ამ ტიპის ხიმინჯს აწყობენ გაბურღვით, ჭაბურღილის კედლების გამაგრების გარეშე. გაბურღულ ჭაურში ჩაიდგმება არმატურის კარკასი და ხდება მისი დაბეტონება. იმ შემთხვევაში, თუ ჭაბურღილის კედლები ვერ ინარჩუნებს ვერტიკალურ მდგომარეობას, მაშინ გაბურღვას აწარმოებენ სპეციალურ თიხის ხსნარით და დაბეტონება ხდება წყალქვეშა დაბეტონების ხერხით [1].

ფოლადის ხიმინჯების უპირატესობები – მარტივი ინსტალაცია, მათ შეუძლიათ მიადწიონ უფრო დიდ სიღრმეს ყველა სხვა ტიპის ხიმინჯებთან შედარებით, შეუძლიათ შეადწიონ ნიადაგის რთულ ფენაში და ა.შ.

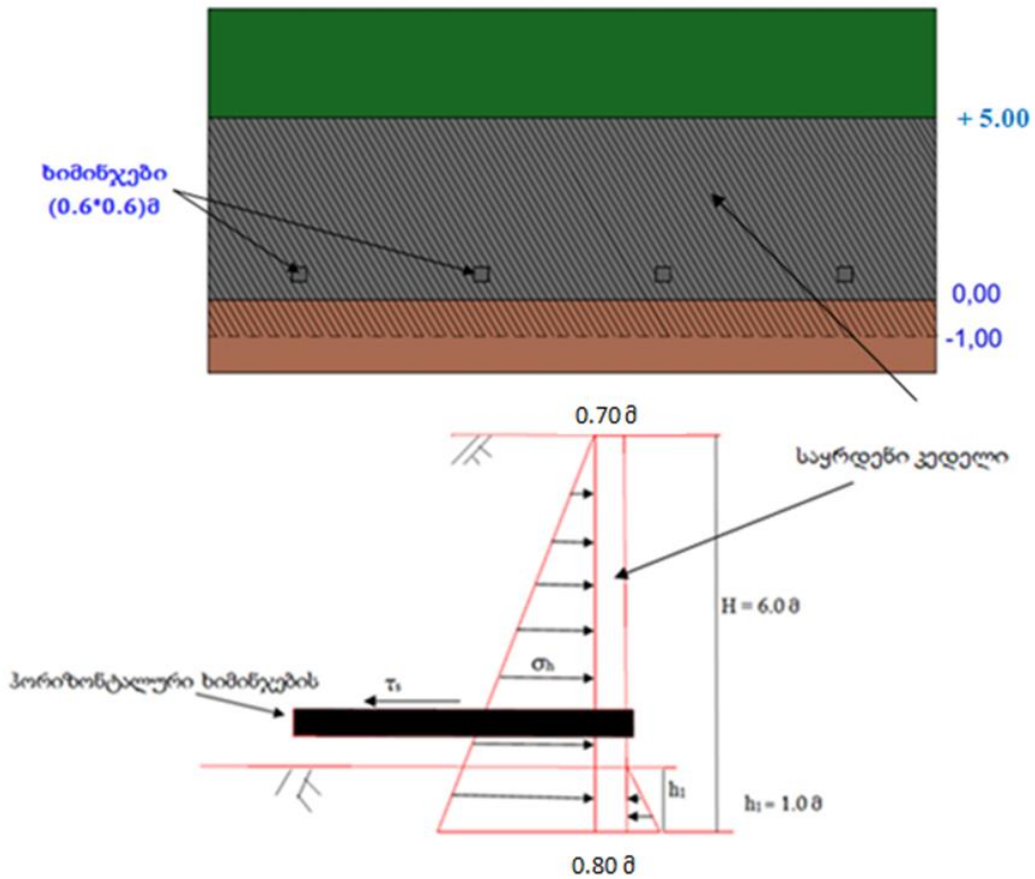
ხიმინჯები განივი კვეთის მიხედვით შეიძლება იყოს კვადრატული, მართკუთხა, წრიული, სამკუთხა, ხოლო გრძივი კვეთის მიხედვით – ცილინდრული, პრიზმული, კონუსური, პირამიდული.

დამზადების მიხედვით – წინასწარ დამზადებული ქარხნული წესით ან ადგილზე დამზადებული წინასწარ გაჭრილ ჭაბურღილებში. დამზადების მიხედვით ხიმინჯების ძირითადად გამოიყენება საზღვაო და მდინარის სტრუქტურებში, ანუ ისეთ სიტუაციებში, როდესაც ადგილზე ჩამოსხმული ბეტონის გამოყენება არაპრაქტიკული ან არაეკონომიკურია. ადგილზე დამზადებული ხიმინჯების სიგრძე მარტივად შეიძლება იცვლებოდეს.

არმირების მიხედვით – ჩვეულებრივი ან წინასწარ დაძაბული. მუშაობის ხასიათის მიხედვით ხიმინჯი შეიძლება იყოს დგარი ან კიდული. ხიმინჯი დგარია თუ იგი წვერით ეყრდნობა პრაქტიკულად კუმშვად ფენას (კლდე, თიხიანი გრუნტი მყარ მდგომარეობაში, მკვრივი ხრეში და სხვა). ამ შემთხვევაში ხახუნის ძალები ხიმინჯის გვერდით პირეულზე მხედველობაში არ მიიღება (ნახ.1, ა). ხიმინჯი კიდულია, თუ იგი ეყრდნობა წვერით კუმშვად ფენას. ასეთი ხიმინჯი მასზე მოსულ დატვირთვას ეწინააღმდეგება როგორც ხიმინჯის წვერზე ადრული რეაქციის ძალით, ასევე მის გვერდით პირეულზე წარმოქმნილი ხახუნის ძალებითაც (ნახუნის ხიმინჯები, (ნახ.1, ბ) [1].



ნახ. 1. ხიმინჯები მუშაობის ხასიათის მიხედვით – დგარი ან კიდული



ნახ. 2. ჰორიზონტალური ხიმინჯების საყრდენი კედელი
 τ_s : ხიმინჯების და გრუნტს შორის ხახუნი; σ_h : გრუნტის აქტიურის წნევა

მეწყრული ფერდობის გამაგრებასთვის, როცა მდგრადობის კოეფიციენტი 1-ზე ნაკლებია (არ არის უსაფრთხო) [3], ჩვენ გამოვიყენეთ სხვადასხვა ტიპის საყრდენი კედლის ჰორიზონტალური ხიმინჯები, ადგილზე საყრდენი კედელი ან წინასწარ დამზადებული ქარხნული წესით საყრდენი კედლის ბლოკი. გამოვთვალეთ მისი მდგრადობა როგორც მოცურების და გადამბრუნებელი მომენტის, და ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი. ისინი განსხვავებულია, რაც დამოკიდებულია საყრდენი კედლის განზომილებაზე. მაგალითად, საყრდენი კედელი ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით. საყრდენი კედლის ზომა: 5,0 მ სიმაღლე, ხიმინჯების სიგრძე (5,0) მ, საყრდენი კედლის სიგანე ზემოდან არის 0,7 მ და ქვემოდან 0,8 მ, კვადრატი ხიმინჯების (0,6*0,6) მ, მანძილი ხიმინჯებიდან ხიმინჯებამდე 5,0.

ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი გაიზარდა (0,77)-დან (1,60)-მდე და ეს უფრო მეტია (1,0). რაც ნიშნავს, რომ ფერდობის მდგრადობა ახლა უსაფრთხოა.

– საყრდენი კედლის მოცურების მდგრადობისთვის დამატებითი 25 %.

– საყრდენი კედლის გადამბრუნებელი მომენტისთვის დამატებითი 50 %-ზე მეტია. ნახ. (2).

დასკვნა

• მეწყრული ფერდობების საყრდენი კედლის გამაგრება შესაძლებელია ჰორიზონტალური ან ვერტიკალური ხიმინჯების გამოყენებით.

• ეკონომიკური ფაქტორები მნიშვნელოვანია ხიმინჯების ტიპის ასარჩევად.

• საყრდენი კედლების გამაგრება შესაძლებელია ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით.

ლიტერატურა

1. გ. ჭოსონელიძე და სხვები. საინჟინრო გეოლოგია, გრუნტების მექანიკა და ფუძე-სადირკვლები. -თბილისი, 2018, 60-70 გვ.
2. Terzaghi K. Theoretical Soil Mechanics. //J. Wiley, New York, 1943, pp. 367-415 .
3. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. (Оползни и борьба с ними). - М.: Стройиздат, 1977, сс. 266-269.

SUMMARY

PILES AND THEIR USE IN THE CONSTRUCTIONS

Bashar M.Ameen Abdullah Al-Imam

Georgian Technical University

Piles are a structural elements of woods, concrete and steel, that transfer loads from the structures to the ground. Sometimes piles are used to control ground movement, such as landslide. Horizontal piles can be used with the retaining wall and it will works as counterfort retaining wall.

Keywords: piles, landslide, retaining wall.

დარტყმამდეგობის მეთოდის კვლევა-გაუმჯობესება

ბალიაშივილი გ.ი., ბეჟანოვი ფ.ხ., სარჯველაძე ნ.გ., ტყემალაძე ლ.გ., წიკლაური ვ.ხ.

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი

დარტყმამდეგობა (Impact resistance, Ударная стойкость) წარმოადგენს მყარი სხეულის დარტყმითი დატვირთვის ზემოქმედების გამკლავების უნარს მზიდუნარიანობის დაკარგვის გარეშე. მეორენაირად მყარი სხეულის დარტყმამდეგობა არის ფარდობითი დარტყმითი ენერჯის ის რაოდენობა, რომლის ზემოქმედებით ნიმუში არ ირღვევა. საზომი ერთეულია ჯოჯოხი/მ².

დარტყმითი დატვირთვა წარმოადგენს ძლიერ, ხანმოკლე, დინამიკურ დატვირთვას, რომელიც აღიძვრება სხეულში მასზე ტვირთის დაცემის დროს.

დარტყმა (Impact, Удар) წარმოადგენს მყარ სხეულზე დინამიკურ ზემოქმედებას, ანუ დარტყმას (აგრეთვე უწოდებენ ბიძგს, რყევას, იმპულსს, შოკს), რომელიც აღიძვრება სხეულების შეჯახების დროს.

დღეისთვის გამოიყენება დარტყმამდეგობის დადგენის შემდეგი მეთოდი [1,2]: აფეთქების, ჭურვის დარტყმის, ტვირთის თავისუფალი ვარდნის, ჩარპის და იზოდის. აფეთქების და ჭურვის დარტყმის მეთოდი საჭიროებს რთულ მოწყობილობა-დანადგარს. ჩარპის და იზოდის მეთოდი შეზღუდულია და ძირითადად გამოიყენება მეტალების გამოცდის დროს. ტვირთის თავისუფალი ვარდნის და ნიმუშზე დარტყმის მეთოდი შედარებით, მარტივია და გამოიყენება ქანების, ბეტონების, კერამიკის და სხვა მასალის დარტყმამდეგობის დადგენაში.

თავისუფალი ვარდნა წარმოადგენს მიზიდულობის ძალის ზემოქმედებით წარმოქმნილ თანაბარ მოძრაობას, როდესაც სხვა ძალები არ მოქმედებენ, ან მათი ქმედება უმნიშვნელოდ მცირეა [3].

ტვირთის თავისუფალი ვარდნის და ნიმუშზე დარტყმის (შემდგომ ტექსტში – ჩაქუნის დარტყმის) მეთოდის ძირითად ხელსაწყოს წარმოადგენს ურნალი [4,5]. თავის მხრივ ურნალის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს ურნალის სვეტების გასწვრივ მოძრავი, ხელით სამართავი ჩაქუნი. ჩაქუნი ეცემა ნიმუშზე განთავსებულ ფოლადის ბურთულაზე, ან ნახევრადსფერულბოლოიან ფოლადის ღეროზე (დარტყმის მიმდებარეობაში დეტალი).

მეთოდი ითვალისწინებს ჩაქუნის მრავალჯერად დარტყმას სხვადასხვა ბიჯით მზარდი და უცვლელი სიმაღლიდან ნიმუშის მზიდუნარიანობის დაკარგვამდე.

ნაშრომში [7] დარტყმამდეგობა განისაზღვრება პეჯის ტიპის ურნალის გამოყენებით. ნიმუშის რღვევის შეფასების კრიტერიუმია სრული დარტყმამდეგობა, ან კუთრი დარტყმამდეგობა. გამოიყენება ცილინდრული ფორმის ნიმუში, რომლის დიამეტრი და სიმაღლე 25 მმ-ის ტოლია. ურნალის ფუძეზე თავსდება ნიმუში, ნიმუშის ცენტრზე თავსდება ფოლადის ცილინდრი, რომლის ბოლო ნახევრადსფერულია. შემდეგ ხდება ჩაქუნის დარტყმა ცილინდრზე. დარტყმის სიმაღლე შეადგენს: პირველი 1 სმ, მეორე 2 სმ, მესამე 3 სმ და ა.შ. პირველი ბზარის წარმოქმნის მომენტამდე.

კუთრი დარტყმამდეგობა, თითოეულ ნიმუშზე განისაზღვრება ფორმულით (1)

$$\sigma = (F \times \sum h) / V, \text{ (კგძ} \times \text{სმ) / სმ}^3 \quad (1)$$

სადაც σ – კუთრი დარტყმამდეგობა, (კგძ×სმ)/სმ³; F – დარტყმის ძალა, კგძ, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით (2)

$$F = m \times g \quad (2)$$

m – ჩაქუნის მასა, კგ; g – თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, მ/წმ²; Σh – დარტყმის სიმაღლეების ჯამია, სმ, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით (3)

$$\Sigma h = (1+2+3+...+n) \tag{3}$$

n – დარტყმის ის სიმაღლე, რომლის დროსაც წარმოიქმნა პირველი ბზარი, სმ; V – ნიმუშის მოცულობა, სმ³.

დარტყმათა რაოდენობის მიხედვით ქანი იყოფა კლასებად: დარტყმამდეგი, როდესაც n > 16, საშუალოდ დარტყმამდეგი, როდესაც n = 8–16 და სუსტად დარტყმამდეგი როდესაც n < 8 [7].

აღსანიშნავია, რომ ფარდობითი დარტყმამდეგობა გაიანგარიშება კუთრი დარტყმამდეგობის შეფარდებით არა ნიმუშის რღვევის ფართობთან, არამედ ნიმუშის მოცულობასთან [7]. საკითხი მოითხოვს დაზუსტებას და დადგენას. ნიმუშის რღვევას ეწინააღმდეგება მთელი ნიმუშის მოცულობა, თუ მისი გარკვეული ნაწილი – რღვევის ფართობი, რომელიც წარმოადგენს ნიმუშის სიმაღლის და სიგანის (დიამეტრის) ნამრავლს.

მიუხედავად სიმარტივისა ჩაქუნის მრავალჯერადი დარტყმის მეთოდი საჭიროებს შემდეგი საკითხების გაუმჯობესებას, შესწავლას, კვლევას და დადგენას [1-6]: სარტყამი ჩაქუნის კონფიგურაცია, წონა, ვარდნის სიჩქარე, ნიმუშთან კონტაქტის ხერხი, ასხლეტვა, განმეორებითი დარტყმა; ნიმუშის დეფორმაცია, ბზარჩასახვა, დინამიკა, მაგისტრალური ბზარის ჩამოყალიბება, ნიმუშის რღვევა; რღვევის ფართობის განსაზღვრა; სარტყამი ჩაქუნის დარტყმის სიმაღლე, ბიჯის ზომა და სხვა.

ამიტომ დარტყმამდეგობის დადგენის მეთოდის კვლევა-გაუმჯობესება წარმოადგენს ერთ-ერთ თანამედროვე, სამეცნიერო-ტექნიკურ აქტუალურ პრობლემას.

ნაშრომში წარმოდგენილია სარტყამი ჩაქუნის დარტყმის სიმაღლის სახეობის (ცვალებადი, მუდმივი) და ბიჯის ზომის საკითხი.

ჩატარებულია ბაზალტის ნიმუშების დარტყმამდეგობაზე გამოცდა პეჯის ტიპის ურნალის გამოყენებით [6]. გამოყენებულია ჩაქუნის მრავალჯერადი დარტყმის მეთოდი სხვადასხვა მზარდი სიმაღლიდან მუდმივი ბიჯით და უცვლელი სიმაღლიდან (ცხრილი).

ცდების შედეგების საშუალო მნიშვნელობა

ცდის ვარიანტი	ნიმუშის №	დარტყმის ბიჯი/უცვლელი სიმაღლე, მ n/h	ნიმუშის რღვევის სიმაღლე, მ H	რღვევის ენერგია, ჯოული E _i	რღვევის ფართობი, მ ²	ფარდობითი რღვევის ენერგია, ჯოული/მ ² E _r	დარტყმა-მედგობა1 ჯოული/მ ² I _r
I	1;2;3;4	0,01/	0,157	26,3	0,00123	21382	17106
II	5;6;7;8	0,03/	0,063	14,4	0,00119	12101	9681
III	9;10;11;12	0,05/	0,048	14,0	0,00114	12281	9825
IV	14;15;16;17	0,08/	0,033	11,2	0,00111	10090	872
V	18;19;20;21	0,12/	0,025	10,8	0,00118	9153	7322
VI	13	/0,24	0,24	4,80	0,00116	3000	2400
VII	22	/0,28	არ გატყდა		0,00113		
VIII	23;24;25;26;27	/0,30	0,30	6,00	0,00110	5455	4364

I ვარიანტში დარტყმის ბიჯი შეადგენს 1 სმ. ნიმუში გატყდა მეჩვიდმეტე დარტყმის, ანუ 17 სმ-ის სიმაღლიდან დაცემული ჩაქუნის დარტყმის გამო, ხოლო VI ვარიანტში დარტყმა განხორციელდა 24 სმ-ის სიმაღლიდან.

ნიმუშების რღვევის მექანიზმი შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგნაირად. I ვარიანტში ნახევრადსფერული დარტყმის მიმდებ-გადამცემი დეტალის ზედაპირის ზემოქმედებით ნიმუშის ზედაპირის ქვემოთ ყალიბდება გამყარებული კონუსი, რომლის ზომა და სიმკვრივე თანდათანობით იზრდება დარტყმების შესაბამისად. კონუსი ეწინააღმდეგება რღვევას. ნიმუშის ცენტრში გამჭიმავი ძაბვების ჩამოყალიბება და მათი ზღვრულ მნიშვნელობამდე მისვლა თანდათანობით ხდება. VI ვარიანტში ყოველივე ეს შეიძლება ითქვას „შიდჯერ“ უფრო სწრაფად ხდება და ამ დროს ჩამოყალიბებული კონუსის ზომა „შიდჯერ“ მცირეა.

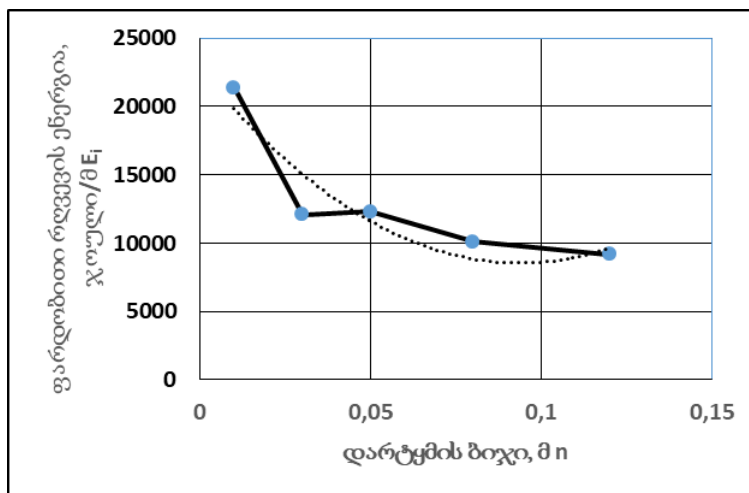
ფარდობითი რღვევის ენერგია და დარტყმამედგობა, შესაბამისად, გაიანგარიშება ფორმულით (4) და (5):

$$E_r = E_i / A_i \tag{4}$$

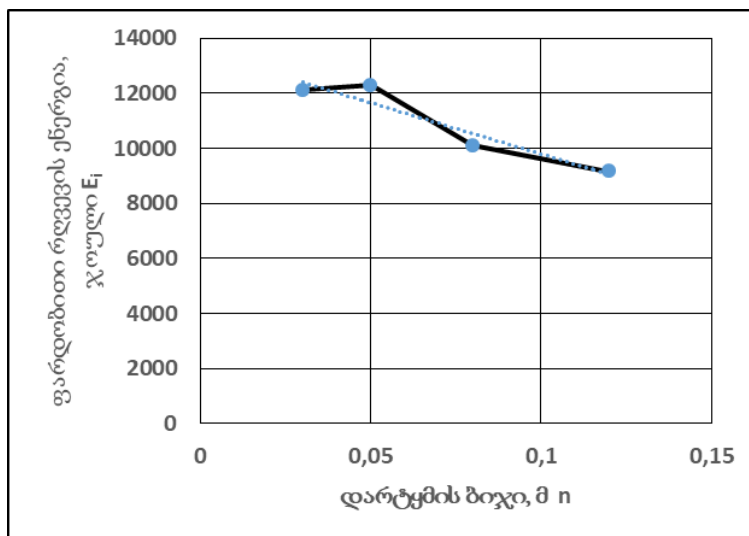
$$I_r = E_r / K \tag{5}$$

სადაც: E_r – ფარდობითი რღვევის ენერგია, ჯოული/მ²; E_i – რღვევის ენერგია, ჯოული; A_i – რღვევის ფართობი, მ²; საიმედოობის კოეფიციენტი, მაგალითად =1,25.

II-დან V ვარიანტის ჩათვლით გამოიყენება საშუალოდ 6,5 სმ-ის ბიჯი. ამგვარად, მიღებულ დარტყმამედგობის მნიშვნელობებს შორის სხვაობა მცირეა (ვარიანტი (ბ)).



ა)



ბ)

ფარდობითი რღვევის ენერგიასა და დარტყმის ბიჯს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი

(ა) I-V ვარიანტი ბ) II-V ვარიანტი

ფარდობითი რღვევის ენერგიასა და დარტყმის ბიჯს შორის დამოკიდებულების ფორმულა (6) ვარიანტი (ა); (7) ვარიანტი (ბ) და კორელაციის კოეფიციენტი (R^2) შემდეგია:

$$E_r=2E+0,6n^2-301767n+22681; R^2=0,8574; \quad (6)$$

$$E_r=1777,6n^2-37468n+12518; R^2=0,9019 \quad (7)$$

დასკვნა

ამოცანიდან გამომდინარე, გამოიყენება შესაბამისი ცდის ვარიანტი. მაგალითად, როდესაც დარტყმამდეგობა გაინგარიშება ჭურვის დარტყმაზე, მაშინ მიზანშეწონილია გამოყენება VI-VIII, ზღვის, ტბის ტალღის, მდინარის დინების, ქარის, ზვავის დარტყმაზე II-V ვარიანტის.

დარტყმამდეგობის დადგენის საკითხი აქტუალური და აუცილებელია. ამიტომ საჭიროა კვლევების გაგრძელება ჩაქუჩის მრავალჯერადი დარტყმის მეთოდის გაუმჯობესება-დახვეწის მიზნით.

ლიტერატურა

1. ACI 544.2R-89 (Reapproved 1999). Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete.
2. B. Batarlar Behaviour of Reinforced concrete slabs subjected to impact loads A Thesis Submitted to the Graduate School of Engineering and Sciences July 2013 Izmir.
3. S. Elavenil and G.M. Samuel Knight Impact response of plates under drop weight impact testing. Dafedil International University Journal of Science and Technology; Volume 7, Issue 1, January 2012.
4. Atef Badr and Ashraf F. Ashour; Modified ACI Drop-Weight Impact Test for Concrete; Materials Journal Volume: 102 Issue: 4 Appears on pages(s): 249-255; Date: 7/1/2005
5. გ. ბალიაშვილი, ფ. ბეჟანოვი, ღ. ღურჭუმეღია, ნ. სარჯველაძე, თ. რუხაძე. ქანების სტატიკური და დინამიკური ძაღის ზემოქმედებით რღვევის ოპტიმალური მეთოდები. /საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, № 1, (471), თბიღისი, 2009.
6. https://ru.wikipedia.org/wiki/Свободное_падёние.
7. Прочность горных пород | Российское угольное сообщество; coal-info.ru/?p=20.

SUMMARY

RESEARCH-IMPROVEMENT OF THE IMPACT RESISTANCE METHOD

Baliashvili G.I., Bezhanov F.Kh., Sarjveladze N.V., Tkemaladze L.V. and Tsiklauri V.Z.

LEPL Grigol Tsulukidze Mining Institute

The drop-weight method is relatively simple and is used to determine the impact resistance of rocks, concrete, ceramics and other materials. Despite the simplicity of the hammer impact method, the following issues need to be improved: impact hammer configuration, weight, impact velocity, pattern of contact with the specimen, swallowing, repeated impact; sample deformation, cracking, dynamics, specimens decomposition; determination of rupture area; hammer impact height, step size and etc. Therefore, research on the method of determining impact resistance - improvement is one of the modern, scientific and technical issues. The paper presents the issue of the height and the step size of the hammer impact. A basalt specimen impact test was performed using a hammer impact method. The impact is carried out at varying heights with constant step size and unchanged height. It should be noted that under other equal conditions the impact speed and height have a significant effect on impact resistance. Depending on the specific task, it is possible to use increasing or constant height of the blow. It is necessary to conduct further research around the problem under consideration.

Keywords: impact resistance, hammer, drop-weight, method.

ბეტონის სიმტკიცის მატების დამაჩქარებელი დანამატების მიმოხილვა

ბალიაშვილი გ.ი., ბეჟანოვი ფ.ხ., სარჯველაძე ნ.გ., ტყემალაძე ლ.ვ., წიკლაური ვ.ზ.

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი

ბეტონი ერთ-ერთ თანამედროვე, ფართოდ გავრცელებულ, მრავალფეროვან კომპოზიციურ სამშენებლო მასალას წარმოადგენს.

ბეტონის სიმტკიცე (კუმშვაზე, ღუნვაზე, გაჭიმვაზე, დარტყმაზე) ძირითად თვისებას წარმოადგენს. ბეტონის საჭირო მნიშვნელობის სიმტკიცის მიღება, სათანადო პერიოდში, მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. მათგან ერთ-ერთია სიმტკიცის მატების დაჩქარება, განსაკუთრებით მისი ჩამოყალიბების საწყის სტადიაში დაახლოებით პირველი სამი დღე-ღამის განმავლობაში.

ბეტონის სიმტკიცის მატება შეიძლება განხორციელდეს ნარევი დამაჩქარებელი დანამატის გამოყენებით. ამიტომ სტატიის მიზანი, რომელიც ბეტონის დამაჩქარებელი დანამატების მიმოხილვას და ანალიზს ეხება აქტუალურ, თანამედროვე, სამეცნიერო და ტექნიკურ ამოცანას წარმოადგენს.

დამაჩქარებელი დანამატის გამოყენება სასარგებლოა განსაკუთრებით ცივ ამინდში ბეტონირების დროს [1-5]. ამ დროს მცირდება ყინვისგან დაცვის დრო, ადრეულად ხდება სამშენებლო ყალიბის მოხსნა და კონტრუქციულ ელემენტზე მორიგი ტექნოლოგიური პროცედურის ჩატარების დაწყება. მცირდება ჰიდროსტატიკური წნევით გამოწვეული ცემენტის რძის გამოდენის დრო ყალიბიდან, ჩქარდება ბეტონის შეჭიდულობის დრო შეფებბეტონირებისას.

დამაჩქარებელის გამოყენება ანტიფრიზად არ შეიძლება. გარდა ამისა მათი გამოყენება ცხელ ამინდში განსაკუთრებულად საფრთხილოა. ამან შეიძლება გამოიწვიოს ჰიდრატაციის სითბოს ძალზედ სწრაფი გამოდევნა, სწრაფი შეჭიდულობა და შეკვლების ბზარების რაოდენობის გაზრდა.

დანამატის ძირითადი ტიპებია წყალში ხსნადი არაორგანული მარილები და ნაერთები.

ხსნადი არაორგანული, ძირითადი, მარილებია: ქლორიდები, ბრომიდები, ფტორიდები, კარბონატები, თიოციანატები, ნიტრიტები, ნიტრატები, თიოსულფატები, სილიკატები, ალუმინატები და ტუტოვანი მეტალების ჰიდროქსიდები.

ხსნადი ორგანული, ძირითადი, ნაერთებია: ტრიეთანოლამინი, კალციუმის ფორმინატი, კალციუმის აცეტატი, პროპიონატი, ამინების კონდენსაციის ნაერთები და ფორმალდეჰიდი

წარმოდგენილი დამაჩქარებელი დანამატებიდან კალციუმის ქლორიდი მეტად გავრცელებული მასალაა დაბალი ფასის გამო [4]. მაგრამ მისი გამოყენება არ არის რეკომენდებული წინასწარდაბულ ბეტონებში, ბეტონებში, რომლებიც შეიცავს ჩამონტაჟებულ სხვადასხვაგვარ ლითონებს, ან ტენიან გარემოში მყოფ რკინაბეტონში ფოლადის კოროზიისადმი მიდრეკილების გამო.

კალციუმის ქლორიდი არ უნდა იქნეს გამოყენებული კალციუმალუმინატურ ცემენტთან ერთად, რადგან იგი ამუხრუჭებს ალუმინატების ჰიდრატაციას. ანალოგიურად, კალციუმის ქლორიდი და კალიუმის კარბონატი ზრდის შეჭიდულობის დროს და ამცირებს ადრეულ გამტკიცებას სწრაფად გამყარებადი ცემენტების გამოყენების დროს.

ბოლო კვლევები მიუთითებს, რომ ტრიეთანოლამინი აჩქარებს ტრიქციუმის ალუმინატის ჰიდრატაციას, მაგრამ ტრიკალციუმის სილიკატს ინარჩუნებს. ამდენად, ტრიეთანოლამინს შეუძლია იმოქმედოს როგორც ცემენტის ჰიდრატაციის ჩამტარებელი, ასევე დამაჩქარებელი.

აუცილებელია დამაჩქარებლის გამოყენება მის კონკრეტული მახასიათებლების ტექნიკურ პირობებთან შესაბამისობის შემოწმების შემდეგ. დამაჩქარებელი დანამატის გადაჭარბებულმა რაოდენობამ შეიძლება გამოიწვიოს ძალიან სწრაფი შეჭიდულობა, ან მისი შენელება.

აგრეთვე არსებობს გამოსაყენებელი მზა ცემენტის, ქვიშის და ამაჩქარებლის ნარევი. ამგვარად მომზადებული ნარევი გამოიყენება შენობა ნაგებობათა მიწისქვეშა კონსტრუქციულ ელემენტების იზოლაციის მიზნით საავარიო რემონტების დროს მაღალ ეფექტს იძლევა.

დასკვნა

1. ბეტონის სიმტკიცის მატება, განსაკუთრებით 1-3 დღის განმავლობაში, შესაძლებელია ნარევი დამაჩქარებელი დანამატის გამოყენებით.

2. დამაჩქარებელი დანამატის გამოყენება მაღალ ეფექტს იძლევა ხუთ გრდუსზე მეტი ყინვის პირობებში საბეტონე სამუშაოების შესრულების დროს..

3. დამაჩქარებლის გამოყენება გაყინვა-გაღებობის ციკლების ზემოქმედების შესამცირებლად არ შეიძლება.

4. ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ დამაჩქარებელს წარმოადგენს კალციუმის ქლორიდი.

5. კონკრეტული ბეტონის ნარევი გამოყენების წინ უნდა ჩატარდეს დამაჩქარებლის თვისებების კონტროლი და შესაბამისობა ტექნიკურ პირობებთან და ბეტონის ნარევის გამოყენების კლიმატურ პირობებთან პირველი სამი დღის განმავლობაში.

ლიტერატურა

1. Chemical Admixtures <http://www.cement.org/cement-concrete-application-s/concrete-materials/chemical-admixtures>
2. CHAPTER 6 Admixtures for Concrete http://www.ce.memphis.edu/1101/notes/concrete/PCA_manual/Chap06.pdf
3. Химические добавки для бетона и раствора. <http://beton-cy47.ru/beton/himik-dobavki.html>
4. Which admixture increase the strength of concrete? <https://www.quora.com/Which-admixture-increase-the-strength-of-concrete>
5. გ. ბალიაშვილი, ნ. სარჯველაძე, თ. რუხაძე, ლ. ტყემალაძე. ბეტონის ქიმიური დანამატების დახასიათება. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი (GEN), 2018, №2(86), გვ.44-47.

SUMMARY

OVERVIEW OF CONCRETE ADDITIVES THAT INCREASE THE STRENGTH OF CONCRETE

Baliashvili G.I., Bezhanov F.Kh., Sarjveladze N.V., Tkemaladze L.F. and Tsiklauri V.Z.

LEPL Grigol Tsulukidze Mining Institute

Increasing the strength of concrete can be accomplished by using an accelerator additive in the mixture. Therefore, the purpose of the article, which deals with the review and analysis of concrete accelerator additives, is a topical, modern, scientific and technical task. The use of accelerator additive gives a high effect when performing concrete work in frost conditions of more than five degrees. The most widely used accelerator is calcium chloride. Prior to use in the concrete mix, the properties of the accelerator must be checked and complied with the technical conditions and the climatic conditions of the concrete mixture for the first three days.

Keywords: concrete, accelerator, additive, calcium chloride.

თბოგამტარობის λ კოეფიციენტის განსაზღვრის მეთოდობა არასტაციონარულ ტემპერატურულ რეჟიმში
ნაწილი 1

ქეხიშვილი ნ.ა., ჯიშკარიანი თ.ს., ჯავშანაშვილი ნ.ბ.

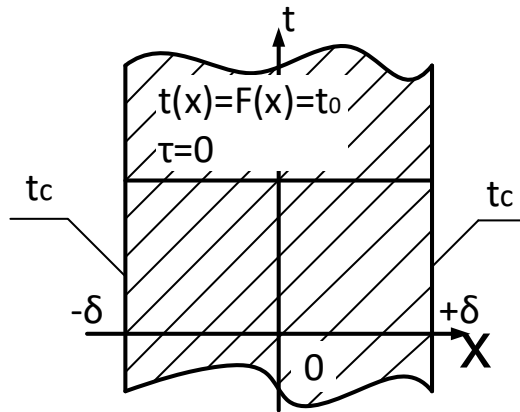
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბოგამტარობის კოეფიციენტის (λ) განსაზღვრის ამჟამად არსებული მეთოდები მთლიანად დაფუძნებულია სტაციონარული ველების გამოყენებაზე ლაბორატორიულ პირობებში. წარმოდგენილ მეთოდში კი იგი განისაზღვრება არასტაციონარულ ტემპერატურულ ველში თბური ტალღის გავრცელების სიჩქარის გამოყენებით. ასეთი მიდგომა საშუალებას იძლევა კედლის თბოიზოლაციის მახასიათებლები დადგინდეს სავსე პირობებში უკვე არსებული შენობების შემომსაზღვრელ კონსტრუქციებზე.

თბური ტალღის სიჩქარის განსაზღვრისათვის განვიხილოთ შემოუსაზღვრავი ბრტყელი კედელი (შემოუსაზღვრავ კედელში იგულისხმება ისეთი კედელი, რომლის სიგრძე და სიგანე უსასრულოდ დიდია სისქესთან შედარებით, ტემპერატურის ცვლილება კი ხდება მხოლოდ x მიმართულებით, ხოლო y და z მიმართულებით უცვლელია ($\frac{\partial t}{\partial y} = 0$ და $\frac{\partial t}{\partial z} = 0$)), რომლის სისქის გასწვრივ ტემპერატურის განა-

წილება შეესაბამება $t(x)|_{\tau=0} = F_x = t_0$ ფუნქციას. საწყის მომენტში კედლის გვერდითი ზედაპირების ტემპერატურა უეცრად ხდება t_c ტოლი, რომელიც მუდმივადაა შენარჩუნებული მთელი შემდგომი თბოცვლის პროცესში. საჭიროა ვიპოვოთ ტემპერატურის განაწილება კედლის სისქეში.

განსახილველი ამოცანისთვის მოსახერხებელია კოორდინატთა სისტემა მოვათავსოთ კედლის ცენტრში (ნახ.1).



ნახ. 1. შემოუსაზღვრავი კედლის თბოცვლის სქემა

ამოცანის პირობა შეიძლება შემდეგნაირად ჩამოყალიბდეს: მოცემულია თბოგამტარობის დიფერენციალური განტოლება

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (\tau > 0, -\delta \leq x \leq \delta) \quad (1)$$

სასაზღვრო პირობებით:

$$t(x,0) = F(x) = t_0, \quad \tau = 0 \tag{2}$$

$$t(+\delta, \tau) = t_c = const, \quad x = +\delta \tag{3}$$

$$t(-\delta, \tau) = t_c = const, \quad x = -\delta \tag{4}$$

$$\frac{\partial t}{\partial x} = 0 \quad x = 0 \tag{5}$$

სადაც, $a = \lambda / \rho c$.

ფურიეს მეთოდის გამოყენებით (1) დიფერენციალური განტოლების კერძო ამონახსნი მიიღებს სახეს:

$$t(x, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} D_n e^{-ak_n^2 \tau} \cos(k_n x) \tag{6}$$

პარამეტრი k განისაზღვრება განტოლებიდან:

$$k_n \delta = (2n-1) \frac{\pi}{2}, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \tag{7}$$

ხოლო D_n კოეფიციენტები გამოითვლება ფურიეს ინტეგრალიდან

$$D_n = \frac{2}{\delta} \int_0^{\delta} t_0 \cos(k_n x) dx = \frac{2t_0}{k_n \cdot \delta} \sin(k_n \delta) \tag{8}$$

D_n კოეფიციენტების მნიშვნელობის შეტანით (6) -ში საბოლოოდ გვექნება:

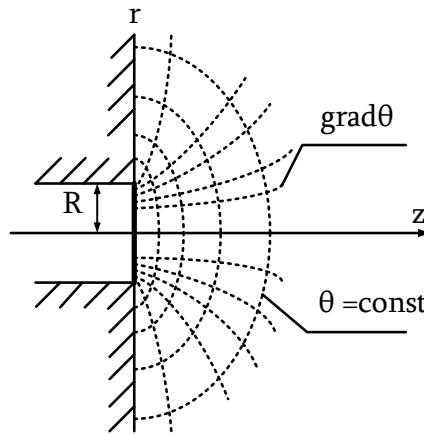
$$\frac{t(x, \tau) - t_c}{t_0 - t_c} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(k_n \delta)}{k_n \delta} \cos(k_n x) e^{-ak_n^2 \tau} \tag{9}$$

(9) განტოლება განსაზღვრავს ტემპერატურულ ველს და შესაბამისად თბური ტალღის გავრცელების სიჩქარეს ბრტყელ კედელში, როდესაც მის ერთ მხარეს გააჩნია მუდმივი ტემპერატურა [2].

იმისათვის, რომ ნაწილობრივ გაცხელებული კედლიდან შეფასდეს თბური ტალღის გავრცელების სიჩქარე კედლის მეორე ზედაპირამდე, საჭიროა ცალსახად განისაზღვროს იმ გასაცხელებელი წრიული ფართობის მინიმალური რადიუსი, სადაც თბური ნაკადის დენის წირები ცენტრალურ ნაწილში ერთმანეთის პარალელური დარჩება. ანუ შესაძლებელი იქნება გამოყენებული იქნეს ერთგანზომილებიანი სითბოს გავრცელების პროცესის (9) განტოლება.

ამისათვის განვიხილოთ ერთი მხრიდან შემოსაზღვრული სხეული, რომლის მთელ მოცულობაში ტემპერატურა დროის საწყის მომენტში ერთგვაროვანია. სხეულის მთელი ზედაპირი, გარდა R რადიუსის მქონე წრისა, დაფარულია იზოლაციით. დროის გარკვეული მომენტიდან დაწყებული, წრის მთელ ფართობზე ტემპერატურა ხდება მუდმივი θ_0 -ის ტოლი, ცხადია სითბო ამ წრიული ფართობიდან თანდათან გავრცელდება სხეულის მთელ სიღრმეში. საჭიროა განისაზღვროს, როგორი სტაციონარული განაწილებისკენ მიისწრაფვის ტემპერატურული ველი.

ნახ.2-ზე ნაჩვენებია ცილინდრულ კოორდინატთა სისტემა r, φ, z , რომელიც ისეა განლაგებული, რომ z ღერძის დადებითი მხარე მიმართულია წრიული ფართობიდან სხეულის სიღრმისკენ. ცხადია კოორდინატთა სისტემის ასეთი განლაგებით ტემპერატურული ველი აღარ იქნება დამოკიდებული φ კოორდინატზე.



ნახ. 2. სტაციონარული ტემპერატურული ველი ერთი მხრიდან შემოსაზღვრულ სხეულში

ამ შემთხვევაში ცილინდრულ კოორდინატებში თბოგამტარობის დიფერენციალური განტოლება და სასაზღვრო პირობები ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial r} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} = 0 \quad (10)$$

სასაზღვრო პირობები:

$$\vartheta = \vartheta_0 = const, \quad z = 0, \quad 0 \leq r \leq R \quad (11)$$

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial z} = 0, \quad z = 0, \quad r < R \quad (12)$$

$$\vartheta = 0, \quad z \rightarrow \infty, \quad 0 \leq r < \infty \quad (13)$$

$$\vartheta = 0, \quad r \rightarrow \infty, \quad 0 < z < \infty \quad (14)$$

ცვლადთა განცალკევების მეთოდის გამოყენებით (10) განტოლების კერძო ამონახსნი მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\vartheta = ce^{-kz} \psi(r) \quad (15)$$

სადაც, $\psi(r)$ არის ბესელის დიფერენციალური განტოლების ამონახსნი:

$$r\psi'' + \psi'' + k^2 r\psi = 0$$

ბესელის განტოლების ზოგადი ამონახსნი განისაზღვრება ბესელის პირველი $J_0(kr)$ და მეორე $Y_0(kr)$ გვარის ნულოვანი რიგის ფუნქციების ჯამის სახით:

$$\psi(r) = CJ_0(kr) + DY_0(kr) \quad (16)$$

ზოგად ამონახსნში საჭიროა D კოეფიციენტი გავუტოლოთ ნულს, რადგან $Y_0(kr)$ ფუნქცია, როცა $r=0$, მიისწრაფის უსასრულობისკენ, რაც ეწინააღმდეგება (11) სასაზღვრო პირობას. ამრიგად, თბოგამტარობის (10) განტოლების ზოგადი ამონახსნი ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\vartheta = \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{-k_n z} J_0(k_n r) \quad (17)$$

იმის გამო, რომ ამოცანა მოცემულია პირველი და არა მესამე გვარის სასაზღვრო პირობებით და სხეული z ღერძის დადებითი მიმართულებით შემოუსაზღვრავია, ამიტომ k პარამეტრისთვის არ არსებობს შეზღუდვები, ჩაწერილი ტრანსცენდენტული განტოლების სახით. ეს ნიშნავს, რომ k-ს შეუძლია გაიაროს რიცხვების უწყვეტი მწკრივი, ე. ი. მისი ორი უახლოესი მნიშვნელობა ერთმანეთისგან განსხვავდებიან უსასრულოდ მცირე dk სიდიდით. გარდა ამისა, ჩვენ შეგვიძლია ინტეგრების C მუდმივა შევცვალოთ რაიმე f(k) ფუნქციით, მაშინ (17) უსასრულო მწკრივი გადადის ინტეგრალში და ზოგადი ამონახსნი იქნება

$$\mathcal{G} = \int_0^{\infty} f(k) e^{-kz} J_0(kr) dk \quad (18)$$

სადაც, $f(k)$ ფუნქციის სახე განისაზღვრება სასაზღვრო პირობებიდან. (11) სასაზღვრო პირობაში მოთხოვნილია, რომ, როცა $0 \leq r = R$ და $z = 0$ ინტეგრალმა

$$\mathcal{G}|_{z=0} = \int_0^{\infty} f(k) J_0(kr) dk$$

მიიღოს მუდმივი ზო მნიშვნელობა. $r > R$ არეზე კი იგივე პირობას არავითარი შეზღუდვა არ შემოაქვს. მეორეს მხრივ, ცხადია, რომ ფუნქციას არ შეუძლია შეინარჩუნოს მუდმივი ზო მნიშვნელობა, რადგან (13) პირობის თანახმად r -ის ზრდასთან ერთად იგი ნულისკენ უნდა მიისწრაფოდეს.

(12) სასაზღვრო პირობას მივყევართ ანალოგიურ შედეგამდე. ამ პირობის თანახმად ინტეგრალი

$$\left. \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial z} \right|_{z=0} = - \int_0^{\infty} k f(k) J_0(kr) dk \quad (19)$$

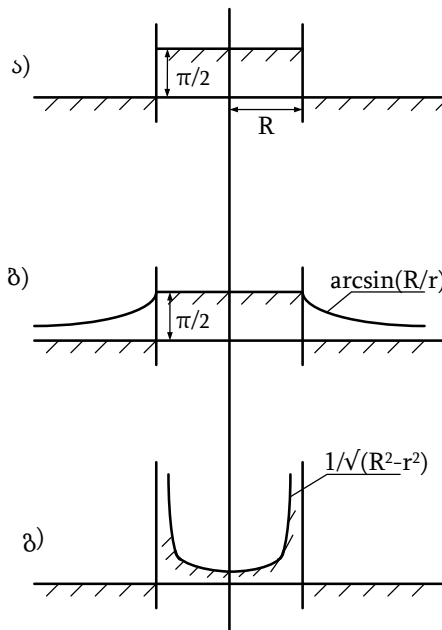
როცა $r > R$, უნდა იყოს ნულის ტოლი, ხოლო $0 \leq r \leq R$ არეზე მისი მნიშვნელობა შეიძლება იყოს ნებისმიერი. ერთადერთი შეზღუდვა ისაა, რომ (19) ინტეგრალმა არ უნდა მიიღოს ნულის ტოლი მნიშვნელობა, რადგან ამ შემთხვევაში სითბოს გავრცელებას სხეულში არ ექნება ადგილი.

მათემატიკიდან [3] ცნობილია არასაკუთრივი, პარამეტრზე დამოკიდებული ინტეგრალები, რომლებსაც გააჩნიათ ის თავისებურება, რომ პარამეტრის რაიმე მნიშვნელობაზე ფუნქციონალური დამოკიდებულების ხასიათი უეცრად იცვლება.

ყველაზე ცნობილი ინტეგრალია

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin(mR)}{m} \cos(mr) dm = \begin{cases} \pi/2, & r < R \\ \pi/4, & r = R \\ 0, & r > R \end{cases}$$

ამ ინტეგრალის ცვლილების ხასიათი R პარამეტრზე დამოკიდებულებით ნაჩვენებია ნახ.3-ზე.



ნახ.3. პარამეტრზე დამოკიდებული არასაკუთრივი ინტეგრალები

ანალოგიური თვისების მქონე ინტეგრალები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ბესელის ფუნქციების გამოყენებით [2], კერძოდ, შემდეგი ინტეგრალები (ნახ.3 ბ, გ):

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin(mR)}{m} J_0(mr) dm = \begin{cases} \pi/2, & 0 < r \leq R \\ \arcsin\left(\frac{R}{r}\right), & r > R \end{cases} \quad (20)$$

$$\int_0^{\infty} \sin(mR) J_0(m \cdot r) dm = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{R^2 - r^2}}, & 0 < r \leq R \\ 0, & r > R \end{cases} \quad (21)$$

ნახ. 3. ბ, და გ-დან ჩანს, რომ (21) ინტეგრალი აკმაყოფილებს (12) პირობას, ხოლო (20) ინტეგრალი (11) პირობას, თუ მასში თანამიმდევრულად შევიტანთ ისეთ სიდიდეს, რომელიც $\pi/2$ -ის მაგივრად მოგვცემს \mathcal{G}_0 -ს. ამგვარად, თუ (18) ინტეგრალში დაგუშვებთ, რომ

$$f(k) = \frac{2}{\pi} \mathcal{G}_0 \frac{\sin(kR)}{K}$$

მაშინ საძებნი ტემპერატურული ველის განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\mathcal{G} = \mathcal{G}_0 \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin(kR)}{K} J_0(kr) e^{-kz} dk \quad (22)$$

ამგვარად, (22) განტოლებით შეიძლება განისაზღვროს კედლის ერთ მხარეზე ის მინიმალური გასაცხელებელი ფართის R რადიუსი, რომელიც უზრუნველყოფს (9) განტოლების გამოყენების შესაძლებლობას.

ლიტერატურა

1. ვახტანგ გომელაური. სითბოს და მასის გადაცემის თეორიის საფუძვლები. - თბილისი, განათლება, 1974, 260 გვ.
2. ნ. ქვეციშვილი, თ. ნაცვლიშვილი. თბოგამტარობის სასაზღვრო ამოცანების ანალიზური მეთოდები. - თბილისი, სტუ, 1992, 100 გვ.
3. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. -М: Наука, т.2, 1969. 322 с.

SUMMARY

PROCEDURE TO DETERMINE THE COEFFICIENT OF THERMAL CONDUCTIVITY (λ) IN NON-STATIONARY TEMPERATURE REGIME. PART I

Kevkhishvili N.A. Jishkariani T.S. and Javshanashvili N.B.

Georgian Technical University

Non-stationary thermal conductivity processes are widely used in many machinery and devices in the field of equipment and installation where the temperature periodically varies. To ensure their reliable operation, the temperatures of individual structural components at each point in time must be determined in advance, that's because to specify how long it will take for the temperature to reach the required value in the specified area of this component since a certain temperature environment is created around it. It is necessary to take into account the daily variability of temperature and the implementation of non-stationary thermal conductivity processes, as well as to determine the temperature regime in buildings, determine heat losses from the walls of the building, implement energy-saving measures and develop appropriate strategies. Solving the non-stationary thermal conductivity tasks requires the use of a relatively complex mathematical application, therefore, it is associated with significant difficulties. Usually, the theory of non-stationary thermal conductivity refers to the method of separation of variables or the so-called Laplace transformation, which involves the use of operational counting methods. The article presents a method for determining the thermal conductivity into a non-stationary temperature field using a thermal wave flow velocity.

Keywords: thermal conductivity coefficient, non-stationary temperature field.

ბუნებრივი გაზის ოდორიზაციის ხარისხის კონტროლის მოწყობილობის შესახებ

მანაშვილი ქ.ა., მესტერიშვილი შ.ა, იაშვილი ნ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

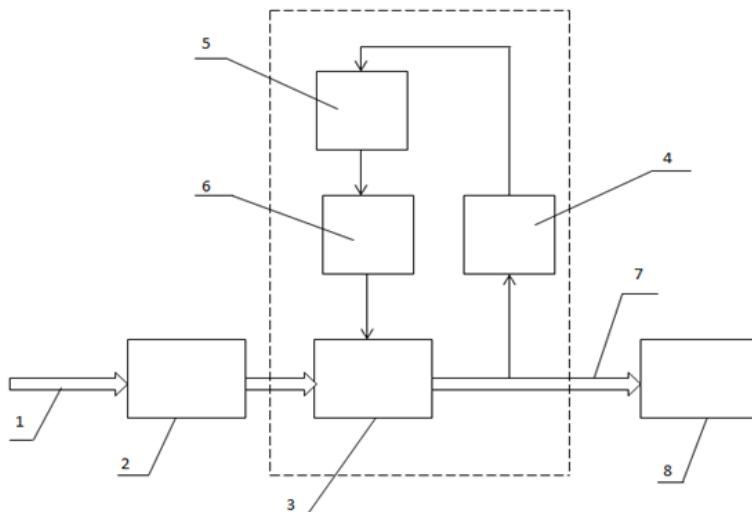
ბუნებრივი გაზი (იგივე მეთანი), რომელსაც მოიხმარს მოსახლეობა უსუნო გაზია. ბინაში მეთანის გაჟონვის აღმოსაჩენად არსებობს მეტად მარტივი, საიმედო და აპრობირებული ხერხი: ბუნებრივ გაზს უმატებენ მძაფრი, უსიამოვნო სუნის მქონე ნივთიერებას, რომელსაც ოდორანტი ეწოდება. შესაბამისად, პროცესს ბუნებრივი გაზის ოდორიზაცია ეწოდება.

ჩვეულებრივ მაგისტრალური გაზის ოდორიზაციას ატარებენ გაზის მოსახლეობისათვის მიწოდების წინ გაზგამანაწილებელ სადგურებში (გგს). საყოფაცხოვრებო გაზის ოდორიზაციისათვის გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის ნივთიერებები ოდორანტები: კაპტანი, პენ-კაპტანი, ეთილმერკაპტანი, ბუთილმერკაპტანი და სხვა.

ყველა სახის ოდორანტს წაყენება შემდეგი მთავარი მოთხოვნები:

- ოდორანტი არ უნდა იყოს ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მომწამვლელი და სახიფათო;
- ოდორანტის დამატებით ბუნებრივმა გაზმა უნდა შეიძინოს სპეციფიკური სუნი რომელიც მკვეთრად უნდა განსხვავდებოდეს სხვა სუნებთან;
- ოდორანტი არ უნდა იწვევდეს გაზის მიღების და დანადგარების კოროზიას.

საყოფაცხოვრებო გაზში დამატებული ოდორანტის რაოდენობა უნდა იყოს ისეთი, რომ მისი კონცენტრაცია საკმარისი აღმოჩნდეს ნორმალური ყნოსვის მქონე ადამიანის მიერ შეგრძნებისათვის და ამავე დროს გაზის მოცულობითი კონცენტრაცია არ უნდა აღემატებოდეს აფეთქების ქვედა ზღვარის 1/5-ს. პრაქტიკულად გამოთვლილია, რომ ეს მნიშვნელობა შეადგენს 10-დან 30-მდე გრამს 1000 მ³ გაზზე. დამატებული ოდორანტის რაოდენობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: გაზის ტემპერატურაზე, წნევაზე, გაზგაყვანილობის ქსელის მდგომარეობაზე, მის სიგრძეზე, გაზის ნაკადის ხაზოვან სიჩქარეზე, თვით ოდორანტის სახეზე და ხარისხზე.



ნახ. 1. ოდორიზაციის ადგილი მომხმარებლისათვის გაზის მიწოდების ქსელში

1. მაგისტრალური გაზი; 2. გამანაწილებელი სადგური; 3. ოდორიზაციის მოწყობილობა;
4. დოზირების ბლოკი; 5. ოდორანტის ჭურჭელი; 6. ოდორიზაციის საკონტროლო ხელსაწყო;
7. ოდორიზებული გაზი; 8. მომხმარებელი.

არსებობს მეთანის ოდორიზაციის რამდენიმე ხერხი: გაზის ნაკადში ოდორანტის წვეთოვანი შეყვანა; გაზის ნაკადში ოდორანტის ფითილური ხერხით დამატება; გაზის ნაკადში ოდორანტის ბარბოტაჟული მეთოდით შეყვანა.

ბუნებრივი გაზის ოდორიზაცია არ არის მარტივი პროცესი, შესაბამისად, ოდორიზაციის დანადგარი საკმაოდ რთულია. ამიტომ აუცილებელია ოდორიზაციის პროცესის როგორც ცალკეული ოპერაციის კონტროლი, ასევე ავტომატიზაციის კომპლექსური სისტემის შექმნა.

ბუნებრივი გაზის ოდორიზაციის ადგილი მომხმარებლისათვის გაზის მიწოდების ქსელში ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე.

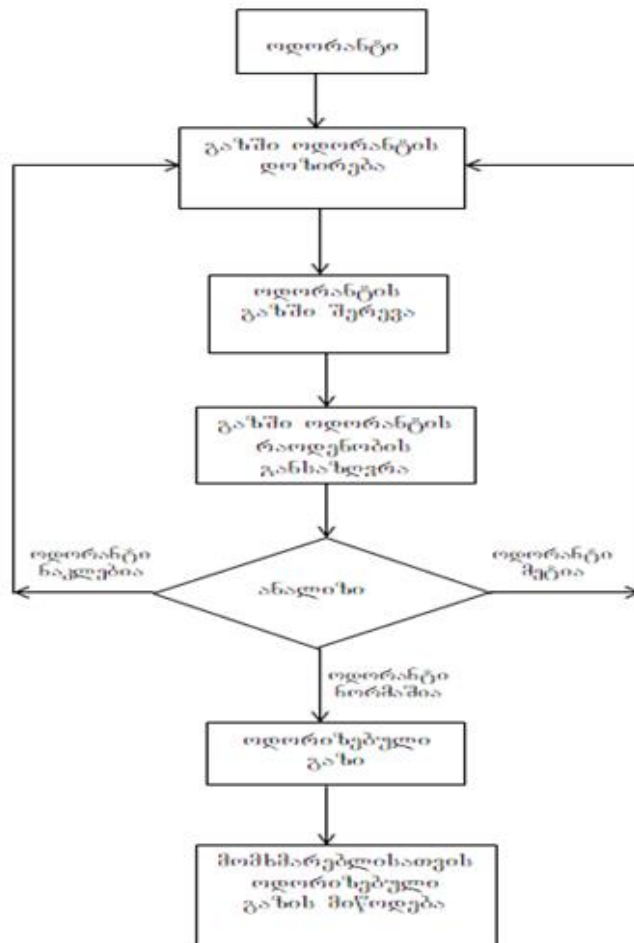
თვით ოდორიზაციის ახასიათებენ ოდორანტის შენახვის ჭურჭელის ტევადობით, წარმადობით, ტუმბოს სიმძლავრით და ოდორიზაციის პროცესის ოპერაციების კონტროლის დონით.

გაზგამანაწილებელ სადგურებში ოდორიზაციის პროცესის შემდეგ მოითხოვება სპეციალური მოწყობილობის ოდორანტის კონცენტრაციის განსაზღვრის ანალიზატორის დაყენება, რომლის დანიშნულებაცაა განსაზღვროს ოდორიზებულ გაზში ოდორანტის (მერკაპტანის) კონცენტრაცია. მოწყობილობა მუშაობს ავტომატურად, მომსახურე პერსონალის გარეშე და არ მოითხოვს ტექნიკურ მომსახურებას.

ოდორიზაციის ხარისხის განსაზღვრა შესაძლებელია აგრეთვე სპეციალური ხელსაწყოთი: გაზის სუნის ინტენსივობის ინდიკატორით.

ინდიკატორი არსებული სტანდარტის შესაბამისად, განსაზღვრავს ბუნებრივი გაზის ოდორიზაციის ხარისხს, რომელიც გამოიხატება ქულებით, რომელიც შესაძლებელია დავაკავშიროთ ოდორანტის რაოდენობასთან რომელიც იზომება მგ/მ³-ში. ინდიკატორი მუშაობს გაზის სუნის განსაზღვრის ელექტროქიმიური მეთოდით.

ბუნებრივი გაზის ოდორიზაციის პროცესის ზოგადი ალგორითმი მოცემულია ნახ. 2-ზე.



ნახ.2. ბუნებრივი გაზის ოდორიზაციის პროცესის ზოგადი ალგორითმი

არსებობს ოდორიზაციის ავტომატიზაციის სხვადასხვა სტრუქტურის მქონე მოწყობილობები და სისტემები, მაგრამ მათთვის საერთოა შემდეგი შემადგენელი ნაწილები: ოდორანტის მოცულობა (ჭურჭელი); დოზირების ბლოკი; წინასწარი და სუფთა გაწმენდის ფილტრები; ოდორანტის მიწოდების სენსორი; ვენტილაციის მოწყობილობა; გაზის ხარჯზომი; ხარისხის კონტროლის ხელსაწყო და დაგაზიანების კონტროლის ხელსაწყო. მართვა ხორციელდება მიკროპროცესორული ბლოკით.

მართალია ასეთი სისტემის ცალკეული ელემენტები რეალიზებულია არსებულ დანადგარებში, მაგრამ სრული მოცულობით ოდორიზაციის ავტომატიზაციის კომპლექსური სისტემა ჯერ ჯეროებით არ არსებობს. ავტომატიზაციის კომპლექსური სისტემის აუცილებელი შემადგენელი ძირითადი მოწყობილობებია: ელექტრომაგნიტური სარქველი, ფილტრიანი ტუმბო, დონის სენსორი და ორკედლიანი ჭურჭელი ოდორანტისათვის.

ამჟამად მიმდინარეობს მუშაობა ამ ცალკეულ მოწყობილობების სრულყოფაზე. განსაკუთრებით ეს ეხება ოდორანტის დონის განსაზღვრის ინტელექტუალურ სენსორს, რომელიც ეფუძნება ჰიდროსტატიკურ მეთოდს, რადგან ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა მიკროპროცესორული ბლოკით განისაზღვროს წნევის ქვეშ მყოფ ჭურჭელში სითხის (ოდორანტის) დონე და მოცულობა (მასა). კონსტრუქციულად ოდორიზაციის დანადგარი შედგება ორი ნაწილისაგან: ტექნოლოგიური ბლოკი და მართვის ბლოკი.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით ჩამოყალიბებული იქნა გაზის ოდორიზაციის პროცესის ავტომატიზაციის სისტემისადმი ძირითადი მოთხოვნები:

- ოდორიზაციის პროცესის უწყვეტი კონტროლი;
- ოდორიზაციის დანადგარის მუშაობის კორექტირება;
- არასტანდარტულ სიტუაციებში ოპერატიულად რეაგირება;
- ოდორიზაციის ნორმის განუწყვეტელი კონტროლი;
- დანადგარში წარმოქმნილი შეფერხებებისა და ავარიული სიტუაციების გამოვლენა;
- მართვის ცენტრში ინფორმაციის გადაცემა.

ლიტერატურა

1. <http://mingas.ru/2010/11/odorizaciya-prirodnogo-gaza/>, «Одоризация природного газа (системы альтернативного контроля уровня одоризации природного газа)».
2. ГОСТ 5542-2014 «Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения», М., Стандартинформ, 2015.
3. Ковалев Б.К. Некоторые проблемы одоризации газа. Вестник Газпромша, Выпуск 1, 2017.
4. Рыбкин Д.Е. Контроль одоризации: нос или прибор? -М., Газ России, 2014, No 3.
5. ГОСТ 22387.5-2014 «Газ для коммунально-бытового потребления. Методы определения интенсивности запаха», М., Стандартинформ, 2016.

SUMMARY

ON THE DEVICE FOR QUALITY CONTROL OF NATURAL GAS ODORIZATION

Makhashvili K.A., Mestvirishvili Sh.A. and Iashvili N.G.

Georgian Technical University

The article examines the issues of determining the quality of the process of adding odorant in natural gas. The place of odorization in the network of household gas supply to the consumer is shown. A general algorithm for gas odorization is given. The main requirements for the microprocessor of the odorization quality control device are formulated.

Keywords: gas odorization, odorant, quality control, microprocessor device.

სპილენძის დაჟანგული მინერალების სულფიდიზაციის ინტენსიფიკაცია ელექტროქიმიური მეთოდით

გიგინეიშვილი ა.ა., თევზაძე დ.მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სპილენძის დაჟანგული მადნები ხასიათდებიან სიმყიფით, მიწიანობით, სპილენძის მინერალების კოლომორფული სტრუქტურით, რაც განაპირობებს მეორადი შლამების წარმოქმნას და ფლოტაციის პროცესზე უარყოფითად გავლენას.

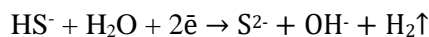
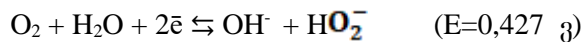
სპილენძის დაჟანგული მადნების გადამუშავების ერთ-ერთი მეთოდია დაჟანგული მინერალების ზედაპირის წინასწარი სულფიდიზაცია და გამოიყენება ადვილად და საშუალოდ გასამდიდრებელი მადნებისათვის.

სულფიდრილური შემკრებები დაჟანგულ მინერალებთან გამოყენებისას წარმოქმნიან არა მტკიცე აფსკს, რაც განაპირობებს რეაგენტის ხარჯის მკვეთრ ზრდას.

მინერალების ზედაპირზე წარმოშობილი აფსკის გასამყარებლად იყენებენ ჩვეულებრივ სულფიდიზაციას. ხშირად მიმართავენ ინტენსიურ სულფიდიზაციას მადნის დაფქვას ნატრიუმის სულფიდში სხვადასხვა ტემპერატურული რეჟიმით. ეს მეთოდები ძვირად ღირებული და რთულია და ვერ უზრუნველყოფს ფლოტაციის მაჩვენებლების სერიოზულ გაუმჯობესებას. პრაქტიკაში ხშირად გამოიყენება გოგირდოვანი ნატრიუმი. გოგირდოვანი ნატრიუმით სულფიდიზაციის პროცესის მექანიზმი კარგად არის შესწავლილი და ემყარება სპილენძის დაჟანგული მინერალების ზედაპირის სულფიდში გადაყვანას [1].

გოგირდოვანი ნატრიუმი წყალხსნარში იჟანგება და წარმოქმნის თიოსულფატ, სულფიტ და სულფატ იონებს. ამ იონების მავნე გავლენის შემცირებისა და სულფიდური იონების რაოდენობის გაზრდისათვის ხშირად ზრდიან ხსნარის ტუტიანობას. ამით შესაძლებელი ხდება უარყოფითი მხარისკენ გადაწევა. ამ პარამეტრების სასურველი მიმართულებით შეცვლა განვახორციელებთ გოგირდოვანი ნატრიუმის წყალხსნარის ელექტროქიმიური დამუშავებით.

გოგირდოვანი ნატრიუმის წყალხსნარის ელექტროქიმიური დამუშავება კათოდზე ადღგენის გზით ამცირებს წყალში გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაციას [2] და ზრდის სულფიდური იონების კონცენტრაციას.



მოყვანილი რეაქციები კინეტიკურად მდგრადია დროის მცირე პერიოდი. ელექტროქიმიური დამუშავების შემდეგ თავდაპირველი წონასწორობა სწრაფად აღდგება, ამიტომ ეფექტურობის მისაღებად საჭიროა დამუშავებული წყალხსნარი უშუალოდ მივაწოდოთ ფლოტაციის პროცესს.

ცხრ. 1-ში მოცემულია ელექტროქიმიური დამუშავების შედეგად მიღებული სულფიდ იონების კონცენტრაცია.

ცხრილი 1. ელექტროქიმიური დამუშავების შედეგად მიღებული სულფიდ იონების კონცენტრაცია

დასახელება 0,5 % გოგირდოვანი ნატრიუმის ხსნარი				
დაძაბულობა U, ვ	სულფიდ ვერცხლისწყლიანი ელექტროდის პოტენციალი, მვ	PH	HS ⁻ , მგ/ლ	S ²⁻ , მგ/ლ
0,0	-770	10,9	1905	50,5
0,5	-785	11,1	1895	63,0
1,5	-780	11,15	1892	75,0
5,0	-784	11,3	1890	130,0

ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ წყალხსნარის ელექტროქიმიური (კათოდური) დამუშავება მკვეთრად ზრდის მასულფიდირებელი სულფიდური იონების კონცენტრაციას.

ცხრ. 2-ში მოყვანილია გოგირდოვანი ნატრიუმის 3 %-იანი წყალხსნარის იონური შემადგენლობის ცვალებადობა ელექტროქიმიური დამუშავების შემდეგ.

გოგირდოვანი ნატრიუმის 3 %-იანი ხსნარის შემადგენლობამ გვიჩვენა, რომ ელექტროქიმიური დამუშავების შემდეგ კათოდურში მკვეთრად იმატა სულფიდური და ჰიდროსულფიდური მასულფიდირებელი იონების რაოდენობამ და მკვეთრად შემცირდა სულფატ-იონების კონცენტრაცია 2410 მგ/ლ-დან 680 მგ/ლ-მდე.

ცხრილი 2. 3 %-იანი წყალხსნარის იონური შემადგენლობის ცვალებადობა ელექტროქიმიური დამუშავების შემდეგ

პროდუქტები	იონების შემცველობა, მგ/ლ		
	S ²⁻ , HS ⁻ , H ₂ S	S ₂ O ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻
საწყისი ხსნარი	9015	640	2410
კათოდური	9510	772	680
ანოდური	8350	1175	3020

გოგირდოვანი ნატრიუმის წყალხსნარის ელექტროქიმიური დამუშავება ზრდის ხსნარში ჰიდროსულფიდური და სულფიდური იონების რაოდენობას. დადგინდა, რომ დამუშავების ყველაზე ოპტიმალური პერიოდი იწყება, როდესაც კათოდზე პოტენციალი შეადგენს 0,5 ვ.

გოგირდოვანი ნატრიუმის აღდგენითი უნარის გაძლიერება საშუალებას იძლევა შევამციროთ საფლოტაციო პულპის ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალი, რაც თავის მხრივ ზრდის მინერალის ზედაპირზე თავისუფალი ელექტრონების რაოდენობას.

ცხრ. 3-ში მოცემულია დამოკიდებულება დამუშავებულ 5 %-იან გოგირდოვან ნატრიუმსა და მინერალის ზედაპირზე თავისუფალი ელექტრონების კონცენტრაციას შორის.

ცხრილი 3. დამოკიდებულება დამუშავებულ 5 %-იან გოგირდოვან ნატრიუმსა და მინერალის ზედაპირზე თავისუფალი ელექტრონების კონცენტრაციას შორის

ელექტროქიმიური დამუშავების რეჟიმი	ელექტრონების კონცენტრაცია n x 10 ⁻¹⁴ , სმ ⁻³	
დაძაბულობა U, ვ	დრო t, წთ	
0,0	0	24,0
0,5	15	48,0
3,0	15	52,0
5,0	15	54,0

ცხრილში მოყვანილი მაჩვენებლებიდან გამომდინარე, ელექტროქიმიური დამუშავების შემდეგ დაუანგული მინერალის ზედაპირზე თავისუფალი ელექტრონების რაოდენობა დაახლოებით 2-ჯერ იზრდება.

მოყვანილი შედეგებიდან გამომდინარე შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნა, რომ გოგირდოვანი ნატრიუმის წყალხსნარის ელექტროქიმიური დამუშავება საშუალებას გვაძლევს 1,5-ჯერ გავზარდოთ ხსნარში ჰიდროსულფიდური და სულფიდური იონების რაოდენობა და შევამციროთ საფლოტაციო პულპის ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალი.

ლიტერატურა

1. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. т.IV, 2008, 707с.
2. Стурца Р.И. Флотация руд с применением интенсивных электрических воздействий. –Тбилиси, Ганатлеба, 1987, 149 с.

SUMMARY

INTENSIFICATION OF SULPHIDATION OF OXIDIZED COPPER MINERALS BY ELECTROCHEMICAL METHOD

Gigineishvili A.A. and Tevzadze D.M.

Georgian Technical University

Preliminary sulphidation of oxidized minerals is one of the methods for processing of oxidized copper ores. For sulphidation of mentioned minerals the sulphuric sodium is mainly used. Electrochemical treatment of aqueous solutions of sulphuric sodium increases the amount of hydrosulfide- and sulfide-ions in the solution. Research has shown that electrochemical treatment of aqueous solution of sulphuric sodium allows the increase of the amount of hydrosulfide- and sulfide-ions in the solution by a factor of 1.5 and reduces the redox potential of flotation pulp.

Keywords: sulphidation, oxidized copper minerals, electrochemical treatment.

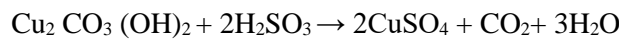
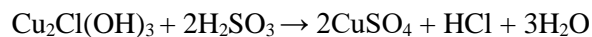
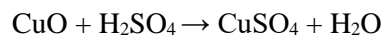
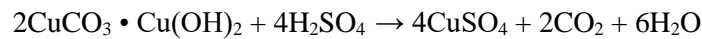
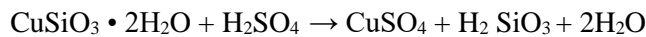
პარიერისა და მამფიდრებელი ფაბრიკის ჩამდინარე წყლებიდან მეთალური სპილენძის ამოკრევის შესაძლებლობის შესწავლა

გიგინეიშვილი ა.ა., თევზაძე დ.მ.

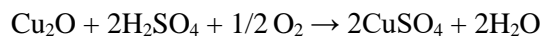
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მადნეულის საბადოზე ბუნებრივ პირობებში წარმოებს სპილენძის მადნების გამოტუტვა და შესაბამისად კარიერიდან ჩამდინარე წყლებში გვხვდება სპილენძის იონების დიდი რაოდენობა.

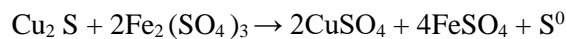
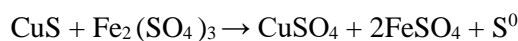
სპილენძის დაუანგული მინერალებისა და მათი ზედაპირების გახსნა გოგირდმჟავიან სუსტ ხსნარში მიმდინარეობს სპილენძის წარმოქმნით.



რაც შეეხება კუპრიტს Cu_2O გოგირდმჟავაში მთლიანად იხსნება მხოლოდ ჟანგბადის არეში.

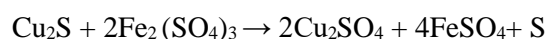
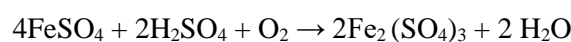
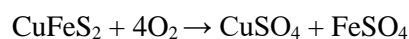
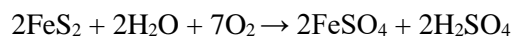


რაც შეეხება მეორად სულფიდურ სპილენძის მადნებს ისინი იხსნებიან ხსნარში რკინის იონების არსებობისას.



შედარებით ძნელად იხსნება სპილენძის მადნები, რომლებიც წარმოდგენილია ალუმოსილიკატებით, ალუმინოფოსფატებით და რკინის ჰიდროქსიდით.

მიწისქვეშა წყლებში სპილენძის მინერალების გამხსნელად გვევლინება რკინის სულფატი, რომელიც წარმოიქმნება ქალკოპირიტისა და პირიტის წყლის გარემოში დაჟანგვით.

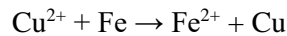


გამოტუტვის დიფუზიას ადგილი აქვს ხსნარის სასაზღვრო შრეში მინერალ-ხსნარის გამყოფ საზღვარზე. დიფუზიის პროცესის სიჩქარეზე დიდ გავლენას ახდენს მყარი ფაზის ფართი, რომლის სიდიდე უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია მარცვლის დიამეტრთან [1,2].

სპილენძის გამოტუტვის სიჩქარეზე ასევე დიდ გავლენას ახდენს ხსნარის ტემპერატურის გავლენა. ხსნარის ტემპერატურის გაზრდა 20 °C-დან 60 °C-მდე გახსნის სიჩქარეს ზრდის 40÷60 %-ით.

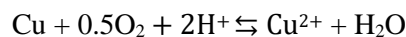
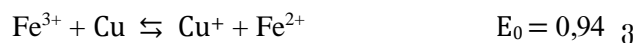
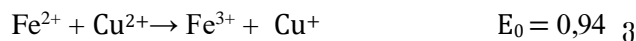
შემუშავებული ტექნოლოგიური სქემით შესაძლებელი გახდა კონცენტრატში სპილენძის მაქსიმალური ამოკრეფა. ამასთან კუდებში დანაკარგმა შეადგინა 6,0 %. ფლოტაციის კუდების გაყოლილი წყლის ქიმიურმა ანალიზმა უჩვენა, რომ მასში 1 ტ მადანზე გადათვლისას შეადგენს 100 გრ მეტალურ სპილენძს და საწყისი მადნიდან 1,2 % ამოკრეფას კარიერის ე.წ. „მუავე წყლებში“ ქიმიური ანალიზით დადგინდა, რომ სპილენძის შემცველობა საშუალოდ შეადგენს 1225 მგ/ლ. ამასთან წლიური დებიტი შეადგენს 1200000 მ³. მეტალურ სპილენძზე გადათვლით „მუავე წყლებს“ წელიწადში მოყვება 1470 ტ სპილენძი. ამდენად აქტუალურია ამ წყლებიდან სპილენძის ამოკრეფა.

კარიერის წყლებში არსებული სპილენძის ცემენტაცია წარმოებს რკინის ფხვნილის საშუალებით.



ცემენტაციის პროცესში ანოდს წარმოადგენს დამლეკი ლითონი (რკინა), ხოლო კათოდს ხსნარიდან დასალექი ლითონი (სპილენძი).

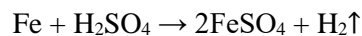
ცემენტაციის პროცესში გარდა ძირითადი რეაქციებისა შეიძლება მიმდინარეობდეს შემდეგი რეაქციები



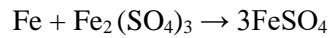
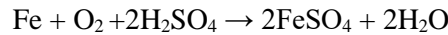
ცემენტაციის სიჩქარე, სპილენძის სრული დალეკვა, სპილენძის ნალექის ხასიათი, რკინის ხარჯი, და სხვა პარამეტრები დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე, როგორცაა ხსნარის მუავიანობა, დამლეკის ხარჯი, არაორგანული ნივთიერებების ფაქტურა, ქლორის იონების კონცენტრაცია, ნაკადის სიჩქარე, და ხსნარის ტემპერატურა [2].

როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა რკინის საშუალებით სპილენძის ცემენტაცია ხორციელდება pH-ის ფართო მნიშვნელობის დროს და განაპირობებს რკინის სხვადასხვა ხარჯს.

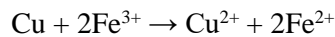
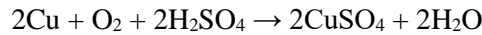
როგორც ცნობილია, pH-ის მცირე მნიშვნელობის (pH = 1÷2.5) დროს ადგილი აქვს რეაქციას



ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს რკინის დიდი რაოდენობით ხარჯვას. ხსნარში ჟანგბადის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს შემდეგ რეაქციებს:



ხსნარში რკინის ნაკლოვანებისას პულპაში ჟანგბადის იონების ან სამკვლევარი რკინის არსებობისას ცემენტაციის პარალელურად მიმდინარეობს სპილენძის დაჟანგვაც და შესაბამისად რკინის იონები გადადიან ხსნარში



რეაქციის ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალი დამოკიდებულია ხსნარის pH-ზე. ძლიერ მუავე არეში ცემენტაციის სიჩქარე მცირდება, რაც განპირობებულია ხსნარში H^+ კათიონის მომატებით, რომელიც ხელს უშლის სპილენძის იონების მიგრაციას კათოდისაკენ.

სპილენძის ცემენტაციის სიჩქარე დამოკიდებულია დამლექი ნივთიერების ფართობზე და ხსნარში სპილენძის იონების კონცენტრაციაზე. დამლექის ხვედრითი ფართი უკუპროპორციულია მისი დიამეტრისა, რაც უფრო მცირეა სისხო, მით უფრო სრულყოფილად და სწრაფად მიმდინარეობს ცემენტაცია.

ცემენტაციის სიჩქარის სტაბილურობისათვის ჩატვირთული დამლექი ნივთიერების რაოდენობა უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია მისი ზედაპირის ხვედრით ფართთან ან ფხვნილის საშუალო დიამეტრიც კვადრატის პროპორციულია.

ცემენტაციის პროცესში, როგორც წესი, გამოიყენება ფხვნილისებრი თუჯის ბურბუშელა ან ღრუბლისებრი რკინა სისხოთი 0.1÷1 მმ-მდე. თეორიულად ფარდობა რკინისა სპილენძთან გამოითვლება მათი ატომური წონებიდან $\text{Fe} : \text{Cu} = 56 : 64 = 7 : 8$ პრაქტიკულად რკინის ხარჯი აიღება მეტი, რადგანაც ადგილი აქვს სხვა თანმხლებ რეაქციებს.

კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ფარდობა რკინისა სპილენძთან აიღება 1:2.5-დან 1:3-მდე. ვინაიდან, ფლოტაციის კუდების წყალში სპილენძი წარმოდგენილია $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}^+$ იონების სახით, ამიტომ სპილენძის ცემენტაციას ჩვეულებრივ აწარმოებენ რკინის ბურბუშელათი. წყლის ნაკადს აწოდებენ კასეტებს, რომლებშიც მოთავსებულია რკინის ბურბუშელა. კასეტებში გავლის შემდეგ წყალში სპილენძის შემცველობა დაეცა 1.2 მგ/ლ-მდე. ოპერაციაში მეტალური სპილენძის ამოკრეფამ შეადგინა 98.7 %. ფლოტაციის კუდებიდან სპილენძის ამოკრეფის მაღალმა მაჩვენებელმა გვიჩვენა კარიერის ჩამდინარე წყლებიდან სპილენძის ამოკრეფის შესაძლებლობა.

მეტალური ფხვნილს (ბურბუშელას), რომელსაც აქვს მაქსიმალური აქტივობა და დიდი ზედაპირი, გამოყენება უზრუნველყოფს ცემენტაციით მიღებული სპილენძის მაღალ ხარისხს. ძვირადღირებული რკინის ფხვნილის შეცვლის მიზნით შესწავლილი იქნა რკინის ჯართისა და რკინაშემცველი მეტალების გამოყენების შესაძლებლობა.

ხსნარიდან სპილენძის ამოკრეფის პროცესის ინტენსიფიკაციისათვის და ძვირადღირებული რკინის ბურბუშელას შესაცვლელად შესწავლილი იქნა სპილენშემცველი ხსნარებიდან სპილენძის ცემენტაციის შესაძლებლობა შიგა ელექტროლიზით.

ტექნიკური შედეგი მიიღწევა კათოდისა და ანოდის გამოყენებით. კათოდად გამოიყენება ცემენტატორის აბაზანა (სასურველია ტიტანის კორპუსი), ხოლო ანოდად ვიყენებთ აბაზანაში ჩატვირთული რკინის ან სხვა რკინის შემცველ ჯართს. აბაზანა ივსება სპილენშემცველი ხსნარით და ვაწარმოებთ ცემენტაციას. ცემენტირებული სპილენძი ილექება აბაზანის ფსკერზე და პროცესის დასრულების შემდეგ ნალექს მოვრეცხავთ და ვაშრობთ.

ცემენტატორის მუშაობისას აბაზანაში ხსნარი მიმდინარე დალექვის რეაქციის გამო სწრაფად ცხელდება, რაც თავის მხრივ ზრდის სპილენძის გამოლექვის პროცესის სიჩქარეს.

საინტერესოა აბაზანიდან ჩამოტვირთული რკინის ჯართი, რომელშიც კონცენტრირდება ძვირფასი ლითონები და შეადგენს ცალცალკე შესწავლის საგანს.

ამგვარად, სპილენძის შემცველი ხსნარიდან სპილენძის ცემენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაცია შესაძლებელია შიგა ელექტროლიზით და ძვირადღირებული რკინის ფხვნილის ან ბურბუშელის რკინის ჯართით შეცვლით.

ლიტერატურა

1. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. –М., Горная книга, Том.1, 2014, 417с.
2. აგლაძე თ. გველეხიანი ჯ. ჩხიკვაძე ე. ხუგაშვილი ც. ჰიდრომეტალურგია. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2007, 201 გვ.

SUMMARY

STUDY OF THE POSSIBILITY OF EXTRACTION OF METALLIC COPPER FROM SEWAGE OF THE QUARRY AND OF CONCENTRATING PLANT

Gigineishvili A.A. and Tevzadze D.M.

Georgian Technical University

At Madneuli deposit the leaching of copper ores takes place in natural conditions. Respectively, the great amount of copper-ions are thrown into sewage. Iron sulfate is used for solving of copper minerals in underground waters. Copper cementation in quarry waters is carried out by means of iron powder. To intensify the process of copper extraction from the solution and for replacement of costly iron chips the possibility of copper cementation from copper containing solutions by internal electrolysis was studied. The research has shown that intensification of copper cementation process from copper containing solutions is possible by internal electrolysis and by replacement of costly iron pounder or chips by iron scrap.

Keywords: quarry, concentrating plant, sewage, copper, electrolysis.

ალუმინის ფუძემდებზე ელექტრონულ-სხივური ტემპერატურით მიღებული ტანტალისა და ნიობიუმის დანაფარების კვლევა

ანანიაშვილი ხ.ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

თანამედროვე ეპოქაში ინდუსტრიის, კერძოდ მანქანათმშენებლობის, ავიაციის, სარაკეტო და კოსმოსური ტექნოლოგიის, ბირთვული ენერგეტიკის, ელექტრონიკის, მედიცინის და სხვა სფეროების განვითარებთან ერთად იქმნება ინოვაციური მასალები და ვითარდება ტექნოლოგიები. ამ მხრივ აღსანიშნავია ნაკეთობის ზედაპირზე განსხვავებული მასალის დანაფარების დატანის აქტუალობა, რაც განაპირობებს საექსპლუატაციო მახასიათებლების გაუმჯობესებას.

დანაფარების წარმოების სხვადასხვა მეთოდი არსებობს. მათ შორის ფართოდ გამოიყენება ელექტრონულ-სხივური ტექნოლოგია, რომლის უპირატესობებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია: მასალების ფართო სპექტრის, მათ შორის ყველაზე ძნელდნობადი ელემენტებისა და ქიმიური ნაერთების საკმაოდ მაღალი სინქარეებით გახურება დნობისა და აორთქლების ტემპერატურებამდე; დანაფარის მიღების შესაძლებლობა ნებისმიერ მასალაზე, ფუძემდებთან საუკეთესო შეჭიდულობის, რეგულირებადი სტრუქტურისა და თვისებების უზრუნველყოფით და სხვ.

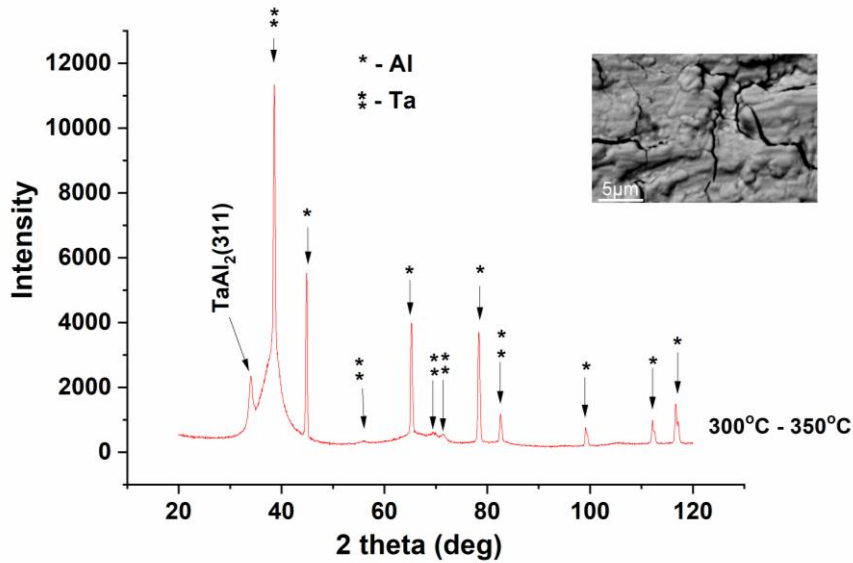
წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებული ტექნოლოგიით მიღებულმა ნიობიუმისა და ტანტალის დანაფარებმა ალუმინის ფუძემდებზე შეიძლება ფართო გამოყენება ჰპოვოს მანქანათმშენებლობაში, ავიამშენებლობაში, ენერგეტიკაში, სარაკეტო და კოსმოსურ ტექნოლოგიებში, მიკროელექტრონიკაში და სხვ. როგორც სუფთა, ისე ალუმინთან ინტერმეტალური ნაერთების სახით მიღებულმა დანაფარებმა ნეიტრონული და გამა გამოსხივების მიმართ მოსალოდნელი მაღალი რადიაციული მდგრადობის გამო შეიძლება გაგრძელდება ჰპოვოს ატომურ რეაქტორებში, რადიაციული ნარჩენების შესანახ და გადასატან კონტეინერებში, ხოლო ადამიანის ქსოვილთან საუკეთესო შეთავსებადობის გამო – სამედიცინო სფეროში.

ძირითადი ნაწილი

სამუშაოში მოყვანილია ალუმინის ფუძემდებზე ნიობიუმის (ტანტალის) ელექტრონული სხივით აორთქლებისა და ორთქლის ნაკადის ოპტიმალურ ტემპერატურულ დიაპაზონებში შემდგომი კონდენსაციის გზით მიღებული დანაფარების ზედაპირის მორფოლოგიისა და ფაზური შედგენილობის შესწავლა; ფუძემდებისა და დანაფარის სტრუქტურულ-გეომეტრიული ფაქტორების ანალიზი. ნიმუშების მიღება და კვლევა განხორციელდა წყაროებში მოცემული მოწყობილობისა და მეთოდების გამოყენებით [1-3].

განხორციელებულია ალუმინის ფუძემდებზე ტანტალისა და ნიობიუმის დანაფარიანი ნიმუშების კვლევა.

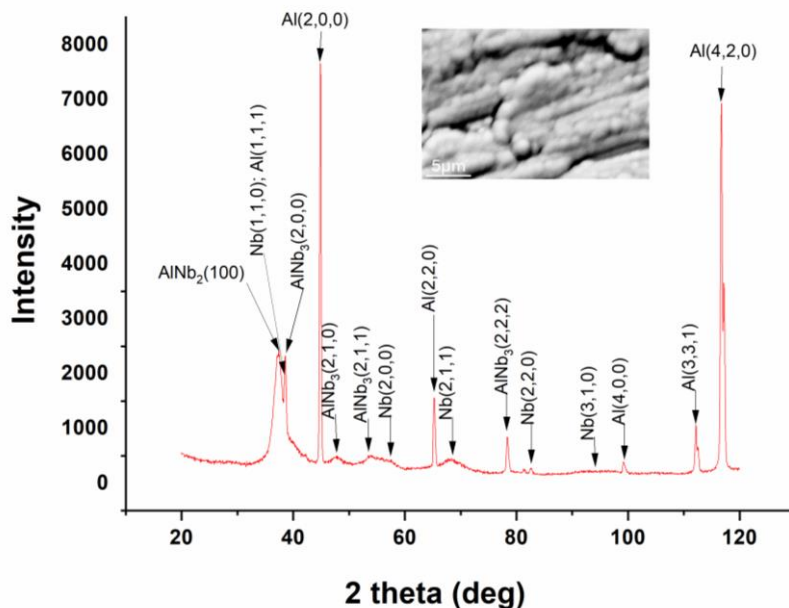
ნახ.1-ზე ნაჩვენებია ალუმინის ფუძემდებზე ტანტალის კონდენსაციის ოპტიმალური ტემპერატურული ინტერვალის მახლობლობაში ნიმუშის დიფრაქტოგრამა და დანაფარის ზედაპირის მორფოლოგია. 300 – 350 °C ტემპერატურულ ინტერვალში გამოვლენილია ჩამოყალიბებული მულტიფაზური სისტემა, რომელიც შედგება სუფთა Ta (დანაფარი), Al (ფუძემდებ) და Ta₂Al ინტერმეტალური ნაერთისაგან, რომელსაც ტეტრაგონური კრისტალური გისოსი გააჩნია.



ნახ. 1. ალუმინის ფუძეშერზე ტანტალის დანაფარის დიფრაქტოგრამა და ზედაპირის მორფოლოგია ($t_{cond} \approx 300 - 350^{\circ}C$)

ნიმუშის ზედაპირის მორფოლოგიის შესწავლისას დაბალ ტემპერატურულ ზონაში ($300^{\circ} - 350^{\circ}C$) გამოვლენილია ფირში არსებული პირველადი ბზარები, თუმცა ფუძეშერსა და დანაფარს შორის შეჭიდულობის ხარისხი საკმაოდ მაღალია (1, 4-სკალიანი შეფასებით, სადაც 1 საუკეთესო მაჩვენებელია) [3].

ნახ. 2-ზე წარმოდგენილ ალუმინის ფუძეშერზე ნიობიუმის დანაფარის შედარებით დაბალ ტემპერატურულ ზონაში ($t_{cond} = 250 - 320^{\circ}C$) გამოძლავნებულია როგორც ფუძეშერისა და დანაფარის მაქსიმუმები, ისე სისტემაში ცნობილი $AlNb_2$ -ის და $AlNb_3$ -ის მაქსიმუმები.

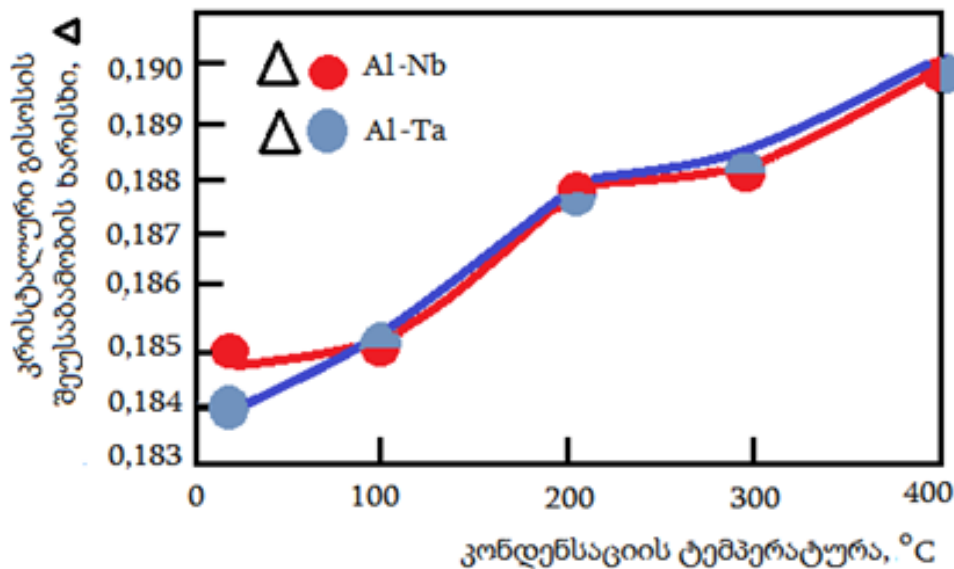


ნახ. 2. ალუმინის ფუძეშერზე ნიობიუმის დანაფარის დიფრაქტოგრამა და ზედაპირის მორფოლოგია ($t_{cond} \approx 300 - 350^{\circ}C$)

აღნიშნულ ზონაში ჩამოყალიბებულ კონდენსირებულ შრეში არ არის გამოქვლილი ბზარები ან სხვა სახის დეფექტები. დანაფარი შედგენილია წაგრძელებული კონგლომერატებისგან. ნიმუში უძლებს 12–14 ნიშანცვლად გადაღუნვას.

ერთ-ერთი უმთავრესი ფაქტორი, რომელიც დანაფარის გამოყენების პირობებს და მისი მიღების ტექნოლოგიის შერჩევის სისწორეს განაპირობებს, არის ნაკეთობაში ნარჩენი ძაბვების სიდიდე. მიუხედავად ამისა, ფუძემშრესთან კონდენსირებადი ფაზის შეზრდისათვის უმთავრეს განმსაზღვრელ ფაქტორს, ფუძემშრესა და დანაფარს შორის დამაკმაყოფილებელი ადჰეზიის უზრუნველყოფის თვალსაზრისით, მაინც კრისტალური გისოსების სტრუქტურულ-გეომეტრიული შესაბამისობის ხარისხი უნდა წარმოადგენდეს, რაც, უპირველეს ყოვლისა, გულისხმობს იმ სიბრტყეების გეომეტრიულ მსგავსებას, რომელთა შეზრდაც მიმდინარეობს, ხოლო მათი პერიოდების ფარდობითი განსხვავება არ უნდა აღემატებოდეს 15%: $\Delta=(a_1-a_2)/a_1$, სადაც a_1 არის მასალის კრისტალური გისოსის, ხოლო a_2 – კონდენსირებადი ფაზის კრისტალური გისოსის პერიოდი [4,5].

ამ მხრივ, ალუმინის ფუძემშრეზე ძნელდნობადი ლითონების – ნიობიუმისა და ტანტალის კონდენსაციის პროცესში რთულ სიტუაციას აქვს ადგილი, რაც ორი ძირითადი მოვლენით არის განპირობებული: ჯერ ერთი, ალუმინის მაღალი ქიმიური აქტიურობის გამო ფუძემშრის ოპტიმალური ტემპერატურის ზედა ზღვარს ზემოთ ინტენსიურად ვითარდება კონდენსაციით სტიმულირებული რეაქტიული დიფუზიის პროცესები, რაც მნიშვნელოვლად ზღუდავს კონდენსირებული ფირის დასმის ოპტიმალურ ტემპერატურულ არეალს და მეორე, აღნიშნულ ინტერვალში ფუძემშრისა და კონდენსირებული ფაზების კრისტალური გისოსების შეუსაბამობის ხარისხი მეტად მაღალია და მნიშვნელოვლად აღემატება ლიტერატურულ წყაროებში მითითებულ ზედა ზღვარს (15%, [4]): როგორც მე-3 ნახაზზე წარმოდგენილი დიაგრამებიდან გამომდინარეობს, ოთახის ტემპერატურაზე $\Delta Al-Nb=0,185$, ხოლო $\Delta Al-Ta=0,184$.



ნახ. 3. ალუმინის ფუძემშრეებისა და ნიობიუმისა და ტანტალის კონდენსატების კრისტალური გისოსების შეუსაბამობის ხარისხის დამოკიდებულება კონდენსაციის ტემპერატურაზე

იმ შემთხვევაში, როდესაც ფუძეშრისა და დანაფარის კრისტალური გისოსის პეროდებს შორის განსხვავება მნიშვნელოვანია, გისოსის დრეკადი დამახინჯება გარკვეულ სიდიდემდე განვითარდება და კონდენსირებული ფირის სისქის განურჩევი ზრდის პირობებში ფაზათა შორის საზღვარზე დაძაბულობა გარკვეულ ზღვრულ მნიშვნელობას მიაღწევს. ასეთ შემთხვევაში, თუ არსებობს დისლოკაციის წყარო, შემოვა შეუსაბამობის დისლოკაცია, რაც ენერგეტიკულად უფრო მომგებიანია და ხელს შეუწყობს დრეკადი დეფორმაციის დონისა და ფაზათა გამყოფ ზედაპირზე ენერჯის შემდგომ შემცირებას.

ალუმინის ფუძეშრეზე ნიობიუმისა და ტანტალის დანაფარების მიღების ოპტიმალური ინტერვალის დაბალტემპერატურულ დიაპაზონს მოიცავს, რაც განაპირობებს ფენებს შორის მკვეთრი ჰეტეროსაზღვრების ჩამოყალიბებას და სტრუქტურული დეფექტების რაოდენობის შემცირებას. ამიტომ ასეთ პირობებში შეუსაბამობის დისლოკაციის ჩამოყალიბების ძირითად მექანიზმად დაცურების მექანიზმი განიხილება, რომელიც უფრო დაბალტემპერატურულ პირობებში რეალიზდება გადაცოცების მექანიზმთან შედარებით [6].

ამგვარად, განხილული მასალის ანალიზი საფუძველს იძლევა დავასკვნათ, რომ ალუმინის ფუძეშრეზე 200 – 390 °C ინტერვალში ნიობიუმისა და 200 – 320°C ინტერვალში ტანტალის კონდენსაციის პირობებში ექსპერიმენტულად დადგენილი დადებითი ეფექტი განპირობებული უნდა იყოს „ფუძეშრე – კონდენსატი“ ფაზათა გამყოფ ზედაპირზე ფუძეშრესა და კონდენსირებულ ფაზებს შორის ნახევრადკოჰერენტული სასაზღვრო ზონის ჩამოყალიბებით.

დასკვნა

1. რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით ფუძეშრეებსა და კონდენსატებს შორის Al, Ta და Nb მაქსიმუმებთან ერთად, გარდამავალ ზონებში გამოვლენილია აგრეთვე შემდეგი შეაღებელი ნაერთები: ალუმინის ფუძეშრეზე ტანტალის კონდენსაციის შედეგად – Ta₂Al, ალუმინის ფუძეშრეზე ნიობიუმის კონდენსაციის შედეგად – AlNb₂-ის და AlNb₃.

2. დანაფარების სტრუქტურულ-გეომეტრიული ფაქტორების გათვალისწინებით ალუმინის ფუძეშრეებსა და ნიობიუმისა და ტანტალის დანაფარებს შორის კარგი შეჭიდულობის ხარისხი განხორციელებულია ფაზათა გამყოფ ზედაპირზე ნახევრადკოჰერენტული კავშირით.

„კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით [PHDF-18-736, სპეციალური დანიშნულების ფუძეშრეზე ფუნქციონალური დანაფარების მიღების ტექნოლოგიის შემუშავება]“

ლიტერატურა

1. M.H. Okrosashvili, G.L. Razmadze, T.P. Lomay, T.O. Loladze, A.B. Peikriashvili. Технология получения покрытий Ni, Nb и Ta на алюминиевой подложке. /სტუ-ს შრომები, №3(497). თბილისი, 2015, გვ. 161-175;
2. ხატია ანანიაშვილი, მიხეილ ოქროსაშვილი, თამარ ლოლაძე. სპილენძის ფუძეშრეზე ნიობიუმის და ტანტალის დანაფარების მიღების ტექნოლოგია. /სტუ-ს შრომები, №3(513), თბილისი, 2019, გვ. 98-110;
3. Khatia Ananiashvili, Mikheil Okrosashvili, Tamar Loladze, Natalia Valko, Tomasz N. Koltunowicz. Structure and Properties of Tantalum Coatings Obtained by Electron Beam Technology on Aluminum Substrates. Applied Sciences, 2020, Volume 10, Issue 11, 3737, MDPI, Basel. <https://doi.org/10.3390/app10113737>;

4. Барвинок В.А. Управление напряженным состоянием и свойства плазменных покрытий. - М.: Машиностроение, 1990, сс. 384.
5. Л.С. Палатник, В.К.Сорокин. Материаловедение в микроэлектронике. -М, Энергия», 1978, 277 с.
6. Лошкарев Иван Дмитриевич. Напряженное состояние и дислокационная структура пленок GaAs, GaP и GeSi на кремнии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук. Новосибирск – 2013.

SUMMARY

STUDY OF TANTALUM AND NIOBIUM COATINGS ON ALUMINUM SUBSTRATES OBTAINED BY ELECTRON-BEAM TECHNOLOGY

Ananiashvili Kh.O.

Georgian Technical University

Coatings of refractory metals are formed by electron beam evaporation and deposition of tantalum and niobium powders on aluminum substrates at the temperatures experimentally defined. The morphology of the coatings was studied; the phase composition of the "substrate-condensate" transition zone was studied by diffraction analysis; the presence of intermetallic compounds between aluminum substrates and condensates - Ta_2Al , $AlNb_2$ and $AlNb_3$ are revealed. The mechanism of phase merging is analyzed. The obtained metal coatings have good adhesion to the substrate, which is a result of a semi-coherent connection between the Al substrates and Ta (Nb) condensed phases on the interface boundary.

Keywords: eb-technology, coatings, substrate, condensate, morphology, x-ray diffraction, adhesion

პოლინაფთოილენბენზიმიდაზოლუბის ფორპოლიმერის იზოთერმული თერმობრავიმიტრიული პროცესის კვლევა ღრმა ვაკუუმში

ორმოცაძე ნ.შ., ბიბილეიშვილი დ.გ., მესხიშვილი მ.მ.

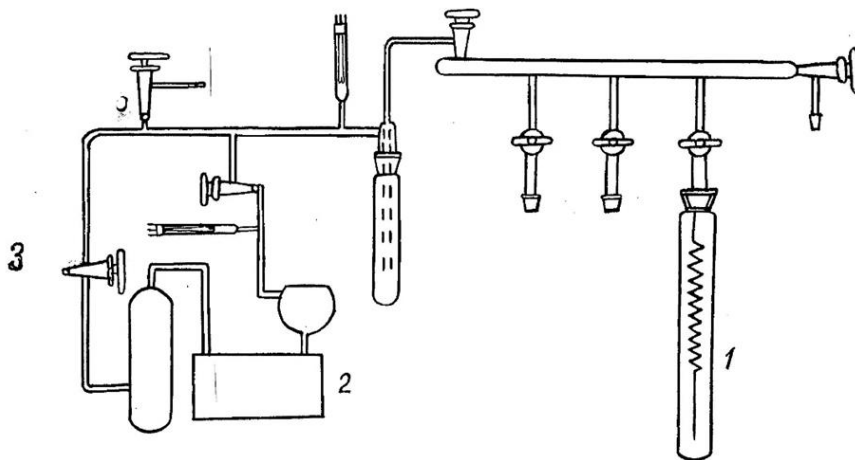
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

პოლინაფთოილენბენზიმიდაზოლუბის (პნბი) ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კომპლექსი როგორც მაღალ, ასევე დაბალ ტემპერატურაზე, თერმო-, თბო-, სითბო-, სინათლის-, რადიაციული და ქიმიური მდგრადობა სინთეზის ახალ მეთოდურ გადაწყვეტილებებთან ერთად, სხვადასხვა ახალი ასორტიმენტის მასალების: აფსკების, საფარების მიღების საშუალებას იძლევა. ასევე დიდ ასპარეზს უქმნის ელექტრონიკაში ჰიბრიდულ ინტეგრალურ სქემებში ფენათაშორისი საიზოლაციო მასალების შექმნას [1-4].

ჩატარებულმა ინტენსიურმა კვლევამ გვიჩვენა, რომ თერმომდგრადი პოლიმერების პნბი-ს საფუძველზე აფსკვარმომქმნელი სისტემების მისაღებად საჭიროა: გამოყენებული იქნას ამ პოლიმერების სინთეზის საფეხურებრივი მეთოდი, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ სინთეზის პირველ საფეხურზე N-მეთილ-2-პიროლიდონის არეში ნაფთალინ-1,4,5,8-ტეტრაკარბონის მჟავების დიანჰიდრიდების ბის(ო-ფენილენდიამინებთან) დაბალტემპერატურული პოლიკონდენსაციის პირობებში მიიღება აფსკვარ-მომქმნელი ფორპოლიმერი პოლი[(ო-ამინო)ფენილ]ნაფთალიმიდი (პანი), ხოლო მეორე საფეხურზე – მყარ ფაზაში თერმული პოლიკონდენსაციით მიმდინარეობს შიდამოლეკულური ციკლოდეჰიდრატაცია პნბი-ის მაკრომოლეკულური ჯაჭვის წარმოქმნით.

როგორც ცნობილია, რეაქციის სინქარის ან გარდაქმნის ხარისხის შესაფასებლად, საკმარისია რეაქციაში მონაწილე ერთ-ერთი საწყისი ან წარმოქმნილი კომპონენტის კონცენტრაციის განსაზღვრა. პოლინაფთოილენბენზიმიდაზოლუბის (პნბი) თერმული პოლიციკლოკონდენსაციის პროცესის კინეტიკის შესაფასებლად მიზანშეწონილად მივიჩნით დაბალმოლეკულური ნივთიერების – წყლის გამოყოფის სინქარის გაზომვა რეაქციის τ მომენტისათვის.

პოლინაფთოილენბენზიმიდაზოლუბის მისაღებად ფორპოლიმერის (პანი)-ის პოლიციკლოკონდენსაციის შედეგად წარმოქმნილი დაბალმოლეკულური პროდუქტის – წყლის გამოყოფის სინქარის გაზომვას იზოთერმულ პირობებში ვაწარმოებდით ღრმა ვაკუუმში მაკ-ბენის ტიპის სასწორით რომლის სქემა მოცემულია (ნახ. 1).



ნახ. 1. ღრმა ვაკუუმის დანადგარის – მაკ-ბენის სასწორის სქემა

1 – სასწორის მილი; 2 – მინის დიფუზიური ტუმბო; 3 – ვაკუუმის ონკანი;

ექსპერიმენტული ნაწილი

ფორპოლიმერის პანი-ის ნიმუშები აფსკები და ფხვნილები ნარჩენი გამხსნელის მოცილების მიზნით წინასწარ ექვემდებარებოდა ექსტრაქციას დიეთილის ეთერით 48 საათის განმავლობაში. ხოლო თვით ექსტრაგენტის მოცილება ხდებოდა ნიმუშების შრობით ვაკუუმში (10^{-2} მმ ვერცხლისწყლის სვეტი) $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ზე, შემდეგ კი ღრმა ვაკუუმში ($10^{-5} - 10^{-2}$ მმ ვერცხლისწყლის სვეტი) $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, ორგანული გამხსნელების მოცილებას გამოწმობით აირ-თხევადი ქრომატოგრაფიული მეთოდის საშუალებით.

გასუფთავებულ და გამომშრალ პოლიმერის აფსკებს ან ფხვნილს ვათავსებდით კვარცის ჯამში, რომელიც ყუნწით ჩამოკიდებული იყო კვარცისგან დამზადებულ სპირალზე, ეს უკანასკნელი კი მოთავსებული იყო მაკ-ბენის სასწორის მილში (1). ღრმა ვაკუუმში წყლის გამოყოფის კინეტიკის კვლევას ვაწარმოებდით მინის დიფუზიური ტუმბოს (2) საშუალებით შექმნილ ღრმა ვაკუუმში. სისტემაში ერთი და იგივე ტემპერატურის შენარჩუნება კონტაქტური თერმომეტრით ხდებოდა ან ელექტრონული თერმორეგულიატორით და თერმოწყვილის გამოყენებით $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ სიზუსტით. თერმომეტრს ან თერმოწყვილს ვათავსებდით თერმულ აბაზანად გამოყენებულ ვუდის შენადნობში. რეაქციის ტემპერატურას ვაკონტროლებდით ხელსაწყო სარეაქციო არეში (1) მოთავსებული თერმომეტრით.

კვარცის სპირალების საკალიბრო მრუდის აგებას ვაწარმოებდით წონის თანმიმდევრული თანდათანობით გაზრდით 10მგ – 100მგ-მდე და შემდეგ ასეთივე უკუთანმიმდევრული თანდათანობითი განტვირთვით. სპირალის მგრძობიარობას ვსაზღვრავდით ფორმულით $\alpha = 10 / \Delta l$ მგ/მმ, სადაც Δl სპირალის გაჭიმვაა (საშუალო) გამოწვეული ტვირთის 10 მგ-ით გაზრდით. სპირალის გაჭიმვას და შეკუმშვას ვაფიქსირებდით კათეტომეტრით KM-6 0,005 მმ სიზუსტით.

გამოყენებული სპირალის მგრძობიარობა იყო 4,18 და 4,57 მგ/მმ. ნიმუშიდან სორბციული წყლის მაქსიმალურად მოცილების მიზნით პოლიმერის $40 \div 60$ მგ წონაკს რეაქციის წინ ვაშრობდით $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ – ღრმა ვაკუუმში მუდმივ წონამდე მიყვანით. წონის დანაკარგი შეადგენდა α_{Δ} (მგ):

$$\alpha_{\Delta} = \Delta l_c \cdot \alpha$$

სადაც Δl_c – შრობის პროცესში სპირალის შეკუმშვაა მმ-ში. შესაბამისად პოლიმერის ჭეშმარიტი წონა α_0 შეადგენს:

$$\alpha_0 = \alpha - \alpha_{\Delta}$$

სადაც α პოლიმერის საწყისი წონაკია, მგ-ში.

რეაქციის თითოეულ მომენტში გარდაქმნის ხარისხი p განისაზღვრება, წყლის მოლეკლის რაოდენობით, რომელიც გამოიყოფოდა რეაქციის დროში τ ($n\tau$) შეფარდებული წყლის მოლეკლის იმ რაოდენობასთან, რომელიც თეორიული გაანგარიშებით უნდა გამოყოფილიყო მოცემულ წონაკში, მიმდინარე თერმული შიდამოლეკულური ციკლოდეჰიდრატაციის დროს, ანუ

$$p = n\tau / n_0$$

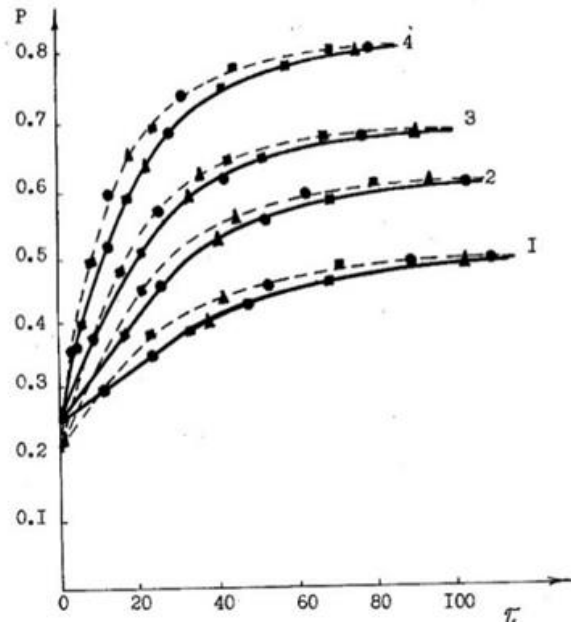
რადგან, $n\tau = \Delta l\tau \cdot \alpha / M_{\text{წყ}}$

მაშინ, $P = \Delta l\tau \cdot \alpha / M_{\text{წყ}}$

სადაც, n_0 - არის პანი-ის წონაკში ო-ამინონაფთალიმიდის ფრაგმენტების რეაქციის-უნარიანი მოლეკლის რიცხვია, განსაზღვრული ჩვენს მიერ შემუშავებული $^{13}\text{C} - \{^1\text{H}\}$ ბირთვულ მაგნიტური რეზონანსის სპექტროსკოპიული მეთოდის [1,2] გამოყენებით, $M_{\text{წყ}}$ ალი – წყლის მოლეკულური მასაა, $\Delta l\tau$ – სპირალის დამოკლებაა რეაქციის პროცესის τ - დროში.

გარდაქმნის ხარისხის სიზუსტე ლიმიტირებულია კვარცის სპირალის მგრძობიარობით და შეადგენდა $\pm 0,5\%$.

ფორპოლიმერის მაკრომოლეკულებში შიდამოლეკულური პოლიციკლიზაციის რეაქციის კინეტიკური მრუდები კოორდინატებში $(P - \tau)$ მოცემულია ნახ. 2-ზე, ხოლო კინეტიკური მახასიათებლების ექსპერიმენტული მონაცემების ტიპური გამოთვლის შედეგები მოცემულია ცხრილში.



ნახ. 2. სხვადასხვა რგოლიანი პოლიმერების შიდამოლეკულური პოლიციკლიზაციის რეაქციის კინეტიკური მრუდები:

იზოთერმული თერმოგრაფიუმეტრით ■, აირ-ქრომატოგრაფიული ● და ბირთვულ მაგნიტური რეზონანსის სპექტროსკოპიული მეთოდით ▲, T რეაქციის : 1 – 200; 2 – 220, 3 – 240 და 4 – 260 °C.

პოლი[(ო-ამინო)ფენილ]ნაფთალიმიდის ნიმუშის თერმული პოლიციკლიზაციის რეაქციის კინეტიკური მახასიათებლების გამოთვლის მაგალითის ტიპური სქემა იზოთერმული თერმოგრაფიუმეტრიული მეთოდით (რეაქციის ტემპერატურა 260 °C)

რეაქციის დრო, წთ	$\Delta \tau$, მმ	$m\tau$, მგ	$n\tau$	P	1/1-P	$K_p \cdot 10^{-4}, წმ^{-1}$
4	0,005	0,024	0,001	0,268	0,135	12,94
8	0,066	0,316	0,017	0,485	0,288	13,80
10	0,074	0,351	0,019	0,501	0,301	11,54
14	0,085	0,405	0,022	0,547	0,343	9,39
20	0,100	0,477	0,026	0,600	0,397	7,61
27	0,120	0,572	0,032	0,671	0,482	6,84
30	0,125	0,596	0,033	0,689	0,507	6,48
35	0,130	0,620	0,034	0,705	0,530	5,80

სპირალის მგრძობიარობა – 4,76 მგ/მმ, პოლიმერის წონაკი – 25 მგ, პოლიმერის წონაკი შრობის შემდეგ – 23,55 მგ, პოლიმერის წონაკიდან თეორიულად გამოსაყოფი წყლის მოლელების რაოდენობა – 0,0746 მოლი.

პოლინაფთოილენბენზიმიდაზოლების ფორპოლიმერის პოლი[(ო-ამინო)ფენილ]ნაფთალიმიდის იზოთერმული თერმოგრაფიუმეტრიული პროცესის კვლევის შედეგები ღრმა ვაკუუმში, სრულ თანხვედრაშია სხვა მეთოდებით: აირ ქრომატოგრაფიული თუ ბირთვულ მაგნიტური რეზონანსის სპექტროსკოპიით მიღებულ შედეგებთან, რაც კარგად ჩანს ამ პროცესის კვლევის შედეგების საფუძველზე ნახ. 2-ზე გამოსახული კინეტიკური მრუდებით.

ლიტერატურა

1. Коршак В.В., Берестнева Г.Л., Петровский П.В., Ормоцадзе Н.Ш., Русанов А.Л. и др. Исследование постадийного синтеза поли(нафтоиленбензимидазолов). //Высокомолек. соед., М., 1981, т.(А), 23, сс. 730-735.
2. Ормоцадзе Н.Ш. Синтез форполимеров полинафтоиленбензимидазолов и исследование пленок полученных на основе этих полимеров. // Тезисы докладов V-ой республиканской конференции по химии. Тбилиси, 2004, с.142
3. ნ. ორმოცაძე, მ. მესხიშვილი, დ. ბიბილეიშვილი. 8th Internanational Conference “biomaterials and nanobiomaterials: Recent Advances Safety-Toxicology and ecology Isssuses”, Including Russian –Hellenic Workshop and School of Young Scientists, Preparation of insulting films of niu class on the basis of polynaphtoilenbenzimidazoles. 2017, 07-14 მაისი, ორაკლიონ, კრეტა-საბერძნეთი, P 24, www.bionanotox.
4. Ормоцадзе Н.Ш., Библеишвили Д.В. Исследование возможности применения полимеров полинафтоиленбензимидазолов для получения термостойких покрытий. //Тезисы докладов международной научной конференции «КОЛХА», Кутаиси, 2009, сс.155-157.
5. Ормоцадзе Н.Ш. Получение и исследование покрытий на основе фор полимеров полинафтоиленбензимидазолов. // Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции «Современные достижения прикладной химии и технологии», Кутаиси, 2009, сс. 300-304.

SUMMARY

RESEARCH OF ISOTHERMAL THERMOGRAVIMETIC PROCESS OF THE PREPOLYMER OF POLYNAPHTOYLENEBENZIMIDAZOLES IN HIGH VACUUM

Ormotsadze N.Sh., Bibileishvili D.V. and Meskhishvili M.M.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

Georgian Technical University

For obtaining of film forming systems on the basis of thermally stable polymers- PNBI, step-by-step method of synthesis of mentioned polymers must be used. At the first step of synthesis film forming prepolymer-poly[(o-amino)phenyl] naptalimide (PAN) is obtained in the medium of N-ethyl-2-pyrrolidone at low-temperature polycondensation of dianhydrides of the acids of naphthalene-1,4,5,8-tetracarbon with bis(o-phenylene-diamines). And at the second step- intramolecular cyclodehydration takes place by thermal polycondensation in solid phase with formation of macromolecular chain of PNBA. To estimate the reaction rate or transformation degree, the determination of the concentration of one of the reagents is sufficient. For obtaining of polynaphtoylenebenzimidazoles measurement of release rate of water - low molecular product, formed as a result of polycyclocondensation of prepolymer (PAN), was carried out in isothermal conditions by Mak-Ben balances. The results of research of isothermal/thermogravimetric process of PAN in high vacuum are in total accordance with the results obtained by other methods - air chromatography or nuclear magnetic resonance.

Keywords: prepolymer, polynaphtoylenebenzimidazole, thermogravimetry, high vacuum.

BACTERICIDAL PROPERTIES OF METAL-CONTAINING PHILLIPSITES

Tsitsishvili V.G., Dolaberidze N.M., Kutsiava N.A., Khutsishvili B.T. and Mirdzveli N.A.

I. Javakhishvili TSU, P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry

Georgian Technical University

Abstract: Metal-containing zeolite adsorbents and ion exchangers are promising for environmental protection and medical application. Silver-, copper-, and zinc-containing micro-mesoporous materials have been prepared on the basis of natural phillipsite from Shukhuti (Western Georgia) using ion-exchange reactions between zeolite and a salt of a transition metal in the solid phase followed by washing. Synthesized adsorbent-ion-exchangers show bactericidal activity towards *Escherichia coli*. Strong bacteriostatic activity of modified zeolites was testified by the Kirby-Bauer test.

Keywords: Silver-, Copper-, Zinc-containing zeolites, *Escherichia coli*.

Bactericidal zeolite sorbents have a wide application based on the combination of their sorption-detoxification and antibacterial properties. The goals of the work include creation of new, pure nanocrystalline zeolite phases by phillipsite characterized by high ion-exchange capacity and selectivity to bactericidal cations, exceeding of clinoptilolite.

Preparation of metal-containing zeolites (MZs): Ion exchange was carried out as follows: powder of natural phillipsite (NP) and the corresponding salt were mixed in different weight ratios (from 1:1 to 1:6) and thoroughly grinded in an agate mortar for 5-10 minutes, depending on the cationic form and weight ratio. The solid mixture was then transferred to a filter and washed with distilled water until the absence of nitrate or chlorine anions, after which the modified samples were first dried in air and then at 100-105°C in a thermostat; samples with a maximum silver content are labeled as AgP, with a maximum copper and zinc content called CuP and ZnP, respectively.

Release of metals from zeolites and antibacterial activity: The determination of the amount of metals released from MZs in normal salina solution (9 g of NaCl in 1 L of deionized water) was carried out under static conditions in a thermostatic bath (Grant Instruments OLS26 Aqua Pro) at a temperature of 37 ± 0.1 °C, without stirring or shaking. Sampling for analysis was carried out after 1, 3, 6 and 24 hours after loading 0.1 gram of zeolite in 100 ml of salina.

The antibacterial activity of NP and MZs was tested against Gram-negative bacteria *Escherichia coli*. Before testing the antibacterial activity all dry zeolite products were sterilized at 70°C for 2 hours in a dry sterilizer. No microbial contamination of the prepared samples was found. Luria Bertani (LB) medium sterilized by autoclaving (121°C, 15 min) prior to the antibacterial activity tests was used as a growing medium, bacteria were grown aerobically in LB broth at 37°C for 12 hours, the culture was centrifuged twice (10,000 rpm), and the cells were washed and suspended in distilled water. 1 cm³ of the prepared biomass suspension of approximately 10⁷ colony-forming units (CFU) per cm³ was inoculated into the Schott's bottles with 100 cm³ of autoclaved saline, and zeolite samples in a concentration of 0.1 g/100 cm³ were added. The bottles were incubated in a thermostatic water bath with shaking at 105 rpm for 24 hours at 37 ± 0.1 °C. The number of viable cells was determined taking 0.1 mL of water + bacteria + zeolite mixture at the beginning of the experiment after 1 hour (the lag phase of bacterial growth), and after 3, 6, and 24 hours (the stationary phase). The aliquots were diluted in distilled water, spread on LB agar plates and incubated at 37°C for 24 hours. Bacterial colonies were counted using microscope.

Bacteriostatic properties of natural and modified zeolite samples were determined by the disk diffusion (Kirby-Bauer) method in standard conditions using the culture of *E.coli* grown on Mueller–Hinton agar medium at 37°C for overnight and placed (10⁹ CFU/cm³) on Mueller–Hinton agar (3 mm deep) poured into 100 mm Petri dishes. 0.2 g of zeolite in the form of pellets with 8 mm in diameter was placed into the plates. The plates were incubated at 37°C over 5% CO₂ medium and, finally, the width of inhibition zone of each sample in the plates was measured at the end of the first day. All experiments on antibacterial activity of NP and MZs were done in triplicate. The values obtained were averaged to give the final data with standard deviations.

Release of metal ions: The amount of silver ions released after 6 hours (Table 1) corresponds to concentration of 0.067 mM, which is higher than the minimal inhibitory concentration (MIC) value

for silver ions toward *E. coli*, 3.996 mg Ag in dm³ [1] or 0.037 mM. On the contrary, the amount of copper and zinc ions released after 24 hours corresponds to concentration of 0.45 and 0.5 mM, respectively, lower than MIC value for copper and zinc ions toward *E. coli*, 1 mM [2].

Bactericidal activity: Table 2 shows the relative number of viable cells of *E. Coli* suspended in water after their contact with natural and modified phillipsites in relation to the number of cells at the beginning of the experiment; results of the Kirby-Bauer test are given in the Table 3.

Table 1. The leaching of metals from modified phillipsites

Ions	Ag ⁺ from AgP (mg/L)	Cu ²⁺ from CuP (mg/L)	Zn ²⁺ from ZnP (mg/L)
In 1 hour	<5	<5	5.2±1.2
In 3 hours	<5	8.5±2.5	12.7±2.5
In 6 hours	7.2±1.5	16.2±3.2	23.0±5.5
In 24 hours	20.6±4.5	28.7±4.5	32.4±6.6

Table 2. The change in the relative number of viable cells of *E. coli* in time

Sample	NP	AgP	CuP	ZnP
At the beginning	100	100	100	100
After 1 hr	102.5±4.2	72.0±4.1	85.0±5.0	93.2±6.5
After 3 hr	98.3±3.5	23.6±2.8	42.0±2.5	51.6±4.7
After 6 hr	99.6±4.5	0	12.0±2.0	30.4±2.2
After 24 hr	100.5±4.8	0	0	0

Table 3. Bacteriostatic properties of NP and MZs against *E. coli*

Sample	Diameter of inhibition zone (mm)
Petri dish with <i>E. coli</i> only (check)	0 – confluent growth
Petri dish with <i>E. coli</i> and NP	0 – confluent growth
Petri dish with <i>E. coli</i> and AgP	18.6±0.7
Petri dish with <i>E. coli</i> and CuP	15.7±1.0
Petri dish with <i>E. coli</i> and ZnP	16.3±0.9

CONCLUSION: The obtained MZs can be used as bactericidal adsorbents and ion exchangers for medical purposes, as well as for cleaning and disinfecting water and soil.

REFERENCES

- Mulley G, Jenkins ATA, Water field NR 2014. Inactivation of the antibacterial and cytotoxic properties of silver ions by biologically relevant compounds. P LoS ONE, [Online]. 9(4): e 94409 (Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094409>).
- Navarro CA, von Bernath D, Jerez CA 2017. Heavy metal resistance strategies of acidophilic bacteria and their acquisition: Importance for biomining and bioremediation. Biological Research, 46(4): 363-371.

БАКТЕРИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОСодержаЩИХ ФИЛЛИПСИТОВ

ციციშვილი ვ.გ., დოლაბერიძე ნ.მ., კუციავა ნ.ა., ხუციშვილი ბ.ტ., მირძველი ნ.ა.

ტГУ იმ. ივ. ჯავახიშვილი, ინსტიტუტ ფიზიკური და ორგანიკური ქიმიის იმ. პ.გ. მელიკიშვილი გურიის ტექნიკური უნივერსიტი

მეტალსოდრჟაჩი ცეოლიტნი ადსორბენტი და იონობმენნიკი პერსპექტიური ვ მედიცინე და დია ჯაჭიტი ოკრუჟაოეი სრედი. მიკრომეზოპორისტი მატერიალი, სოდრჟაჩი სერბრო, მედი და ცინკი, ბილი პრეგოტოვლენი ნა ოსოვე პრიოდური ფილლისიტი აი შუხუტი (ზაპადნი გურიი) ს ისპოლზოვანიე იონობმენური რეაქციი მეჟდუ ცეოლიტო და სოლი პერეჟოდური მეტალი ვ ტვრდოი ფაზე ს პოსლედოჟიეი პრომივკოი. სინთეზირივანიე ადსორბენტი-იონიტი პრეჟავლიუტ ბაქტერიციდნიუ აქტივნიუსტუ ობნოშენიუ კ *Escherichia coli*. სილნიუ ბაქტერიოსტატიკური აქტივნიუსტუ მოდიფიციროვანიე ცეოლიტო ბილა უსტანოვლენი ს პომოშტი ტესტი კირბი-ბაუზრა.

Ключевые слова: сребро-, медь-, цинксодержащие цеолиты, *Escherichia coli*.

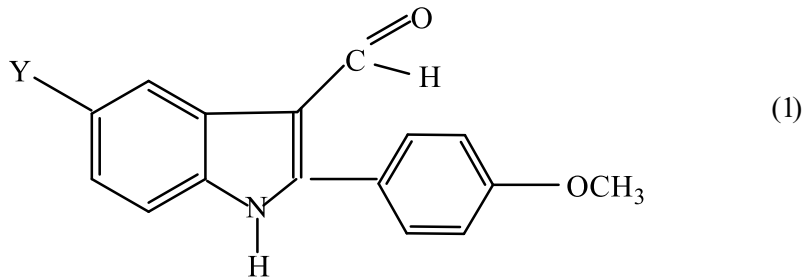
ზოგიერთი 3-ფორმილ-2-ფენილმეთილეთერიდოლის მათემატიკურ-ქიმიური ბამოკვლევა

წიგწივაძე თ.ი., ცეცაძე ნ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ტოპოლოგიური ინდექსების (მოლეკულური დესკრიპტორების) მეთოდი ფართოდ გამოიყენება მათემატიკურ ქიმიაში მოლეკულებისა და მათი გარდაქმნების გამოსაკვლევად [1,2]. ტოპოლოგიური ინდექსების მნიშვნელოვანი ნაწილი აგებულია მოლეკულური გრაფების თანახმობის მატრიცებისა და მათი მოდიფიცირებული სახესხვაობების ბაზაზე. ასეთი ტიპის მატრიცებს მიეკუთვნება: რნბ-, ქვაზი-რნბ-, ფსევდო-რნბ- და ეპ-მატრიცები და სხვ. [3-5].

ჩვენს მიერ მიღებული ზოგიერთი 3-ფორმილ-2-ფენილმეთილეთერ ინდოლი მათემატიკურ-ქიმიურად გამოვიკვლიეთ ქვაზი-რნბ-მატრიცის (რნბ) მეთოდით. ეს მარცა იგება შემდეგი ალგორითმის საფუძველზე: ქვაზი-რნბ-მატრიცის დიაგონალური ელემენტებია სტრუქტურულ ფრაგმენტებში შემავალ ქიმიურ ელემენტთა რიგობრივი ნომრების ჯამები, ხოლო არადიაგონალური ელემენტები – სტრუქტურულ ფრაგმენტებს შორის ქიმიური ბმების ჯერადობები. ზოგადად, საკვლევი ნივთიერებები შეიძლება ასე ჩაეწეროს:



სადაც: $Y \equiv H, CH_3, Cl$.

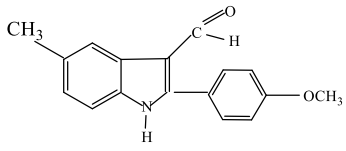
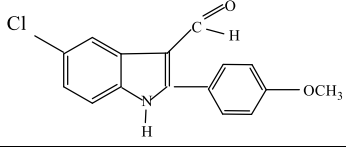
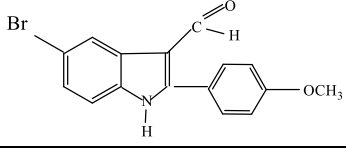
X არის მოლეკულის მთავარი სტრუქტურული ფრაგმენტი.

შესაბამის ქვაზი-რნბ-მატრიცას აქვს სახე:

$$\begin{vmatrix} Z_y & 1 \\ 1 & Z_x \end{vmatrix} \quad (2)$$

ჩვენ შევისწავლეთ $lg(\Delta(\tilde{r}_{nb}))$ გამოყენების შესაძლებლობა ტოპოლოგიურ ინდექსად ზოგიერთი 3-ფორმილ-2-ფენილმეთილეთერ ინდოლებისთვის.

ცხრილში $lg(\Delta(\tilde{r}_{nb}))$, $T_{ლღ}$ და $R_{მღგ}$. წარმოდგენილია სამი ნაერთისთვის:

ნაერთი	$\lg(\Delta(\tilde{r}_{NB}))$	$T_{\text{ღლ.}} \text{ } ^{\circ}\text{C}$	$R_{\text{მდგრ.}}$
	3,07	122	0,38
	3,34	143	0,4
	3,6	(170)	(0,42)

ჩაწერილია ორი კორელაციის განტოლება:

$$T_{\text{ღლ.}} = 90 \lg(\Delta(\tilde{r}_{NB})) - 154 \quad (3)$$

$$R_{\text{მდგრ.}} = 0,07 \lg(\Delta(\tilde{r}_{NB})) + 0,17 \quad (4)$$

კორელაციის კოეფიციენტი r შესაბამისად ტოლია 0,992, 0,991. ამრიგად, ჯაფეს კრიტერიუმის [6] მიხედვით ადგილი აქვს ბრწყინვალე კორელაციას.

$T_{\text{ღლ.}}$ და $R_{\text{მდგრ.}}$ 3-ფორმილ-5-ბრომ-2-ფენილმეთილეთერ ინდოლისთვის გამოთვლილია თეორიულად (3) და (4) ფორმულის საფუძველზე.

ლიტერატურა:

1. გ. გამზიანი, ნ. კობახიძე, მ. გვერდწითელი. ტოპოლოგიური ინდექსები. -თბილისი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1995, გვ. 25.
2. გ. ლეკიშვილი, დ. ასათიანი. მოლეკულური დისკრიპტორები ელემენტორგანულ ნაერთთა ქიმიაში. - თბილისი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1998, გვ. 23.
3. M. Gverdtsiteli, G. Gamziani, I. Gverdtsiteli. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modifications. -Tbilisi, Tbilisi Univ. Press, 1996, p. 21.
4. Н.Н. Сидамонидзе, К.Т. Купатадзе, М.И. Гвердцители. Теоретическое исследование корреляции „структура-свойства” в рамках методов ПНС, квази- ПНС и ЭМ- матриц. //Прикладная физика, 2009, №6, сс. 36-39.
5. ნ. ცეცაძე, ნ. ნარიშვიძე, ი. ჩიკვაძე. ზოგიერთი 3-ფორმილ-2-არილინდოლის სინთეზი და კონდენსაციის რეაქციები. /მეოთხე რესპუბლიკური სამეცნიერო მეთოდური კონფერენცია ქიმიაში. თბილისი, 29-31 ოქტომბერი, 2002, გვ. 33.
6. მ. გვერდწითელი. ფიზიკური ორგანული ქიმიის რჩეული თავები. -თბილისი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომც., 1982.

SUMMARY

MATHEMATICAL-CHEMICAL INVESTIGATION OF SOME DERIVATIVES OF 3-FORMYL-2-PHENYLMETHYL ETHERINDOLE

Tsivtsivadze T.I. and Tssetsadze N.R.

Georgian Technical University

Linearly-some derivatives of 3-Formyl-2-phenylmethyl etherindole were studied within the scope of quasi-ANB-matrix method. Two correlation equations were constructed and investigated. Calculations show that correlations are brilliant.

Keywords: 3-Formyl-2-phenylmethyl ether-indole, quasi-ANB-matrices, correlation equation.

ИЗМЕНЕНИЯ БЕЛКОВОГО КОМПЛЕКСА В ПРОЦЕССЕ ВЛАГОТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ МАСЛИЧНОГО МАТЕРИАЛА

Кварцхава Г.Р., Сирадзе М.Г., Дзnelадзе С.Дж.

Грузинский технический университет

В процессе влаготепловой обработки масличных семян наблюдается интенсивная окраска мезги, жмыха и шрота. В свое время это явление объясняли процессом карамелизации сахара. Однако некоторые исследования показали, что указанное потемнение продуктов переработки мятки предопределяется преимущественно меланоидиновыми соединениями, т. е. продуктами сахароаминных реакций [1-3].

Меланоидиновые соединения продуктов производства растительных масел представляют собой сложную смесь веществ непосредственного взаимодействия редуцирующих и инвертных сахаров с лизином и другими аминокислотами белков. Наиболее интенсивное накопление меланоидиновых соединений с вовлечением в реакцию сложных сахаров (с предварительным их распадом) происходит при температуре выше 120 °С [4-6].

На основе данных собственных исследований в табл. 1 приведены результаты, характеризующие влияние температуры на увеличение интенсивности окраски жмыхов и шротов семян подсолнечника и связывание сахаров белковыми веществами в результате сахароаминных реакций.

Таблица 1. Влияние температуры на увеличение интенсивности окраски жмыхов и шротов семян подсолнечника

Способы извлечения масла	Температура мезги или шрота в шнековом испарителе, °С	Снижение содержания сахаров по отношению к весу сухой обезжиренной мятки, %	Приращение интенсивности окраски по фотометру по отношению к окраске исходной мятки, %
В прессах ЕП, МП-21 и др.	120 – 130	2,5 – 3,8	40 – 45
	110 – 115	1,9 – 2,4	35 – 39
	102 – 105	0,9 – 1,7	20 – 22
По схеме форпрессование – непрывравная экстракция	95 – 105	0,6 – 1,3	3 – 15

Как видно из данных, представленных табл. 1, при температуре 110 – 130 °С за счет реакции взаимодействия белков и сахаров содержание сахаров снижается на 1,9 – 3,8 % от веса сухой обезжиренной мятки, т. е. сахароаминная реакция приводит в заимному уничтожению сахаров и аминокислот, главным образом лизина.

В результате сахароаминной реакции могут иметь место потери сухого вещества мятки, распадающейся до летучих продуктов (Н₂О, СО₂, NH₃).

Отмечено, что одновременно с потерей сухого вещества мятки происходит соответственное увеличение общего содержания азота и сильно перегретых объектах (шрот, жмых).

Таким образом, сахароаминная реакция не только снижает товарное качество жмыхов и шротов, но приводит к значительным потерям сахаров и аминокислот, а также к увеличению сырьевых потерь.

В процессе жарения изменение белковых веществ выражается в денатурации их, т. е. потере первичных свойств нативного белка. Степень денатурации различных белков семени различна и зависит от режима жарения. Особый интерес с технологической и народнохозяйственной точек зрения представляет вопрос денатурации растворимых белков (в воде, 10 %-ном растворе NaCl и 0,2 %-ном растворе NaOH), так как эти белки являются наиболее подвижными в процессе производства и обуславливают кормовую ценность жмыхов и шротов.

Являясь наиболее усвояемыми, растворимые белки жмыхов и шротов в кормовом рационе животных определяют их продуктивность. Отсюда видно, как важно знать те

изменения в этой группе белковых веществ, которые происходят в процессе производства растительных масел вообще и при жарении в особенности.

В табл. 2 приведены результаты собственных наблюдений за изменением содержания растворимых белков при подготовке к форпрессованию хлопковой мятки в жаровне без увлажнения (при сухом способе жарения), в условиях пребывания мезги в жаровне в течение 57 – 62 мин при температуре мезги, поступающей в пресс 90 – 95°C.

Таблица 2. Изменение содержания растворимых белков при подготовке к форпрессованию хлопковой мятки

Показатели, %	Наименование продукта			
	Мятка здоровых семян, поступающая в жаровню	Мезга мятки из здоровых семян при выходе из жаровни	Мятка дефектных семян, поступающая в жаровню	Мезга мятки из дефектных семян при выходе из жаровни
влажность	6,53	6,09	7,02	6,78
Содержание белков в пересчете на абс. сухое обезжиренное вещество:				
– растворимых в H ₂ O	6,68	3,73	3,86	3,56
– растворимых в 10%-ном растворе NaCl	14,25	18,47	6,60	7,48
– растворимых в 0,2%-ном растворе NaOH	23,17	13,85	18,60	23,86
– всего растворимых	44,10	36,06	29,06	24,90
– общее	46,84	47,12	46,39	48,11
Содержание растворимых белков, % к общему их количеству	94,2	76,53	62,63	51,80

Как видно из данных табл. 2, при обработке в жаровне мятки здоровых семян содержание растворимых белков снизилось с 94,2 % до 76,53 %, а при обработке мятки из дефектных семян — 62,68 % до 51,80 %.

Результаты проведенных исследований денатурации белков в процессе обработки мятки в жаровне на прессовых заводах при переработке семян сои приведены в табл. 3.

Таблица 3. Денатурация белков в процессе обработки мятки при переработке семян сои

Наименование продукта	Влажность, %	Температура мятки и мезги, °C	Содержание водо- и солерастворимых белков*, %	Относительная степень денатурации**, %
Мятка	12,8	25	44,18	86,1
мезга	4,4	122	6,12	''
Мятка	13,0	28	43,69	70,7
мезга	4,3	114	12,81	''
Мятка	11,8	25	49,50	61,4
мезга	4,4	114	19,12	''
Мятка	11,6	26	48,75	52,4
мезга	4,8	102	23,19	''

* в пересчете на абс. сухое и обезжиренное вещество

** к исходному содержанию

Как видно из данных, приведенных в табл. 3, степень денатурации белков при жарении сои колеблется в довольно широких пределах, причем с повышением температуры приготовления мезги и увеличением влажности ее степень денатурации возрастает. Особенно велика

степень денатурации белковых веществ при обработке мятки фораппаратными способами, в которых применяются высокие увлажнители и температура.

Установлено, что при соответствующем сочетании температуры, влажности и давления происходит расщепление образующихся нерастворимых белковых веществ до водо- и щелочерастворимых продуктов.

Большие изменения белковых веществ масличных семян происходят не только при интенсивной влажно-тепловой обработке мятки, но и в ходе ее прессования в шнековых прессах даже при небольших влажностях (0,9 – 1,0 %). Важнейшим фактором, определяющим весьма быструю денатурацию белков при прессовании в шнековых прессах, является не давление, а трение частиц мятки между собой и о рабочие части пресса.

Таким образом, при переработке масличных семян прессовым способом в результате влажно-тепловой обработки и отжима масла в шнековых прессах происходит ряд изменений белковых веществ, важнейшими из которых являются тепловая денатурация (изменение уникальной структуры белковых молекул), межмолекулярные взаимодействия белков с сахарами (меланоидиновая реакция), приводящие, как было сказано, к снижению растворимости белковых веществ; расщепление денатурированных белковых веществ до водо- и щелочерастворимых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Манана Сирадзе, Ирине Бердзенишвили. Масла растительные. Химический состав и совершенствование технологии рафинации. (Монография). - Тбилиси, Технический университет, 2017, 84 с.
2. Манана Сирадзе. Исследование состава хлопкового масла закавказских сортов семян хлопчатника и совершенствование режимов его рафинации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ленинград, Всесоюзный научно-исследовательский институт жиров (ВНИИЖ), 1987, с. 17.
3. Беззубов А.П. Химия жиров. М.: Пищевая промышленность, 1975, с.119, 124.
4. Ржехин В.П. Взаимодействие сахаров и белковых веществ масличных семян в процессе маслосемяводства. Маслосемяводная промышленность, 1966, №6. с.3.
5. Паронян В.Х. Технология жиров и жирозаменителей. – М.: ДеЛипринт, 2006, 186 с.
6. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. -М.: Пищевая промышленность, 1979, 336 с.

SUMMARY

CHANGES IN THE PROTEIN COMPLEX IN THE PROCESS OF THERMAL – MOISTURIZING PROCESSING OF OILSEED MATERIAL

Kvartskhava G.R., Siradze M.G. and Dzneladze S.J.

Georgian Technical University

It has been established that during the processing of oil seeds as a result of thermal – moisturizing processing, a number of changes in protein substances occur, the most important of which are thermal denaturation, intermolecular interactions of proteins with sugars, leading to decrease the solubility of protein substances; splitting of denaturated protein into water- and alkali-soluble products.

Keywords: thermal – moisturizing processing, protein, denaturation, intermolecular interactions, alkali-soluble products.

ფენოლური ნივთიერებები სხვადასხვა ტექნოლოგიური ხერხის გამოყენებით
დაამზადებულ ნახევრადტკბილ წითელ ღვინოებში

ებელაშვილი ნ.გ., უთურაშვილი ე.ა., კეკელიძე ი.ა.

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფენოლურ ნაერთებს ეკუთვნის უმნიშვნელოვანესი როლი წითელი ღვინოების ფერის, ექსტრაქტულობისა და გემური თვისებების ჩამოყალიბებაში; მათი კონცენტრაცია განაპირობებს წითელი ღვინოების ხარისხს, ტიპურობასა და ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას. ფენოლური ნივთიერებები მკვეთრად ამცირებენ გულ-სისხლძარღვთა დაავადების, შაქრიანი დიაბეტი 2-ის, სხვადასხვა სახის სიმსივნური პროცესებისა და მრავალრიცხოვან სხვა დაავადების განვითარების რისკს. ფენოლური ნივთიერებებიდან მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტიურობით გამოირჩევა: (+)-კატეხინი, (-)-ეპიკატეხინი; ყავის, ქლოროგენის, პროტოკატეხის, იასამნის, სინაპის, ფერულის მჟავები; კემპფეროლი, კვერცეტინი, მირიცეტინი, რესვერატროლი. საერთაშორისო ბაზარზე წითელ ღვინოებზე მზარდი მოთხოვნა განპირობებულია სწორედ მათი ანტიოქსიდანტური აქტიურობით. ანტიოქსიდანტურ აქტიურობასა და ფენოლურ ნივთიერებებს შორის არსებული დადებითი კორელაციიდან გამომდინარე, მხოლოდ იმ წითელ ღვინოებს აქვთ ანტიოქსიდანტური ეფექტი, რომლებშიც მაღალია ამ კომპონენტების კონცენტრაცია. ფენოლური ნივთიერებების რაოდენობა კი დამოკიდებულია ყურძნის ჯიშზე, ვაზის ზრდის ადგილზე, დამზადების ტექნოლოგიაზე [1-12].

სამუშაოს მიზანია დურდოს მაცერაციის სხვადასხვა ტექნოლოგიური ხერხის გამოყენებით ფენოლური კომპონენტების მაღალი კონცენტრაციის წითელი ნახევრადტკბილი ღვინოების საცდელი ნიმუშების დამზადება, საკონტროლო ნიმუშის დამზადება არსებული (სტანდარტული) ტექნოლოგიით; ნიმუშებში ფენოლური ნაერთების ფართო სპექტრის გამოკვლევა და მათი ურთიერთშედარება.

ფენოლური ნაერთების კონცენტრაციის გაზრდისთვის წითელი ნახევრადტკბილი ღვინის საცდელი ნიმუშების დასამზადებლად, პირველად ჩვენ მიერ არის გამოყენებული ტექნოლოგიური ხერხები ცალ-ცალკე და კომბინირებულად: ალკოჰოლური დუდილის ჩატარების წინ, დურდოდან ტკბილის სხვადასხვა ნაწილის მოკლება; დურდოს გაცხელება.

კვლევის ობიექტები იყო საფერავიდან დამზადებული წითელი ნახევრადტკბილი ღვინის საკონტროლო და ოთხი საცდელი ნიმუში.

საკონტროლო ნიმუში დამზადდა არსებული (სტანდარტული) ტექნოლოგიით: კლერტგაცლილი საფერავის დურდოს ალკოჰოლური დუდილი 25–28 °C-ზე მშრალი საფურის გამოყენებით; მადუღარი დურდოს გამოწნეხა, როდესაც დაუდუღარი შაქრის რაოდენობა 8–9%-მდეა, მადუღარი ტკბილის შენახვა დაბალ ტემპერატურაზე, ღვინომასალის ლექიდან გადაღება როდესაც დაუდუღარი შაქრის რაოდენობა 5%-მდეა და მისი შენახვა დაბალ ტემპერატურაზე გოგირდის დიოქსიდის (30მ გ/ლ) გამოყენებით.

საცდელი №1 – კლერტგაცლილი დურდოს გაცხელება 65 °C-ზე, დურდოს 25 °C-მდე გაგრილების შემდეგ მისი ალკოჰოლური დუდილი და შემდგომი ტექნოლოგიური პროცესები ჩატარდა საკონტროლო ნიმუშის ანალოგიურად;

საცდელი №2 – კლერტგაცლილი დურდოდან მისი მოცულობის ნახევარი ტკბილის მოკლება, დარჩენილი დურდოს ალკოჰოლური დუდილი და შემდგომი ტექნოლოგიური პროცესები ჩატარდა საკონტროლო ნიმუშის ანალოგიურად;

საცდელ №3 – კლერტგაცლილი დურდოდან მისი მოცულობის ნახევარი ტკბილის მოკლება, დარჩენილი დურდოს გაცხელება 65 °C-ზე, დურდოს 25 °C-მდე

გაგრილების შემდეგ მისი ალკოჰოლური დუღილი და შემდგომი ტექნოლოგიური პროცესები ჩატარდა საკონტროლო ნიმუშის ანალიზიურად;

საცდელი №4 – კლერტგაცლილი დურდოდან მისი მოცულობის 1/3 ტკბილის მოკლება, დარჩენილი დურდოს გაცხელება 65 °C-ზე, დურდოს 25 °C-მდე გაგრილების შემდეგ მისი ალკოჰოლური დუღილი და შემდგომი ტექნოლოგიური პროცესები ჩატარდა საკონტროლო ნიმუშის ანალიზიურად.

საკონტროლო და საცდელ ნიმუშებში საერთო ფენოლური ნივთიერებების ჯამური რაოდენობის გამოკვლევა ჩატარდა [13] ფოლინ-ჩოკალტეუს რეაქტივის გამოყენებით: დურდოდან გამოწნევის შემდეგ, ღვინომასალების 3, 6, 9 და 12 თვით შენახვის შემდეგ. კატეხინების, ფენოლკარბონმჟავების, ანტოციანების რაოდენობის გამოკვლევა ჩატარდა მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით [14].

კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრ. 1 და 2-ში.

კვლევის ობიექტებში ჩვენ მიერ იდენტიფიცირებულია და რაოდენობრივად განსაზღვრულია ფენოლური კომპონენტები: მალვიდინ-3-გლუკოზიდი, (+) - კატეხინი და (-) - ეპიკატეხინი; ფენოლკარბონმჟავები: გალის, ქლოროგენის, ვანილის, ყავის, იასამნის, პ-კუმარის და დარიჩინის; ვანილინის ალდეჰიდი.

გამოკვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ფენოლური ნივთიერებების რაოდენობა საცდელ ნიმუშებში საკონტროლოსთან შედარებით გაცილებით მაღალია.

ფენოლური ნივთიერებების მაღალი შემცველობით გამოირჩევა საცდელი ნიმუში №3, რომლის დამზადებისას გამოყენებული იყო ტექნოლოგიური ხერხები: ალკოჰოლური დუღილის ჩატარების წინ კლერტგაცლილი დურდოს მოცულობის ნახევარი ტკბილის მოკლება და დარჩენილი დურდოს გაცხელება 65 °C-ზე. მასში საერთო ფენოლების ჯამური რაოდენობა, საკონტროლოსთან შედარებით 2,4-ჯერ მაღალია. ერთი წლის ხანგრძლიობით შენახვისას ნიმუშებში ფენოლური ნივთიერებების ჯამური რაოდენობა მცირდება ამ კომპონენტების დაჟანგვის, პოლიმერიზაციის, ცილა-ტანატის წარმოქმნისა და ნალექში გადასვლის პროცესების მიმდინარეობის შედეგად.

ცხრილი 1. ფენოლური ნივთიერებების ჯამური რაოდენობის (მგ/ლ) დინამიკა საფერავის ნახევრადტკბილი ღვინის ნიმუშებში დურდოდან გამოწნევის შემდეგ და 12 თვით შენახვის პროცესში

ღვინის ნიმუშები	დურდოდან გამოწნევის შემდეგ	შენახვიდან 3 თვის შემდეგ	შენახვიდან 6 თვის შემდეგ	შენახვიდან 9 თვის შემდეგ	შენახვიდან 12 თვის შემდეგ
საკონტროლო	3017.30	2715.57	2471.27	2249.34	2045.34
საცდელი – №1	4147.00	3741.34	3378.44	3067.63	2760.93
საცდელი – №2	5720.00	5142.28	4669.19	4248.97	3866.65
საცდელი – №3	7150.00	6434.56	5849.05	5322.64	4841.85
საცდელი – №4	6417. 125	5756.95	5180.75	4662.45	4242.99

ფენოლური კომპონენტების გამოკვლევა მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიის მეთოდით ჩატარდა ღვინის ნიმუშების დამზადებიდან ერთი წლის შემდეგ საკონტროლო და საცდელ №3 ნიმუშში (ცხრილი 2).

მიღებული შედეგების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ფენოლური ანტიოქსიდანტების ჯამური რაოდენობა საცდელ ნიმუშში, საკონტროლოსთან შედარებით, 83,8 %-ით მაღალია. მასში საკონტროლოსთან შედარებით, მატულობს: მალვიდინ-3-გლუკოზიდის რაოდენობა – 52,6 %-ით, ფენოლკარბონმჟავების ჯამური რაოდენობა – 82,4 %-ით, ვანილინის ალდეჰიდის რაოდენობა – 45,9 %-ით, კატეხინების ჯამური რაოდენო-

ბა, იასამნის და ყავის მჟავის რაოდენობა – 2-ჯერ, ვანილის მჟავის რაოდენობა – 3,5-ჯერ. საკონტროლოსთან შედარებით, მაღალი იყო საცდელი ნიმუში №3-ის სადეგუსტაციო შეფასების მაჩვენებელიც.

ცხრილი 2. ფენოლური კომპონენტები (მგ/ლ) ნახევრადტკბილი ღვინის ნიმუშებში

ფენოლური კომპონენტები, მგ/ლ	საკონტროლო	საცდელი – №3
გალის მჟავა	12.39	14.52
(+)- კატეხინი	102.036	213.91
ქლოროგენის მჟავა	1.17	1.32
ვანილის მჟავა	3.65	12.988
ყავის მჟავა	7.083	16.410
იასამნის მჟავა	3.468	7.220
(-)-ეპიკატეხინი	155.842	318.175
ვანილინის ალდეჰიდი	1.940	2.830
პ-კუმარის მჟავა	0.460	1.160
დარიჩინის მჟავა	3.430	4.110
ფენოლკარბონმჟავების ჯამი	31.651	57.728
კატეხინების ჯამი	257.878	532.085
მალვიდინ-3-გლუკოზიდი	184.2	281.1
ფენოლური ანტიოქსიდანტების ჯამი	473.729	870.913

ნახევრადტკბილი წითელი ღვინოების დამზადების ტექნოლოგიურ პროცესში ალკოჰოლური დუღილის ჩატარების წინ კლერტგაცილი დურდოს მოცულობის ნახევარი ტკბილის მოკლება და დარჩენილი დურდოს გაცხელება 65 °C-ზე მნიშვნელოვნად ზრდის ღვინოში ანტიოქსიდანტური ფენოლური კომპონენტების კონცენტრაციას და შესაბამისად გულ-სისხლძარღვთა, სიმსივნური და მრავალრიცხოვან სხვა დაავადებათა პრევენციის ეფექტს.

ლიტერატურა

1. M. Nardini, M. D'Aquino, G. Tomassi, V. Gentili, D.M. Felice, C. Scaccini, Inhibition of human low-density lipoprotein oxidation by caffeic acid and other hydroxycinnamic acid derivatives. // J. Free Radic. Biol. Med. 19, 1995, pp.541-552.
2. Ritchey J.G., Waterhouse A., A Standard Red Wine: Monimeric Phenolic Analysis of Commercial Cabernet Sauvignon Wines. //Am.J.Enol.Vitic. 50, 1999, pp.91-100.
3. J.F. Harbertson, M.S. Mireles, E.D. Harwood, K.M. Weller, C.F. Ross, Chemical and sensory effects of signee, water addition, and extended maceration on high brix must. //Am. J. Enol. Vitic. 60, 2009, pp.450-460.
4. S.A. Palma-Duran, A. Vlassopoulos, M. Lean, L. Govan, E. Gombet, Nutritional intervention and impact of polyphenol on glycohemoglobin (HbA1c) in nondiabetic and type 2 diabetic subjects: systematic review and nmeta-analysis. //J. Critic. Rev. Food Sci. Nutrit. 57, 2017, pp. 975-986.
5. J. Guilford, J.M. Pezzuto, Wine and health: a review. // Am. J. Enol. Vitic. 62, 2011, pp. 471-486.
6. Plavska T., Jurinjak N., Antunovic D. Percuric O. and Kovalevic K. The Influence of Skin Maceration Time on the Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Red Wine Teran (*Vitis vinifera L.*) Food Technol. Biotechnol. 50, 2012, pp.152-158.
7. Rodrigues A., Ricardo-Da-Silva J., Lucas C., and Laureano O. Effect of Winery Yeast Lees on Touriga Nacional Red Wine Color and Tannin Evolution. //Am. J. Enol. Vitic. March 64; 2013, pp.98-109.
8. L.F. Casassa, Ch.W. Beaver, M. Mireles, R.C. Larsen, H. Hopfer, H. Heymann, J.F. Harbertson, Influence of fruit maturity, maceration length, and ethanol amount on chemical and sensory properties of merlot wines. // Am. J. Enol. Vitic. 58, 2013, pp.437-449.
9. N.V. Ebelashvili, L.P. Shubladze, I.A. Kekelidze, Variations of bioactive substances in red wines produced by different technological techniques of enzyme maceration. // J. Georg. Eng. New 71, 2014, pp.72-74.
10. I. A. Kekelidze, N.V. Ebelashvili, M.Sh. Japaridze, Prospectivity of enriched with phenolic compounds red dessert wines production in Georgia. // J. Georg. Eng. New, 76, 2015, pp.120-124.
11. I. Kekelidze, N. Ebelashvili, M. Japaridz , B. Chankvetadze, L. Chankvetadze Phenolic antioxidants in red dessert wine produced with innovative technology. /Annals of Agrarian Science, 16, 2018, pp.34-38.

12. A.P.S. Lucena, R.J.B. Nascimento, J.A.C. Maciel, J.X. Tavares, J.M. Barbosa-Filho, E.J. Oliveira, Antioxidant activity and phenolics content of selected Brazilian wines. // J. Food Compos. Analys. 23, 2010, pp.30-36.

13. Валуйко Г. Биохимия и технология красных вин. –Москва, Пищевая промышленность, 1973, 298 с.

14. Bonerz D. Nikfardjam M. and Creazy G., A Nev RP-HPLC Method of Poluphenols, Anthocyanins, and Indole-3-Acetic Acid in Wine. //Am.J.Enol.Vitic. 59:1, 2008, pp.106-109.

SUMMARY

PHENOLIC COMPOUNDS IN RED SEMI-SWEET WINES PRODUCED VIA APPLICATION OF VARIOUS TECHNOLOGICAL TECHNIQUES

Ebelashvili N.V., Uturashvili E.A. and Kekelidze I.A.

Agricultural University of Georgia

Georgian Technical University

Phenolic compounds in red semi-sweet wines produced via application of various technological techniques were studied. The research objects were tested and control samples of semi-sweet wines produced from Saperavi grape. The control sample was produced via standard technology; the four test samples – via separate and combined application of various technological techniques with the aim to increase the phenolic content: removal of various amounts of juice from the must right before alcoholic fermentation; heating of the must. It was found that the highest amount of phenolic compounds was in that test sample, in production of which there were applied the following technological techniques: removal of the juice in amount of the half volume of the destemmed must right before alcoholic fermentation and heating of the remained must to 65⁰C. The total amount of phenolics in the samples was studied by the *Folin-Ciocalteu* method; the amount of malvidin-3-glucoside, phenol carbonic acids, catechins and vanillin aldehyde - via application of the High Performance Liquid Chromatography method. In the best test sample, compared to the control, there were increased concentrations of phenolics, such as: the total amount of phenolic compounds – by 83.8%, the amount of malvidin-3-glucoside – by 52.6%, the total amount of phenol carbonic acids - by 82.4%, the total amount of catechins – 2-times as much, the amount of vanillic acid - 3.5-times; the amount of vanillin aldehyde – by 45.9%; in the test sample, compared to the control, higher was as well the tasting evaluation assessment.

Keywords: semi-sweet red wine, phenolic compounds.

ქვევრისა და ევროპული წესით დამზადებულ ქართულ
ღვინოებში ქიმიური პარამეტრების ბანსაზღვრა

სორდია ე.კ., ქვარცხავა გ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მევენახეობა და მეღვინეობა საქართველოს მეურნეობის მნიშვნელოვანი დარგია. დღითიდღე უფრო აქტუალური ხდება ქვევრის ღვინის წარმოება. ქვევრის ღვინო საკმაოდ პოპულარულია საზღვარგარეთაც, ამიტომ გახდა მნიშვნელოვანი მაღალხარისხიანი ღვინის მიწოდება მომხმარებლისთვის.

კვლევის მიზანი იყო დაგვეფიქსირებინა ის განსხვავებები, რითაც გამოირჩევიან ქვევრის ღვინოები ევროპული წესით დამზადებული ღვინოებისაგან და ამით მეტად გაგვეწია პოპულარიზაცია ქვევრის ღვინისთვის. წარმოგვეჩინა ქვევრის ღვინის სიმდიდრე და გამოგვეკეთა მისი დადებითი გავლენა ჯანმრთელობაზე.

ქვევრის ღვინის დაყენების ტექნოლოგია გულისხმობს ქვევრში ტკბილის ალკოჰოლურ დუღილს დურდოზე, კლერტთან ან კლერტის გარეშე, და მასთან ერთად დაყოვნებას პერმეტულად დახურულ პირობებში დაახლოებით 5–6 თვე. ასეთი ტიპის ღვინის უპირატესობა დიდწილად დამოკიდებულია სწორედ ქვევრზე. ის ქიმიური პროცესები, რომელიც მიმდინარეობს ქვევრში ღვინის დუღილისა და დაყენების დროს, განაპირობებს ქვევრის ღვინისთვის დამახასიათებელ გემოს, არომატს და გარეგნობას.

ქვევრის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობა არის ტემპერატურის შენარჩუნება, რაც ბუნებრივად ხდება, არ სცილდება შენახვის დადგენილ ზღვარს, და მხოლოდ რამდენიმე გრადუსით იცვლება. ტემპერატურულ რეჟიმს განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა არა მარტო შენახვისათვის, არამედ ის მნიშვნელოვანია ალკოჰოლური დუღილის პროცესის წარმართვისათვის [1].

ქვევრი, ღვინის შენახვის გარდა, მონაწილეობს დუღილის და დაღვინება-დავარგების პროცესში. ამ ჭურჭელში ღვინის დაყენებისას ღვინოში მიმდინარე ყველა პროცესი ქრონოლოგიურად ბუნებრივად მიმდინარეობს, რასაც ქარხნულ პირობებში სხვადასხვა დანადგარები და ქიმიური დანამატები ესაჭიროება.

საკვლევ ობიექტად შერჩეულ იქნა ჩინურის, ცოლიკოურის და მანავის მწვანეს ევროპული წესით და ქვევრში დამზადებული ღვინოები (ღვინოები დამზადებულია კლერტის გარეშე, ბუნებრივ საფუვრებზე).

არსებობს ღვინის ფართო ასორტიმენტი, თუმცა არის ნივთიერებები, რომლებიც ცნობილია ყველა ტიპის ღვინოში. ისინი წარმოადგენენ ღვინის ძირითად ნივთიერებებს და გავლენას ახდენენ ღვინის ხარისხზე. ამ მიზნით კვლევის ფარგლებში განისაზღვრა ძირითადი ქიმიური პარამეტრები: ეთილის სპირტი, ტიტრული მჟავიანობა, მქროლავი მჟავიანობა, საერთო ექსტრაქტი, შაქრები, თავისუფალი SO₂, შეკავშირებული SO₂, წყალბადიონთა კონცენტრაცია (pH), ხვედრითი წონა. ერთმანეთს შედარდა ევროპული ტიპის და ქვევრის ღვინოები და გამოიკვეთა მათ შორის განსხვავებები. ღვინის ხარისხის შეფასებაში თითოეულ ამ პარამეტრს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება, ამიტომაც არის მათი განსაზღვრა მნიშვნელოვანი.

ექსპერიმენტი ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის ბაზაზე არსებულ ლაბორატორიაში. ქიმიური კვლევები განხორციელდა საქართველოში მოქმედი სტანდარტის შესაბამისად. თითოეული ცდა ჩატარდა 3-ჯერადი განმეორებით და აღებულ იქნა საშუალო მნიშვნელობა. ექსპერიმენტით მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში.

ქვევრის და ვეროპული წესით დამზადებულ ღვინოებში ქიმიური პარამეტრების მნიშვნელობები

ანალიზის სახეობა	ჩინური (ვეროპული)	ჩინური (ქვევრი)	ცოლიკოური (ვეროპული)	ცოლიკოური (ქვევრი)	მანავის მწკანე (ვეროპული)	მანავის მწკანე (ქვევრი)
ეთილის სპირტი, (%)	11,6	12,18	11,11	12,26	10,62	12,18
ტიტრული მჟავიანობა, (გ/ლ)	4,99	5,07	8,01	4,85	4,34	5,14
მქროლავი მჟავიანობა, (გ/ლ)	0,42	0,51	0,51	0,84	0,51	0,84
საერთო ექსტრაქტი	19,9	25,9	18,3	25,4	16,2	27,6
შაქრები, (გ/ლ)	1,8	2,4	0,6	1,95	0,78	2,01
თავისუფალი SO ₂ , (მგ/ლ)	13,39	8,96	8,96	10,24	17,92	10,24
შეკავშირებული SO ₂ , (მგ/ლ)	96	47,36	66,56	48,64	92,16	62,72
pH	3,22	3,47	2,9	3,77	3,35	3,92
ხვედრითი წონა	0,991	0,994	0,991	0,995	0,99	0,996

სპირტის შემცველობას დიდი მნიშვნელობა აქვს ღვინის ხარისხის განსაზღვრისათვის, განსაკუთრებით სუფრის ღვინისთვის. სპირტი წარმოიქმნება ყურძნის წვენი ალკოჰოლური დუღილის დროს, შაქრის დაშლის შედეგად:

$C_6H_{12}O_6 = 2CO_2 + 2CH_3CH_2OH$. ეთილის სპირტი ნორმალური რაოდენობით აღიზიანებს უჯრედთა სისტემას და ზრდის ფერმენტების გამოყოფას ცოცხალ ორგანიზმში [2]. შაქრის კონცენტრაციის ზრდით ალკოჰოლის ანტისეპტიკური თვისება იზრდება. ეთანოლის შემცველობა მოქმედებს ღვინის შენახვის საკითხზეც. იცავს ღვინოს დაავადებებისგან. ღვინო, რომელიც ალკოჰოლის დაბალი მაჩვენებლით ხასიათდება ადვილად ავადდება საფუერებითა და ბაქტერიებით [3].

საქართველოს სუფრის ღვინოები სპირტს შეიცავს 10–13%-მდე, რაც დამოკიდებულია ყურძნის შაქრიანობაზე. როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ჩვენ მიერ შესწავლილ ღვინოებში ეთილის სპირტის შემცველობა ვეროპული წესით დამზადებულ ღვინოებში მერყეობს 10,62–11,60 %-მდე, ხოლო ქვევრის ღვინოებში 12,18-დან 12,26 %-მდე, ვეროპული ტიპის თეთრი ღვინოების შედარებით დაბალი სპირტიანობა განაპირობებს ღვინის სიმსუბუქეს, სინაზეს და ღვინო მეტად ხალისიანია. კახური ტიპის ღვინისთვის დამახასიათებელია სპირტის შედარებით მაღალი შემცველობა, რადგან ყურძენი იკრიფება სრულ სიმწიფეში და ქვევრის ღვინოები დამზადებულია ჭაჭაზე დუღილით. როგორც წესი, კლერტსა და ღვინოს შორის ხდება წყლისა და ეთილალკოჰოლის ურთიერთმიმოცვლა, რაც იწვევს ჭაჭაზე დავარგებული ღვინის განზავებას და ალკოჰოლის მოცულობითი წილის შემცირებას. რადგანაც ჩვენ ღვინოები დავამზადეთ კლერტის გარეშე, მოსალოდნელი იყო ეთილალკოჰოლის მეტი შემცველობა. მიღებული შედეგებით ღვინდება, რომ ჩვენ მიერ გაანალიზებული ქვევრის ღვინოები შედარებით მეტ ეთილალკოჰოლს შეიცავს, ვიდრე იმავე ჯიშის ვეროპული ტიპის ღვინოები. სპირტიანობის უფრო დაბალი ან მაღალი შემცველობა არღვევს ღვინის ტიპურობას და შედარებით დაბალ შეფასებას იღებს [4]. ეთანოლი ღვინოს ძალას, სირბილეს და სითბოს მატებს. დაბალი კონცენტრაციის დროს აძლევს შედარებით მოტკბო გემოს და ითვლება როგორც შედარებით სუსტ ღვინოდ. მაღალი შემცველობა კი იწვევს მწველ გემოს, ღვინო ზედმეტად ძარღვიანი და ტლანქია.

ღვინის ხარისხის ერთ-ერთი მაჩვენებელია ტიტრული მჟავიანობა. საერთო მჟავიანობა შეადგენს ღვინოში არსებული მჟავების თავისუფალ მჟავა ფუნქციითა ჯამს [3]. სხვადასხვა ტიპის ღვინისთვის ის განსხვავდება და ძირითადად განპირობებულია ყურძნის ჯიშზე, მევენახეობისა და მეღვინეობის მეთოდებზე, ასევე

განსაზღვრავს გემურ თვისებებს. ტიტრული მჟავიანობა მნიშვნელოვანია ღვინის გამძლეობის თვალსაზრისით, აუმჯობესებს შენახვის პროცესებს. აფერხებს მიკროორგანიზმების გაგრცელებას. ღვინის ბიოქიმიური მდგრადობა განპირობებულია მჟავების მოქმედებით. მნიშვნელოვანია ღვინის, ვაშლის და ღვინის მჟავა, რომელიც ბიციტკბილიდან გადმოდის ღვინოში. მათი რაოდენობა მცირდება ალკოჰოლური დუდილის და ღვინის დამუშავების და შენახვის პროცესში. ღვინო, რომელიც ღარიბია მჟავებით ადვილად ავადდება და მოსალოდნელია დეგრადაცია შედარებით ადრე. დაბალმჟავიანი ღვინო დუნეა, ხოლო ზედმეტად მაღალმჟავიანი აგრესიულად ითვლება, ნორმალურ ზღვრებში კი ღვინოს ანიჭებს სიხალისეს. გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი მჟავებისა, ალკოჰოლური დუდილის დროს წარმოიქმნება რძის მჟავა, ქარვის და მქროლავი მჟავები. ტიტრული მჟავიანობა სუფრის ღვინოებში ღვინომჟავაზე გადაანგარიშებით მერყეობს 4–9 გ/ლ-მდე. როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ჩვენ მიერ შესწავლილ ნიმუშებში ევროპული ტიპის ღვინოებში ტიტრული მჟავიანობა ღვინომჟავაზე გადაანგარიშებით მერყეობს 4,34–8,01 გ/ლ, ხოლო ქვევრის ღვინოებისთვის 4,85–5,15 გ/ლ.

მქროლავი მჟავები წარმოადგენს ღვინოში არსებული მცირე რაოდენობით ძმარმჟავას რივის ცხიმოვანი მჟავების ერთობლიობას [3]. ამ ჯგუფის მჟავებიდან ღვინოში გვხვდება ძმრის, ჭიანჭველის, პროპიონის, ერბოს და სხვა მჟავები. ამათგან ყველაზე მნიშვნელოვანი არის ძმრის მჟავა, რაც ღვინოში დიდი რაოდენობით გვხვდება. ეს მჟავები ღვინოში ჩნდება ალკოჰოლური დუდილის დროს საფურცების და სხვა ორგანიზმების მიერ. მათი რაოდენობა შესაძლებელია მოიმატოს ღვინის შენახვის დროს.

თეთრ ღვინოში მქროლავი მჟავები არ უნდა აღემატებოდეს 1,0 გ/ლ-ს. როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ჩვენ მიერ გამოკვლეულ ღვინოებში მქროლავი მჟავები მერყეობს შემდეგ ზღვრებში: ევროპული ტიპის ღვინოებში 0,42–0,51 გ/ლ, ხოლო ქვევრის ღვინოებში მერყეობს 0,51–0,84 გ/ლ-მდე. მქროლავი მჟავების შემცველობა ქვევრის ღვინოებში მცირედით, მაგრამ მაინც მეტია ევროპული ტიპის ღვინოსთან შედარებით, რაც განპირობებულია იმით, რომ ქვევრის ღვინოები მდიდარია შემადგენელი ნივთიერებების მეტი რაოდენობით, თუმცა მქროლავი მჟავების ამ ოდენობით შემცველობა არ იწვევს ღვინის გამოფურ თვისებებზე ზეგავლენას [4].

სუფრის ღვინოებში საერთო ექსტრაქტი მერყეობს 12–30 გ/ლ. გამოკვლეულ, ევროპული ტიპის ღვინოებში საერთო ექსტრაქტი არის 16,2–19,9 გ/ლ-ის ფარგლებში, ხოლო ქვევრის ღვინოებში 16,2–25,9 გ/ლ-მდე. საერთო ექსტრაქტის მაღალი შემცველობა ღვინოში იწვევს დისჰარმონიულობას. რადგანაც ევროპული ტიპის ღვინო დაყენებულია უჭაჭოდ ის ნაკლები რაოდენობით შეიცავს ექსტრაქტოვან ნივთიერებებს. ქვევრის ღვინო კი უფრო სხეულიანია, ჭაჭაზე დაყენებული და მეტი ექსტრაქტოვან ნივთიერებებს შეიცავს. ღვინის ექსტრაქტზე გავლენას ახდენს ეკოლოგიური პირობები იმ ადგილისა, სადაც ყურძენი დაიკრიფა, ასევე ღვინის დაყენების ტექნიკაზე და შენახვის პირობებზე. ექსტრაქტი გავლენას ახდენს ღვინის შინაარსზე, სხეულზე, ჰარმონიულობაზე და სხვ.

შაქრების შემცველობა ღვინოში განსაზღვრავს ღვინის ტიპს. სუფრის თეთრი ღვინოებისთვის ოპტიმალურ შაქრიანობად მიჩნეულია 18–20%. რაც მაღალია ტკბილის შაქრიანობა, მით მეტია ღვინოში გლიცერინისა და ქარვამჟავას რაოდენობა, რომლებიც განაპირობებენ გემოს სისრულეს და სირბილეს. ჩვენ მიერ გამოკვლეულ ევროპული ტიპის ღვინოებში მერყეობდა 0,6–1,8 გ/ლ, ქვევრის ღვინოებში კი 1,95–2,4 გ/ლ.

სულფიტაცია არის გოგირდის დიოქსიდის გარკვეული რაოდენობის შეტანა ღვინოში, რომლის მიზანია დაღვინების პროცესი წარმართოს კარგად და უზრუნველყოს შენახვის პირობები. SO₂ ანტისეპტიკია, ხასიათდება ანტიოქსიდაზური ანტიოქსიდანტური თვისებებით, უზრუნველყოფს ხელის შემშლელი მავნე მიკროორგანიზმების დათრგუნვას ალკოჰოლური დუდილის ნორმალურად წარმართვისათვის, მოქმედებს მიკროორგანიზმების სხვადასხვა ფუნქციაზე, მაღალი დოზით მთლიანად სპობს მათ, თუმცა მისი გამოყენებისას სიფრთხილედ უნდა გამოვიჩინოთ, რადგან მაღალი დოზით ტოქსიკურია [3]. ევროპული ტიპის ღვინოებში თავისუფალი SO₂ მერყეობს

8,96–17,92 მგ/ლ, შეკავშირებული SO₂ 66,56–96,0მგ/ლ, ქვევრის ღვინოებში თავისუფალი SO₂ მერყეობს 8,96–10,24 მგ/ლ, შეკავშირებული SO₂ 47,36–62,72 მგ/ლ.

pH ღვინის მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია, რადგან ის განსაზღვრავს ღვინის სტაბილურობას. წყალბადიონთა კონცენტრაცია ღვინოში დაავადებათა წინააღმდეგ ბრძოლის უნარიანობის მაჩვენებელიცაა. მისი შემცველობა ღვინოში დამოკიდებულია საერთო მჟავიანობაზე, განსაკუთრებით კი ღვინის მჟავაზე. ევროპული ტიპის ღვინისთვის pH-ის მნიშვნელობა მერყეობს 3,41–3,60, ხოლო კახური ტიპის თეთრი ღვინოებისთვის დამახასიათებელია 3,51–3,70. გამოკვლეულ ევროპული ტიპის ღვინოებში pH არის 2,9–3,35; ხოლო კახური ტიპის ღვინოებში 3,47–3,92. pH-ის მაღალი შემცველობა შეიძლება აიხსნას ღვინოებში მაღალი მჟავიანობის მაჩვენებლით.

ღვინის ხარისხში ასევე მნიშვნელოვანია ხვედრითი წონა. ხვედრითი წონის რაოდენობა განპირობებულია ყურძნის ჯიშზე, ღვინის შედგენილობაზე, დაყენების წესზე, ასაკზე და სხვა. ევროპული ტიპის ღვინის ხვედრითი წონა შედარებით მცირეა ქვევრის ღვინოებთან შედარებით. ხვედრითი წონის სიმცირე განპირობებულია ღვინის დაყენების ტექნოლოგიაზე, რომლის დროსაც დაყენება ხდება უჭაჭოდ, რის გამოც ნაკლებად შეიცავენ ექსტრაქტოვან ნივთიერებებს, ვიდრე ჭაჭაზე დადუღებული ღვინოები. როგორც ლიტერატურიდანაც ცნობილი, თეთრი ღვინოებთან შედარებით წითელი ღვინის ხვედრითი წონა უფრო მეტია, რაც განპირობებულია სადებავ ნივთიერებათა შემცველობით. გამოკვლეულ ევროპული ტიპის ღვინოებში ხვედრითი წონა მერყეობს 0,990–0,991-მდე, ხოლო ქვევრის ღვინოებში 0,994–0,996-მდე.

ჩატარებული ქიმიური მახასიათებლების განსაზღვრით დადასტურდა, რომ ჩვენ მიერ შერჩეული ვახის ჯიშებიდან ქვევრის და ევროპული წესით დამზადებულ ღვინოებს გააჩნია მაღალხარისხოვანი ღვინისთვის დამახასიათებელი ქიმიური და ორგანოლექტიკური თვისებები.

ლიტერატურა

1. ულრის მერცი, იაგო ბიტარიშვილი, ფრანც რეგნერი, მარტინ დარტინგი, იოჰანეს ბურკარტი, იენს პეტზოლდი, ბერტ ჰოლდზაიტი. ქვევრის ღვინის იდენტობა. საქართველოს ქვევრის ღვინის კლასტერის წევრების პრაქტიკის მაგალითზე. თბილისი, 2017, 3-31 გვ.
2. კოლექტ ნავარი, ფრანსუაზ ლანგლადი. ენოლოგია. 2004, 7-10, 134-148, 189-206 გვ.
3. ს. ვ. ღურმიშიძე. ენოქიმიკა. თბილისი, განათლება, 1970, გვ. 183–213.
4. შ. შათირიშვილი. მეღვინეობა, თბილისი, საქ. სახ. აგრარული უნივერსიტეტი, 2005, 169 გვ.

SUMMARY

DETERMINATION OF CHEMICAL PARAMETERS IN „QVEVRI“ AND EUROPEAN RECIPE GEORGIAN WINES

Sordia E.K. and Kvartskhava G.R.

Georgian Technical University

As part of the study, Chinuri, Tsolikouri, Manavi greens and „Qvevri wines“ were selected according to European recipe. The main chemical parameters were determined in the wines: ethyl alcohol, titratable acidity, volatile acidity, total extract, sugars, free SO₂, bound SO₂, pH, specific weight. European and qvevri wines were compared and the differences between them were revealed. Each of these parameters is of particular importance in the evaluation of wine quality.

Keywords: qvevri, wine, chemical parameters.

ქვევრის და ევროპული წესით დამზადებულ ქართულ ღვინოებში საერთო ფენოლების და ანტიოქსიდანტოების შემწავლა

სორდია ე.კ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ღვინის დამზადებას განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს არამარტო საქართველოში, არამედ მთელ მსოფლიოში. დიდი მნიშვნელობა აქვს მაღალხარისხიანი ღვინის წარმოებას და ასორტიმენტის ზრდას. ყურძნის შედგენილობის, მისი ტექნოლოგიური გადამუშავების ხასიათის და სხვა მრავალი ფაქტორების ცვლილებების შესაბამისად ღვინომასალები მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ფერის, გემოს, გამჭვირვალობის, სტაბილურობის და სხვა ხარისხობრივი მაჩვენებლებით.

დღითიდღე უფრო პოპულარული ხდება ქვევრის ღვინო, როგორც საქართველოში, ასევე მის ფარგლებს გარეთ. ქვევრის ღვინოები ევროპული წესით დამზადებული ღვინოებისგან გამოირჩევიან ფერით, გემოთი და სხვა მაჩვენებლებით. ამიტომ მნიშვნელოვანია იმ განსხვავებების დაფიქსირება, რითაც გამოირჩევა ქვევრის ღვინო სხვა ტექნოლოგიით დამზადებული ღვინოებისაგან.

ღვინის ხარისხის შეფასებაში მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება ფენოლურ ნივთიერებებს. ფენოლური ნივთიერებები განიცდიან სხვადასხვა გარდაქმნას, აქტიურად ზემოქმედებენ ღვინის ტიპურ თვისებებზე: გემოზე, არომატზე, ფერზე და გამჭვირვალობაზე და დიდ გავლენას ახდენენ მათ ფორმირებაში. ფენოლური ნივთიერებები მონაწილეობას ღებულობენ ღვინის დამზადება-შენახვის ყველა ეტაპზე მიმდინარე რთული ბიოქიმიური პროცესების წარმართვაში [1].

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ღვინოში საერთო ფენოლური ნივთიერებების განსაზღვრა და იმ განსხვავებების დაფიქსირება, რითაც გამოირჩევიან ქვევრის ღვინოები ევროპული წესით დამზადებული ღვინოებისგან.

საკვლევ ობიექტად შერჩეულ იქნა ჩინურის, ცოლიკოურის და მანავის მწვანეს ევროპული წესით და ქვევრში დამზადებული ღვინოები (ღვინოები დამზადებულია კლერტის გარეშე, ბუნებრივ საფუერებზე). ექსპერიმენტული კვლევები ჩატარებულ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტზე არსებულ ლაბორატორიაში. კვლევის ფარგლებში განისაზღვრა საერთო ფენოლური ნივთიერებების შემცველობა, ასევე ტანინები და ანტიოქსიდანტობა. ამ პარამეტრებით ქვევრის ღვინოები შედარდა იმავე ჯიშის ევროპული წესით დამზადებულ ღვინოებს.

საანალიზო ღვინოებში საერთო ფენოლური ნივთიერებები განისაზღვრა სპექტროფოტომეტრული მეთოდით, ფოლინ-ჩოკალტეუს რეაქტივის გამოყენებით. დამზადდა ფენოლების საკალიბრო ხსნარი გალის მჟავას გამოყენებით. ლურჯი ფერის ინტენსივობა გაზომილ იქნა 760 ნმ-ზე FIBER OPTIC SPECTROMETER CECIL CE9500 AQUARIUS-ის სპექტროფოტომეტრზე. ღვინის ნიმუშებში არსებული საერთო ფენოლური ნივთიერებების კონცენტრაცია განისაზღვრა საკალიბრო ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივესთან შედარებით. შედეგები მოყვანილია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. ღვინოებში საერთო ფენოლური ნივთიერებების შემცველობა

№	საანალიზო ღვინო	საერთო ფენოლური ნივთიერებები, მგ/ლ
1	ჩინური (ევროპული წესით დამზადებული)	212,2
2	ჩინური (ქვევრში დამზადებული)	2003,5
3	ცოლიკოური (ევროპული წესით დამზადებული)	214,9
4	ცოლიკოური (ქვევრში დამზადებული)	1779
5	მანავის მწვანე (ევროპული წესით დამზადებული)	250,2
6	მანავის მწვანე (ქვევრში დამზადებული)	2051,0

საერთო ფენოლური ნივთიერებების გარდა ღვინოში მნიშვნელოვანია ტანინების განსაზღვრა. უმეტეს შემთხვევებში, ახალგაზრდა ღვინოებს ახასიათებთ ტანინის დაუქანგავი ფორმების მაღალი შემცველობა, ისინი რეაქციაში შედიან პირის ღრუში არსებულ ცილებთან, კარგავენ ცხიმოვან თვისებებს, რაც იწვევს პირის გამოშრობის შეგრძნებას – სიმწკლარტეს. თუ გემო ზედმეტად არის გამოხატული, ის არასასიამოვნოა. სიმწკლარტის შეგრძნება დამოკიდებულია ტანინების რაოდენობაზე. წიპწის ტანინები განაპირობებენ ღვინის სტრუქტურასა და სხეულს, ხოლო კანის ტანინები ღვინის სირბილესა და ხავერდოვნებაში ღებულობენ მონაწილეობას. ღვინოების დავარგებისას ტანინების დაქანგვის შედეგად მათი გემო ხდება უფრო რბილი, ხავერდოვანი ელფერით. ისინი უადრესად მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ქანგვა-აღდგენით პროცესებში კახური ტიპის ღვინის დამზადებისას. ტანინის განსაკუთრებული როლი აქვს დაძველებული ღვინის შეფერვაში, რომელიც პრაქტიკულად არ შეიცავს ანტოციანებს [1].

აღსანიშნავია, რომ ჩვენ კვლევაში წარმოდგენილი საანალიზო ქვევრის ღვინოები დამზადებულია კლერტის გარეშე, რაც კიდევ უფრო საინტერესოს ხდის მათ ამ კუთხით.

ღვინოში ტანინები განისაზღვრა პერმანგანატის საშუალებით ტიტრაციული მეთოდით. შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. ტანინების შემცველობა საანალიზო ღვინოებში

№	საანალიზო ღვინო	ტანინები, გ/ლ
1	ჩინური (ევროპული წესით დამზადებული)	0,204
2	ჩინური (ქვევრში დამზადებული)	1,77
3	ცოლიკოური (ევროპული წესით დამზადებული)	0,216
4	ცოლიკოური (ქვევრში დამზადებული)	1,812
5	მანავის მწვანე (ევროპული წესით დამზადებული)	0,204
6	მანავის მწვანე (ქვევრში დამზადებული)	2,37

ფენოლური ნივთიერებები ხასიათდებიან ანტიოქსიდანტური თვისებებით, ამიტომ საერთო ფენოლების კონცენტრაცია პირდაპირ კავშირშია ანტიოქსიდანტურ აქტივობასთან. დღესდღეობით იზრდება ინტერესი ანტიოქსიდანტების მიმართ, განსაკუთრებით მათი, რომლებიც შექმნილია ადამიანის ორგანიზმში თავისუფალი რადიკალების სავარაუდო მავნე ზემოქმედების თავიდან ასაცილებლად, აგრეთვე ცხიმის და საკვების სხვა შემადგენელი ნაწილის გაუარესების მიმართ [2].

ანტიოქსიდანტებმა მნიშვნელოვანი ყურადღება მიიპყრეს რადიკალებისა და ქანგვითი სტრესის, კიბოს პროფილაქტიკისა და მკურნალობის მხრივ. მათი საშუალებით ხდება უჯრედების ბუნებრივი გზით დაცვა ქანგბადის აქტიური ფორმების ზემოქმედებისგან. სხეული ბუნებრივად ახდენს სხვადასხვა საკვები ნივთიერებების ცირკულირებას მათი ანტიოქსიდანტური თვისებების გამოსაყენებლად და წარმოქმნის ანტიოქსიდანტურ ენზიმებს ამ დამანგრეველი ჯაჭვური რეაქციების საკონტროლოდ. მნიშვნელოვანია ისეთი პროდუქტების მიღება, რომლებიც მეტი ანტიოქსიდანტური აქტივობით გამოირჩევიან, მაგალითად, ფენოლური ნაერთები, რომლის წარმოქმნაც ადამიანის ორგანიზმს არ შეუძლია. ვაზის ყველა ნაწილი, ფესვი, ღერო, ფოთოლი, მტევანი მდიდარია ფენოლური ნაერთებით და ხასიათდება ანტიოქსიდანტური თვისებებით [3].

ჯამური ანტიოქსიდანტების კონცენტრაციის განსაზღვრავად გამოყენებულ იქნა FRAP მეთოდი. სპექტროფოტომეტრის მეშვეობით განისაზღვრა შთანთქმის ინტენსივობის ცვლილება, რომელიც მიმდინარეობს რკინის სამვალენტო იონების (TPTZ-Fe³⁺) აღდგენით ორვალენტო იონებად (TPTZ-Fe²⁺) ანტიოქსიდანტების თანაობისას. ანტიოქსიდანტური აქტივობა გამოისახება ასკორბინის მჟავას რაოდენობრივ ექვივალენტებში. საკონტროლოდ გამოყენებულ იქნა ბუფერული ხსნარი, შესადარებლად კი ასკორბინის მჟავა. ცხრ. 3-ში მოცემულია ანტიოქსიდანტური აქტივობის ექვივალენტი მილიგრამებში, ასკორბინის მჟავაზე გადაანგარიშებით.

ცხრილი 3. ანტიოქსიდანტების განსაზღვრა საანალიზო ღვინოებში

№	საანალიზო ღვინო	ანტიოქსიდანტობა, მგ/ლ
1	ჩინური (ვეროპული წესით დამზადებული)	149,28
2	ჩინური (ქვევრში დამზადებული)	2239,19
3	ცოლიკოური (ვეროპული წესით დამზადებული)	149,28
4	ცოლიკოური (ქვევრში დამზადებული)	2545,21
5	მანავის მწვანე (ვეროპული წესით დამზადებული)	111,95
6	მანავის მწვანე (ქვევრში დამზადებული)	2935,0

როგორც ცხრ. 1-ის მონაცემებიდან ჩანს, ქვევრის ღვინოები გამოირჩევა საერთო ფენოლების მაღალი შემცველობით. ჩინურის ვეროპული წესით დამზადებულ ღვინოში საერთო ფენოლები 212,2 მგ/ლ-ია, როცა იმავე ჯიშის ყურძნის ქვევრის ღვინოში ეს რიცხვი 2003,5 მგ/ლ-ს აღწევს. მსგავსი განსხვავება შეიმჩნევა ასევე ცოლიკოურის და მანავის მწვანეს ღვინოებში. ცოლიკოურის ვეროპული წესით დამზადებულ ღვინოში საერთო ფენოლები 214 მგ/ლ-ია, ხოლო ქვევრის ღვინოში 1779 მგ/ლ. მანავის მწვანეს ვეროპულად დამზადებულ ღვინოში 250,2 მგ/ლ-ია, ქვევრის ღვინოში 2051,0 მგ/ლ.

ასევე შეიმჩნევა განსხვავებები ტანინის შემცველობაშიც. მიუხედავად იმისა, რომ ქვევრის ღვინოები დამზადებულია კლერტის გარეშე, ვეროპული წესით დამზადებულ ღვინოებთან შედარებით, ტანინის მაღალი შემცველობით გამოირჩევა. როგორც ცხრ. 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, ჩინურის ვეროპული წესით დამზადებულ ღვინოში ტანინების შემცველობა 0,204 გ/ლ-ია, ქვევრის ღვინოში 1,77 გ/ლ. ცოლიკოურის ვეროპული წესით დამზადებულ ღვინოში 0,216 გ/ლ, ქვევრის ღვინოში კი 1,812 გ/ლ. მანავის მწვანეს ვეროპულად დამზადებულ ღვინოში 0,204 გ/ლ, ხოლო იმავე ჯიშის ყურძნის ქვევრის ღვინოში 2,37 გ/ლ.

როგორც ექსპერიმენტებმა აჩვენა, დაფიქსირდა მჭიდრო კავშირი ფენოლური ნივთიერებების რაოდენობასა და ანტიოქსიდანტური თვისებების მქონე ნაერთების რაოდენობას შორის. ღვინოები, რომლებიც ხასიათდებიან საერთო ფენოლების მაღალი მნიშვნელობით, ასევე გამოირჩევიან მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობით. ცხრ. 3-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ჩინურის, ცოლიკოურის და მანავის მწვანეს ქვევრში დამზადებულ ღვინოებში მათი რაოდენობა მერყეობს 111,95–2935 მგ/ლ-მდე.

გეოგრაფიული მდებარეობა, კლიმატი, ნიადაგის ტიპი, ყურძნის ჯიში, ვახის ზრდის გარემო ფაქტორები და დამუშავების ტექნოლოგია განსაზღვრავს ღვინის ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლებს შორის განსხვავებას. ასევე მნიშვნელოვანი ფაქტორია ჭურჭელი რომელშიც მზადდება ღვინო. ქვევრს, ღვინის სხვა ჭურჭელთან შედარებით, მნიშვნელოვანი უპირატესობები გააჩნია. ის გავლენას ახდენს ღვინის ჩამოყალიბებაში, მონაწილეობს დუდილისა თუ დაღვინება-დავარგების პროცესში. ქვევრში ტემპერატურული რეჟიმი ბუნებრივად არის დაცული და შენახვის დადგენილ ზღვარს არ სცილდება და იგი ზამთარსა და ზაფხულში მცირედ იცვლება. ტემპერატურულ რეჟიმს არა მარტო ღვინის შენახვისათვის, არამედ ალკოჰოლური დუდილის პროცესისთვისაც ძალზე დიდი მნიშვნელობა აქვს.

ქვევრის გარშემო არსებული ნიადაგი იმ მიკროკლიმატს ქმნის, რომელიც ქვევრზე ახდენს ზეგავლენას. რაც უფრო მეტად იძლევა ნიადაგი აერაციის საშუალებას, მით უფრო უკეთესია ქვევრის სისუფთავისთვის. ქვევრში ღვინის მორვეისას ღვინო მდიდრდება ჟანგბადით, შესაბამისად იცვლება ღვინის ფერი და განსხვავდება შესაბამისი ჯიშის ვეროპული წესით დამზადებული ღვინისგან. ჩინურის ვეროპული ტიპის ღვინო არის ღია ჩალისფერი, ქვევრის ღვინო კი მუქი ფერისაა. ცოლიკოურის ვეროპულად დაყენებული ღვინო გამჭვირვალე, მკრთალი მოყვითალო-ჩალისფერია, ქვევრის ღვინო კი შედარებით მუქი ჩალისფერი. მანავის მწვანეს ვეროპული წესით დამზადებული ღვინო მომწვანო ღია ჩალისფერია, აქვს ხალისიანი, ნაზი, ჰარმონიული გემო. კახური წესით დამზადებული ღვინო კი მუქი ჩალისფერია, იგი უფრო სრული, მდიდარი ღვინოა, არომატი უფრო ძლიერი და სასიამოვნო აქვს.

ქვევრში მორვეის პროცესი მიმდინარეობს დღე-ღამეში 4–5-ჯერ, რაც ხელს უწყობს ექსტრაქციას. დაჭყლეტილ მასაზე (კანი, წიაჭა, რბილობი) ზემოქმედება ეხმარება მაცერაციას და ღვინო მდიდრდება ფენოლური ნაერთებით. როგორც ქიმიურმა ანალიზებმა აჩვენა, საერთო ფენოლების შემცველობა ქვევრის ღვინოში ბევრად მეტია იმავე ჯიშის ევროპული წესით დამზადებულ ღვინოებში. ღვინის გამდიდრებას ფენოლური ნაერთებით ასევე ხელს უწყობს ქვევრში ღვინის ხანგრძლივი პერიოდით დაყოვნება, რადგან რამდენიმე თვის განმავლობაში ქვევრში არსებული წიაჭა და კანი ამდიდრებს ღვინოს, როგორც ფენოლური ნაერთებით, ასევე ანტიოქსიდანტებით.

ფენოლური ნაერთების შემცველობით და ასევე ანტიოქსიდანტებით განსაკუთრებით მდიდარია წითელი ღვინოები. ჩარის, გალანაკის, კოტანიდის, დიანელოუს, გეკას სტატიაში შედარებულია კვიპროსის 12 სხვადასხვა ღვინო. 11 წითელ და 1 თეთრ ღვინოში გაანალიზებულია საერთო ფენოლები. თეთრ ღვინოში საერთო ფენოლები 208 მგ/ლ-ს შეადგენს, ხოლო წითელ ღვინოებში მერყეობს 973–1979 მგ/ლ-ის ფარგლებში. ამ მონაცემებთან შედარებით, ჩვენ ექსპერიმენტში გაანალიზებული თეთრი ღვინოები, თავისი მნიშვნელობებით, აჭარბებს საერთო ფენოლების შემცველობით კვიპროსის წითელ ღვინოებს. როგორც ცხრ. 1-ის მონაცემებიდან ჩანს ქვევრის თეთრ ღვინოებში მათი მნიშვნელობა მერყეობს 1779–2051,0 მგ/ლ-მდე [4].

საკვლევი თეთრი ღვინოები შევადარეთ საბერძნეთის წითელ ღვინოებს. გოუგულიასის, პაპაჩატის, კალორიზოუს, შოულიერის მიერ გაანალიზებულია საბერძნეთის 16 წითელი ღვინო. როგორც სტატიაშია მოყვანილი ღვინოებში საერთო ფენოლური ნივთიერებები მერყეობს 1360–3970 მგ/ლ-ის ფარგლებში. ამ კონკრეტულ შემთხვევაში, ჩვენ მიერ გამოკვლეული თეთრი ღვინოები, საერთო ფენოლური ნივთიერებების შემცველობით, თამამად შეიძლება დავაყენოთ წითელი ღვინოების გვერდით [5].

ღვინოები შევადარეთ ასევე ბრაზილიის, კერძოდ, Rio Grande De Sul-ის წითელ ღვინოებსაც. კარლოს ეუგენიო დაუდტის, ალინე დე ოლივიერა ფოგაცას სტატიაში გაანალიზებულია საერთო ფენოლური ნივთიერებების შემცველობა და წითელ ღვინოებში მერყეობს 1552–2792 მგ/ლ-მდე. ამ შემთხვევაშიც ჩვენი ქვევრის თეთრი ღვინოები მნიშვნელოვან ადგილს იკავებს წითელი ღვინოების გვერდით [6], არ ჩამოუვარდება ასევე ჩინეთის Cabernet Sauvignon-ის და Merlot-ის წითელ ღვინოებს. ბაო ჯიანგის, ჟენ-ვენ ჟანგის მიერ გამოკვლეულ ღვინოებში საერთო ფენოლური ნივთიერებების შემცველობა 860,2–2710,4მგ/ლ-ს შეადგენს. ჩვენს ღვინოებში კი მერყეობს 1779–2051,0 მგ/ლ-მდე [7].

საერთო ფენოლური ნივთიერებების მაღალი შემცველობით გამოირჩევა ასევე ქართული ყურძნის ჯიშისგან დამზადებული ღვინო საფერავი. ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით, საფერავის ქვევრის ღვინოში საერთო ფენოლური ნივთიერებები 1121 მგ/ლ შეადგენს [8]. ამ მნიშვნელობას არ ჩამორჩება ჩვენ მიერ გაანალიზებული თეთრი ღვინოები, პირიქით, აჭარბებს კიდევ, ცოლიკოურის ქვევრის ღვინოში საერთო ფენოლური ნივთიერებები შეადგენს – 1779 მგ/ლ-ს, ჩინურის ქვევრის ღვინოში – 2003,5 მგ/ლ-ს, ხოლო მანავის მწვანეს შემთხვევაში ქვევრის ღვინოში საერთო ფენოლების შემცველობამ 2051,0 მგ/ლ შეადგინა.

მიღებული შედეგების და ასევე ლიტერატურული მონაცემების შედარების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ჩვენ მიერ გამოკვლეული, თეთრი ყურძნისგან დამზადებული ქვევრის ღვინოები გამოირჩევიან საერთო ფენოლების მაღალი შემცველობით და ახასიათებთ მაღალი ანტიოქსიდანტური მოქმედება.

შესაბამისად სწორად დაგეგმილი მარკეტინგის შემთხვევაში ქვევრში დამზადებულ ქართულ თეთრ ღვინოებს დიდი პოტენციალი აქვთ საერთაშორისო ღვინის ბაზარზე.

ლიტერატურა

1. ებელაშვილი ნანა. ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოკვლევა ვარდისფერი და ცქრიალა ღვინოების დამზადების პროცესში მათი ტექნოლოგიების სრულყოფის მიზნით. 2006, 25-30 გვ.
2. Aurelia Magdalena Pisoschi, Gheorghe Petre Negulescu. Methods for Total Antioxidant Activity Determination. 2011, 1-6 pp.
3. Deepshikha Gupta. Methods for determination of antioxidant capacity. 2015, 546-566 pp.
4. Charis M. Galanakis, Anestis Kotanidis, Maria Dianellou, Vassilis Gekas. Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Cypriot Wines. 2015, 126-136 pp.
5. Gougoulas N., Papachatzis A., Kalorizou H., Chouliara A., Chouliaras N. STUDIES OF TOTAL PHENOL CONTENTS, ANTHOCYANS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF SOME GREEK RED WINES. 2010, 269-274 pp.
6. Carlos Eugenio Daudt, Aline de Oliveira Fogaca. Phenolic compounds in Merlot wines from two wine regions of Rio Grande do Sul, Brazil, 2013, 355-359 pp.
7. Bao Jiang, Zhen-Wen Zhang. Comparison on Phenolic Compounds and Antioxidant Properties of Cabernet Sauvignon and Merlot Wines from Four WineGrape-Growing Regions in China. 2012, 8804-8819 pp.
8. Kekelidze N, Kekelidze T, Akhalbedashvili L, Maisuradze G, Kvirvelia B, Tsotadze G, Mskhiladze A, Lipartiani V. and Jalaghania S. The content of antioxidants - Phenolic compounds, in red wines of Georgia "Kindzmarauli" and "Saperavi", 2018, pp.18-23.

SUMMARY

STUDY OF TOTAL PHENOLS AND ANTIOXIDANTS IN „QVEVRI“ AND EUROPEAN RECIPE GEORGIAN WINES

Sordia E.K.

Georgian Technical University

Wine is an important product that requires to be constantly supplied in high quality. As part of the study, Chinuri, Tsoolikouri, Manavi greens and „Qvevri wines“ were selected according to traditional standard methods. The content of the total phenols as well as tannins and antioxidants have been determined. With these parameters „Qvevri wines“ have been compared to the same variety wines made by standard methods. According to the results obtained, it can be deduced that the „Qvevri wines“, made from the white grapes, are characterized by high content of total phenols and by a high antioxidant action.

Keywords: georgian wine, qvevri wine, total phenol, antioxidant activity.

ღვინის არომატული ნაერთები

მახვილაძე თ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

სენსორული მახასიათებლიდან, ღვინის ხარისხის განმსაზღვრელი მნიშვნელოვანია ფაქტორია მისი არომატი, რომელიც ერთ-ერთ მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მომხმარებლის მიერ ღვინის შესყიდვის პროცესში [1].

ღვინის არომატი წარმოიქმნება არასტაბილური ნაერთების მრავალფეროვანი ჯგუფების ერთობლივი მოქმედებით. ღვინის ბუკეტის ათასამდე სხვადასხვა არასტაბილური ნაერთია შესწავლილი, რომელთა კონცენტრაციაც რამდენიმე ნანოგრამიდან მილიგრამ/ლიტრამდე მერყეობს [2,3]. *Vitis vinifera*-ს ჯიშები მათი არომატულობიდან გამომდინარე არსებობს მარტივი არომატების (რომლებიც არ ხასიათდებიან გამორჩეული არომატით) და არომატული ჯიშების ჯგუფები (რომლებიც თავისუფალი არომატული ნაერთების მცირე რაოდენობით (ნგ/ლ) შემცველობით ხასიათდებიან) [4].

ბოლო პერიოდში შეიცვალა მომხმარებელთა მიდგომა ღვინის შესყიდვისას, ყურადღება ექცევა ღვინის ჯანმრთელობის მახასიათებლისა და სენსორული კმაყოფილების მიმართულებებს. სწორედ ამიტომ, მნიშვნელოვანი ხდება ღვინის ფერმენტაციის ახალი გზების ძიება, რომელიც გააძლიერებს და გამოავლენს ღვინის ახალ, განსხვავებულ ბუკეტს. თანამედროვე მომხმარებლების ამ გამოწვევისას, განსაკუთრებით საყურადღებოა რა გავლენას ახდენს ქართული ყურძნის ჯიშებზე ღვინის დამზადების მეთოდები, რომლებიც უნიკალურია და მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ღვინის ქიმიურ შემადგენლობაზე. საქართველოში გავრცელებულია ღვინის დამზადების რამდენიმე მეთოდი: „კახური წესი“, „იმერული წესი“ და „ვეროპული წესი“. ღვინის დუღილის და დავარგების ამ განსხვავებული მეთოდების დროს ხდება ღვინის თავისებური მახასიათებლების ჩამოყალიბება, რომელთა შედარებითი კვლევა არის მნიშვნელოვანი [4-6].

ღვინის არომატის წარმომქნელი არამდგრადი ნაერთების დასადგენად შესწავლილი იქნა რამდენიმე ბიბლიოგრაფიული მონაცემის ბაზა.

ღვინის ყველა არომატი კლასიფიცირდება ოთხ ძირითად ჯგუფად:

1. ვერტიკალური არომატები
2. ალკოჰოლურ დუღილამდე წარმოქმნილი არომატები
3. ალკოჰოლური დუღილის დროს წარმოქმნილი არომატები
4. ალკოჰოლური დუღილის შემდეგ (მომწიფებისას) წარმოქმნილი არომატები [7].

1. ღვინის ვერტიკალური არომატების ერთ-ერთი ყველაზე მთავარი კომპონენტია ტერპენები, რომლებიც მიეკუთვნება მცენარეებში ფართოდ გავრცელებული ორგანული ნაერთების დიდ ოჯახს [8]. არომატის წარმომქნელი ნაერთების ამ დიდ კლასს შორის მნიშვნელოვანი ჯგუფებია მონოტერპენები, სესკვიტერპენები და კაროტინები, რომლებიც არაპირდაპირ გავლენას ახდენს ღვინის ბუკეტის ჩამოყალიბებაზე [9].

მონოტერპენები ღვინოში ანვითარებენ ხილის, ყვავილებისა და მუსკატის არომატებს. თუმცა, შეიძლება წარმოიქმნას ისეთი არომატებიც, რომლებიც ღვინის ხარისხზე უარყოფითად იმოქმედებს. მარცვალში ხდება ტერპენების წარმოქმნა და მათი განაწილება დამოკიდებულია ნაერთზე, გერანიოლი და ნეროლი გაცილებით უხვად არიან წარმოდგენილი კანში ვიდრე ნაყოფის სხვა ნაწილებში, ხოლო ლინალოლი განაწილებულია მთელ ნაყოფში [9]. ღვინოში ყვავილოვან არომატს ცხარე ტონებით და ლიმონის არომატს განაპირობებს ლინალოლი, ციტრუსის და ვარდის არომატებს გერანიოლი და ნეროლი წარმოქმნის ასევე ციტრუსის და ტკბილი ყვავილების არომატს [7].

ყურძენში იდენტიფიცირებულია 57 სხვადასხვა სესკვიტერპენი [9], ეს კომპონენტი ძირითადად შაქრებთან ბმული ფორმითაა წარმოდგენილი და არააქტიურია, მოგვიანებით ღვინის დუღილისას მჟავური ჰიდროლიზის საშუალებით გადადის თავისუფალ არომატულ ფორმაში [10]. მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს *Vitis vinifera*-ს

არმატულ პროფილზე და ზოგიერთი სახეობისთვის წარმოქმნის ხის, ყვავილოვან და მცენარეულ არმატებს მისი ფიზიოლოგიური მომწიფების დროს [9,10].

არაიზოპრენოიდები არის კარტინოიდების ჟანგვითი დეგრადაციის წარმოებულები და სურნელოვანი ნაერთები, რომლებიც ხელს უწყობს ღვინოების არმატს [9,11]. მათგან მნიშვნელოვანი ნაერთებია β -იონონი (იის არმატი), β -დამასცენონი, 1,1,6-ტრიმეთილ-1,2-დიჰიდრონაფთალენი (TDN)(ნავთის არმატი), (E) -1-(2,3,6-ტრიმეთილფენილ) ბუტა-1,3-დიენი (TPB)(თამბაქოს, ყვავილის არმატი).

მეტოქსიპირაზინები იდენტიფიცირებულია როგორც ყურძენში ასევე ღვინოშიც და წარმოქმნის მცენარეულ ტონებს (ბალახის, ბოსტნეულის). მას შეიძლება ქონდეს უარყოფითი გავლენა ღვინის ხარისხზე [4,12].

ღვინოებში თიოლები და ზოგადად გოგირდის ნაერთები ძირითადად დაკავშირებულია სხვადასხვა არმატებთან [13]. არასტაბილური თიოლები ნაწილობრივ თავისუფლდებიან საფუარის დუღილის დროს უსუნო, არამდგრადი წინამორბედებისგან. მათი წარმოქმნა შეიძლება გაკონტროლდეს როგორც მევენახეობის, ისე ენოლოგიური სწორი პრაქტიკით [14].

2. ალკოჰოლურ დუღილამდე წარმოქმნილი არმატები

ფერმენტაციამდე ღვინის არმატების წარმოქმნას განაპირობებს ყურძნის წინასწარი დამუშავება (მაგ., დაჭყლეტვა), ალკოჰოლურ დუღილამდე წარმოქმნილი არმატები გვხვდება ძირითადად თავისუფალი ფორმით. არმატული ნაერთები და მათი წინამორბედები დიდი რაოდენობით არის კონცენტრირებული მარცვლის კანსა და რბილობში. აღნიშნული ნაერთების ექსტრაქციისთვის მიმართავენ მაცერციის სხვადასხვა ტექნოლოგიას [15,16].

თერმო-მაცერაციისას ყურძნის დამუშავება ხდება მაღალ ტემპერატურაზე დიდი ხნის განმავლობაში და ყურძენი იჭყლიტება ან დაუმუშავებელი ფორმით გამოიყენება. მიკროტალღური მაცერაციის მეთოდი ემყარება უჯრედშიდა წყლის მიერ ენერჯის შებოჭვას და მის გაცხელებას. გაცხელებული წყალი აორთქლდება და წარმოქმნის უზარმაზარ წნევას უჯრედის კედელზე, რის შედეგადაც ხდება უჯრედის კედლის დაზიანება და აქტიური შემადგენლობის მიგრაცია ყურძნის წვენიში. კრიო-მაცერაციის დროს ყურძნის ტემპერატურის შემცირება ხდება მინიმუმ -18°C -მდე. ტემპერატურა ნარჩუნდება გარკვეული დროის განმავლობაში. ყურძნის უჯრედშორისი წყალი იქცევა ყინულად წარმოქმნილი კრისტალები იწვევს უჯრედის ქსოვილის რღვევას. რისი შედეგადაც ქიმიური ნაერთების მიგრაციას იწვევს გარმოში. აღსანიშნავია რომ, კრიო-მაცერაცია ხელს უწყობს ისეთი არმატ-წარმოქმნილი ნაერთების მიგრაციას როგორცაა მონოტერპენები, ხოლო ფენოლური ნაერთების გამოყოფას ზღუდავს [15].

3. ალკოჰოლური დუღილის დროს წარმოქმნილი არმატები

ფერმენტული არმატები, რომლებიც ცნობილია როგორც ღვინის მეორადი არმატები, წარმოიქმნება საფუარების მოქმედების შედეგად ალკოჰოლური დუღილის დროს და განსაზღვრავს ღვინის ხასიათს [4]. ალკოჰოლური დუღილი, ძირითადად მიღწეული *Saccharomyces cerevisiae*-ით, იწვევს სხვადასხვა ეთერების, უმაღლესი სპირტების, არასტაბილური ცხიმოვანი მჟავების და ალდეჰიდების წარმოქმნას [17,18]. ღვინის ალკოჰოლური დუღილის არმატების ჯგუფზე მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს საფუარებს, როგორც *Saccharomyces*-ს გვარის ასევე, არა *Saccharomyces*-ს [18].

კვლევებით დადასტურებულია, რომ ნაერთები რომლებიც ხასიათებიან მაღალი კონცენტრაციით კრავენ ღვინის არმატის ძირითად მატრიცას და არ გამოირჩევიან ინდივიდუალური არმატებით. თუმცა, მათი კონცენტრაციის შემცირება უარყოფითად მოქმედებს ღვინის ხარისხზე. მაგ., ეთანოლის კონცენტრაციის ცვლილებასთან ერთად ხდება ღვინის არმატების შეცვლა: მცირე ცვლილებისას ღვინის ბუკეტზე არ შეინიშნება განსხვავება; 7 %-მდე შემცირებისას ღვინოში იზრდება ხილის, ყვავილოვანი და მჟავე არმატების ინტენსივობა; 3 %-მდე შემცირებისას კი იკარგება ღვინის არმატი [7,18].

კახური წესით დამზადებული ღვინოების არომატული პროფილი

კახური წესით ღვინის დამზადებისას, ღვინო-ჭაჭას ურთერთქმედების ხანგრძლივობის ზრდის შედეგად თეთრ ღვინოები არის ბუნებრივად სტაბილური, ხდება მუქი ჩალისფერი, ოქროსფერი ან ჩაისფერი შეფერილობის, გამჭვირვალე, კრიალა და ხასიათდება ხილის ტონებით და ტანინების ზომიერი შემცველობით [6,19]. ამ წესით დამზადებული ღვინოების არომატული ნაერთების ანალიზისას გამოვლინდა არასტაბილური ნაერთები, რომლებიც ძირითადად წარმოადგენენ უმაღლეს სპირტებს, ეთილის ეთერებს, მოკლე და საშუალო ჯაჭვის ცხიმოვანი მჟავებს და სხვა. მაგ: 2-ფენილეთანოლი, რომელიც გორულ მწვანეში და საფერავში გვხვდება წარმოქმნის ვარდის არმატს, ხოლო ეთილ ლაქტატი განაპირობებს ამავე ღვინოებში ხილის მსგავსი არმატების განვითარებას [5].

4. ალკოჰოლური დუდილის შემდეგ (მომწიფებისას) წარმოქნილი არმატები

ღვინის არმატის მნიშვნელოვანი ცვლილებები ხდება მომწიფების და დაძველების დროს. ეს მოიცავს ყურძნის და/ან საფურის გარკვეული არმატების დაკარგვას, ჯიშური არმატის შენარჩუნებას, ახალი არმატების წარმოქმნას და ყველაზე მნიშვნელოვანი პროცესი – ხდება არსებული ყველა არმატის ინტეგრაცია ჰარმონიული და სასიამოვნო ღვინის ბუკეტის შესაქმნელად [20]. ხის კასრში დაძველებისას ღვინის არმატს ემატება ხის ნიუანსები, ხოლო ბოთლში დაძველებისას კი ხდება არმატების დაკარგვა ღვინისწარმოების სხვადასხვა ეტაპზე სინთეზირებული არმატწარმოქმნელი ნაერთების ურთიერთქმედების შედეგად [21, 22].

დასკვნა

ეს ბიბლიოგრაფიული მიმოხილვა აერთიანებს ღვინის არმატწარმოქმნელ ნაერთებს, მათ ძირითად ჯგუფებს და სენსორულ გავლენას ღვინის ხარისხზე. მათი წარმოქმნა და გააქტიურება ხდება ღვინის წარმოების ყველა ეტაპზე და მოიცავს ყველა საფეხურს ვაზის ჯიშის შერჩევიდან დავარგებული ღვინის შენახვის პირობების კონტროლამდე. თანამედროვე მომხმარებლის მიერ ღვინის შერჩევისას განსხვავებული მიდგომის გამო მნიშვნელოვანია შესწავლილი იქნეს რა გავლენას ახდენს კახური წესით ღვინის დაყენების მეთოდი მის არმატულ კომპლექსზე და იცვლება თუ არა არმატული მატრიცა სხვა გავრცელებულ მეთოდებით ღვინის დამზადებასთან შედარებით.

ლიტერატურა

1. Lesschaeve I, Bowen A, Bruwer J-Determining the Impact of Consumer Characteristics to Project Sensory Preferences in Commercial White Wines. //American Journal of Enology and Viticulture/ 2012/ 63: pp. 487-493.
2. Moreno-Olivares J. Paladines-Quezada D. Fernández-Fernández J. Bleda-Sánchez J. Martínez-Moreno A. Gil-Muñoz R.-Study of aromatic profile of different crosses of Monastrell white wines. //Journal of the Science of Food and Agriculture 2020, Volume 100, Issue 1, pp. 38-49
3. Cheng G. Liu Y. Yue T. Zhang Z. Comparison between aroma compounds in wines from four Vitis vinifera grape varieties grown in different shoot positions. / Food Science and Technology, 2015 vol. 35(2), pp. 237-246.
4. Visan L. Tamba-Berehoiu R M. Popa C. Danaila-Guidea S. Culea R. Aromatic compounds in wines. 2018. Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development vol. 18, Issue 4. pp. 423-430.
5. Vigentini I. Maghradze D. Petrozziello M. Bonello F. Mezzapelle V. Valdetara F. Failla O. Foschino R. Indigenous Georgian Wine-Associated Yeasts and Grape Cultivars to Edit the Wine Quality in a Precision Oenology Perspective. / Frontiers in Microbiology, 2016, vol. 7. pp. 2-13.
6. Capece, A., Siesto, G., Poeta, C., Pietrafesa, R., and Romano, P. Indigenous yeast population from Georgian aged wines produced by traditional “Kakhetian” method. /Food Microbiol, 2013, vol. 36, pp. 447-455.
7. Styger G. Prior B. Bauer F. Wine flavor and aroma. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology. 2011, vol. 38, issue 9 pp. 1145-1159.
8. სამსონია შ. გვერდწითელი მ. ჩიკვაძე ი. კვიციანი ლ. ორგანული ქიმია. – თბილისი, ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2017, 234 გვ.
9. Lin J, Massonnet M, Cantu D. The genetic basis of grape and wine aroma. Horticulture Research. 2019, 6:81 pp. 2-24.
10. Li Z. Howell K. Fang Z. Zhang P. Sesquiterpenes in grapes and wines: Occurrence, biosynthesis, functionality, and influence of winemaking processes. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2019, vol. 19, Issue 1, pp.247-281.

11. Carrau FM, Boido E, Dellacassa E. Terpenoids in Grapes and Wines: Origin and Micrometabolism during the Vinification Process. *Natural Product Communications*. 2008, Vol. 3, Issue 4, pp.577-592.
12. Allen M. Lacey M. Methoxypyrazines of Grapes and Wines. *Chemistry of Wine Flavor*. American Chemical Society, Washington, DC. 1998, pp. 714(31-38).
13. Roland A. Schneider R. Razungles A. Cavelier F. Varietal Thiols in Wine: Discovery, Analysis and Applications. *Chemical Reviews*. 2011, vol. 111, Issue 11, pp.7355-7376.
14. Coetzee I C. Toit W.J. Sauvignon blanc wine: Contribution of ageing and oxygen on aromatic and non-aromatic compounds and sensory composition - A review. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 2015, Vol. 36, Issue 3, pp. 347-365.
15. Tartian A. Cotea V. Niculaua M. Zamfir C.A. Colibaba C. Morosanu A.M. The influence of the different techniques of maceration on the aromatic and phenolic profile of the Busuioacă de Bohotin wine. *BIO Web of Conferences* 9.2017.
16. Zhang S, Petersen MA, Liu J, Toldam-Andersen TB. Influence of Pre-Fermentation Treatments on Wine Volatile and Sensory Profile of the New Disease Tolerant Cultivar Solaris. *Molecules*. 2015. Volume 29. Issue 12 pp.21609-21625.
17. Fleet GH. Yeast interactions and wine flavour. // *International Journal of Food Microbiology*, 2003, 86(1-2), pp. 11-22.
18. Belda I. Ruiz J. Esteban-Fernández A. Navascués E. Marquina D. Santos A. Moreno-Arribas MV. Microbial Contribution to Wine Aroma and Its Intended Use for Wine Quality Improvement. *Molecules*. 2017, vol. 22, Issue 2, pp. 1-29.
19. <http://georgianwine.gov.ge/Ge/KvevriWine/Details/2>
20. Del Caro A. Piombino P. Genovese A. Moio L. Fanara C. Piga A. . Effect of Bottle Storage on Colour, Phenolics and Volatile Composition of Malvasia and Moscato White Wines. // *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2016, vol. 35, Issue 1, pp. 128-138.
21. Picard M. Tempere S. de Revel G. Marchand S. A sensory study of the ageing bouquet of red Bordeaux wines: A three-step approach for exploring a complex olfactory concept. *Food Quality and Preference* 2015, vol. 42, pp. 110-122.
22. Ugliano M. Oxygen contribution to wine aroma evolution during bottle aging. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, vol. 61, Issue 26, pp. 6125-6136.

SUMMARY

WINE AROMATIC COMPOUNDS

Makhviladze T.G.

Georgian Technical University

The aroma of wines is created by various and different interactions between compounds of wine and grapes. The compounds interaction can be synergistic or antagonistic. The wine bouquet is derived from varietal aromas and compounds generated during grape processing for which develop is significantly influenced by *Saccharomyces cerevisiae* and other fermentation microorganisms. The wine aroma is complemented by compound forming during the ageing and storage. This review aims to present a significant overview of the grapes and wine aroma compounds that have been accumulated for nowadays.

Keywords: wine aroma, aroma compounds, varietal aroma, wine fermentation, maceration.

ბანსხვაგვარულ კლიმატურ პირობებში ველურად მოზარდი
კულმუსოს (*Inula helenium*) შედარებითი შესწავლა

დემეტრაშვილი მ.ა., ტყემალაძე გ.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თანამედროვე მედიცინაში, კულინარიაში და კოსმეტიკაში, ქიმიური საშუალებების გამოყენებით გამოწვეულმა უარყოფითმა შედეგებმა მკვეთრად გაზარდა და ფართო შესწავლის საგნად აქცია ბუნებრივი სამკურნალო, არომატული, სანელებლებიანი, თაფლოვანი და შხამიანი ბალახოვანი მცენარეების მიმართ ინტერესი. განსაკუთრებით აქტუალური გახდა ბალახოვანი მცენარეებიდან მიღებული ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების რაოდენობრივი და თვისობრივი შესწავლა სასურსათო ტექნოლოგიურ პროცესებში მათი შემდგომი გამოყენების მიზნით [1,2]. კვლევა ეფუძნება ბუნებრივ პირობებში მოზარდი კულმუსოს ფესვებიდან ფიზიოლოგიურად აქტიური ნაერთების შემცველობის დადგენას, მიღებასა და რაოდენობრივი მაჩვენებლების განსაზღვრას. ექსპერიმენტისათვის გამოვიყენეთ საჩხერის მუნიციპალიტეტის სოფ. სხვიტორსა და გარდაბნის მუნიციპალიტეტის სოფ. ნორიოს ტერიტორიაზე ველურად მოზარდი კულმუსოს როგორც ერთწლიანი, ისე მრავალწლიანი ფესვთა სისტემა. შესწავლილ იქნა მცენარეში არსებული ექსტრაქტული ნივთიერებების, ინულინისა და ეთერზეთების დაგროვების – დინამიკა ასაკის, სეზონისა და ადგილმდებარეობის გათვალისწინებით. ექსტრაგირების დაწყებამდე მოვასდინეთ ნედლეულის წინასწარი დამუშავება ГОСТ-15056-89-3-ის შესაბამისად [3]. ექსტრაგენტისა და ნედლეულის თანაფარდობა განსაზღვრეთ სამი თანაფარდობით: 1:3; 1:6; 1:9. მონაცემები მოცემულია ცხრ.1.

ცხრილი 1. კულმუსოს ექსტრაქტული ნივთიერებების რაოდენობრივი მაჩვენებლები

№	ადგილმდებარეობა	პერიოდი	ექსტრაქტული ნივთიერებების რაოდენობა		
			ეთანოლი 30 %	ეთანოლი 60 %	ეთანოლი 95 %
1.	სხვიტორი – ერთწლიანი	2020 ივნისი	11,13	12,32	10,64
2.	სხვიტორი – მრავალწლიანი	2020 ივნისი	20,22	21,29	19,78
3.	ნორიო – ერთწლიანი	2020 ივნისი	11,25	12,98	10,05
4.	ნორიო – მრავალწლიანი	2020 ივნისი	19,06	20,74	18,55
5.	სხვიტორი – ერთწლიანი	2020 სექტემბერი	11,87	12,04	10,57
6.	სხვიტორი – მრავალწლიანი	2020 სექტემბერი	21,37	22,62	20,65
7.	ნორიო – ერთწლიანი	2020 სექტემბერი	10,99	11,78	11,24
8.	ნორიო – მრავალწლიანი	2020 სექტემბერი	21,89	23,29	20,96

როგორც კვლევიდან ირკვევა, ექსტრაქტული ნივთიერებების ექსტრაგირების მაჩვენებელი სამ სხვადასხვა კონცენტრაციის სპირტწყალხსნარში განსხვავებულია: ეთანოლის 30 %-იან ექსტრაგენტში ნივთიერებების ყველაზე დიდი რაოდენობა ერთწლიან ნორიოს ივნისის ნიმუშშია და 11,25 % შეადგენს, რაც სხვიტორის ანალოგიურთან 1,07 %-ით მეტია. სექტემბრის ერთწლიან ნიმუშებში 7,42 %-ით მეტია სხვიტორის ნიმუშში ნორიოსთან შედარებით. ივნისის მრავალწლიან ფორმებში დომინირებს სხვიტორის მასალა 5,74 %-ით. 60%-იანი ეთანოლის შემთხვევაში, სხვიტორთან შედარებით, 5,09 %-ით მეტია ნორიოს ერთწლიან ფორმაში, ხოლო მრავალწლიან ფორმებში ასევე გამოირჩევა სხვიტორი 2,16 %-ით. 95%-იან ექსტრაგენტში, ივნისის ერთწლიან ფორმებში ნორიოს ნიმუში 5,09 %-ით მეტ რაოდენობას ავლენს; ხოლო სექტემბრის ერთწლიანებში გამოირჩევა საჩხერის ვარიანტი (5,97 %-ით). რაც შეეხება მრავალწლიან ფორმებს: ივნისის თვეში სხვიტორის ნიმუში 6,22 %-ით აჭარბებს ნორიოს ნიმუშს, სექტემბრის ფესვთა სისტემაში ექსტრაქტული ნივთიერებების რაოდენობა მცირედით განსხვავდება და 1,48 %-ით მეტია ნორიოს ვარიანტთან

შედარებით. კვლევადან ირკვევა, რომ ყველაზე მეტი რაოდენობის ექსტრაქტული ნივთიერების ექსტრაგირება ხორციელდება 60%-იანი ეთანოლის პირობებში, სადაც სხვიტორის მრავალწლიან ნიმუშში 22,62 %-ია, ხოლო ნორიოს შემთხვევაში 23,29 %.

ეთერზეთების შემცველობით მსოფლიოფლორის 2500 – 3000 სახეობას გამოყოფენ, რომლებიც ძირითადად *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Astraceae* ოჯახებშია გაერთიანებული. კულმუხო (*Inula Helenium*)- *Astraceae*-ს ოჯახის ერთ-ერთი სახეობაა და ხასიათდება ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების – მრავალკომპონენტული აქროლადი ნივთიერებების დაგროვებით. კულმუხოს ფესვთა სისტემაში შემაჯავლი ეთერზეთები ხასიათდება სამკურნალო თვისებებით: გამოიყენება ბრონქული ასთმის დროს, ხასიათდება ანტიმიკრობული, ანტიჰელმიტური, ანტიფუნგიციდური აქტივობით; ხელს უწყობს დიფტერიის, ტიფოზის, ნაწლავური კოლიბაცილების, სტრეპტოკოკების მკურნალობას; დადებითად მოქმედებს საჭმლის მომნელებელ ორგანოებზე; შლის ცხიმოვან უჯრედებს; ამკურნებს სისხლძარღვთა სისტემას; ხელს უწყობს ჰორმონული ბალანსის დარეგულირებას; გამოიყენება აგრეთვე როგორც ჰემოსტატიკური საშუალება სახსრებისა და ძვლების მკურნალობის შემთხვევაში [4]. ეთერზეთები აგრეთვე ფართოდ გამოიყენება კოსმეტიკასა და პარფიუმერიაში; სურსათისა და საკონდიტრო პროდუქტების წარმოებაში. მცენარის სიცოცხლისუნარიანობა დამოკიდებულია ეთერზეთების არსებობასა და მათს რაოდენობაზე, გამოიყენება მზის სხივებისაგან დამცავ საშუალებად; ხელს უწყობს მწერების მოზიდვას დამტვერვისათვის. ეთერზეთების თვისება დამყარებულია მათში შემაჯავლი ნაერთთა ერთობლიობა. მცენარეული მასალიდან ეთერზეთების მიღების სკრინინგული მეთოდის გარდა, შემუშავებულია გამოყოფის სამი ძირითადი მეთოდი: დისტილირება, გამოწვლილვა და გამსხნელით ექსტრაგირება [5,6].

კვლევა ჩატარდა კულმუხოს ფესვთა სისტემაში არსებული ეთერზეთების რაოდენობრივი მაჩვენებლების დასადგენად. ეთერზეთების შემცველობა განესაზღვრეთ ГОСТ-15056-89-5-ის მიხედვით [3]. ექსპერიმენტულად დავადგინეთ ეთერზეთების რაოდენობრივი შემცველობა რვავე საკვლევი ნიმუშში; მივიღეთ თხევადი სახის, ცხიმოვანიკონსისტენციის ნივთიერება, დამახასიათებელი მომწვანო-ზურმუხტისფერი შეფერილობით. კულმუხოს ფესვთა სისტემაში ეთერზეთების რაოდენობა იცვლება 0,66 %-დან 1,62 %-მდე. აქედან მეტი რაოდენობით ეთერზეთების დაგროვება ხდება ზრდასრულ მცენარეში. მონაცემები მოცემულია ცხრ. 2

ცხრილი 2. ეთერზეთების დაგროვების დინამიკა

№	ადგილმდებარეობა	პერიოდი	ეთერზეთების რაოდენობრივი მაჩვენებელი,%
1	სხვიტორი – ერთწლიანი	2020 ივნისი	0,66
2	სხვიტორი – მრავალწლიანი	2020 ივნისი	1,48
3	ნორიო – ერთწლიანი	2020 ივნისი	0,68
4	ნორიო – მრავალწლიანი	2020 ივნისი	1,6
5	სხვიტორი – ერთწლიანი	2020 სექტემბერი	0,7
6	სხვიტორი – მრავალწლიანი	2020 სექტემბერი	1,51
7	ნორიო – ერთწლიანი	2020 სექტემბერი	0,76
8	ნორიო – მრავალწლიანი	2020 სექტემბერი	1,62

ეთერზეთების რაოდენობრივი მაჩვენებლები ორივე რეგიონის მრავალწლიან ფორმებში ბევრად აღემატება ერთწლიან ნიმუშებს. ნორიოს მრავალწლიანი ივნისის ფორმა ეთერზეთების 0,12 %-ით მეტ რაოდენობას შეიცავს, სხვიტორის ანალოგიურთან შედარებით; ხოლო შემოდგომის ნორიოს ნიმუშში 0,11 %-ით მეტია სხვიტორის შემოდგომის ნიმუშთან შედარებით. შედეგები ცხადყოფს, რომ ნორიოს ფესვთა სისტემაში ეთერზეთების რაოდენობა აღემატება სხვიტორის ანალოგიურ ფორმას. მცენარის განვითარების უმნიშვნელოვანეს ფაქტორად გვევლინება ნიადაგის ფიზიკურ/ქიმიური თვისებები, ნიადაგის pH, ჰუმუსისა და მინერალური ნივთიერების შემცველობა, ასევე

კლიმატური პირობები და ჰიფსომეტრიული [ჰიფსომეტრია (ბერძ. სიმაღლე + მეტრია) გეოგრაფიულ რუკებზე დედამიწის ზედაპირის რელიეფის გამოსახვა ფერადი ჰორიზონტალების საშუალებით] მონაცემები. ამ გარემოებათა ერთობლიობა იძლევა მცენარის მიერ მათში ნივთიერებათა რაოდენობრივი დაგროვების განსხვავებულ სურათს. მიუხედავად ნორიოსა და სხვიტორის ტერიტორიების განსხვავებულობისა, ველურად მოზარდი კულმუხოს ფესვებისა და ფესვურების ქიმიურმა კვლევამ აჩვენა მათი პრაქტიკულად ერთნაირი ბიოლოგიური ღირებულება.

ლიტერატურა

1. Н.И. Путьрский, В.Н. Прохоров. Универсальная энциклопедия лекарственных растений. –Минск, Книжный дом, Махаон, 2000, 656 с.
2. Тихонов М.М., Ковтуник Н.Н. Использование девясила высокого в народном хозяйстве. /Матер. 8-го Всерос. симп. по новым кормовым растениям. -Сыктывкар, 1993, 155 с.
3. ГОСТ 15056-89. Корневища и корни девясила. Технические условия.
4. Р.Б. Аюпова. З.Б. Сакипова. Р.Д. Дильбарханов. Эфирные масла: Достижения и перспективы, современные тенденции изучения и применения. /Вестник КазНМУ, №5(3)-2013, сс. 74-78.
5. К.В. Беляков, Д.В. Попов. Определение сесквитерпеновых лактонов в корневище и корнях девясила высокого (*Inula helenium*). // Фармация, 1999, т.2, №2, сс. 30-32.
6. Р.Б. Аюпова. З.Б. Сакипова. Р.Д. Дильбарханов. Эфирные масла: Достижения и перспективы, современные тенденции изучения и применения. /Вестник КазНМУ, 2013, №5(3), сс. 74-78.

SUMMARY

COMPARISON STUDIES OF WILD *Inula Helenium* IN DIFFERENT CLYMATIC CONDITIONS

Demetrashvili M.A. and Tkemaladze G.Sh.

Georgian Technical University

The root system of wild *Inula Helenium* was researched at the territories of vil. Skhvituri (Sachkhere municipality) and vil. Norio (Gardabani municipality). The dynamics of the accumulation of extragenic and essential oil compounds was studied in accordance with age, season and location. In spite of the difference between the territories of Norio and Gardabani, the chemical analysis of the roots and rootstocks of wild *Inula Helenium* has shown their practically similar biological importance.

Keywords: *Inula Helenium*, roots and rootstocks, extragenic compound, essential oil compound.

კულმუხოს ნედლე მასალაში ინჟინრის რაოდენობრივი ბანსაზღვრა

დემეტრაშვილი მ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ინჟინრის განეკუთვნება ბუნებრივი წარმოშობის მაღალი ენერგეტიკული მნიშვნელობის პოლისაქარიდებს. ინჟინრის შეიცავს 15 სახეობის მცენარეთა ოჯახი, რომელთაგან აღსანიშნავია *Liliaceae*, *Astraceae*, *Polemoniaceae*. ინჟინრის წარმოიქმნება მცენარის ფოთლებში ფოტოსინთეზის შედეგად და გროვდება ღეროებსა და ფესვებში. კულმუხოს გარდა, ინჟინრით განსაკუთრებით მდიდარია ზოგიერთი მცენარის (გეორგინა, ტოპინამბური, არტიშოკი – ძველ რომში ფართოდ გამოიყენებოდა როგორც მავნე ნივთიერებებისაგან ორგანიზმის გამწმენდი ეფექტური საშუალება) მიწისქვეშა ორგანოები – ფესვები (*Radices*) და ფესვურები *Rhizomata* [1]. უჯრედებში ინჟინრის მთავარებულა ვაკუოლებში სფერული კრისტალების სახით [2]. ინჟინრის მსოფლიოში ყველაზე შესწავლილი პრებიოტიკია, შედგება ფრუქტოზის ჯაჭვებისაგან (10-დან 36-მდე) ფურანოზულ ფორმაში და ერთი გლუკოზისაგან პირანოზულ ფორმაში. ერთმანეთთან დაკავშირებულია გლიკოზიდური ბმებით [3]. წარმოებაში დამზადებული ინჟინრის შეიცავს მონათესავე ნახშირწყლებს, მაგალითად: ფსევდო-ინჟინრს, ინჟლენს, ლევულინსა და სხვ. პიდროლიზდება ფრუქტოზად [4,5]. ინჟინრის, სახამებლისა და გლიკოგენის მსგავსად, საკმაოდ მდგრადია ტუტეების მიმართ.

საკვლევე ობიექტად შევარჩიეთ საქართველოში ფართოდ გავრცელებული, ველურად მოზარდი ბალახოვანი მცენარე კულმუხო. კულმუხო აღიარებულია ოფიციალური მედიცინის მიერ, როგორც მრავალწლიანი კრიპტოფიტი, რომელიც ხასიათდება გარე სამყაროსთან მაღალი შეთვისებადობით (ბერძ. Kritos – ნიშნავს საიდუმლოს, დაფარულს; მცენარე განვითარებისათვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ფორმებს – კვირტებსა და ამონაყართა დაბოლოებებს – ნიდაგისა ან წყალსატევების ფსკერზე მაღავს.

კულმუხო, როგორც ინჟინრის წყარო, რაოდენობრივი მონაცემების დასადგენად, შევარჩიეთ ბუნებრივი კლიმატური პირობებით განსხვავებული ორი რეგიონი: აღმოსავლეთ საქართველოს გარდაბნის მუნიციპალიტეტის სოფ. ნორიო და დასავლეთ საქართველოს სანხერის მუნიციპალიტეტის სოფ. სხვიტორი. საანალიზოდ ავიღეთ რვა ვარიანტი: სხვიტორი-მრავალწლიანი; სხვიტორი-ერთწლიანი; ნორიო-მრავალწლიანი; ნორიო-ერთწლიანი – გაზაფხულისა და შემოდგომის ნიმუშები. პირველადი გადამუშავების შემდეგ განვახორციელეთ საკვლევი ნიმუშების შრობა მათში ტენიანობის დასადგენად. განსაზღვრას ვაწარმოებდით ГОСТ 24027.2-80-ის შესაბამისად შემდეგი ფორმულით:

$$W = \frac{(m - m_1)}{m} \times 100$$

სადაც W არის ნიმუშში წყლის შემცველობა %-ში; m – გამოსაშრობი ნედლეულის საწყისი წონა; m₁ – გამომშრალი მასალის წონა.

ტენიანობის საშუალო მაჩვენებელი რვავე ნიმუშში იცვლება 9,1%-დან 18,63%-მდე. კულმუხოს ფესვსა და ფესვურებში შემავალი ინჟინრის რაოდენობრივი მაჩვენებლები განსაზღვრეთ სპექტრომეტრიული მეთოდით 498 ნმ ტალღის სიგრძეზე FIBER OPTOC SPEQTRMETER CECIL CE 9500 Aquarius-ის გამოყენებით. კულმუხოს ნედლეულში ინჟინრის გარდა ლოკალიზებულია თავისუფალი შაქრები (ფრუქტოზიდები). ინჟინრის საკმაოდ კარგად იხსნება წყალში; ხოლო 96% სპირტში ის არ იხსნება. ფრუქტოზიდები კი კარგად იხსნება როგორც წყალში, ისე 96%-იან სპირტში. ეს უდევს საფუძვლად მცენარეში ინჟინრის პროცენტული მაჩვენებლის დადგენას. მეთოდი ეფუძნება მჟავა გარემოში რეზორცინის თანამყოფობისას ინჟინრის დაშლის შედეგად წარმოქმნილი ფრუქტოზის რეზორცინთან ურთიერთქმედების პროდუქტების

ოპტიკური სიმკვრივის განსაზღვრას. ქლორწყალბადმაჟავას ზემოქმედებით ინულის ერთი მოლეკულა იხლიება 34–35 მოლეკულა ფრუქტოზად და ერთ მოლეკულა გლუკოზად. მოცემულ პირობებში რეზორცინთან ურთიერთქმედებაში შედის მხოლოდ ფრუქტოზა. ამრიგად, არსებობს პირდაპირი დამოკიდებულება ინულის კონცენტრაციასა და მისი ჰიდროლიზის შედეგად წარმოქმნილ ფრუქტოზას შორის [6]. ფრუქტოზიდებისა და ფრუქტოზანების [ფრუქტოზიდები D-ფრუქტოზის გლიკოზიდებია, ფრუქტოზანები იგივეა, რაც ფრუქტანები, გლიკანები და შედეგა მხოლოდ – D-ფრუქტოზის ნაშთებისაგან. ფრუქტოზანები ორი ტიპისაა: 1. ინულის ტიპის ფრუქტოფურანოზული ნაშთები დაკავშირებულია ერთმანეთთან $\beta(2\rightarrow1)$ გლიკოზიდური ბმებით. 2. ლევანის ტიპის – ფრუქტოფურანოზული ნაშთების $\beta(2\rightarrow6)$ გლიკოზიდური ბმებით. ადრე ლევანებს ფრუქტოფრუქტოზანები ეწოდებოდა] განსაზღვრა ინულის შემცველობაზე აბსოლუტურად მშრალ ნედლეულში პროცენტულად (X) იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$X = \frac{A \times 200 \times 100 \times 25 \times 10}{498 \times m \times (100 - W)}$$

სადაც A – მეორე ხსნარის (ნიმუშის) ოპტიკური სიმკვრივეა; m – ნედლეულის მასა, გრამებში; W – ნედლეულის სინოტივე, %.

ცხრილი 1. სხვიტორისა და ნორიოს ტერიტორიაზე მოზარდი კულმუხოს მიერ ინულის დაგროვების დინამიკა

№	ნიმუშის დასახელება	დაკვირვების პერიოდი	ინულის დაგროვების დინამიკა, %
1.	სხვიტორი-მრავალწლიანი	2020 წლის ივნისი	20,97
2.	სხვიტორი-მრავალწლიანი	2020 წლის სექტემბერი	23,68
3.	ნორიო-მრავალწლიანი	2020 წლის ივნისი	21,11
4.	ნორიო-მრავალწლიანი	2020 წლის სექტემბერი	25,78
5.	სხვიტორი-ერთწლიანი	2020 წლის ივნისი	12,61
6.	სხვიტორი-ერთწლიანი	2020 წლის სექტემბერი	14,02
7.	ნორიო-ერთწლიანი	2020 წლის ივნისი	13,56
8.	ნორიო-ერთწლიანი	2020 წლის სექტემბერი	15,89

ნორიოსა და საჩხერის ტერიტორიაზე ველურად მოზარდი კულმუხოს რვავე საკვლევი ნიმუშში ინულის რაოდენობრივი შემცველობა განსხვავებულია. ნიმუშები აღებულია ვეგეტაციის ერთსა და იმავე პერიოდში. სხვიტორის მრავალწლიან ნიმუშებში ივნისის თვესთან შედარებით სექტემბრის საკვლევი მასალაში ინულის რაოდენობრივი მაჩვენებელი გაზრდილია 11,45 %-ით; ნორიოს საკვლევი მასალის სეზონური ცვალებადობა 18,12 %-ით იძლევა მეტობას, რაც 6,67 %-ით მეტია სხვიტორის ანალოგიურთან. რაც შეეხება ერთწლიან ნიმუშებს, სხვიტორის შემთხვევაში შემოდგომის ნიმუშში ინულის რაოდენობა გაზრდილია 10,06 %-ით; ხოლო ნორიოს ნიმუშში 14,67 %-ით, რაც სხვიტორის ნიმუშთან შედარებით 4,54 %-ით მეტია. ამრიგად, ზაფხულთან შედარებით შემოდგომის ნიმუშებში ინულის დაგროვების დინამიკა ორივე რეგიონისათვის მზარდია, მაგრამ ნორიოს, როგორც ერთწლიან, ისე მრავალწლიანი ფორმისათვის სხვიტორის ანალოგიურთან შედარებით შეინიშნება უფრო მეტი ინულის დაგროვების ტენდენცია (ცხრ. 1). აღნიშნულის მიზეზი სავარაუდოთ ორივე რეგიონისთვის ნიადაგის განსხვავებული შედგენილობისა და კლიმატური პირობების შედეგია.

მცენარის ზრდა-განვითარებაზე მოქმედებს ნიადაგის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები. როგორც ცხრ. 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, ნიადაგები ხასიათდება შემდეგი მაჩვენებლებით:

ცხრილი 2. სხვიტორისა და ნორიოს ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზი

ნიადაგის ადგილმდებარეობა	pH	მშრალი ნაშთი, %	მოძრავი ფოსფორი, მგ/100გ	ჰუმუსი, %	საერთო აზოტი, %
ნორიო	7,97	0,089	7,72	3,16	0,29
სხვიტორი	7,81	0,116	20,2	2,78	0,29

სხვიტორის ნიადაგის pH=7,81, ხოლო ნორიოს – 7,97. განსხვავება 0,16 %-ია, ვლინდება მცირედი გადახრა ტუტეანობისაკენ. მცენარე ნიადაგის რეაქციის მიმართ ავლენს მდგრადობას. ჰუმუსის შემცველობა მცირედ განსხვავებულია – სხვიტორის ნიადაგისათვის 2,78 %-ია; ხოლო ნორიოს შემთხვევაში 3,16 %. სხვაობა 0,38 %-ს შეადგენს. მოძრავი ფოსფორი სხვიტორის ნიადაგში არის 20,2 მგ/100გ, ხოლო ნორიოს ნიადაგში – 7,72 მგ/100გ, ანუ (12,48 მგ/ლ-ით მეტი). გამოდის, რომ სხვიტორის ნიადაგში ფოსფორის შემცველობა 161,6 %-ით მეტია ნორიოს ნიადაგთან შედარებით (12,48·100/7,72). შედგენილობის მიხედვით, ორივე ნიადაგი ხასიათდება დაახლოებით ერთნაირი მაჩვენებლებით. ნორიოს ნიადაგში მოძრავი ფოსფორის ნაკლებმა შემცველობამ არ იმოქმედა ინულინის დაგროვებულ რაოდენობაზე. ეს კი მიუთითებს, რომ ბუნებრივ საკვლევ საგარეულებზე მოზარდი კულმუსოს განშტოებული ფესვთა სისტემის შემწოვი ზედაპირი სრულად იყენებს ნიადაგში მისთვის არსებულ, აუცილებელ მიკრო- და მაკროელემენტებს, აგრეთვე სხვა საჭირო საკვებ ნივთიერებებს, რომლებსაც მცენარე შთანთქავს ნიადაგიდან. მშრალი ნაშთის შემცველობა ორივე ნიადაგში ძალიან მცირეა, რაც მიანიშნებს, ნიადაგების დაუმტკიცებლობაზე.

კულმუსოს ფესვთა სისტემის მიერ ნივთიერებათა შეწოვის უნარი აისახება მცენარის ვეგეტაციურ და გენერაციულ ორგანოებში დაგროვებულ ნივთიერებათა რაოდენობრივ შემცველობაზე. ცხადია, ორივე რეგიონში მოზარდი კულმუსო ხასიათდება ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა დაგროვების ერთნაირი დინამიკით.

ლიტერატურა

1. Шматков Д.А., Беляков К.В., Попов Д.М. //Фармация, 1998, №6, сс.17-20.
2. Dietary fiber, inulin and oligo fructoze: a review comparing the ar physiological effects. //Crit Revfood Sci Nutr. 1993, 33-#2, 148 p.
3. Moeau M. C., Thomassen M., Ducluzeau R., Raubaund p. //Reprod Nutr Dev., 1986, -#26, pp. 745-753.
4. Митрофанова И.Ю., Яницкая А. В. Перспективы применения инулина в медицинской и фармацевтической практике. //Вестник новых медицинских технологий, 2012, т. XIX, #2 , сс. 45-47.
5. Митрофанова И.Ю., Яницкая А. В. Определение суммарного содержания полифруктанов и динамика их накопления в корневищах и корнях девясилавысокого (*Inulahelenium l.*), произрастающего в Волгоградской области. // Химики – фармацевтический журнал, 2013, т.47, №3, с. 47.
6. И.В. Пшукова, Д.А. Коновалов, В.А. Карпенко, Л.В. Лигай, С.А. Кулешова. Фитохимическое и фармакологическое изучение корней подсолнечника однолетнего. //Химия растительного сырья, 2014, №2, сс. 189-194.

SUMMARY

QUANTITATIVE DETERMINATION OF INULINE IN RAW MATERIAL OF *Inula Helenium*
Demetrashvili M.A.

Georgian Technical University

To determine the inuline quantitative data in raw material of *Inula Helenium* the two regions with different climatic conditions has been studied: vil. Norio (Gardabani municipality, East Georgia) and vil. Skhvitori (Sachkhere municipality, West Georgia). Quantitative indises of inuline in roots and rootstocks of *Inula Helenium* were determined by spectrophotometric methods ($\lambda=498$) nm by the use of device Fiber OPTOC Spectrometer CECIL CE 9500. In both regions wild *Inula Helenium* is characterized by similar dynamics of accumulation of biologically active compounds.

Keywords: *Inula Helenium*, roots, rootstock, humidity, inuline, soil.

ქაცვი კვების მრეწველობაში

შილდელაშვილი ი.ი., ღაღოლიშვილი მ.შ., ბუიშვილი გ.თ.

იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ხილი და მათი გადაამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქტები ხასიათდებიან მაღალი კალორიულობით, ვიტამინების, შაქრების, ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების, ორგანული მუხავების შემცველობით, რის გამოც დიდ როლს ასრულებენ ადამიანის რაციონალური კვების საქმეში, აგრეთვე აქვთ სამკურნალო მნიშვნელობა. მათგან მზადდება ჯემი, ხილფაფა, კომპოტი, ლიქიორი, მურაბა და სხვა. ველური ხილისგან დამზადებული პროდუქტები არაფრით ჩამოუვარდებიან ხილ-ბოსტნეულის პროდუქტს და ორგანიზმისათვის არიან მეტად აუცილებელი ნივთიერებების მიმწოდებელი [1,4]

ამ მხრივ დიდი ყურადღება ექცევა ქაცვის კულტურას. ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით იგი ეკუთვნის ქაცვისებრთა ოჯახს (*Equisetaaceae*), არის დაბუჩქული ტიპის დატოტვილი მცენარე, ყვავილობს გაზაფხულზე აპრილში და მაისში, ხოლო სიმწიფის აგროვადად მიჩნეულია აგვისტო, სექტემბერი. ნაყოფი მწიფდება თანმიმდევრულად, საქართველოში არის საკმაოდ გავრცელებული მცენარე, გავრცელების არეალის მიხედვით ის შეიძლება შეგვხვდეს როგორც მთის ფერდობზე, ასევე ბარში, საკვებად გამოიყენება დამწიფებული ნაყოფი. ამ კულტურის ძირითადი ღირსება ის არის, რომ მის შემადგენლობაში შედის ვიტამინები განსაკუთრებით სჭარბობს კაროტინოიდები, β და α კაროტინი, C, E, B₁, B₂, B₆, P ვიტამინი, შაქრები, მთრიმლაკი ნივთიერებები, ფლავონოიდები, ფოლიუმის მუხავა, შეიცავს მაკრო და მიკრო ელემენტებს, სასარგებლოა ამ მცენარის როგორც ნაყოფი, ისე ფოთოლი და ქერქი. ქაცვს გააჩნია ანტიკარცენოგენური, ანემიის საწინააღმდეგო, ანტიესპტიკური, თრომბოლიტური თვისებები. [1]

ნაშრომი ეხება აღმოსავლეთ საქართველოში გავრცელებული ქაცვის სხვადასხვა ფორმების შესწავლას, მათი კვების მრეწველობაში გამოყენების მიზნით, კერძოდ, ჩვენს მიერ 2018–2019 წლებში შესწავლილი იქნა ქაცვის კულტურის ორი ფორმა: ფორმა N1 და ფორმა N2, განვსაზღვრეთ ქაცვის ამ ფორმებში ტექნიკური მაჩვენებლები, რომლებიც მოცემულია ცხრ. 1-ში

ცხრილი 1. ქაცვის ნიმუშების ტექნიკური მაჩვენებლები

წლები	საშ. წონა, გრ	ნაყოფის ხვედრითი წონა, გრ/სმ ³	ნაყოფის ზომები	
			h	d
2018	0,51	1,049	10,05	9,04
2019	0,68	1,308	10,15	9,6

განვსაზღვრეთ აგრეთვე ქაცვის ნაყოფის ქიმიური შედგენილობა, რომელიც მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. ქაცვის ნაყოფის ქიმიური შედგენილობა

ქაცვის ნაყოფის ქიმიური შედგენილობა %	ფორმა N1	ფორმა N2
სინესტე	84,2	85,2
მშრალი ნივთიერება რეფრაქტომეტრით	9,60	10,0
საერთო შაქრები	6,05	6,0
საქაროზა	0,11	0,10
ტიტრული მჟვანობა (ვაშლმუხავაზე გადაანგარიშებით)	1,9	1
მთრიმლაკი და მღებავი ნივთიერებები მგ%	0,20	0,21
საერთო პექტინი	0,6	0,38
ნაცარი	0,42	0,57
ვიტამინი C მგ%	41	36

მოვახდინეთ აგრეთვე ქაცვის ნატურალურ წვენიში მიკროელემენტების შემცველობის განსაზღვრა, რომელიც მოცემულია ცხრ. 3-ში.

ცხრილი 3. მიკროელემენტების შემცველობის განსაზღვრა ქაცვის ნატურალურ წვეწმში

მიკროელემენტების დასახელება	მგ/100 გრ
სპილენძი	0,01
ნიკელი	0,245
მანგანუმი	2,2
მოლიბდენი	0,001
ქრომი	0,001
ბარიუმი	0,08
ვანადიუმი	0,039
კობალტი	0,001
სტრონციუმი	0,048
ტიტანი	0,065
თუთია	0,024
რკინა	3,0

ექსპერიმენტის შედეგებმა დაადასტურეს რომ აღმოსავლეთ საქართველოში გავრცელებული ქაცვის ორივე ფორმა გამოირჩევა შაქრების, ტიტრული მჟავიანობის, C ვიტამინის და მიკროელემენტების მაღალი შემცველობით, რამაც საშუალება მოგვცა შერჩეული ფორმებიდან ოჯახურ პირობებში დაგვემზადებინა ორი სახის პროდუქცია: დაქუცმაცებული ქაცვი შაქრით და ქაცვი საკუთარ წვეწმში.

ჩვენს მიერ საოჯახო პირობებში დამზადდა ორი სახის პროდუქცია: დაქუცმაცებული ქაცვი შაქრით და ქაცვი საკუთარ წვეწმში. გარეცხვის და გასუფთავების შემდეგ ნედლი თანაბარი შეფერილობის ნაყოფი მოვათავსეთ ცხავეში წყლის მოცილების მიზნით გადავიტანეთ ქვაბში, ჩავეყლიტეთ და გავაცხელეთ 65 °C-მდე. 1 კგ. ქაცვის მასაზე დავემატეთ 1 კგ. შაქარი, კარგად ავურიეთ და კვლავ გავაცხელეთ 70 °C-მდე, შემდეგ დავაფასოვეთ წინასწარ მომზადებულ 400 გრამიან მინის ჭურჭელში, დავახურეთ სახურავი და გავუკეთეთ პასტერიზაცია 10–15 წუთის განმავლობაში.

ქაცვი საკუთარ წვეწმში – გადარჩეულ და გარეცხილ ნაყოფს ვყრით გასტერილებულ მინის ქილებში და ვასხავთ 60–65 °C-ზე გაცხელებულ წვეწმს, ვხუფავთ და ვუკეთებთ პასტერიზაციას 400 გრამიან ქილას 10 წუთის განმავლობაში.

ჩვენს მიერ გამზადებულმა პროდუქციამ თავისი ორგანოლექტიკური, სასაქონლო ხარისხის მიხედვით დააკმაყოფილა მოქმედი სტანდარტის მოთხოვნები.

აქედან გამომდინარე მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ქაცვის კულტურის დანერგვა და გაშენება აღმოსავლეთ საქართველოში, სადაც ნიადაგობრივი და ბუნებრივი პირობები იძლევა ამის საშუალებას.

ლიტერატურა

1. ა. ნიჟარაძე, ა. ბუნუკური. საქართველოს გარეული ხილი და მისი სამრეწველო გამოყენება. -თბილისი, საბჭოთა საქართველო, 1979.
2. ი. ჩხარტიშვილი. მანდარინისა და ველურად მოზარდი ნაყოფიდან ნატურალური ახალი სახის პროდუქტების მიღების ტექნოლოგია. ავტორეფერატი. თბილისი 2005.
3. თ. მადლაკელიძე, ნ. ჩიხრაძე. ხილის და ბოსტნეულის დაკონსერვების ტექნოლოგია. – თბილისი, 2005.

SUMMARY

BUCKTHORN-IN THE FOOD INDUSTRY

Shildelashvili I.I., Gagolishvili M.Sh. and Buishvili G.T.

Iakob Gogebashvili Telavi State University

Buckthorn culture was studied for its use in the food industry. Various forms of buckthorn were selected for the experiment generalized in Eastern Georgia, namely, Form N1 and Form N2. From the selected forms, the content of total sugar, titratable acidity and vitamin C is distinguished by Form N1, both forms are distinguished by high content of trace elements. From the selected forms of buckthorn we made two types of products: Shredded buckthorn with sugar and buckthorn in its own juice. These products meet the requirements of the current standard according to their organoleptic and commercial qualities.

Keywords: pasteurization, organoleptic, standard, rational, riddle.

ქვემო ქართლის რეგიონის მუხნარი კორომების ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტებისა და მძიმე ლითონების ანალიზის შედეგები

კაპანაძე ი.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სსიპ ეროვნული სატყეო სააგენტო

მცენარის ნორმალური ზრდა-განვითარებისთვის, გარდა ნახშირბადის (C), წყალბადის (H) და ჟანგბადისა (O) საჭიროა მაკრო- და მიკროელემენტები. ნიადაგი არის მცენარისათვის შესათვისებელი მაკრო- და მიკროელემენტების ძირითადი წყარო. მაკროელემენტები: აზოტი (N), ფოსფორი (P), კალიუმი (K), კალციუმი (Ca) და სხვა მცენარეს დიდი რაოდენობით სჭირდება, ხოლო მიკროელემენტები: მაგნიუმი (Mg), რკინა (Fe), სპილენძი (Cu), კადმიუმი (Cd), ტყვია (Pb), თუთია (Zn), მოლიბდენი (Mo), ბორი (B). მანგანუმი (Mn), ნატრიუმი (Na) და სხვა კი მცირე რაოდენობით. მცენარისათვის მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ რა ფორმით იმყოფება ნიადაგში საკვები ნივთიერებები, რადგან დადგენილია, რომ მცენარე შეითვისებს მხოლოდ განსაზღვრულ ფორმაში მყოფ საკვებ ნივთიერებებს. აგროქიმიური გამოკვლევებით დადგენილია, რომ საქართველოს ძირითადი ტიპის ნიადაგები ძლიერ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ძირითადი საკვები ელემენტების აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის საერთო და მოძრავი ფორმების შემცველობის მიხედვით, მუხის კორომების ნიადაგები მიეკუთვნებიან ყომრალი ტიპის ნიადაგებს. ლიტერატურული წყაროებიდან ცნობილია, რომ ყომრალ ნიადაგებს ახასიათებთ გადიდებული საერთო კალიუმის შემცველობა 1,7 – 2,0 %; ნიადაგი ღარიბია ან საშუალოდ არის უზრუნველყოფილი აზოტით; ღარიბია მოძრავი ფოსფორით; ჰიდროლიზური აზოტი 7 – 10 მგ ფარგლებშია; მოძრავი ფოსფორი 8 – 15 მგ 100 გ ნიადაგში; რაც შეეხება გაცვლით კალიუმს მისი რაოდენობა გადიდებული ან მაღალია – 17 – 25 მგ 100 გ ნიადაგში [1,2].

ჩვენ მიერ გაკეთებული ნიადაგის ჭრილებიდან ცალკე აღებული იქნა ნიადაგის ნიმუშები 0 – 20 სმ სიღრმიდან საკვები ელემენტებისა და მძიმე ლითონების შესასწავლად. ლაბორატორიული ანალიზის შედეგად განისაზღვრა გაცვლითი კალიუმის შემცველობა (მგ/კგ), მძიმე ლითონებიდან: კადმიუმის – Cd (მგ/კგ), სპილენძის – Cu (მგ/კგ, ტყვიის – Pb (მგ/კგ) შემცველობა.

აგროქიმიაში გამოიყენება კალიუმის საერთო და შესათვისებელი ფორმების შეფასებისათვის შემდეგი ინდექსები (ცხრილი 1)

ცხრილი 1. ნიადაგების უზრუნველყოფა საკვები ელემენტებით, მგ/კგ

ნიადაგების გრადაცია	საერთო ფორმები, %	შესათვისებელი ფორმები, მგ/კგ
კალიუმი		
დაბალი	<1	<200
საშუალო	1–1,5	200–400
მაღალი	>1,5	>400

ჩვენს მიერ გამოკვლეული ნიადაგის ნიმუშებში ნათლად ჩანს, რომ კალიუმის შესათვისებელი ფორმის (K₂O) შემცველობა საკმაოდ მაღალია – 460,0 – 641,0 მგ/კგ-ზე (ცხრ. 2).

ცხრილი 2. ბოლნისის რეგიონის მუხის ტყის კორომების ნიადაგებში კალიუმის შემცველობა (მგ/კგ)

ნიადაგის ნიმუში №	რეგიონი	სანიმუშო ფარ. №	სიღმე, სმ.	K ₂ O შესათვისებელი ფორმა
1	ბოლნისი	სან.ფ. № 10	(0–20)	460,0
2	ბოლნისი	სან.ფ. № 19	(0–20)	503,5
3	ბოლნისი	სან.ფ. № 27	(0–20)	482,6
4	ბოლნისი	სან.ფ. № 29	(0–20)	626,2
5	ბოლნისი	სან.ფ. № 13	(0–20)	641,0
6	ბოლნისი	სან.ფ. № 23	(0–20)	636,40

მიღებული მონაცემების შედარება კალიუმის საერთო (>1,5%) და შესათვისებელი ფორმების შეფასების გრადაციასთან (>400 მგ/კგ) გვიჩვენებს, რომ კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემები მაღალია. შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ კალიუმის შემცველობა მუხნარების განახლებას ხელს არ უშლის, პირიქით დადებითად უნდა მოქმედებდეს და ეს უკანასკნელი შესაძლოა გამოწვეული იყოს კლიმატის ცვლილებებით.

მძიმე ლითონები პრიორიტეტული დამაბინძურებლებია, რომელთა შესწავლა აუცილებელია. ჩვენს მიერ ნიადაგებში მძიმე ლითონების შემცველობის შესწავლის მიზანი იყო, დაგვედგინა არის თუ არა ნიადაგი დაბინძურებული და ახდენს თუ არა ის გავლენას მუხის აღმონაცენ-მოზარდზე, ზოგადად მუხის განახლებაზე. სხვადასხვა სამეცნიერო ნაშრომების მიხედვით, მძიმე ლითონებით დაბინძურებას ადგილი აქვს საავტომობილო მაგისტრალების მომიჯნავე ნიადაგებზე. ბოლნისის რეგიონის მაგალითზე ვრცელი კვლევებია ჩატარებული [3,4,5].

სასიცოცხლო გარემოს (ბიოსფეროს) მეტალებით გატყუყიანების ანთროპოგენურ ფაქტორებს შორის მნიშვნელოვანი როლი ავტოტრანსპორტს მიეკუთვნება. შესაბამისად აქცენტი გადატანილია ინტენსიური საავტომობილო მიმოსვლის ზონაში ნიადაგების ეკოგეოქიმიურ მდგომარეობაზე. დადგენილია, რომ გარემოს ეკოსისტემებში ტყვის საერთო შემცველობის ნახევარზე მეტი ეთილირებული ბენზინის წვის შედეგად ხდება, ანუ უშუალოდ არის დაკავშირებული ავტოტრანსპორტის გამო-ნაბოლქვთან, რასაც, ბუნებრივია, პირველ რიგში, ატმოსფერული ჰაერის და ნიადაგის გატყუყიანება მოსდევს [3]. ავტორთა კვლევით [4] საავტომობილო მაგისტრალების მომიჯნავედ განლაგებულ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე ნიადაგების, ტოქსიკური მეტალების შემცველობა სახიფათო ზღვარს აღწევს და ჯერადობით აღემატება საერთაშორისო და საქართველოს ნორმატივებით დაწესებულ ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების სიდიდეებს.

საქართველოში მიღებულია ევროკავშირის ქვეყნების ნორმირების გათვალისწინებით მძიმე ლითონების გრადაციები (ცხრ. 3). მაღალსაშიში ლითონებისთვის გამოიყენება ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების (ზდკ) მინიმალური მნიშვნელობა, ზომიერად საშიშებისთვის – ზდკ საშუალო, ხოლო დაბალსაშიში მეტალებისთვის – ზდკ მაქსიმალური მნიშვნელობა.

ცხრ. 3. მძიმე ლითონებისთვის საქართველოს ნიადაგების გრადაციები (მგ/კგ)

ელემენტი	ნიადაგების ეკოლოგიური მდგომარეობა					
	საგან-გაშო	განსაკუთრებული	გაწონასწორებული	კრიტიკული	დამაკმაყოფილებელი	დასაშვები
მაღალსაშიში მძიმე ლითონი						
კადმიუმი	>3	3-1	1	1 – 0,5	0,5 – 0,1	<0,1
ზომიერადსაშიში მძიმე ლითონები						
სპილენძი	>140	140 – 100	100	100 – 75	75 – 50	<50
დაბალსაშიში მძიმე ლითონები						
ტყვია	>200	200 – 150	150	1500 – 100	100 – 75	<75

ცხრილი 4. ბოლნისის რეგიონის მუხის ტყის კორომების ნიადაგებში მძიმე ლითონების შემცველობა

ნიადაგის ნიმუში №	რეგიონი	სანიმუშო ფარ. №	სიღმე, სმ	Cu სპილენძი	Cd კადმიუმი	Pb ტყვია
1	ბოლნისი	სან.ფ. № 10	(0 – 20)	0,82	0,16	1,23
2	ბოლნისი	სან.ფ. № 19	(0 – 20)	0,92	0,45	0,75
3	ბოლნისი	სან.ფ. № 27	(0 – 20)	1,05	0,68	0,99
4	ბოლნისი	სან.ფ. № 29	(0 – 20)	1,24	0,94	2,17
5	ბოლნისი	სან.ფ. № 13	(0 – 20)	0,45	0,50	2,86
6	ბოლნისი	სან.ფ. № 23	(0 – 20)	0,89	0,90	2,49

ცხრ. 4-ში მოცემულია ბოლნისის რეგიონის მუხის ტყის კორომების ნიადაგებში მძიმე ლითონების შემცველობა, მონაცემებიდან ჩანს სპილენძის შემცველობა საკვლევ ნიადაგებში საკმაოდ მცირეა და მერყეობს 0,82 – 1,24 მგ/კგ-ზე. საქართველოს ნიადაგებისათვის მიღებული მძიმე ლითონების გრადაციების ნორმების მიხედვით (ცხრ. 3) სპილენძის შემცველობა დასაშვები ნორმის ფარგლებშია (<50). კადმიუმის შემცველობა 0,16 – 0,94 მგ/კგ-ის ფარგლებშია და რეკომენდირებული გრადაციების მიხედვით დასაშვები ნორმის ფარგლებშია (<0,1). ტყვიის შემცველობაც 0,75 – 2,86 მგ/კგ-ის ფარგლებშია და ცხრილი 3-ის მიხედვით დასაშვები ნორმის ფარგლებშია (<75).

გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ შესწავლილი ნიადაგები მძიმე ლითონებით (Cd, Cu, Pb) დაბინძურებული არ არის, მათი შემცველობა არ აღემატება ე.წ ზღვ. მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით შეიძლება ითქვას, რომ აღნიშნულ სანიმუშო ფართობებზე აღებულ ნიადაგის ნიმუშებში მძიმე ლითონებით დაბინძურება არ არის და მისი შემცველობა ნორმის ფარგლებშია. მუხნარების განახლების არადამაკმაყოფილებელი მდგომარეობა არ არის გამოწვეული ნიადაგური ფაქტორებით და ამის მიზეზი შესაძლებელია გამოწვეული იყოს სხვა ფაქტორებით.

ლიტერატურა

1. თხელიძე ა. ლიპარტელიანი რ. მუმლაძე ნ. ხომასურიძე დ. დანელია გ. სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და გარემოს დაცვა. თბილისი, საზოგადოება ცოდნა, 2009, 187 გვ.
2. თხელიძე ა., საქართველოს ძირითადი ტიპის ნიადაგების აგროქიმიური დახასიათება, 2019, <https://agrokavkaz.ge/fermerta-skola/saqarthvelos-dzirithadi-tipis-niadagebis-agroqimiuri-dakhasiatheba.html>
3. გაჩეილაძე ნ. ქვემო და შიდა ქართლის გეოლოგიურ სუბსტრატზე განვითარებულ ნიადაგებში ტოქსიკური ლითონების განაწილების კანონზომიერებათა კვლევა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ავტორეფერატი, თბილისი, 2013.
4. ზვიადაძე უ., გაჩეილაძე ნ. თბილისი-ბოლნისის საავტომობილო გზის ზოლში ნიადაგების ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება. //სამთო ჟურნალი, 1(28), თბილისი, 2012, გვ. 8-11.
5. ზვიადაძე უ., გაჩეილაძე ნ. ქვემო ქართლის საავტომობილო გზისპირა სავარგულებზე ბოსტნეულის ეკოლოგიური მდგომარეობა. /სტუ-ს შრომები №4(486), თბილისი, 2012, გვ. 21-26.

SUMMARY

THE RESULTS OF ANALYSIS OF NUTRIENTS AND HEAVY METALS IN THE SOIL OF OAK TREE STANDS OF KVEMO KARTLI REGION

Kapanadze I.G.

Georgian Technical University

LELP National Forestry Agency

In order to identify the reasons for the delay in the natural regeneration of oak tree stands in the Kvemo Kartli region, soil samples were taken separately from soil incisions made in the sample plots to study the nutrients and heavy metals form a depth of 0-20 cm. Laboratory analysis determined the content of exchange potassium (mg/kg), from heavy metals: cadmium – Cd (mg/kg), copper – Cu (mh/kg), lead – Pb (mg/kg). Comparison of the obtained data with the gradation of the evaluation of general and forms for assimilation of potassium shows that the potassium content does not influence on the renewal of oak tree stands. Also, the copper content is with the permissible norm, as well as the lead and cadmium content are within the permissible norm according to the recommended gradations. Based on the data obtained, the unsatisfactory condition of the oak tree stands renewal is not caused by soil factors.

Keywords: soil, oak stand, heavy metals, analysis, sample plots, exposition, endemic.

ავთვისებიან სიმსივნეთა მეტასტაზირების ახალი ინჰიბიტორების
შექმნა ონკოლოგიაში დამზობი ქიმიოთერაპიისათვის

ჩიგოგიძე ნ.შ., ნადირაძე ი.შ., წიგწივაძე ვ.პ., ჩიგოგიძე ე.ნ., წიგწივაძე თ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიოლოგიურად აქტიურ
ნივთიერებათა კვლევის სამეცნიერო ცენტრი
საქართველო-ისრაელის ერთობლივი კლინიკა „გიდმედი“
კავკასიის საერთაშორისო უნივერსიტეტი

ონკოლოგიური დაავადებებით ავადმყოფთა უმეტესობა იღუპება მეტასტაზებისგან, რომლებიც იჭრებიან სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ორგანოებში და ძნელად ემორჩილებიან თერაპიის რადიკალურ მეთოდებს. ამიტომ მეტასტაზირებიან სიმსივნეებთან ბრძოლა არის კიბოს თანამედროვე ქიმიოთერაპიის პირველი რიგის ამოცანა [1-10].

ონკოდაავადებულთა თერაპიის ტრადიციული მეთოდები, მკურნალობის მუდმივი სრულყოფისა და მაღალი დადებითი შედეგების მიუხედავად, ჯერ კიდევ ვერ აღწევენ სასურველ შედეგებს. აუცილებელია ახალი, დღემდე უჩვეულო მიდგომები მეტასტაზირების პრობლემებისა და თერაპიული ეფექტების მიღების ხერხებისადმი, სიმსივნური უჯრედების კანონზომიერად წარმოშობილი თვისებების ყველა სახეობის გათვალისწინებით:

1. უჯრედული ზედაპირის მოდიფიკაცია;
2. სიმსივნურ უჯრედთა მემბრანების სტრუქტურათა ცვლილება;
3. ზედაპირული აღსორბცია;
4. სიმსივნურ უჯრედთა ძვრადობისა და ადჰეზიის უნარის მომატება;
5. შიდაუჯრედოვანი ფერმენტების (ენზიმების) პროდუქციის აქტივაცია;
6. ფერმენტული რეაქციების მიმდინარეობა, შიდაუჯრედული რიბოსომის მუშაობა და ნუკლეინმჟავების სტრუქტურების რეგულაცია განისაზღვრება მეტალ-კომპლექსწარმოქმნელთა და გარემომცველ პირობათა იოანების ბუნებით;
7. ავთვისებიან უჯრედებში მნიშვნელოვნად შემცირებულია ლიპიდების წარმოქმნა, თანდათანობით კარგვადი ფოსფოლიპიდების სპეციფიკურობა;
8. სიმსივნური უჯრედებისთვის დამახასიათებელია ატფ მოლეკულების ანომალურად დიდი რიცხვი, საწყის ნორმალურ უჯრედებთან შედარებით;
9. ავთვისებიან უჯრედებში შეცვლილი მიმოცვლითი პროცესების მიმდინარეობა და მათში შემცირებული ჟანგბითი პროცესების ინტენსიობა;
10. როგორც ქიმიკოს-ბიოარაორგანიკოსებს, ჩვენ აუცილებლად მიგვაჩნია ყურადღების გამახვილება სისხლის პლაზმის უჩვეულო სტერეოქიმიური თავისებურებისთვის ონკოავადმყოფებში, აგრეთვე იმაზე, რომ სიმსივნური უჯრედიდან გამოყოფილ იქნას მარჯვნივმბრუნავი D-გლუტამინმჟავა. ცნობილია, რომ ერთი და იმავე ნივთიერების ოპტიკური ანტიპოდები ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით ერთმანეთისაგან განურჩეველია, მაგრამ მკვეთრად განსხვავდებიან თავიანთი ფიზიოლოგიური მოქმედებით. მაგალითად, პრეპარატ სარკოლიზინის მარცხნივმბრუნავი ფორმა სიმსივნეთა ზოგიერთი ტიპის თერაპიის დროს აქტიურია, ხოლო მარჯვნივმბრუნავი – არააქტიურია.

ბიოლოგიური მოქმედების სპეციფიკურობის მიზეზი მდგომარეობს იმაში, რომ ცოცხალი ორგანიზმები თავად არიან აგებული ოპტიკურად აქტიური, ასიმეტრიული მასალისგან. ამასთან, ცოცხალ ორგანიზმებს უნარი აქვთ მუდმივად აწარმოონ ასიმეტრიული მასალები, გარდაქმნან ოპტიკურად არააქტიური ნივთიერებები ოპტიკურად აქტიურში. **დავაბატებთ, რომ რაც მეტია ქიმიური ნაერთის მოლეკულაში ნახშირბადის ასიმეტრიული ატომები, მით მაღალია მისი ბიოლოგიური აქტიურობა [11].**

სამწუხაროდ, შევნიშნავთ, რომ სხვადასხვა სპეციალობის მეცნიერთა მიერ მოპოვებული მრავალი საინტერესო ფაქტი, რომელიც თან ახლავს ონკოდაავადებებს, დღემდე ისევე დარჩა შეუმჩნეველი და გადაუწყვეტელი.

ავთვისებიან სიმსივნეთა მეტასტაზირების პროცესი, რომელიც იმყოფება ხანგრძლივი მეტეალეურების ქვეშ ორგანიზმში შედგება მომდევნო ეტაპების რთული ჯაჭვებისგან:

- 1) ერთეული სიმსივნური უჯრედების ან მათი ჯგუფების ჩამოშორება პირველადი სიმსივნისგან;
- 2) ამ უჯრედების გადატანა სისხლით ან ლიმფით წვრილ სისხლძარღვებში;
- 3) სიმსივნეთა უჯრედების ფიქსაცია ორგანოებში;
- 4) ხელსაყრელ პირობებში მათი პროლიფერაციის დაფიქსირება მეტასტაზის ავტონომიური ზრდით.

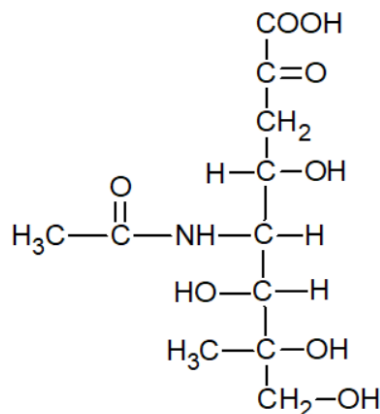
სიმსივნური უჯრედების ჩამოცილება წარმოადგენს უწყვეტ პროცესს. ასეთი უჯრედების პლაზმურ მემბრანებზე წარმოიქმნება ფიბრინი. ჯერ კიდევ 1903 წ. პირველად მ. შმიდტმა აჩვენა, რომ სიმსივნური უჯრედები მიეწებება ფილტვების კაპილარების ენდოთელიუმს და აქ მათ გარსშემოერთებება ფიბრინის წვრილი ქსელი.

სიმსივნური უჯრედების ადჰეზია (მწებვარება) განპირობებულია ფიბრინის შრით, რომელიც ფარავს მის ზედაპირს. სიმსივნური უჯრედების ადჰეზიაში უშუალო მონაწილეობას ღებულობს გლიკოპროტეინის ორი ზედაპირი – ლამინინი და ფიბრონექტინი. სახელობრ, ფიბრინი იკავებს მთავარ ადგილს სიმსივნეთა მეტასტაზირების მექანიზმში. ჰისტოლოგიურმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ ენდოთელიუმი კარგავს თავის ნორმალურ სტრუქტურას, როდესაც სიმსივნური უჯრედი მიეწებება (მიემაგრება) მას თრომბის სახით [1,3-10].

ენდოთელიუმსა და სიმსივნური უჯრედებს შორის ურთიერთდამოკიდებულება წარმოადგენს ცენტრალურ პრობლემას მეტასტაზირების განვითარებაში. უჯრედები, რომლებიც მიემაგრებიან სისხლძარღვების ენდოთელიუმს, ზოგჯერ თვითნებურად იშლება ან მრავალი წლის განმავლობაში რჩება არააქტიური. უჯრედთა უკანასკნელს ტიპს უწოდებენ „მთვლემარეს“. მთვლემარე სიმსივნური უჯრედების რეაქტივაციის მიზეზია: სტრესები, ტრამვები, ჰორმონალური ბალანსის ცვლილებები, კანცეროგენური ნივთიერების ზემოქმედება და ფიზიკური აგენტები (გამოსხივების სხვადასხვა სახე). სიმსივნური უჯრედების მიერ გამოყოფილი ფერმენტი ჰიალურონიდაზა (გავრცელებული ფაქტორი) ხელს უწყობს მათ გამოყოფას პირველადი სიმსივნური კვანძიდან და სხვა ადგილებში დამაგრებას.

ჯანმრთელი უჯრედების გარდაქმნას სიმსივნურში თან ახლავს მისი ზედაპირის სტრუქტურის მკაფიო ცვლილებები. ჯანმრთელი უჯრედები წარმოქმნიან მოწესრიგებულ ქსოვილს თავისი უნარის წყალობით შეიგრძნონ მეზობელი უჯრედების არსებობა და მათთან მიმოცვალონ ინფორმაციები პლაზმური მემბრანების საშუალებით.

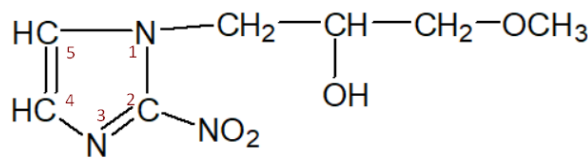
სიალის მჟავას (N-აცეტილნეირამინის მჟავა) გაზრდილი შემცველობა სიმსივნური უჯრედების ზედაპირზე იწვევს არა მხოლოდ მათი გლიკოპროტეინის შედგენილობის ცვლილებას, არამედ ხილული სტრუქტურის ცვლილებასაც [22].



სიალის მჟავა (NeuNAc)

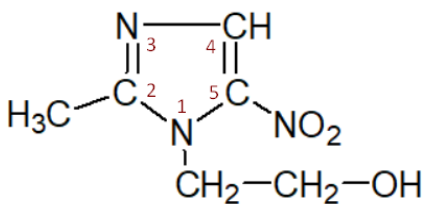
ავთვისებიანი უჯრედები ჩვეულებრივ წარმოადგენენ მდგრად ჰიპოქსიურ (მთლიანად ანაერობული) უჯრედებს, როგორც ქიმიოთერაპიული პრეპარატების მოქმედების, ასევე რადიაციის მიმართ, მაგრამ არის ნივთიერებათა ჯგუფი – ნიტროიმიდაზოლი, რომლებიც მათზე ახდენენ ციტოსტატიკურ ეფექტს. გარდა ამისა, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია, ეს ნივთიერებები სიმსივნურ უჯრედებს აქცევენ რადიაციის მიმართ მგრძობიარეს. სიმსივნურ უჯრედებში, ალბათ, ნიტროჯგუფი აღდგება ნიტროქსიდ – ანიონის (NO_2^-) რადიკალამდე. ჯანმრთელ (აერობულ) უჯრედებში ეს პროცესი არ მიმდინარეობს და ამიტომ ისინი არ ზიანდებიან ნიტროიმიდაზოლებით [16, 17, 21, 22].

თავად ნიტროიმიდაზოლის ჯგუფები შეიძლება დაიყოს სამკურნალო საშუალებების ორ ქვეჯგუფად: I ქვეჯგუფი – 2-ნიტროიმიდაზოლის წარმოებულები, ამ მწკრივის ძველი პრეპარატი:

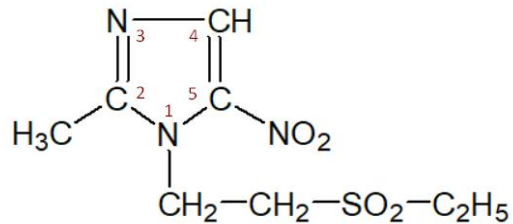


მიზონიდაზოლი

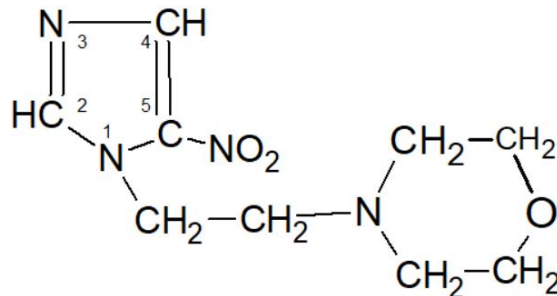
II ქვეჯგუფი – 5-ნიტროიმიდაზოლის წარმოებულები, ამ მწკრივის სამი პრეპარატი



მეტრონიდაზოლი



ტინიდაზოლი

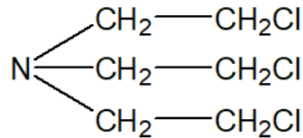


ნაქსოჯინი

მოცემული პრეპარატები ახდენენ რადიომასენსიბილიზებელ მოქმედებას ათვისებიან უჯრედებზე და მათ უნიშნავენ ავადმყოფს სხივური თერაპიის მიმართ მგრძობიარეობის ასამაღლებლად. უნდა აღინიშნოს, რომ 2-ნიტროიმიდაზოლის წარ-

მოებული – პრეპარატი მიზონდაზოლი, უშუალოდ თავად ახდენს სიმსივნურ უჯრედებზე ციტოსტატიკურ ეფექტს [21, 22].

ონკოდაავადებათა თანამედროვე ქიმიოთერაპიის ერა იწყება 1942 წლიდან [15, 21, 39], როდესაც შეუდგნენ იპრიტის ანალოგ აზოტის კლინიკურ გამოცდას



რომელიც ახდენდა სპეციფიკურ ციტოტოქსიურ ზემოქმედებას ლიმფოციტურ ქსოვილებზე და ავლენდა სიმსივნისსაწინააღმდეგო აქტიურობას თავგების ლიმფოსარკომის დროს [15].

შემდგომ იქნა სინთეზირებული აზოტური იპრიტის რიგი წარმოებულები, რომელთაგან ნაწილმა გამოყენება ჰპოვა ფარმაცევტული პრეპარატების სახით. ამ ჯგუფის პრეპარატები, მოქმედების მექანიზმის მიხედვით, განიხილება როგორც მაალკირებელი ნივთიერებები. შემდგომ მიღებულ იქნა სხვა ქიმიური ჯგუფების ციტოტოქსიკური მაალკირებელი ნივთიერებები. შემდეგი ექვსი ათეული წლის განმავლობაში, დღემდე, ყველა გამოვლენილი და მიღებული ონკოპრეპარატი ჩართულია სხვადასხვა ქიმიური სტრუქტურისა და სხვადასხვა ფარმაკოლოგიური (ბიოლოგიური) მოქმედების სამკურნალო საშუალებებში. ყველა ისინი კლასიფიცირებულია შემდეგ ჯგუფებად [8,15-17,21]:

- 1) მაალკირებელი ნივთიერებები;
- 2) ანტიმეტაბოლიტი;
- 3) სხვადასხვა ქიმიური ჯგუფის სინთეტიკური პრეპარატები;
- 4) ფერმენტები, გამოყენებული ონკოლოგიურ დაავადებათა სამკურნალოდ;
- 5) სიმსივნის საწინააღმდეგო ანტიბიოტიკები;
- 6) მცენარეული წარმოშობის ალკალოიდები, პოლიფენოლები და სხვა ნივთიერებები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ციტოტოქსიკურ მოქმედებაზე;
- 7) ინტერფერონები და ინტერლეიკინები;
- 8) ჰორმონალური პრეპარატები და მათი ანტაგონისტები.

თითოეულ ონკოდაავადებულს სიმსივნური პროცესი აქვს ინდივიდუალურ-თავისებური. ონკოდაავადებათა თავისებურებებზე დამოკიდებულებით, მისი მიმდინარეობის, ეფექტურობისა და გადამტანობის მიხედვით სიმსივნის საწინააღმდეგო პრეპარატებისთვის შეირჩევა მათი გამოყენების სქემები, დოზები, კომბინაციები სხვა პრეპარატებთან და ა.შ. [39]. ქიმიოთერაპიის შერჩევა, როგორც წესი, გამოიყენება ოპერაციისა და სხივური თერაპიის შემდეგ. მკურნალობის ეფექტურობის ამადლების მიზნით სიმსივნის საწინააღმდეგო პრეპარატებს ხშირად იყენებენ არსებულ საშუალებათა კომბინაციების სახით – მოქმედების სხვადასხვა მექანიზმით [2].

სიმსივნისსაწინააღმდეგო პრეპარატები იწვევენ სხვადასხვა გვერდით ეფექტს: გულისრევას, პირღებინებას, ანორექსიას, ღიარვას და სხვა მოვლენებს, რომლებიც ხელს უშლიან ქიმიოთერაპიის ჩატარებას. ონკოპრეპარატების უმეტესობისთვის დამახასიათებელია ისეთი გვერდითი ეფექტები, როგორც არის ჰემოპოეზის დათრგუნვა, რომელიც ძლიერდება კომბინირებული თერაპიის დროს. სიმსივნისსაწინააღმდეგო ანტიბიოტიკები ხასიათდება კარდიოტოქსიკურობით და ნეფროტოქსიკურობით, ხოლო ჰორმონალური პრეპარატები, მათი ანალოგები და ანტაგონისტები იწვევენ ჰორმონალურ დისბალანსს. რიგი ონკოპრეპარატების დამახასიათებელი თავისებურებაა მათი იმუნოსუპრესიული მოქმედება, რომელიც ასუსტებს ორგანიზმის იმუნიტეტს და აადვილებს ინფექციური გართულებების განვითარებას. ამიტომ ბოლო ათწლეულში შეიქმნა და მოქმედებაშია მრავალი დამხმარე სამკურნალო საშუალება, რომლებიც ხელს უწყობენ ძირითადი ონკოპრეპარატების ეფექტურობას [21].

სიმსივნეთა მრავალსახეობა, მრავალი სხვადასხვაგვარად მოქმედი ონკოქიმიოპრეპარატი, მოითხოვს პრაქტიკაში გამოყენებულ იქნას ბევრი ექსპერიმენტული

მეთოდი და ეტალონურ სიმსივნეთა ფართო სპექტრი. რეალური წარმატებების მიუხედავად, ონკოლოგიურ დაავადებათა ქიმიოთერაპია დღეს ჯერ კიდევ დგას გადაუჭრელი პრობლემების გვერდით:

- 1) ჯერ არ არის შექმნილი უნივერსალური სამკურნალო პრეპარატი კიბოს მრავალი ფორმის თერაპიისთვის;
- 2) სიმსივნე მკურნალობის დროს იძენს მდგრადობას კონკრეტული პრეპარატის მოქმედების მიმართ;
- 3) სისხლის სუსტი ცირკულაცია სიმსივნის ქსოვილში ართულებს პრეპარატის მიტანას სიმსივნეში;
- 4) სიმსივნისაწინააღმდეგო პრეპარატების უმრავლესობა ახშობს ნებისმიერი ქსოვილის ზრდას, ამიტომ სუსტი სპეციფიკურობის გამო, ისინი მცირეფეფქტურია ნელა მზარდ სიმსივნეთა შემთხვევაში;
- 5) ასეთი პრეპარატები ახდენენ დამაზიანებელ მოქმედებას იმ ჯანმრთელ ქსოვილებზეც, რომელთათვის დამახასიათებელია უჯრედთა სწრაფი დაყოფა, მაგალითად, ძვლის ტვინი.

ამის შედეგად წარმოიშვა ახალი სიტუაცია, როდესაც ეფექტური სიმსივნის საწინააღმდეგო პრეპარატის სინთეზისთვის აუცილებელია არსებითად ახალი მიდგომა მათ შესაქმნელად.

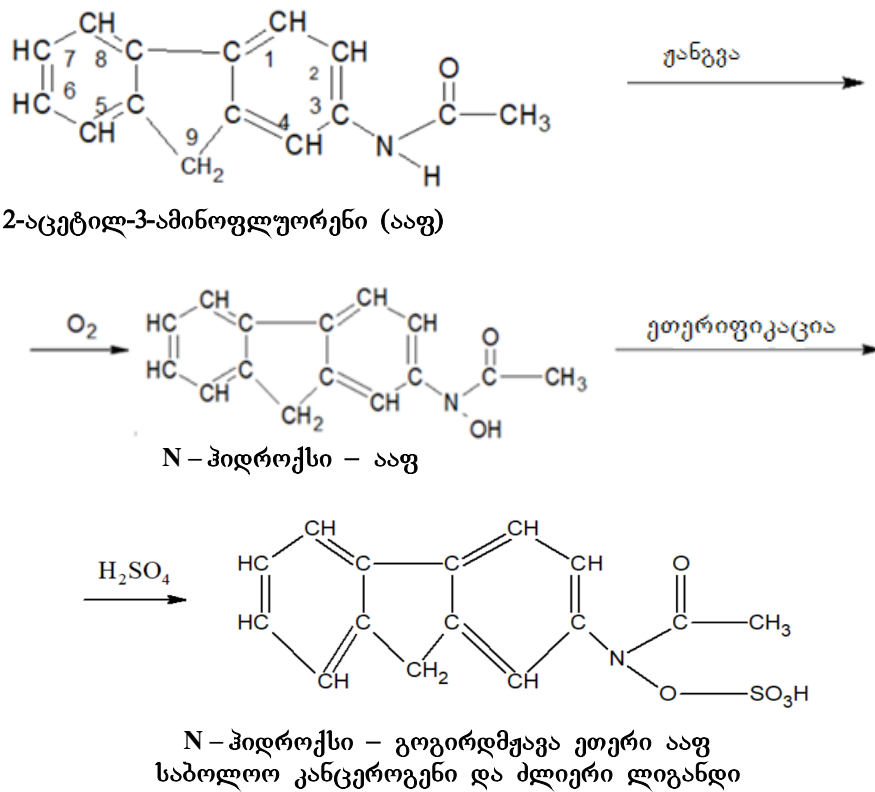
ქიმიოთერაპიის სრულყოფისათვის ონკოდაავადებას უნდა მოეძებნოს მკურნალობისთვის უფრო შერჩევითი მეთოდები და ასევე შეიქმნას სიმსივნის საწინააღმდეგო სამკურნალო საშუალებათა ახალი სპეციფიკური ჯგუფები. რაც მეტი გვეცოდინება ფაქიზი განსხვავებების შესახებ სიმსივნურ და ნორმალურ უჯრედებს შორის, მით უფრო ადვილად მოვახდენთ ქიმიურ ნაერთთა სინთეზის სქემების კონსტრუირებას, რომლებსაც ექნებათ შერჩევითი მოქმედების უნარი.

ჩვენ ხელახლა გადავხედეთ სიმსივნურ და ჯანმრთელ უჯრედებს შორის ფიზიკურ და ქიმიურ ფაქტორებს შორის მთელ განმასხვავებელ კომპლექსს. სწორედ ეს განსხვავებები წარმოადგენენ რეალურ სამიზნეს სიმსივნურ უჯრედებთან მიზანმიმართული ბრძოლისთვის.

მეტასტაზების წარმოქმნა მჭიდროდ არის დაკავშირებული ურთიერთდამოკიდებულებასთან სიმსივნურ უჯრედებსა და სისხლძარღვების ენდოთელიუმს შორის ფიზიკურ-ქიმიურ დონეზე. ადამიანის სხვადასხვა სიმსივნის უჯრედები განსხვავდება საწყისი ნორმალური უჯრედებისგან თავისი ელექტრული მუხტით. ჯანმრთელი უჯრედების ნორმალური მემბრანული პოტენციალი შეადგენს 90-100 მვ, სიმსივნურ უჯრედებში ის მცირდება 40 მვ-მდე. ავთვისებიან უჯრედთა პოტენციალის ასეთი შემცირება მათ უფლებას აძლევს მკვეთრად შეზღუდონ უცხო ნივთიერებათა შიგნით შეღწევა. ეს ძლიერ აძნელებს სიმსივნისაწინააღმდეგო საშუალებათა მოქმედებას. ნორმალურ უჯრედებს უნარი აქვთ დაარეგულირონ თავისი მემბრანული პოტენციალი [8, 18-20, 27, 30].

სიმსივნის უჯრედთა ავთვისებიანობის ამადლებას თან ახლავს მათი უარყოფითი ელექტრული მუხტის გადიდება. კანცეროგენული ნივთიერებები ხელს უწყობენ უჯრედთა ელექტრონული მუხტის ამადლებას [8]. კანცეროგენები შეიძლება განისაზღვროს როგორც ნივთიერებები, რომლებიც ხელს უწყობენ სიმსივნეთა წარმოქმნას მათი მოქმედების მექანიზმისგან დამოუკიდებლად.

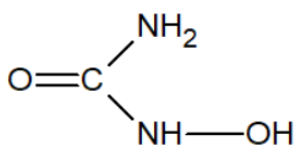
ზოგიერთ კანცეროგენს უნარი აქვს გამოვიდეს ლიგანდის (მახელატირებელი აგენტი) როლში და შეაკავშიროს მეტალთა იონები წყალხსნარებში ან არაწყალხსნარებში. სხვა კანცეროგენები, რომლებსაც არ აქვთ უნარი კოორდინაციაში შევიდნენ მეტალთა იონებთან, მეტაბოლიზმის შედეგად გარდაიქმნიებიან ტიპურლიგანდებად. მაგალითის სახით მოვიყვანოთ არომატული ამიდის (2-აცეტილ-3-ამინოფლუორენი, ააფ) ქიმიური გარდაქმნის სქემა N-ჰიდროქსიგოგირდმჟავა ეთერის (ააფ) ჟანგვის შედეგად, რომელიც წარმოადგენს საბოლოო კანცეროგენს და ძლიერ ლიგანდს [18]:



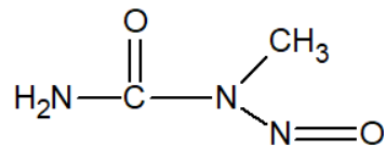
აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ავთვისებიანი უჯრედები კონკურენციას უწევენ ნორმალურს აუცილებელი საკვები პროდუქტებისათვის, მათ რიცხვში მეტაბოლიზმისათვის. სიმსივნური უჯრედები იმარჯვებენ ამ კონკრეტულ ბრძოლაში მეტაბოლიზმისათვის, რადგან ისინი იყენებენ უფრო ძლიერ ლიგანდებს, ვიდრე ჯანმრთელი უჯრედები [25-28].

სიმსივნის საწინააღმდეგო პრეპარატები მიეკუთვნება ტიპურ ლიგანდებს და უნარი აქვთ წარმოქმნან კომპლექსები მეტაბოლიზმთან ორგანიზმებში. ამ პრეპარატებიდან ბევრის სიმსივნის საწინააღმდეგო აქტივობა იზრდება, თუ მათ შევიყვანთ ორგანიზმში მეტაბოლიზმის კოორდინაციული ნაერთების სახით.

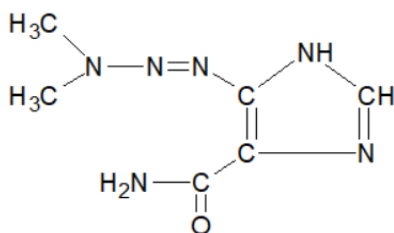
მოვიყვანოთ ზოგიერთი ცნობილი სიმსივნის საწინააღმდეგო პრეპარატის სტრუქტურული ფორმულები [21]:



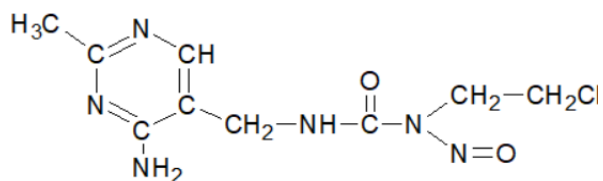
ჰიდროქსიკარბამიდი (ჰიდრეა)



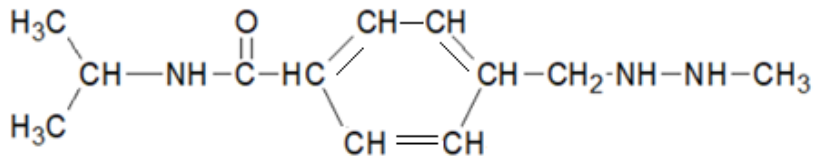
ნიტროზომეთილშარდოვანა (მეტინური)



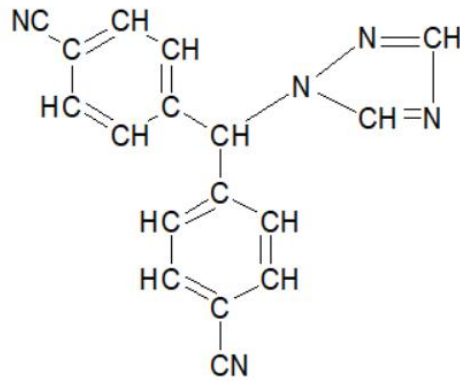
დგტიცენი



ნიდრანი



ნატულანი (ფუძე)



ფემარა

როგორც ვხედავთ, ყველა მოყვანილი ფორმულა წარმოადგენს ტიპურ ლიგანდებს, რომლებსაც კოორდინაციის უნარი აქვთ მეტალის იონებთან ორგანიზმში.

სიმსივნისსაწინააღმდეგო პრეპარატებს არ აქვთ უნარი წარმოქმნან მტკიცე ბმები მეტალთა იონებთან და მეტაბოლურად გარდაიქმნებიან ორგანიზმში ნაერთებად, რომლებსაც ექნებათ ლიგანდებისათვის დამახასიათებელი თვისებები.

შეიძლება, აგრეთვე შეთავაზება იმისა, რომ პოტენციურად სიმსივნის-საწინააღმდეგო პრეპარატები შეიძლება მოიძებნოს ლიგანდებს შორისაც, რომლებიც წარმოქმნიან საკმაოდ მტკიცე ბმებს მეტალთა მცირედ დაჟანგულ იონებთან.

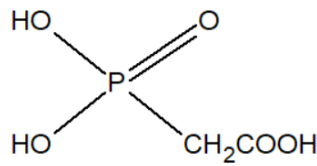
აღსანიშნავია, რომ მარტელას კონცეფციით მეტალის კანცეროგენობა დაკავშირებულია მის ელექტროდადებით ხარისხთან [12], ე.ი. ცნება „მეტალის კანცეროგენობა“ მიეკუთვნება არა ელემენტს როგორც ასეთს, არამედ მის გარკვეულ ფიზიკურ-ქიმიურ მდგომარეობას (იონ-კომპლექსწარმოქმნელის ჟანგვის ხარისხს).

ელექტროდადებით მეტალთა იონები წარმოქმნიან ლაბილურ კომპლექსებს, რომლებიც მეტი ნაწილით არ არიან კანცეროგენები. მეტალთა იონები დაბალი ელექტროდადებითობით წარმოქმნიან ბმებს ბიოლიგანდთა დონორულ ჯგუფებთან და უნარი აქვთ განიცადონ მხოლოდ მცირე ხარისხით მიმოცვლითი რეაქციები სხვა ლიგანდებთან, რომლებიც იმყოფებიან ბიოლოგიურ სისტემებში, რაც განაპირობებს ამ კატიონთა კანცეროგენურ მოქმედებას.

ამიტომ მახელატირებელი აგენტების გამოყენება სამკურნალო პრეპარატებში გამართლებულია და პერსპექტიული. გარდა ამისა, კომპლექსნაერთების დამატება, ონკოლოგიურ დაავადებათა თერაპიის დროს, ამაღლებს სიმსივნისსაწინააღმდეგო ქიმიოპრეპარატების მოქმედების ეფექტს.

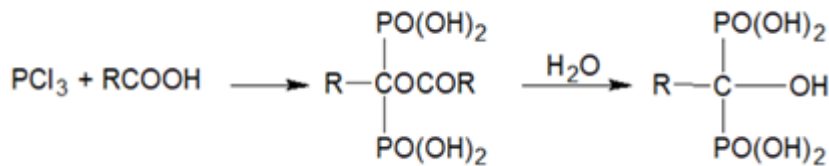
ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება გაკეთდეს ძალიან მნიშვნელოვანი დასკვნა, რომ სიმსივნისსაწინააღმდეგო პრეპარატების აქტივობა დაკავშირებულია მათ ლიგანდურ თვისებებთან ან უნართან გარდაიქმნას ორგანიზმში ეფექტურ ლიგანდებად.

ნუკლეინმჟავათა სინთეზის ინჰიბიტორთა ჯგუფს მიეკუთვნება ფოსფონატები. მაგალითად, ფოსფონომდარმეავას უნარი აქვს მოახდინოს ვირუსთა დნმ – პოლიმერაზის ინჰიბირება.

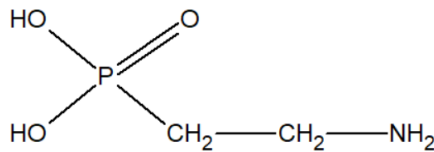


უკანასკნელ ათწლეულში მსოფლიოში შემოთავაზებულია დიფოსფონატების მწკრივი ფარმაცევტული პრეპარატების სახით – ზოგიერთი სახეობის სიმსივნეთა ძვლებში მეტასტაზირების რისკით. მემბრანების განჭოლვის რეგულირებით, დიფოსფონატები ხელს უწყობენ სიმსივნისაწინააღმდეგო პრეპარატების ტრანსპორტირებას უჯრედებში.

გთავაზობთ დიფოსფონატების ქიმიური სინთეზის საერთო სქემას:

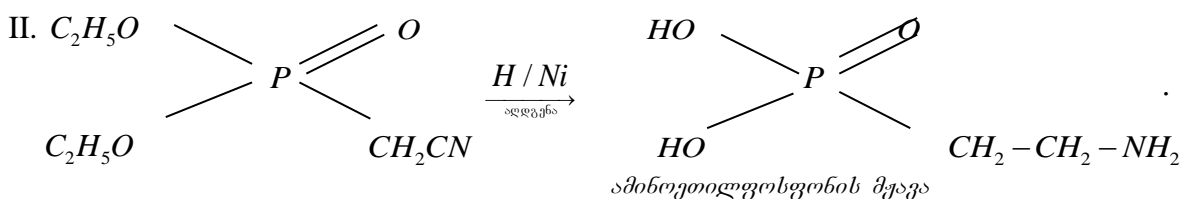
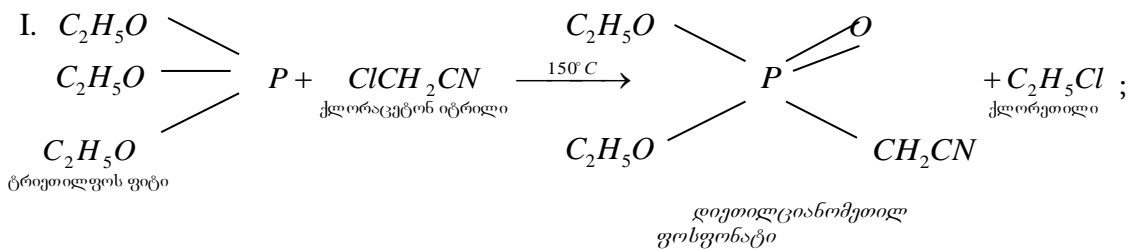


განსაკუთრებულ ინტერესს, ჩვენი აზრით, წარმოადგენს ამინოეთილფოსფონის მჟავა აეფ(ცილიატინი), რამდენადაც იგი გვხვდება ბიოლოგიურ ორგანიზმებში:



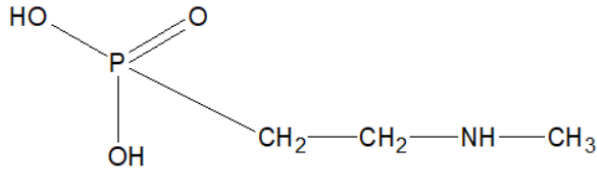
ამინოეთილფოსფონის მჟავა – თეთრი კრისტალური ნივთიერებაა, კარგად იხსნება წყალში და მცირედ – ორგანულ გამხსნელებში. ძალიან მდგრადი ქიმიური ნივთიერებაა, რომელზეც არ მოქმედებს ხისტი ჰიდროლიტური პირობები, მაგალითად, უძლებს 8 საათის განმავლობაში გახურებას 120°C გარემოში 5N_{NaOH} ან 48 საათი 150°C დროს გარემოში 8N_{HCl} [13, 14]. აეფ ნაპოვნია იაპონიის ზღვის ანემონიებში და ზოგიერთ მლუსკებში. Tetrahymena 15% ორგანიზმში ფოსფორი სულ არის აეფ-ის სახით.

აეფ ქიმიური სინთეზი ხორციელდება ორი სტადიის სახით:

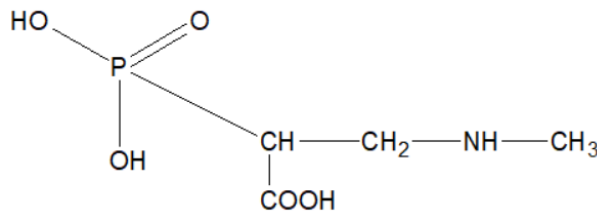


ამინოეთილფოსფონის მჟავას ბაზაზე ჩვენს მიერ შემუშავებულია პერსპექტიული ტრანსპორტის მახელატირებელი აგენტების სინთეზის მეთოდები.

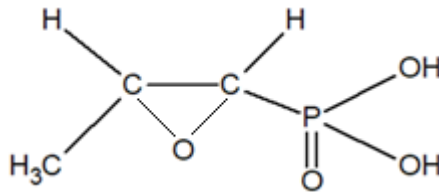
ბუნებაში სხვა იშვიათად შემხვედრი ფოსფონატები, რომელთა წარმოებულების სინთეზი წარმოადგენს ჩვენთვის პრაქტიკულ ინტერესს, არის:



2-მეთილ-ამინოეთილფოსფონის მჟავა



3-ამინო-2-ფოსფონოპროპიონის მჟავა



ანტიბიოტიკი ფოსფონომიცინი
(-)-ცის-ეპოქსი-1,2-პროპიდიფოსფონმჟავა

1964 წლიდან, როზენბერგის მიერ [26] ზოგიერთი სიმსივნის მიმართ პლატინის მარტივი კომპლექსების ეფექტურობის აღმოჩენის შემდეგ, დაიწყო მიზანმიმართული კვლევები მეტალთა კოორდინაციული ნაერთების სინთეზისა და პრაქტიკული გამოყენების მიმართულებით. ეფექტური აღმოჩნდა ორვალენტიანი პლატინის კოორდინაციული ნაერთები, რომელთა ფიზიოლოგიური მომედება დამოკიდებულია მათ აღნაგობაზე: აქტიური აღმოჩნდა მხოლოდ ცის-იზომერები, ხოლო ტრანს-იზომერებს სიმსივნისსაწინააღმდეგო მოქმედება არ აღმოაჩნდათ.

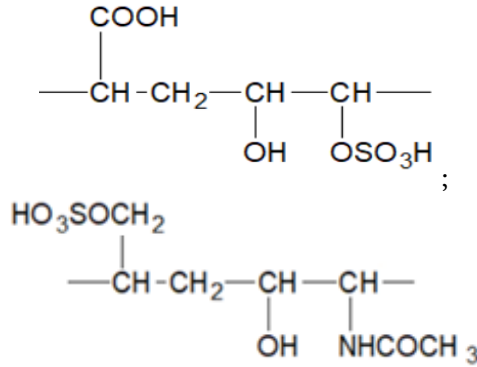
შემდგომ აღმოჩენილი იქნა ნიკელის, პალადიუმის, როდიუმის, ირიდიუმის კომპლექსები მსგავსი ბიოაქტიური ეფექტებით [16, 17, 29, 40].

აუცილებელია ხაზგასმით აღინიშნოს, რომ კომპლექსური ნაერთების სტერეოქიმიური თავისებურებანი მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ცენტრალური ატომ-კომპლექსწარმოქმნელის საკოორდინაციო რიცხვზე [28, 31, 60].

გარდა ამისა, აღსანიშნავია, რომ ჩვენს მიერ უკანასკნელ პერიოდში მიღებული იქნა სპილენძისა (II) და თუთიის კოორდინაციული ნაერთები ანტიმიკოზებთან და ანტიპროტოზოინებთან – სამკურნალო პრეპარატებთან. ამ კომპლექსნაერთების მედიკო-ბიოლოგიური კვლევების შედეგად დადგენილ იქნა, რომ განწესით ზემოაღნიშნული ნაერთების ანტიპროტოზოული და ანტიბაქტერიული აქტიურობის ზრდასთან ერთად, შეიმჩნეოდა აგრეთვე სრულიად ახალი ციტოტოქსიკური აქტიურობის გავლენა ავთვისებიანი უჯრედების მიმართ, რომელიც არადამახასიათებელია თავად ლიგანდებისათვის [48-52].

ზემოთქმულთან დაკავშირებით საინტერესო იყო ბრძოლა მეტასტაზირებასთან კომპლექსურად, სიმსივნურ და ჰომოლოგიურ ნორმალურ უჯრედებს შორის ელექტრონულ პოტენციალებში განსხვავების გამოყენებით. 2009–2010 წწ. ზღურბლზე ჩვენში გაჩნდა იდეა, ავთვისებიანი უჯრედების უარყოფითი ელექტრონული პოტენ-

ციალის გათვალისწინებით, გამოგვეყენებინა უარყოფითი მრავალმუხტიანი გრძელ-ჯაჭვიანი ორგანული იონები სიმსივნური უჯრედები კონკურენტ-ბლოკატორის სახით. ამასთან, ვარაუდობდით ჩაგვეტარებინა სინთეზი და მაკრომოლეკულის შიგნით აგვეშენებინა ჰეპარინის მოლეკულის ფრაგმენტები.



ეს საშუალებას მოგვცემდა გაგვეძლიერებინა სიმსივნურ უჯრედთა მოწყვადობა (სუსტი ადგილი, ნაკლი) ფიზიოლოგიური მოქმედების ხარჯზე, რაც შეეწინააღმდეგებოდა მეტასტაზირებად უჯრედების ადგეზიას ენდოთელიუმზე. გარდა ამისა, მსგავსი მაკრომოლეკულური პოლიანიონები თავად არიან სიმსივნური უჯრედების კონკურენტები მეტალთა კატიონებზე და იძულებულს ხდიან მათ განიცადონ შიშშილი საკვებ პროდუქტებზე.

სიმსივნეთა მეტასტაზირების სინთეზური ინჰიბიტორების ახალი კლასის შექმნას, რომელსაც საფუძვლად უდევს პროფესორების ი. ნადირაძისა და ნ. ჩიგოვიძის აღმოჩენა (მეცნიერ-კონსულტანტი, პროფესორი თ. წივწივაძე), შეერწყა სიმსივნური უჯრედების კონკურენტული შიშშილის პრინციპი მრავალდონიან (მრავალარუსიან) ქიმიოთერაპიის პრინციპს, რაც ითვალისწინებდა ციტოლიტური მექანიზმების გაშვებას მათ ლოკალიზაციებთან შერჩევით სიმსივნურ უჯრედებში [52-55].

სინთეზური ნაერთების ამ კლასმა მიიღო სახელწოდება მრავალმუხტიანი ანიონაქტიურ სიმსივნეთა მეტასტაზირების (მაიმ-ი) ინჰიბიტორი [57, 58].

„მრავალმუხტიანი“-ს ტერმინის ქვეშ იგულისხმება მაკრომოლეკულაში რამდენიმე ფუნქციონალური ჯგუფის – COOH , $\text{---OSO}_3\text{H}$, $\text{---SO}_3\text{H}$, ---PO(OH)_2 და სხვისი არსებობა, რომლებსაც უნარი აქვთ წარმოქმნან ძლიერტუტე მეტალების ცეზიუმის რუბიდიუმის კალიუმის ორგანული მარილები. „მაიმ“-ის მოლეკულების ჰიდროფილობა გაპირობებულია მოცემული ფუნქციონალური ჯგუფების არსებობით. ბიოლოგიურ გარემოებში (სითხეებში) ამ ნივთიერებებს უნარი აქვთ დისოცირების გრძელჯაჭვიანი ორგანული ანიონების, აგრეთვე ცეზიუმისა Cs^+ და რუბიდიუმის Rb^+ , წარმოქმნით. „მაიმ“-ეს შეუძლიათ ერთდროულად ურთიერთქმედება ლიპოფილურ და ჰიდროფილურ უჯრედთა სტრუქტურებთან, რაც განსაზღვრავს მათ ბიოლოგიურ აქტიურობას და ღირებულებას.

იხსნება ფართო შესაძლებლობა მრავალრიცხოვან ანიონაქტიურ მაკრომოლეკულების სინთეზში, აგრეთვე თერაპევტული თვისებების მრავალსახეობა, რომელთა ვარირება შეიძლება სივრცითი აღნაგობის მაკრომოლეკულების ჰიდროფობურ უბანზე და კომბინაციებით ფუნქციონალური ჯგუფებისა მისი ჰიდროფილური ნაწილის მთელ სიგრძეზე [23, 24].

მიზანმიმართული სინთეზის გზით მაიმ-ებს შეიძლება მიეცეს ანტიაგრეგანტული, ანტიკოაგულაციური ან ფიზიოლოგიური თვისებები იმისათვის, რომ შეეწინააღმდეგოს სიმსივნური უჯრედების ადგეზიას. ენდოთელიუმის სიმსივნური უჯრედების ადგეზიას ასევე ეწინააღმდეგება ესა თუ ის ერთნაირი უარყოფითი მუხტი.

ძლიერტუტე მეტალები ცეზიუმი და რუბიდიუმი არიან სინერგისტები, ე.ი. აძლიერებენ ურთიერთქმედებას. ამავე დროს, ცეზიუმი და რუბიდიუმი [37] შედიან კალიუმის ქვეჯგუფში, არიან მისი ანალოგები. ეს საშუალებას აძლევს მათ, სხვა ელემენტებისგან განსხვავებით, შეიჭრან სიმსივნურ უჯრედებში.

„მაიმ“-ის სინთეზირება შეიძლება როგორც ცეზიუმისა და რუბიდიუმის მონომარილების, ასევე ბიბირთული კომპლექსური მოლეკულების სახით, რომელთა სტრუქტურებში ერთდროულად შედიან ცეზიუმისა და რუბიდიუმის ატომები განსაზღვრული თანაფარდობით. პრეპარატები კარგად იხსნება წყალში, რაც უზრუნველყოფს სამკურნალო საშუალებათა მაღალ ხელმისაწვდომობას ორგანიზმის ბიოლოგიურ გარემოში.

როგორც ცნობილია, წყლის მოლეკულები ერთმანეთთან შეკავშირებულია წყალბადური ბმებით და ნივთიერებები იხსნება წყალში მათი უნარის წყალობით – გაწყვიტოს ეს ბმები და წარმოქმნას ახალი ბმები წყლის მოლეკულებთან. ამფიფილური მოლეკულები წყალში იმყოფება დინამიკური წონასწორობის მდგომარეობაში, რადგან მათი ჰიდროფობური უბანი უწყვეტად გამოიდევნება წყლის მოლეკულებით, რომლებიც მიისწრაფვიან შეუერთდნენ ერთმანეთს. წყლის ეს თვისებები საფუძვლად უდევს არასპეციფიკურ ადსორბციას, რამდენადაც ამფიფილური ნივთიერებები იკავებენ ნებისმიერ მათთვის მისაწვდომ ზედაპირს, დამოუკიდებლად მისი ქიმიური ბუნებისა [45, 46].

სამკურნალო პრეპარატების მოქმედებისას უფრო მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სპეციფიკური ადსორბცია. იგი დამახასიათებელია ჰიდროფილური ნივთიერებებისთვის, რომლებიც მიისწრაფვიან გამოვიდნენ წყლიდან და განთავსდნენ ზედაპირზე, აქვთ რა კომპლემენტალური ხასიათი. კომპლექსნაერთების მარტივ მაგალითად, შეიძლება გამოდგეს ანიონის მიზიდვა დადებითად დამუხტული ზედაპირის უბნის მიერ, ხოლო კატიონისა – უარყოფითად დამუხტული. ასეთ შემთხვევაში იონი იქნება ძლიერ ადსორბირებული, ვიდრე არაიონიზირებული მოლეკულა.

შიდაგარემოს ფიზიკურ-ქიმიურ პირობებში უჯრედთა ძვრები ახდენენ არსებით გავლენას მათ შემდგომ გადაგვარებას სიმსივნეში.

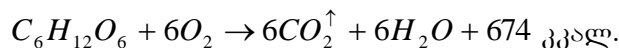
ნორმალური ჯანმრთელი უჯრედისთვის ოპტიმალურად ითვლება $pH = 7,35$ მნიშვნელობა. ნორმაში pH გარეუჯრედოვანი სითხისა ძვეს ასევე 7,36-7,44 ზღვრებში. pH -ის მუდმივობა შენარჩუნებულია ორგანიზმის ბუფერული სისტემებით [19,30]. გამონაკლისს შეადგენს pH -ის მნიშვნელობა უჯრედის შიგნით მიკროსამყაროს კუჭის ჯირკვალი – 1,7-2,0; წინამდებარე ჯირკვალი – 4,5; ოსტეობლასტებში – 8,5-მდე [18-20].

სიმსივნური უჯრედებისთვის დამახასიათებელია უფრო მუავა გარემო pH -ის მნიშვნელობის თანდათანობით შემცირებით 7,2-დან 6,5-მდე. უფრო ბოლო სტადიებზე ონკოდაავადებები, სიმსივნური უჯრედების ავთვისებიანობის გაზრდით მათი pH შეიძლება შემცირდეს 5,7-6,0-მდე. წინამდებარე ჯირკვალის უჯრედშიდა სითხის pH -ის დაბალი მნიშვნელობა (4,5) გვაფიქრებინებს შესაძლო მიზეზზე, თუ როგორ ხდება მოცემული უჯრედების შედარებით ადვილი და ხშირი გადაგვარება სიმსივნურში.

კვების განწესით, რომელიც აუცილებელია უჯრედული სტრუქტურების ასაგებად და გასაზრდელად, უჯრედში მუდმივად ხდება მიმოცვლის ისეთი პროცესი, როგორცაა სუნთქვა, რომლის შედეგად უჯრედი ღებულობს მისთვის აუცილებელ ენერჯიას [32, 33].

უჯრედების სუნთქვა დაკავშირებულია ჰაერის თავისუფალი ჟანგბადის გამოყენებასთან (სუნთქვის ასეთ ტიპს ეწოდება აერობული). სუნთქვის პროცესი საშუალებას აძლევს უჯრედებს მოიპოვონ აუცილებელი ენერჯია გლუკოზის გახლეჩის ხარჯზე – მარტივ ნაერთებამდე – წყალი და ნახშირორჟანგი [18, 20, 30, 32, 33].

ერთი გრამ-მოლეკულის (180გ გლუკოზა) $C_6H_{12}O_6$ აერობული ჟანგვა შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს განტოლებით:



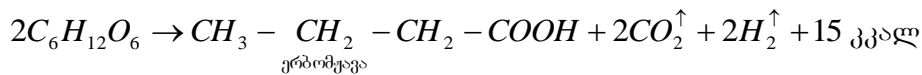
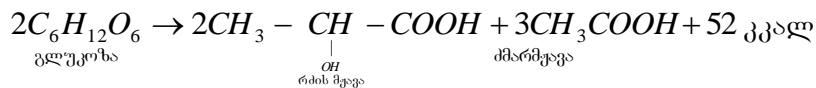
როგორც განტოლებიდან ჩანს, 1გ – მოლი გლუკოზის აერობული გახლეჩისას გამოიყოფა დიდი რაოდენობის სითბური ენერჯია – 674 კკალ.

ჯანმრთელი უჯრედი ჟანგბადის მოთხოვნის შემცირებით ერთი მესამედით იწვევს ნორმალური უჯრედის გადაგვარებას სიმსივნურში. თავისი სიცოცხლის უზრუნველყოფისთვის, ჟანგბადის უკმარისობის პირობებში, უჯრედი იძულებულია გადავიდეს ნივთიერების გახლეჩაზე ანაერობულ პირობებში. ნორმალური უჯრედი უბრუნდება ევოლუციურ, უფრო პრიმიტიულ კვების, ზრდისა და გამრავლების ფორმებს რთული შიდამოლეკულური ქიმიური გარდაქმნების ხარჯზე. ეს უკანასკნელი ხორციელდება ფერმენტების სპეციფიკური სისტემით. გადაგვარებული (სიმსივნური) უჯრედები ხდება ანაერობული (ჰიპოქსიური).

ნახშირწყლების ფერმენტაციული გახლეჩა ანაერობულ პირობებში არის დუდილის პროცესი. დუდილის პროცესში წარმოიქმნება არა მხოლოდ წყალი და ნახშირორჟანგი, არამედ რიგი უფრო რთული ნივთიერებები: რძის, ერბოს, პროპიონის და სხვა მჟავები.

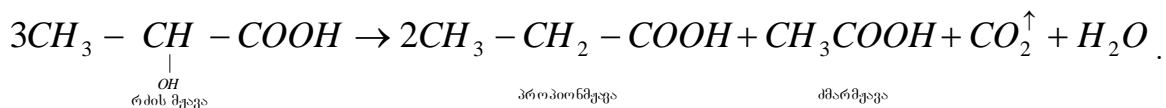
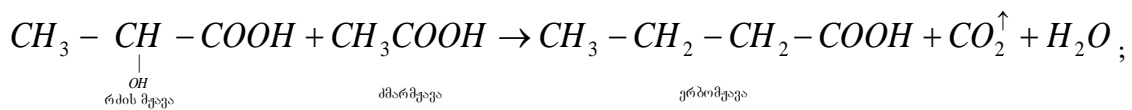
გლუკოზის ფერმენტაცია ჟანგბადის არარსებობისას იწვევს რძისა და სხვა მჟავების წარმოქმნას.

მაგალითები მსგავსი ქიმიური გარდაქმნებისას:



როგორც ჩანს, გამოთავისუფლებული ენერჯის რაოდენობა სუნთქვის ანაერობულ პროცესში ბევრად ნაკლებია, ვიდრე აერობული სუნთქვის დროს. სწორედ, ეს გარემოება იწვევს იმას, რომ სიმსივნური უჯრედები თავისი სიცოცხლისუნარიანობის უზრუნველყოფისათვის იძულებულია მოიხმაროს გლუკოზა და კალიუმის იონები დიდი რაოდენობით. ამ დროს გამომუშავებული რძის მჟავა ამცირებს pH-ის მნიშვნელობას სიმსივნური უჯრედის შიგნით მჟავურ მხარეს და ერთდროულად ახდენს დამაზიანებელ ეფექტს მემკვიდრეობით აპარატზე. იშლება ნუკლეინმჟავების უნარი კონტროლი გაუწიონ უჯრედოვან დაყოფას და სიმსივნური უჯრედები ღებულობენ უკონტროლო გამრავლების შესაძლებლობას. გარდა ამისა, რძემჟავა იწვევს ძლიერ ადგილობრივ ტკივილს, აგრეთვე შლის უჯრედოვან ფერმენტებს, რომლებიც აუცილებელია ნორმალური ოქსიგენაციის პროცესისათვის.

ქიმიური გარდაქმნების მაგალითები რძის მჟავას მონაწილეობით:



ბიოქიმიური გარდაქმნების შედეგად წარმოქმნილი ერბომჟავა, პროპიონმჟავა, ძმარმჟავა და სხვა მჟავები, აგრეთვე ხელს უწყობენ დაჟანგონ ონკოუჯრედებისა და მეტასტაზების შიგაუჯრედული გარემო.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული „მაიმ“-ი ავთვისებიანი უჯრედების მიმართ ხასიათდება ორმიმართულებიანი მიზნობრივი ზემოქმედებით:

ა) ბლოკირება ფიბრინში გახვეული დამცავი ფენისგან, რომელიც მოწყდება ბლასტომური უჯრედის პირველადი სიმსივნური კერიდან;

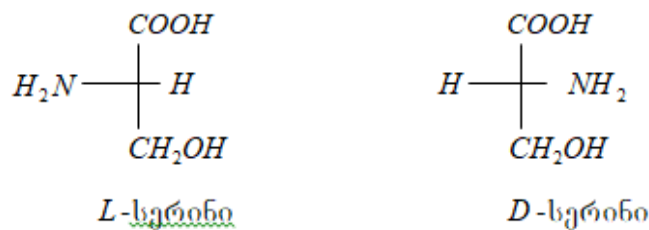
ბ) ტრანსპორტი და მიტანა „გაშიშვლებული“ სიმსივნური უჯრედის შიგნით, რომელიც გატუტიანებულია Cs^+ და Rb^+ კატიონებით, რაც იწვევს ამ უჯრედთა

სრულ განადგურებას. საყურადღებოა ის, რომ ჯანმრთელი უჯრედები უპირატესობას აძლევენ კატიონების K^+ შთანთქმას.

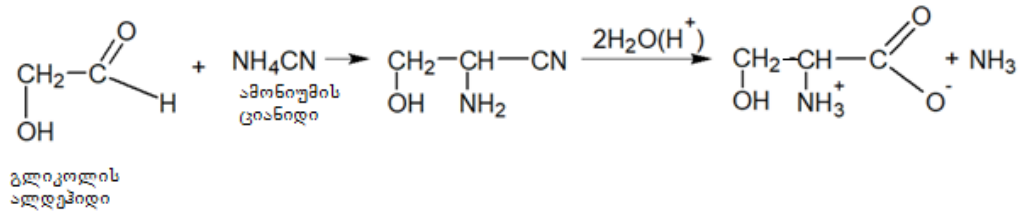
„მაიმ“-ების ასეთი შერჩევითი მოქმედება შესაძლებელია განსხვავდება გამოყენებული ტრადიციული ქიმიოპრეპარატებისგან.

პერსპექტიული სამკურნალო პრეპარატების ძიება და შექმნა ახალი ქიმიური ნაერთების ბაზაზე წარმოადგენს ძალიან ხანგრძლივ და ძვირადღირებულ პროცესს, რომელიც მოითხოვს შეუპოვარ შრომას და სპეციალისტთა ერთობლივ ძალისხმევას.

სიმსივნეთა მეტასტაზირების ახალი ინჰიბიტორების კლასის პირველი წარმომადგენელი არის ჩვენ მიერ სინთეზირებული პრეპარატი ამფიცეზინი [56]. კატიონების Ca^{2+} და Rb^{+} დანიშნულების ადგილზე მისატან საშუალებად გამოყენებულია 2-ამინო-3-ჰიდროქსიპროპიონმჟავა (ჰიდროქსიამინომჟავა სერინი), რომელსაც აქვს ოპტიკური იზომერები:



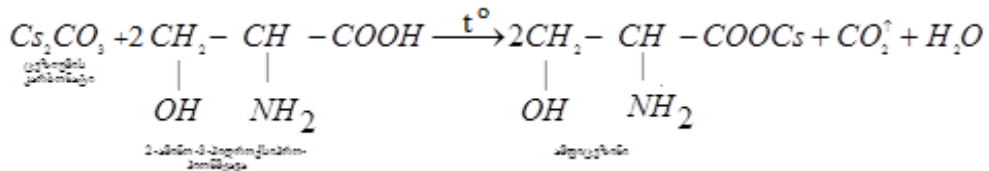
მოვიტანოთ სერინის ქიმიური სინთეზის სქემა გლიკოლის ალდეჰიდიდან:



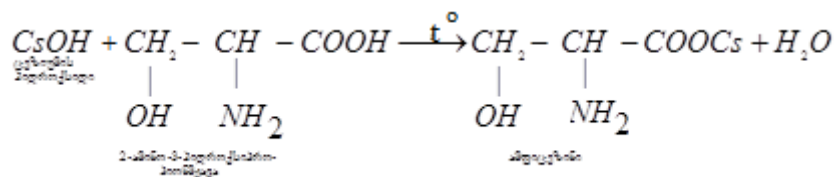
სადღესოდ სერინის მიღება ხდება დიდი რაოდენობით უფრო ხელმისაწვდომი და ეკონომიკური ბიოტექნოლოგიური სერხით.

პრეპარატ ამფიცეზინის ქიმიური სინთეზის სქემა [56].

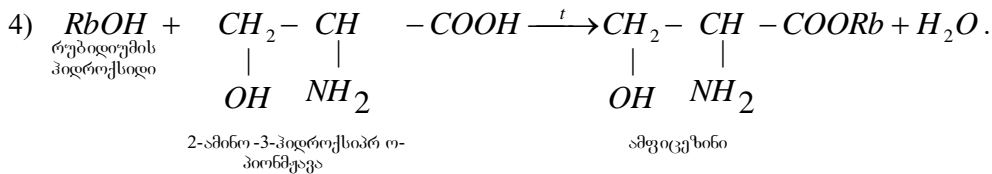
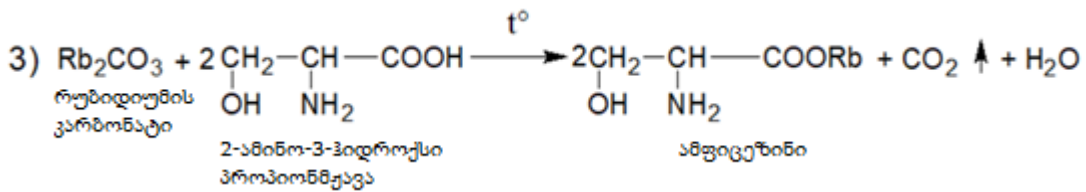
1)



2)



;



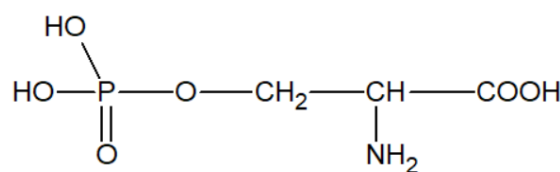
პრეპარატ ამფიცეზინის ფარმაცევტული კომპოზიცია შეიცავს 70% სერინატის ცეზიუმს + 30% სერინატის რუბიდიუმს. ამფიცეზინის მიღება შეიძლება შინაგანად (per os) ტაბლეტების სახით და წყალხსნარებით. დაუშვებელია შიდაკუნთოვანი და ინტრავენური (შიგავენური) შეყვანა ამფიცეზინისა. არ არის ტოქსიკური პრეპარატი, კარგად იტანს ადამიანის ორგანიზმი.

თუმცა, მკაცრად რომ ითქვას, სერინი არ ითვლება გრძელჯანსაღიან მაკრომოლეკულად, მაგრამ თავად „მაიმ“-ის კონცეფციის შემოწმების მიზნით ჩვენი არჩევანი მასზე შეჩერდა. ამას ხელი შეუწყო რიგმა მოსაზრებებმა კვლევის პირველ ეტაპზე:

1) სერინის ნარჩენები მონაწილეობენ რიგი მნიშვნელოვანი ფერმენტების აქტიური ცენტრების წარმოქმნაში: ტრიპსინი, ქიმოტრიპსინი, ტრომბინი, ხოლინესტერაზი, ლეიდიის კარბოქსილესტერაზი და სხვ., რომლებიც უზრუნველყოფენ მათ ფუნქციას;

2) სერინის ნარჩენების ჰიდროქსილური ჯგუფი ადვილად წარმოქმნის წყალბადურ ბმებს, რომლებიც აუცილებელია ფერმენტთა მაკროსტრუქტურების კატალიზური აქტივობის შესანარჩუნებლად;

3) სერინიდან შეიძლება ადვილად მივიღოთ ფოსფორილსერინი, რომელიც შეიცავს ფოსფორს, შეკავშირებულს კოვალენტურ P-O ბმასთან;



4) სერინი უზრუნველყოფს ორგანიზმის იმუნური სისტემის გაძლიერებას, მონაწილეობს ანტისხეულის გამომუშავებაში, აგრეთვე სტიმულს აძლევს γ -ინტერფერონის ლიმფოციტების წარმოქმნას;

5) სერინს შეუძლია შეასრულოს მახელატირებელი აგენტის როლი;

6) მონაწილეობს სიგნალების უჯრედშორის გადაცემის მექანიზმებში;

7) სერინი – მნიშვნელოვანი ამინომჟავაა უჯრედული ენერჯის გამოსამუშავებლად;

8) სერინი მონაწილეობს ღებულობს უჯრედული მემბრანის წარმოქმნაში.

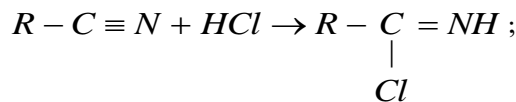
ამფიცეზინის შემდგომმა მედიკო-ბიოლოგიურმა გამოცდამ სხვადასხვა კონცენტრაციებში D60p4 უჯრედული სახის ფიბრობლასტების ატიპურ კულტურაში გვიჩვენა, რომ ჩვენმა არჩევანმა გაამართლა მაღალი შედეგებით. ამფიცეზინი, როგორც „მაიმ“-ის მარტივი მოდელი, ძალიან დადებითად წარმოაჩინა თავისი თვისებები *in vitro* კვლევებში, რომელიც ჩატარდა 2018 წლის ზაფხულში ვირუსული თერაპიის ლატვიის საერთაშორისო ცენტრში (ქ. რიგა). ამფიცეზინის გამოცდის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ სიმსივნურ უჯრედებზე მისი ციტოლიტიკური აქტივობა დამოკიდებულია გამოყენებულ

დოზაზე და კონტაქტის დროზე ავთვისებიან უჯრედებთან. ატიპური უჯრედების ზრდის ინჰიბიციის მაქსიმალური ეფექტი (93,5 %) შეიმჩნეოდა კონტროლთან შედარებით (ჯანმრთელი უჯრედები) კულტივაციის დროის განმავლობაში 96 სთ 0,237 % კონცენტრაციის დროს.

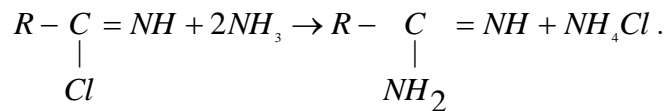
ამჟამად ჩვენს მიერ დამთავრებულია მუშაობა „მაიმ“-ის მეორე თაობაზე. Cs⁺ და Rb⁺-ის ძლიერტოტე კატიონების ახალი გადამტანების სახით შემოთავაზებულია აზოტშემცველი ნივთიერებების ძალიან პერსპექტიული კლასი – ამიდინები, რომლებიც ავლენენ მაღალ მრავალფუნქციურ ბიოლოგიურ აქტივობას.

მოვიყვანთ ამიდინების ქიმიური სინთეზის ორსაფეხურიან სქემას:

1) იმიდოქლორიდების მჟავათა მიღება



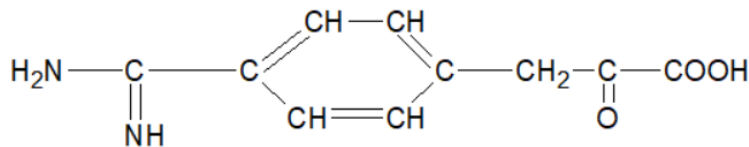
2) ამიდინების მიღება



„მაიმ“-ის მეორე თაობაში გამოვიყენებთ თრომბინისა და ანტიაგრეგანტის ფერმენტთა ინჰიბიტორებს, რომლებიც შეიცავენ თავისუფალ ბოლო ამიდინის დაჯგუფებას.

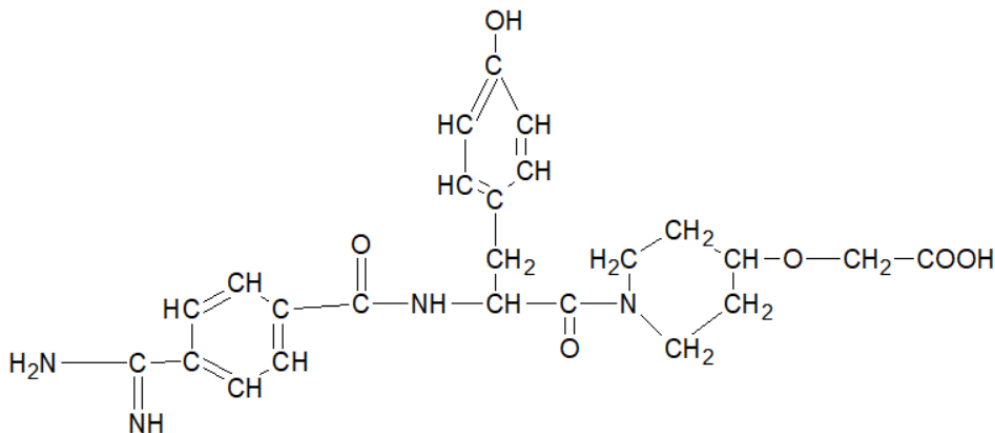
კატიონების Cs⁺ და Rb⁺-ის გადამტანთა კონკრეტული მაგალითები მე-2 თაობის „მაიმ“-ი.

I. თრომბინის ფერმენტთა ინჰიბიტორები:



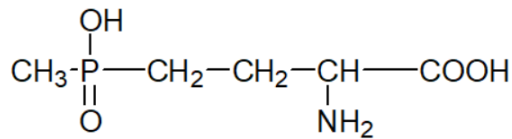
4 – ამიდინოფენილპიროყურპნისმჟავა

II. სინთეზური ანტიაგრეგანტი:



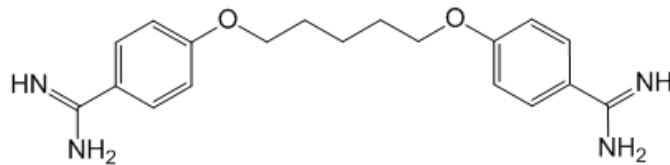
ლამიფობანი

III. 2-ამინო-4-(მეთილფოსფინო) – ერბომჟავა



ამ ბოლო ნივთიერებამ მოსალოდნელია გამოავლინოს ანტიბაქტერიული აქტივობა.

წარმოვადგენთ რა ამიდინებს, ვთვლით აუცილებლად გიჩვენოთ უძლიერესი ანტიმიკრობული პრეპარატი პენტამიდინი, რომელიც გამოიყენება აფრიკული ტრიპანოსომოზის, ლეიშმანიოზის, ბაბეზიოზის პროფილაქტიკისა და პნევმონიის სამკურნალოდ.



პენტამიდინი

ნაშრომის დასკვნით ნაწილში განვიხილავთ „მაიმ“-ის არსებით უპირატესობას სხვა სიმსივნისსაწინააღმდეგო პრეპარატების მიმართ:

- 1) არჩევითობისა და სპეციფიკურობის ამაღლება ავთვისებიანი უჯრედების ახალი ინჰიბიტორების მოქმედებაში;
- 2) მოცემული ქიმიოპრეპარატების ტოქსიკურობის შემცირება;
- 3) მათი გამოყენების შესაძლებლობა მცირე კონცენტრაციებით პროფილაქტიკური მიზნით ხანგრძლივი დროით;
- 4) კარგი შეთავსებადობა სხვა სიმსივნისსაწინააღმდეგო სამკურნალო საშუალებებთან და თერაპიის მეთოდებთან;
- 5) პრაქტიკულად შეუზღუდავი შესაძლებლობა მათ მოდიფიკაციებსა და ქიმიურ სინთეზში;
- 6) ხელმისაწვდომობა მოსახლეობის ფართო მასებისათვის.

ლიტერატურა

1. Балицкий К.П., Воронцова А.Л., Лисняк И.А. и др. Метастазирование опухолей: Патогенетические аспекты / АН УССР. Институт пробл. онкологии им. Р.Е. Кавецкого. - Киев, Наукова думка, 1991, 200с.
2. Гершанович М.Л. Осложнения при химио- и гормонотерапии злокачественных опухолей. -М., Медицина, 1982, 224с.
3. Андреев Г.В. Фибринолиз. -М., Изд-во МГУ, 1979.
4. Зубаиров Д.М. Биохимия свертывания крови. -М., Медицина, 1978.
5. Чазов Е.И., Лакин К.М. Антикоагулянты и фибринолитические средства. -М., Медицина, 1977.
6. Фибринолиз: Современные фундаментальные и клинические концепции /Пер. с англ./ Под ред. П.Дж. Гаффни, С. Балкув-Улютина/. -М., Медицина, 1982, 240с.
7. Проблемы и гипотезы в учении о свертывании крови /Под ред. О.К. Гаврилова. -М., Медицина, 1981, 288с.
8. Вольф М., Рансбергер К. Лечение ферментами /Пер. с англ. -М., Мир, 1976, 232с.
9. Надирадзе И.Ш. Синдром Мачабели в онкологии. -Тбилиси, Chronograph, 2000.
10. Надирадзе И.Ш. Внутрисосудистое свертывание крови у больных со злокачественными новообразованиями. //Хирургия, 1983, №9, сс. 131-134.
11. Потапов В.М. Стереохимия. -М., Химия, 1976, 696с.
12. Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И. Комплексоны и комплексонаты металлов. -М., Химия, 1988, 544с.
13. Корбридж Д. Фосфор: Основы химии, биохимии, технологии /Пер. с англ. -М., Мир, 1982, 680с.
14. Фосфор в окружающей среде / Пер. с англ. -М., Мир, 1977, 760с.

15. Лос К. Синтетические яды /Пер. с нем. - М., Изд-во ИЛ, 1963,258с.
16. Вартамян Р.С. Синтез основных лекарственных средств. -М., Медицинское информационное агентство, 2004, 845с.
17. Мокрушин В.С., Вавилов Г.А. Основы химии и технологии биоорганических и синтетических лекарственных веществ.- СПб., Проспект Науки, 2018, 496с.
18. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. -М., Медицина, 1991, 528с.
19. Николаев А.Я. Биологическая химия. -М., Высшая Школа, 1989, 495с.
20. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. М., Просвещение, 1987. – 815с.
21. Машковский М.Д. Лекарственные средства. – 15-е изд. -М., Новая Волна, 2005, 1200с.
22. Альберт А. Избирательная токсичность. Физико-химические основы терапии. Пер. с англ.- М., Медицина, 1989. т. 1-2.
23. Помогайло А.Д., Уфлянд И.Е. Макромолекулярные металлохелаты. -М., Химия, 1991, 310с.
24. Ионы металлов в биологических системах. Под. ред. Х.М. Зигель.- М., Мир, 1982, 72с.
25. Уильямс Д. Металлы жизни. -М., Мир, 1975, 236с.
26. Хьюз М. Неорганическая химия биологических процессов. Пер. с англ.-М., Мир, 1983, 416с.
27. Болдырев А.А. Биологические мембраны и транспорт ионов. -М., Наука, 1986.
28. Методы и достижения бионеорганической химии. Под. ред. К. Мак-Олиффа. -М., Мир, 1978, 416с.
29. Басоло Ф., Джонсон Р. Химия координационных соединений. -М., Мир, 1996, 180с.
30. Граник В.Г. Основы медицинской химии. -М., Вузовская книга, 2001, 384с.
31. Биологические аспекты координационной химии. Под. ред. К.Б. Яцимирского.- Киев, Наукова думка, 1979.
32. Райлс А., Смит К., Уорд Р. Основы органической химии. -М., Мир, 1983, 352с.
33. Гудман М., Морхауз Ф. Органические молекулы в действии. -М., Мир, 1977, 336с.
34. Гауптман З., Грефе Ю., Ремане Х. Органическая химия /Пер. с нем. -М., Химия, 1979, 832с.
35. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. Книга первая и вторая. -М., Химия, 1969-1970, 664с, 824с.
36. Шарло Г. Методы аналитической химии. Часть вторая. Количественный анализ неорганических соединений. -М., Химия, 1969. Общие методы определения щелочных металлов калия, рубидия, цезия, с.797-798.
37. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая Химия. Том 1. Химия металлов. -М., Мир, 1971, 560с.
38. Полудек-Фабини Р., Бейрих Т. Органический анализ. Пер. с нем.-Л., Химия, 1981, 624с.
39. Шеллеи К., Экхардт Ш., Немет Л. Лекарственное лечение опухолевых заболеваний. -Будапешт, Изд-во АН Венгрии, 1975, 413с.
40. Координационная химия редкоземельных элементов /Под ред. В.И. Спицына, Л.И. Мартыненко. - М., МГУ, 1979, 254с.
41. Химия поверхностно-активных веществ и комплексонов. -Калинин, КГУ, 1984, 120с.
42. Файнгольд С., Кууск А., Кийк Х. Химия анионных и амфолитных азотсодержащих поверхностно-активных веществ. -Таллин, Валгус, 1984.
43. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. -Л., Химия, 1981.
44. Абрамзон А.А., Зайченко Л.П., Файнгольд С.И. Поверхностно-активные вещества. -Л., Химия, 1988, 200с.
45. Адамсон А.В. Физическая химия поверхностей. -М., Мир, 1979.
46. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. -Л., Химия, 1984.
47. Поверхностные явления и поверхностно активные вещества. Справочник /Под ред. А.А. Абрамзона и Е.Д. Щукина. -Л., Химия, 1984.
48. ჩიგოგიძე ნ., ჯაფარიძე რ. ახალი, პერსპექტიული ნაერთების სინთეზი ონკოდაავადებათა ქიმიოთერაპიისთვის. /საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია, ფუნქციონალური დანიშნულების კვების პროდუქტების წარმოების ინოვაციური ტექნოლოგიები. ქუთაისი, 2015, გვ. 426.
49. Чигогидзе Н.Ш., Цивцивадзе Т.И., Надирадзе И.Ш., Квдиашвили Р.Ш., Петриашвили Ж.Д., Джапаридзе Р.Дж. Противоопухолевая активность комплексов меди Cu^{2+} с клотримазолом как следствие формирования специфической пентакоординационной структуры. //Georgian Engineering News. №1 (vol. 77), 2016, сс.123-128.
50. ჩიგოგიძე ნ.შ., წიგწივაძე თ.ი., ნადირაძე ი.შ., პეტრიაშვილი ჟ.დ., ჯაფარიძე რ.ჯ. სპეციფიკური კონფორმაციული სტრუქტურის გავლენა კლოტრიმაზოლის ბიოკომპლექსთა ციტოტოქსიკური აქტიურობის გაძლიერებაში. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი (GEN), №2 (vol. 78), 2016, გვ. 112-119.
51. წიგწივაძე თენგიზ, პეტრიაშვილი ჟუჟუნა, ჯაფარიძე რუსუდან, ჩიგოგიძე ნოდარ, კლდიაშვილი რეზო. სოკოს საწინააღმდეგო პრეპარატ კლოტრიმაზოლთან ზოგიერთი ბიომეტალის კომპლექსნაერთები. -თბილისი, სტუ, 2017, 106 გვ.

52. Chigogidze N.Sh., Petriashvili J.D., Japaridze R.J. Searching and synthesis of new chelating derivatives of the thiourea as antitumor remedies. /3rd International conference on Pharmaceutical sciences. „Looking towards the future, honoring the past”. Tbilisi, Georgia, 2015, p. 102-103.
53. Nadiradze I.Sh., Chigogidze N.Sh. Amphicezin – in principle new inhibitor of malignant tumors metastasis. /International Clinical Conference „Modern Approaches of diagnostics and Treatment”. Batumi, Georgia, 18-20/2019 September.
54. ნადირაძე ირაკლი, ჩიგოგიძე ნოდარ. მეტასტაზირების ახალი კლასის ინჰიბიტორების შექმნა ონკოლოგიურ ავადმყოფთა ქიმიოთერაპიისათვის. //ქაროზი, №72, 2016, გვ. 30-32.
55. ნადირაძე ირაკლი, ჩიგოგიძე ნოდარ. კიბოს დამარცხების რეალური პერსპექტივები. //ქაროზი, №70, 2015, გვ. 26-28.
56. საქპატენტი. პატენტი (გამოგონება) P2019 7005B, 17-07-2019. მეტასტაზირების ახალი ინჰიბიტორების შექმნა ონკოდაავადებათა ქიმიოთერაპიისათვის. გამოგონებელი: ნადირაძე ირაკლი, ჩიგოგიძე ნოდარ.
57. ჩიგოგიძე ნოდარ. სიმსივნური უჯრედების თვისებები და ახალი მიდგომა სიმსივნური წარმონაქმნების ქიმიოთერაპიაში. //„ოჯახის მკურნალი”, №10, 2019, გვ. 32-35.
58. ნადირაძე ირაკლი, ჩიგოგიძე ნოდარ. ავთვისებიან სიმსივნეთა ოპერაციის შემდგომი მეტასტაზირების პრინციპულად ახალი ინჰიბიტორი. //ოჯახის მკურნალი №1, 2019, გვ. 8-12.
59. საქპატენტი. დეპონირების დამადასტურებელი მოწმობა 6811, 19.12.2016. ნადირაძე ირაკლი, ჩიგოგიძე ნოდარ. სამეცნიერო სტატია: Отрицательные многозарядные длинноцепочечные органические ионы в качестве ингибиторов метастазирования при терапии онкозаболеваний.
60. წივწივაძე თენგიზ, მახსოშვილი რევაზ, ჩიგოგიძე ნოდარ, კლიაშვილი რევაზ, სხილაძე რევაზ, სულაქველიძე გია. მცენარეულ ალკალოიდებთან კიბოსსაწინააღმდეგო ბიოკოორდინაციული ნერთების სინთეზი, აღნაგობა და თვისებები. //საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2012, ტ. 38, №4, გვ. 317-324.

SUMMARY

TO CREATE OF NEW INHIBITORS OF CANCER CHEMOTHERAPY-SAVING MALIGNANT TUMORS METASTASIS

Chigogidze N.Sh., Nadiradze I.Sh., Tsivtsivadze V.P., Chigogidze E.N. and Tsivtsivadze T.I.
Biologically Active Substances Scientific Center of Georgian Technical University
Georgia-Israel Joint Clinic „Gidmed“
Caucasus International University

The evidence is determined not by quantity but by weight. The article describes the problems of combating the metastasis of malignant tumors which in themselves are very active and timely. Issues of sequences of malignant tumors metastasis processes in the body are presented. There is also shown the role of fibrin in the mechanism of tumors metastasis. The whole complex of differences between normal and tumor cells is reanalyzed. Particular attention is paid to various physical-chemical factors between tumor and healthy cells. The history of the introduction of modern anti-cancer chemotherapy is discussed (from 1942). Modern classification of anti-tumor drugs of different chemical structure and pharmacological action is suggested. Own data on a substantially new approach to create specific metastasis inhibitors for saving oncology chemotherapy is presented. A new class of synthetic multicharge anionactive tumors metastasis (maim) has been discovered. Their multifunctional action on the tumor cell is discussed. A patent has been got for the first drug of given class-Amphicezine that does not damage the normal healthy cells of the body. The research works of the second generation on maim has been completed. Where the inhibitors of thrombin and antiaggregant enzymes are transmitters of cesium and rubidium strong alkaline cations. They contain free marginal amide groups. The connection between active oncodrugs and their ligand features has been shown or the connection between effective ligands in the body that have the ability to transform. The concept is discussed “Carcinogenicity of metal-complex generator”, also the role of some complexes in regulation of cell membrane penetration in cancer patients. There are presented the synthesis scheme made by the authors and the synthesis scheme of metastasis inhibitors there. As a result of medical biological researches, completely new cytotoxic activity of copper and zinc complex compounds is identified 5-with nitroimidazole derivative that is determined by the coordination number of the central metal-complex generator, which in turn, determines the stereochemical properties of complex configurations.

Keywords: cancer, chemotherapy, malignant tumor, amphicezine.

საქართველოში ადაპტირებული ევროპული ჯიშის თხების ზრდა-განვითარების და ლაქტაციის მონაცემების შესწავლა

ჟღენტი თ.გ., ღლიღვაშვილი ვ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შინაური თხები ერთ-ერთი უძველესი შინაური ცხოველებია, რომლებიც ადამიანმა პირველად მოიშინაურა. მეთხოვა იძლევა არა მარტო ადამიანისათვის მეტად საჭირო და სასარგებლო საკვებ პროდუქტებს (ხორცს, რძეს, ქონს), არამედ მრეწველობისათვის ისეთ ძვირფას ნედლეულს, როგორცაა: თივთიკი, მატყლი და ტყავი.

თხის რძე ითვლება საუკეთესო საკვებად ბავშვებისა და ავადმყოფი ადამიანებისათვის. მასში დიდი რაოდენობით შედის ალბუმინი, კაზეინი, მინერალური მარილები, ფოსფორი, კობალტი, ვიტამინები – A, B, D. იგი ყველაზე ახლოსაა დედის რძესთან.

თხის რძეზე არანაკლებ სასარგებლო და გამორჩეული პროდუქტია თხის ხორცი, ის შეიცავს 20% პროტეინს და მცირე რაოდენობით ცხიმს. თხის ხორცში ქოლესტერინის დაბალი რაოდენობა მას დიეტური ხორცის სტატუსს ანიჭებს.

მსოფლიოში მერძეული მიმართულების ერთ-ერთ ყველაზე მაღალპროდუქტიულ ჯიშებად ითვლება ზაანენის და ალპური ჯიშის თხები. ორივე ჯიშში გამოყვანილია ევროპის ალპებში. ზაანენის ჯიშში პირველივე ლაქტაციისას გვაძლევს 3,5–4,0 ლიტრ რძეს დღე-ღამეში, მაქსიმალური – 8,0 ლიტრი, ხოლო წლიური – 3000 ლიტრი. ალპური ჯიშის წლიური მონაწველი არის 1200–1600 ლიტრი.

ჩვენი კვლევის მიზანი იყო დაგვედინა, რამდენად რენტაბელურია ამ ჯიშების მოშენება საქართველოში, როგორ გადიან ადაპტაციას, როგორია ნამატი სულადობის ზრდა-განვითარება, როგორ თანაფარდობაშია აქ ადაპტირებული ჯიშებისაგან მიღებული პროდუქტიული მაჩვენებელი სტანდარტულთან.

ვიკვლევდით ორ ფერმაში არსებულ 100 თხას, ქალაქ რუსთავის შემოგარენსა და მცხეთის მუნიციპალიტეტის სოფელ გალაგანში.

ცდაში გამოყენებული იყო 10 ძირითადი განაზომის და საკონტროლო წველის ცდის მეთოდები. ზრდა-განვითარების მონაცემებს ვითვლიდით დაბადებიდან და შემდგომ ყოველ ორ თვეში, 8 თვემდე. მიღებულ შედეგებს ვადარებდით დედების და ჯიშის სტანდარტულ მონაცემებთან.

ცხრ. 1-ში მოცემულია ზაანენის დედის, მათგან მიღებული ნამატი სულადობის და ჯიშის სტანდარტული განაზომების მონაცემები. მოზარდების ზრდა-განვითარების კოეფიციენტის და ცოცხალი მასის ზრდის დინამიკის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ დაბადებიდან 4 თვემდე მიმდინარეობს ინტენსიური ზრდა, ხოლო 8 თვემდე ზრდის კოეფიციენტი შემცირებულია. ასეთი არათანაბარი ზრდის ტემპი ნაწილობრივ განპირობებულია ცხოველთა პოსტმბრიონული განვითარების საერთო კანონზომიერებით, ნაწილობრივ კი კვებით, კერძოდ, 4 თვის ასაკამდე თიკნები ღებულობენ, როგორც დედის რძეს, ასევე მწვანე ბალახს, რაც განაპირობებს მათ ინტენსიურ ზრდას.

4-იდან 6 თვემდე, ზრდის ტემპი კლებულობს, რაც განპირობებულია დედისაგან ასხლეტით. 6-დან 8 თვემდე საძოვარზე მწვანე მასა იკლებს, ამიტომ მოზარდის ზრდა-განვითარება მიმდინარეობს 4-დან 6 თვის პერიოდის მატყების პროპორციულად.

ცხრილი 1, 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ მოზარდი თხების ზრდა-განვითარება, მათ დედებთან და სტანდარტულ მონაცემებთან მიმართებაში, სავსებით დამაკმაყოფილებლად მიმდინარეობს. 2 თვის ასაკში ზაანენის თიკნის ნამატი (რუსთავის ფერმა) დედასთან მიმართებაში არის 12%, 4 თვის – 39%, 6 თვის – 50%, ხოლო 8 თვის – 60%. ალპური თხის (მცხეთის ფერმა) ანალოგიური მონაცემები შემდეგია: 2 თვის – 9%, 4 თვის – 36,7%, 6 თვის – 41,2%, 8 თვის – 53%. აქედან ჩანს, რომ ალპური თხის თიკნის პროცენტული ნამატი დედასთან მიმართებაში ოდნავ მეტია, ვიდრე ზაანენის, რის მიზეზადაც შეგვიძლია მივიჩნიოთ რუსთავის ფერმის სულადობის მცირე ჩამორჩენა განვითარებაში, მცხეთის სულადობასთან შედარებით, რაც მცხეთაში საკვები ბაზის და მოვლა-შენახვის უკეთესი პირობებითაა განპირობებული.

ცხრილი 1. ზაანენის ჯიშის დედის, ნამატი სულადობის და სტანდარტის განაზომები (რუსთავი)

ზაანენი დედის, ნამატი სულადობის და სტანდარტის განაზომები (რუსთავი)												
ასაკი	სქესი	სიმადლე მინდაოში (სმ)	სიმადლე კუკუსოებში (სმ)	ტანის ირიბი სიგრძე (სმ)	მკერდის სიღრმე (სმ)	მკერდის სიგანე (სმ)	მკერდის ირგვლივა (სმ)	ნების ირგვლივა (სმ)	თავის სიგრძე (სმ)	შუბლის სიგანე (სმ)	ცოცხალი მასა (კგ)	გაზომვის თარიღი
2 თვე	♀	33,5	35,0	44,5	13,0	12,5	39,0	6,0	12,0	7,3	7,00	28.03.2020
	♂	34,0	36,0	51,0	12,5	14,0	42,0	6,5	13,0	7,8	8,60	28.03.2020
4 თვე	♀	39,0	40,0	58,0	14,0	13,0	44,0	7,0	15,0	8,0	26,0	02.05.2020
	♂	42,0	43,0	62,0	15,0	15,0	47,0	7,0	16,0	8,9	28,0	02.05.2020
6 თვე	♀	53,0	55,0	71,0	17,0	16,0	52,0	7,0	16,0	10,0	31,9	10.07.2020
	♂	57,0	60,0	75,0	19,0	18,0	58,0	8,0	17,5	10,9	34,7	10.07.2020
8 თვე	♀	61,0	64,0	80,5	22,0	21,4	64,0	8,0	18,9	12,0	34,7	05.09.2020
	♂	64,0	65,0	78,0	20,6	18,4	61,0	8,0	18,0	12,2	41,8	05.09.2020
დედა		66,0	68,0	83,0	33,0	18,0	92,0	9,0	25,0	14,0	70,0	28.03.2020
სტანდარტი		75,0	76,0	81,0	30,0	17,0	88,0	10,0	24,0	13,0	75,0	

ცხრილი 2. ალპური ჯიშის დედის, ნამატი სულადობის და სტანდარტის განაზომები (მცხეთა)

ალპური დედის, ნამატი სულადობის და სტანდარტის განაზომები (მცხეთა)												
ასაკი	სქესი	სიმადლე მინდაოში (სმ)	სიმადლე კუკუსოებში (სმ)	ტანის ირიბი სიგრძე (სმ)	მკერდის სიღრმე (სმ)	მკერდის სიგანე (სმ)	მკერდის ირგვლივა (სმ)	ნების ირგვლივა (სმ)	თავის სიგრძე (სმ)	შუბლის სიგანე (სმ)	ცოცხალი მასა (კგ)	გაზომვის თარიღი
2 თვე	♀	32,00	33,00	44,00	14,00	10,00	38,00	7,00	11,00	9,00	6,5	07.03.2020
	♂	36,00	37,00	46,00	15,00	11,00	40,00	6,50	10,00	8,00	7,0	07.03.2020
4 თვე	♀	47,00	48,00	50,00	16,00	12,00	53,00	7,00	12,00	9,00	24,4	10.05.2020
	♂	49,00	51,00	55,00	16,00	11,00	54,00	7,00	12,00	10,00	26,8	10.05.2020
6 თვე	♀	53,0	55,0	71,0	17,0	12,0	55,0	7,0	14,0	10,0	28,0	18.07.2020
	♂	57,0	60,0	75,0	19,0	13,0	57,0	8,0	16,0	10,9	30,1	18.07.2020
8 თვე	♀	58,0	59,0	76,0	21,0	13,0	64,0	8,0	19,0	12,0	35,0	01.09.2020
	♂	62,0	63,0	78,0	24,0	15,0	67,0	8,0	20,0	12,2	38,6	01.09.2020
დედა		72,00	75,00	92,00	32,00	19,00	95,00	11,00	25,00	16,00	73,00	07.03.2020
სტანდარტი		75,0	76,0	80,0	30,0	17,0	85,0	9,0	23,0	13,0	70,0	

დედა სულადობის მერქული პროდუქტიულობის დასადგენად გამოვიყენეთ საკონტროლო წველის ცდა.

ცხრილი 3. საკონტროლო წველა ზაანენის ჯიშის თხა საიდ/ნ 338 (მცხეთა)

საკონტროლო წველა ზაანენი საიდ/ნ 338 (მცხეთა)								
თვეების რაოდენობა	წველის დრო	მონაწველი კბ					რძის ხარისხი	
		I მონაწველი 20 სთ	II მონაწველი 19 სთ	III მონაწველი 20 სთ	IV მონაწველი 19 სთ	ჯამი	ცხიმის რაოდენობა %	ცილის რაოდენობა %
1	02.05.2020	1,2	1,5	1,4	1,7	5,8	3,9	3,0
2	02.06.2020	1,1	1,4	1,4	1,6	5,5	3,8	2,9
3	02.07.2020	1,1	1,5	1,3	1,7	5,6	4,0	3,0
4	02.08.2020	1,8	2,0	1,7	2,0	7,5	4,1	3,0
5	02.09.2020	1,5	2,0	1,7	1,9	7,1	3,7	2,8
6	02.10.2020	1,4	1,8	1,5	1,8	6,5	3,5	2,7
ჯამი						38		
საშუალო მონაწველი 6,3 კგ								

ცხრ. 3-ის მონაცემებიდან ირკვევა, რომ მცხეთის ფერმაში ზაანენის ჯიშის მაქსიმალური მონაწველი დაფიქსირდა მე-4 და მე-5 ლაქტაციისას. ეს შეგვიძლია ავხსნათ ამ პერიოდში საძოვარზე მწვანე მასის სიუხვით და კვების რაციონში ბოსტნეული კულტურების სისტემატიური დამატებით. მე-6 ლაქტაციის მონაწველი ოდნავ დაბალია, რაც საძოვარზე ბალახის შემცირებით და მშრალ საკვებზე გადაყვანით აიხსნება. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ზაანენის ჯიშის თხებში საშუალო დღე-ღამური მონაწველი სტანდარტულად 3,5–5,0 ლიტრია, მაქსიმალური კი – 8 ლიტრი. მცხეთის ფერმაში ზაანენის მაქსიმალური დღე-ღამის საშუალო მონაწველი 3,8 ლიტრი, სავსებით დამაკმაყოფილებლად შეგვიძლია მივიჩნიოთ.

ცხრილი 4. საკონტროლო წველა ალპური ჯიშის თხა საიდ/ნ 10308 (რუსთავი)

საკონტროლო წველა ალპური დედა საიდ/ნ 10308 (რუსთავი)								
თვეების რაოდენობა	წველის დრო	მონაწველი კბ					რძის ხარისხი	
		I მონაწველი 20 სთ	II მონაწველი 19 სთ	III მონაწველი 20 სთ	IV მონაწველი 19 სთ	ჯამი	ცხიმის რაოდენობა %	ცილის რაოდენობა %
1	07.05.2020	1,0	1,3	1,2	1,4	4,9	3,8	2,7
2	07.06.2020	1,1	1,6	1,0	1,5	5,2	3,5	2,9
3	07.07.2020	1,0	1,5	1,2	1,5	5,2	3,2	2,9
4	07.08.2020	1,5	1,8	1,7	1,9	6,9	3,4	3,0
5	07.09.2020	1,5	2,0	1,6	1,9	7,0	3,2	2,8
6	07.10.2020	1,2	1,6	1,3	1,7	5,8	3,6	2,6
ჯამი						35,0		
საშუალო მონაწველი 5,8 კგ								

მე-4 ცხრილის მოცემულობით აღპური ჯიშის მაქსიმალური მონაწველი 3,6 ლიტრია, რაც ოდნავ ჩამორჩება მცხეთის ზაანენის მანვენებელს. საერთო ჯამში, მცხეთის ფერმის პროდუქტიულობა მცირედ აღემატება რუსთავისას, რაც პირდაპირ კავშირშია მოვლა-შენახვის და კვების უკეთეს პირობებთან.

კვლევის ფარგლებში განვსაზღვრეთ რძის ქიმიური შემადგენლობა (ცხრ. 3 და 4), კერძოდ, რძეში ცხიმისა და ცილის რაოდენობა. მიღებული შედეგები ცხადყოფს, რომ ორივე ჯიშში, სტანდარტთან მიმართებაში, ცილის და ცხიმის რაოდენობა ნორმაშია.

ჩვენს მიერ მოპოვებული მასალების ანალიზზე დაყრდნობით შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნა, რომ აღნიშნული ჯიშები გამოირჩევიან მაღალი გენეტიკური პოტენციალით, რაც დასტურდება მათი კარგი ადაპტაციის უნარით სხვადასხვა გარემო და მოვლა-შენახვის პირობებში. ხოლო ზრდა-განვითარების და პროდუქტიული მონაცემების გაუმჯობესებისათვის აუცილებელია მათი უზრუნველყოფა სრულფასოვანი, დაბალანსებული საკვები ბაზით და მოვლის უკეთესი პირობებით. ჩვენი კვლევის შედეგებზე დაფუძნებით შეგვიძლია ფერმერებს მივცეთ რეკომენდაციები საქართველოში ამ ჯიშების მოსაშენებლად, რაც დარგის გრძელვადიანი წინსვლისა და განვითარების საწინდარი გახდება.

ლიტერატურა

1. ლილივაშივი ვასილ. საქართველოს მეთეობა. –თბილისი, აღმაშენებელი, 1996, გვ. 5-33.
2. ლილივაშივი ვასილ. მეთეობის დარგისა და პროდუქტების წარმოების ტექნოლოგია. თბილისი, ვეტერინარია, 2001, გვ. 5-9.
3. Звонарев Н. М. Прибыльное разведение коз. Породы, кормление, уход. –Москва, Центрполиграф, 2011, сс. 32-35.
4. Laura Childs (2011). The Joy of Keeping Goats: The Ultimate Guide to Dairy and Meat Goats. Arkansas, 2011, pp. 23-25.
5. Martha Maeda. How to Raise Dairy Goats. Atlantic Publishing Group inc. Florida, 2020, pp. 8-10.
6. Ludwig Lorricks. Saanen Goats as Pets. Saanen Goats care, housing, interacting and health. IMB Publishing (November 18, 2014)

SUMMARY

STUDY ON GROWTH, DEVELOPMENT, AND LACTATION IN EUROPEAN BREEDS OF GOATS ADAPTED TO GEORGIA

Zhghenti T.G. and Ghlighvashvili V.A.

Georgian Technical University

The aim of this study was to investigate the adaptability, growth, development and productivity of high-yielding dairy breeds (Saanen and Alpine) brought from Europe to Georgia; compare the data with standard data of the breeds. The study was carried out on goat farms in the suburbs of Rustavi and in the village of Galavani, Mtskheta municipality. Up to 100 goats, both adult and young, have been involved in the study. To observe the goat growth cycle, we used the method of taking ten major measurements, and the control milking experiment to determine lactation productivity. The study has shown that the increment is developing well, compared to mother does and standard data, and their productivity is close to standard. Thus, we can conclude that if we create better conditions for these breeds of care and storage than they were on the farms presented here, their data will be improved. We will be able to provide farmers with advice and recommendations based on the results of this study on the breeding of these breeds, which will contribute to the long-term progress and development of the industry in Georgia.

Keywords: saanen goats, alpine goats, increments.

საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში არსებობს მოწინავე ტექნოლოგიური პროფილის ორგანიზაცია – მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი, რომლის შექმნა დაკავშირებულია საქართველოში ამ დარგის პიონერის ბატონ ვასილ ბიბილეიშვილის სახელთან. იგი იყო მეცნიერი ქიმიური პროცესებისა და აპარატების დარგში, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, აშშ კალიფორნიის მეცნიერებისა და ტექნიკის საერთაშორისო აკადემიის ნამდვილი წევრი (1997წ.), მრავალი გამოგონებისა და პატენტის ავტორი.

ვ. ბიბილეიშვილმა 1992 წელს ჩამოაყალიბა მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი და საფუძველი ჩაუყარა მეტად აქტუალურ სამეცნიერო-კვლევით და რაც მთავარია საინჟინრო ტექნიკურ სამუშაოებს. მისი ხელმძღვანელობით შეიქმნა ახალი მემბრანული ელემენტები, მოდულები, დანადგარები და მემბრანული ნანოტექნოლოგიები, რომლებიც დაცულია პატენტით, რიგ წარმოებებთან ერთობლივი სამუშაოების ბაზაზე დამზადებულია და დანერგილია სხვადასხვა დანიშნულების 70-მდე მემბრანული ნანოსისტემა კვებისა და ფარმაცევტული მრეწველობისათვის და სხვა

ინსტიტუტში წლების განმავლობაში მიმდინარეობს სამეცნიერო-კვლევითი და საცდელ-საკონსტრუქტორო სამუშაოები ეკოლოგიისა და მდგრადი განვითარების მიმართულებით. სწორედ ამ საკითხებისადმი არის მიძღვნილი მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტის თანამშრომელთა სამეცნიერო სტატიები რომლებსაც გთავაზობთ.

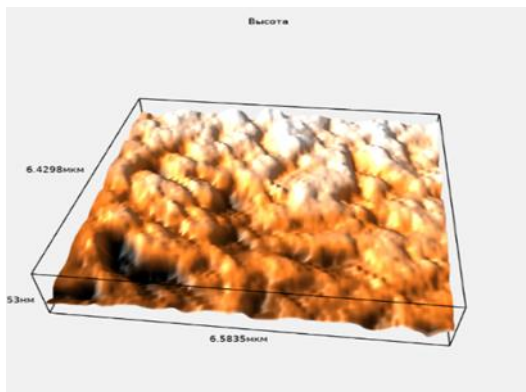
კოაგულანტის ტემპერატურის გავლენა მემბრანის მორფოლოგიასა და ხვედრიი წარმადობაზე

ბიბილეიშვილი გ.გ., კეჟერაშვილი მ.გ., ჯაფაშვილი ზ.დ.

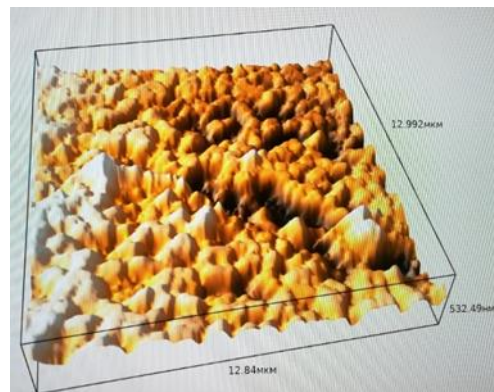
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

არაგამხსნელით ინდუცირებული ფაზური ინვერსიის მეთოდში კოაგულანტის ტემპერატურა განაპირობებს ფაზური დაყოფის მექანიზმს, რაც საბოლოოდ განსაზღვრავს მიღებული მემბრანების მორფოლოგიას, ფორის ზომებს, მისი ფორიანობას და ხვედრით წარმადობას [1,2]. მემბრანის ზედაპირების შესწავლამ მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპის სშუალებით აჩვენა, რომ საკოაგულაციო აბაზანაში კოაგულანტის 10 °C, 25 °C, 40 °C და 55 °C ტემპერატურაზე მიღებული M10, M25, M40 და M55 მემბრანების ზედაპირების ტოპოგრაფიული გამოსახულებები განსხვავებულია (სურათი). მემბრანების ზედაპირებს გააჩნია ტიპური „ბორცვი-დაბლობი“ სტრუქტურა. M10 მემბრანების ზედაპირზე ღია პიკები (ბორცვი) და მუქი პიკები (დაბლობი) არათანაბრად არის განაწილებული, კოაგულანტის ტემპერატურის ზრდის მიხედვით ზედაპირის რელიეფი იცვლება. M25, M40 მემბრანის ზედაპირზე მატულობს პიკების სიმეტრიულობის ელემენტები და M55 მემბრანის ზედაპირზე მუქი და ღია ფერის პიკები თანაბრად არის განაწილებული მთელ ფართობზე.

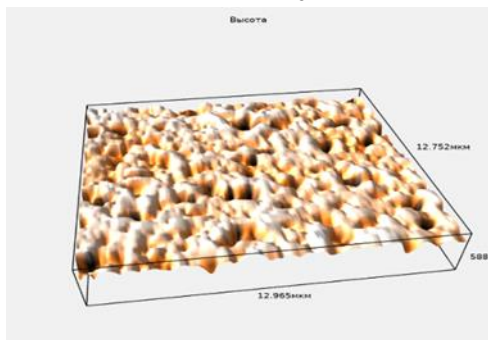
მაღალ ტემპერატურაზე კოაგულანტი-წყლის პოლიმერი-გამხსნელთან შეხების საზღვარზე წარმოიქმნება კონვექციული ნაკადები, რომლის ეფექტურობა უკავშირდება არაგამხსნელი ტენდენციას სწრაფად შეერიოს გამხსნელს, ამიტომ წყლის მოლეკულები სწრაფად დიფუნდირებს პოლიმერის ხსნარში, არაგამხსნელის შეღინების თანაფარდობა მაღალია გამხსნელის გაღინებასთან შედარებით [2].



M10



M25



M40



M55

მემბრანის SEM მიკროგრაფიული 3D გამოსახულება: M10, M25, M40, M55 მიღებული კოაგულანტის 10 °C, 25 °C, 40 °C, 55 °C ტემპერატურაზე

მაღალ ტემპერატურაზე წყლის პოლიმერი-გამსხნელთან შეხების საზღვარზე წარმოიქმნება კონვექციული ნაკადები, რომლის ეფექტურობა უკავშირდება არაგამსხნელის ტენდენციას სწრაფად შეერიოს გამსხნელს, ამიტომ წყლის მოლეკულები სწრაფად დიფუნდირებს პოლიმერის ხსნარში, არაგამსხნელის შედინების თანაფარდობა მაღალია გამსხნელის გადინებასთან შედარებით [3,4]. დიფუზიის დიდი სიჩქარის გამო ჩქარდება ფაზური დაყოფის და გამოლექვის პროცესი, ჩნდება სტრუქტურაწარმოქმნელი ცენტრები და ფორმირდება ღია ფორების მქონე სტრუქტურა ფორების დიდი რიცხვით (სურათი, M55, ცხრილი). დაბალ ტემპერატურაზე დიფუზიის აცეტამიდი (დმაა) იმაზე სწრაფად გადადის საკოაგულაციო აბაზანაში, ვიდრე წყალი დიფუნდირებს პოლიმერის ხსნარში, ამიტომ დიფუზია დაბალი სიჩქარით მიმდინარეობს, რაც განაპირობებს ფაზური ინვერსიის პროცესის შეფერხებას მცირდება წყლის კოაგულაციური შესაძლებლობა, ამიტომ გამყარების პროცესი შედარებით ნელა წარიმართება და მიღებული მემბრანა ხასიათდება ფორების მცირე რიცხვით (სურათი, M10, M25, ცხრილი) [3,4].

კოაგულანტის 10 °C, 25 °C, 40 °C და 55 °C ტემპერატურაზე მიღებული მემბრანების ფორების საშუალო დიამეტრი, ფორიანობა და ხვედრითი წარმადობა

მიღებული მემბრანა	M10	M25	M40	M55
ფორების საშ. დიამეტრიც, მკმ	0,22	0,28	0,34	0,38
ხვედრითი წარმადობა, ლ/მ ² სთ	640	2400	2777	3600
ფორიანობა, %	36,12±0,47	22,34±0,28	48,23±0,38	68,45±0,18

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, კოაგულანტის ტემპერატურის მომატებით 10 °C-დან 55 °C-მდე მემბრანების ფორის ზომები იზრდება 0,22 მკმ-დან 0,38 მკმ-მდე, ფორიანობა მატულობს 36,12%-დან 68,45%-მდე, ხოლო ხვედრითი წარმადობა იზრდება 640ლ/მ² სთ-დან 3600 ლ/მ² სთ-მდე.

ამრიგად, საკოაგულაციო აბაზანაში კოაგულანტის ტემპერატურას გააჩნია მემბრანების ფორიანობის და ხვედრითი წარმადობის რეგულირების ეფექტი.

ლიტერატურა

1. Vankelecom, I. F. J.; De Smet, K.; Gevers, L. E. M.; Jacobs, P. A. In Nanofiltration: Principles and Applications; A. I. Schafer, A. G. Fane, T. D. Waite, Eds.; Elsevier: Oxford, UK, 2005; Chapter 3, pp 33– 65.
2. Mulder, M. Basic Principles of Membrane Technology, 2nd ed.; Kluwer Academic: Dordrecht, 2003; Chapter 3, pp. 71–156.
3. Costa, A.R.; de Pinho, M.N. Effect of membrane pore size and solution chemistry on the ultrafiltration of humic substances solutions. //J. Membr. Sci. 2005, 255, pp. 49–56.
4. Aroon, M. A., Ismail, A. F., Montazer-Rahmati, M. M., Matsuura, T., Morphology and permeation properties of polysulfone membranes for gas separation: Effects of non-solvent additives and co-solvent. Separation and Purification Technology, 2010, 72, pp.194-202.

SUMMARY

EFFECT OF THE TEMPERATURE OF THE COAGULANT ON THE MORPHOLOGY AND PRODUCTIVITY OF THE MEMBRANE

Bibileishvil G.V., Kezherashvili M.G. and Javashvili Z.D.

Engineering Institute of Membrane Technology, Georgian Technical University

The effect of the temperature of the non-solvent on the morphology, pore size, the frequency of its distribution and specific productivity of the membranes obtained on the basis of polyethersulfones and polyethylene glycol by wet method of phase inversion has been studied. As a result of the research it was found, that at the process of the phase inversion by variation of the temperature of the non-solvent the regulation of its viscosity and of the diffusion coefficient of solvent-non-solvent alloying the prediction of the morphology and structure of the film.

Keywords: polyethersulfones, non-solvent, membranes, structure, phase inversion.

პოლიმერული კომპოზიციის გახსნის ტემპერატურის
გავლენა მემბრანის თვისებებზე

ბიბილეიშვილი გ.გ., კეჟერაშვილი მ.გ., ჯაფაშვილი ზ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო
ინსტიტუტი

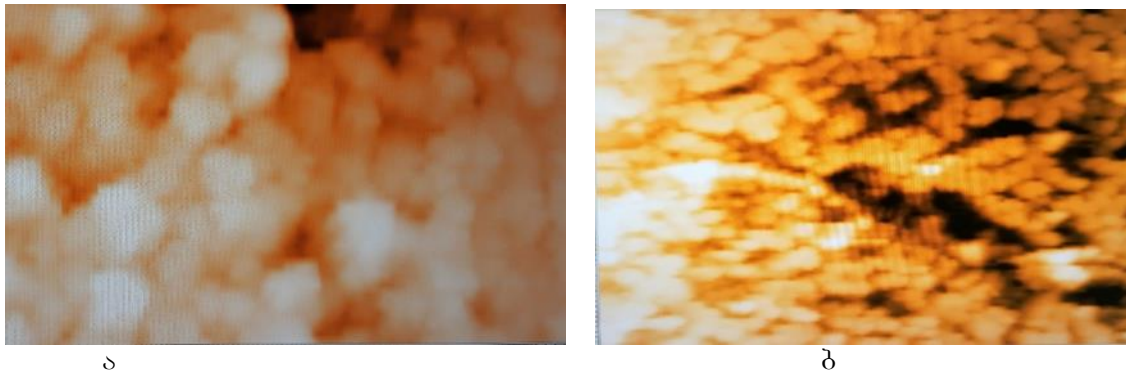
პოლიმერული კომპოზიციის მომზადების პირობების გავლენის შესწავლა მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს მაღალი წარმადობის მქონე მემბრანების მიღების პროცესში [1,2]. მემბრანების მისაღები პოლიმერული კომპოზიცია წარმოადგენს პოლიდისპერსიულ სისტემას, რომელშიც არსებული ნაწილაკების ზომების, პოლიდისპერსიულობის ინდექსის მნიშვნელობები დამოკიდებულია ხსნარის მომზადების პირობებსა და გახსნის ტემპერატურაზე (ცხრილი 1). პოლიმერულ კომპოზიციაში ნაწილაკების ზომა, კონცენტრაცია და პოლიდისპერსიულობის ხარისხი განისაზღვრა 25 °C, 40 °C, 55 °C და 70 °C-ზე მომზადებულ 100 გ/ლ, 50 გ/ლ, 25 გ/ლ, 10 გ/ლ და 5 გ/ლ კონცენტრაციის ხსნარებისთვის. პოლიმერის გახსნის პროცესის მონიტორინგი ხორციელდებოდა პოლარიზაციულ-ინტერფერენციული ოპტიკური მიკროსკოპით, ხოლო გახსნის პარამეტრები: ნაწილაკების ზომა, კონცენტრაცია და პოლიდისპერსიულობის ხარისხი Zetasizer Nano Zen 3690-ანალიზატორით. პოლიმერული კომპოზიციის გახსნის ტემპერატურის მომატებით ხსნარის პოლიდისპერსიულობის ხარისხი მცირდება 1-დან 0,33-მდე, მაკრომოლეკულების ზომა 67,45 ნმ-დან 13,15 ნმ-მდე. 70 °C-ზე მომზადებული ხსნარიდან მიღებული მემბრანის ხვედრითი წარმადობა აღემატება 25 °C, 40 °C, 55 °C ტემპერატურაზე მომზადებული ხსნარიდან დამზადებული მემბრანების ხვედრით წარმადობას და შეადგენს 2510 ლ/მ² სთ.

ცხრილი 1. პოლიმერული კომპოზიციის შედგენილობა გახსნის 25 °C, 40 °C, 55 °C, 70 °C ტემპერატურის დროს და მიღებული მემბრანების ხვედრითი წარმადობები

პოლიმერული კომპოზიციის მომზადების T °C	ნაწილაკების ზომა Z-average(d-ნმ)	პოლიდისპერსიულობის ხარისხი PDI	საკოაგულაციო აბაზანის T °C	ხვედრითი წარმადობა, ლ/მ ² სთ
25	67,45	1	20	1200
40	57,12	0,9	20	1877
55	24,68	0,5	20	2188
70	13,15	0,33	20	2510

25 °C, 40 °C, 55 °C, 70 °C ტემპერატურაზე გახსნილი პოლიმერული კომპოზიციით მიღებული მემბრანული აფსკები შესწავლილი იქნა მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპით. სურათზე გამოსახულია 25 °C და 70 °C ტემპერატურაზე მომზადებული კომპოზიციიდან მიღებული მემბრანების ზედაპირების მიკროგრაფიული გამოსახულება. ორივე ნიმუშის ზედაპირი წარმოადგენს ქაფისმაგვარ მატრიცას, ღია ფერის წარმონაქმნები სურათზე ინტერპრეტირდება, როგორც ზედაპირი და მუქი ფერი, როგორც ფორები. ა-ნიმუშის ზედაპირზე მუქი და ღია უბნები არათანაბრად არის განაწილებული, ჭარბობს ღია ფერი, რაც ზედაპირზე ფორების მცირე რაოდენობაზე მიუთითებს. ბ-ნიმუშის ზედაპირზე ღია და მუქი ფერები თანაბრად არის განაწილებული, რაც მემბრანის ზედაპირის ერთგვაროვნებაზე და ფორიანობაზე მეტყველებს. მაღალ ტემპერატურაზე მომზადებულ პოლიმერულ კომპოზიციაში ნაწილაკების ზომების, დისპერსიულობის ინდექსის შემცირება, გამოწვეულია 70 °C-ზე ტემპერატურის გავლენით ხსნარში მიმდინარე სტრუქტურული ცვლილებებით, რაც ამცირებს მიკროგელური ნაწილაკების (ხსნარის დისპერსიული

ფაზა აგრეგირებული მაკრომოლეკულების სახით) ზომას და ზრდის მათ რაოდენობას ერთეულ მოცულობაში [3,4].



მემბრანის ზედაპირების მასკანირებული ზონდური მიკროსკოპის მიკროფოტოგრაფიული 2D გამოსახულება: მიღებული (ა) 25 °C და (ბ) 70 °C-ზე ტემპერატურაზე

კომპოზიციაში მიკროგელური ნაწილაკების მცირე ზომებმა და მათმა განაწილებამ ხსნარში უზრუნველყო ფორების წარმოქმნის დიდი არეალი (სურათი 1, ბ), მაღალი ფორიანობა, რამაც განაპირობა გახსნის მაღალ ტემპერატურაზე მომზადებული ხსნარიდან მიღებული მემბრანის შედარებით მაღალი ხვედრითი წარმადობა.

ლიტერატურა

1. Abdelrasoul, A.; Doan, H.; Lohi, A.; Cheng, C.H. Morphology control of polysulfone membrane sinfiltration processes: A critical review. *Chembioeng Rev.* 2015, 2, pp.22–43.
2. Lalia, B.S.; Kochkodan, V.; Hashaikeh, R.; Hilal, N. A review on membrane fabrication: Structure, properties and performance relationship. *Desalination* 2013, 326, pp. 77–95.
3. Smolders, C.A.; Reuvers, A.J.; Boom, R.M.; Wienk, I.M. Microstructures in phase-inversion membranes. Part 1. Formation of macrovoids. // *J. Membr. Sci.* 1992,73, pp. 259–275.
4. Barzin, J., Madaeni, S. S., Mirzadeh, H., Effect of preparation conditions on morphology and performance of hemodialysis membranes prepared from polyethersulphone and polyvinylpyrrolidone. // *Iranian Polymer Journal*, 2005, 14, pp. 353-360.

SUMMARY

INFLUENCE OF THE TEMPERATURE OF SOLVING OF THE POLYMERIC COMPOSITION ON THE PROPERTIES OF THE MEMBRANE

Bibileishvil G.V., Kezherashvili M.G. and Javashvili Z.D.

Engineering Institute of Membrane Technology, Georgian Technical University

The effect of the temperature of solving of the polymeric composition on the morphology and specific productivity of the membranes obtained on the basis of polyethersulfones has been studied. It was established that at high temperature of solving of the polymeric composition in the solution such distribution of particle size and polydispersity degree is attained which causes obtaining of the membranes with high frequency of pore distribution and of high productivity.

Keywords: polymeric composition, particle size, membranes, temperature.

ბორჯომის მინერალური წყლის დებარირება-დეფტორირების
ბავლენა კალციუმზე

ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ბუთხუზი თ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების
საინჟინრო ინსტიტუტი

ბორჯომის მინერალური წყალი თავისი შედგენილობით მოიცავს ქიმიური კომპონენტების საკმაოდ დიდ დიაპაზონს. საკვლევი ბორჯომის მინერალური წყალი სუსტადთერმადი და ჰიდროკარბონატული წყალია. მისი ყველა წყარო და ბურღილი იძლევა ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატიან წყალს სუსტი მჟავა რეაქციით $pH=6,3-7,2$. ჰიდროკარბონატული წყლები, რომლებშიც ანიონთა შორის რაოდენობრივი შემცველობით წამყვანი ადგილი უკავია ჰიდროკარბონატ – იონს (HCO_3^-), დიდი რაოდენობით შეიცავს კალციუმს.

კალციუმი ბორჯომის მინერალური წყლის იონურ-მარილოვანი შედგენილობის ერთ-ერთ ძირითად კომპონენტს წარმოადგენს. მინერალურ წყლებში კალციუმის რაოდენობითი შემცველობა ფართო ზღვებში იცვლება. ნახშირორჟანგის დესორბციის გამო წყალში კარბონატ-ჰიდროკარბონატული წონასწორობა ირღვევა და კალციუმის ჰიდროკარბონატები (ხსნადი) კარბონატებში (ძნელად ხსნად ფორმაში) გადასვლის გამო ილექება [1].

ჩვენ მიერ შესწავლილი იქნა ბორჯომის მინერალური წყლის დებარირება-დეფტორირების ნანოფილტრაციული პროცესი. ექსპერიმენტის მსვლელობისას გამოყენებული იყო დაუმუშავებელი მინერალური წყალი საწყისი მნიშვნელობით და ნანოფილტრაციული NEX და NES ტიპის მემბრანები ლამინარული და ტურბულენტური რეჟიმების პირობებში [2,3]. განისაზღვრა, ბორჯომის ბუნებრივი მინერალური წყლების 37, 41, 25, ლიკანი, ცენტრალური პარკი ჭაბურღილების ქიმიური შედგენილობა.

ბორჯომის ბუნებრივი მინერალური წყლის ნანოფილტრაციული პროცესით დამუშავებისას, დეფტორირება-დებარირების შედეგად ადგილი არ ჰქონდა ნალექის წარმოქმნას, რაც მიუთითებს კალციუმის და მისი ნაერთების ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციის ფარგლებში არსებობას. კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილში 1-2.

ცხრილი 1. ლამინარული რეჟიმის პირობებში საწყისი და დამუშავებული ბორჯომის მინერალური წყლის ქიმიური კომპონენტების რაოდენობრივი მაჩვენებლები

ბურღილი	ტექნოლოგია	Ba, მგ/ლ	F, მგ/ლ	Ca, მგ/ლ
37	დაუმუშავებელი	3,27	5,26	51,7
37	NEX	1,60	3,82	28,2
37	NES	1,05	4,11	38,5
41	დაუმუშავებელი	3,46	6,96	97,2
41	NEX	1,09	4,82	74,2
41	NES	0,937	6,52	15,8
41	2 NES	1,26	–	–
25	დაუმუშავებელი	3,58	9,67	46,8
25	NEX	1,11	5,10	32,5
25	NES	1,64	6,48	30,8
ლიკანი	დაუმუშავებელი	2,34	4,06	127,0
ლიკანი	NEX	0,738	2,26	56,8
ლიკანი	NES	0,833	2,95	104
ცენტრ. პარკი	დაუმუშავებელი	3,11	5,76	97,9
ცენტრ. პარკი	NEX	0,875	3,91	71,8
ცენტრ. პარკი	NES	1,16	4,69	51,6
დასაშვები დიაპაზონი		<1	<5	20 – 150

ცხრილი 2. ტურბულენტური რეჟიმის პირობებში საწყისი და დამუშავებული ბორჯომის მინერალური წყლის ქიმიური კომპონენტების რაოდენობრივი მაჩვენებლები

ბურღილი	ტექნოლოგია	Ba, მგ/ლ	F, მგ/ლ	Ca, მგ/ლ
37	დაუმუშავებელი	3,27	5,26	51,7
37	NEX	1,23	3,58	25,5
37	NES	0,958	3,84	38,5
41	დაუმუშავებელი	3,46	6,96	97,2
41	NEX	0,854	4,28	69,5
41	NES	0,614	5,84	12,0
41	2 NES	1,26	–	–
25	დაუმუშავებელი	3,58	9,67	46,8
25	NEX	0,973	4,57	29,2
25	NES	1,23	5,77	24,2
ლიკანი	დაუმუშავებელი	2,34	4,06	127,0
ლიკანი	NEX	0,641	1,83	48,6
ლიკანი	NES	0,780	2,72	97,6
ცერნტ. პარკი	დაუმუშავებელი	3,11	5,76	97,9
ცერნტ. პარკი	NEX	0,623	3,53	68,4
ცერნტ. პარკი	NES	0,996	4,50	49,1
დასაშვები დიაპაზონი		<1	<5	20 – 150

როგორც ცხრილების მონაცემებიდან ჩანს, ფილტრაციის შემდეგ კალციუმის რაოდენობრივი მაჩვენებელი ბურღილების მიხედვით ლამინარული რეჟიმის მერყეობს 28,2 მგ/ლ-დან 104 მგ/ლ-მდე, ხოლო ტურბულენტური რეჟიმის პირობებში 12,0 მგ/ლ-დან 97,6 მგ/ლ-მდე, რაც შეესაბამება „მინერალური წყლების ნორმატიული საფუძვლები ევროკავშირის 2003 წლის 16 მაისის 2003/40/ეკ“ დირექტივის მიხედვით ამ იონის ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას [4].

დადგინდა, რომ ბორჯომის ბუნებრივი მინერალური წყლის დებარირება-დეფტორირების ნანოფილტრაციული პროცესი უზრუნველყოფს მაღალხარისხოვანი, კრისტალურად გამჭვირვალე, სტერილური და ეკოლოგიურად სუფთა შენახვისადმი მდგრადი პროდუქციის მიღებას, ნალექის წარმონაქმნის გარეშე და კალციუმის რაოდენობა დაიყვანება ზღკ-მდე.

ლიტერატურა

1. გ. ბიბილეიშვილი. მოლეკულური და იონური სისტემების დებარირება-დეფტორირების ნანოქიმია, მემბრანული ნანოტექნოლოგიისა და ნანოსისტემების შექმნით. დისერტაცია თბილისი 2016 წ.
- 2.Amina Ramdani Nanofiltration Performance for Synthetic and Natural Water Defluorination: Application to South-Algeria Groundwater International Symposium on Materials and Sustainable Development SMSD 2017: Proceedings of the Third International Symposium on Materials and Sustainable Development pp 481-491
3. Garboś S, Swiecicka D. Determination of Barium in Natural Waters by ICP-OES Technique. Part II: Assessment of Human Exposure to Barium in Bottled Mineral and Spring Waters Produced in Poland. Rocznik Panstw Zakl Hig. 2011;62(1):27-32.PMID: 21735975 Polish
4. European Commission Directive of 16 May 2003 2003/40 / EC.

SUMMARY

INFLUENCE DEBARINATION-DEFLUORINATION OF BORJOMI MINERAL WATER ON CALCIUM

Bibileishvili G.V., Mamulashvili M.A. and Butchuzi T.G.

Engineering Institute of Membrane Technologies of Georgian Technical University

The article discusses debarination-defluorination of membrane nanofiltration of natural mineral waters "Borjomi" and under the influence of this process, reducing the amount of calcium to MPC.

Keywords: nanofiltration, mineral waters, concentration, ionic selection

ბორჯომის მინერალური წყლის დეპარტამენტი-დემონსტრაციის ბაზაზე ქლორზე

ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ბუთხუზი თ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

ბუნებრივი, მათ შორის მინერალური წყლების გაწმენდა, სტერილიზაცია, ქიმიური კომპონენტების ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციებამდე დაყვანა, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ადამიანის ჯამრთველობისათვის და უსაფრთხო კვების პროდუქტების მომზადებისთვის.

ბორჯომის მინერალური წყალი თავისი შედგენილობით უნიკალურია და მოიცავს ქიმიური კომპონენტების საკმაოდ დიდ დიაპაზონს. საანალიზო მინერალურ წყალში ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციაზე მეტი მნიშვნელობა გააჩნია მხოლოდ ფთორს, ბარიუმს და ზოგიერთი ჭაბურღილის მიხედვით ქლორს.

მინერალურ წყალში იონური სელექციისათვის, ნანოფილტრაციული პროცესი ტარდებოდა ბარომემბრანულ ლაბორატორიულ დანადგარზე NEX და NES მემბრანების გამოყენებით ლამინარული და ტურბულენტური რეჟიმის პირობებში. წყალში არსებული იონები განისაზღვრა იონომერზე H-160.1MII [1,2]. მომზადდა სათანადო საკალიბრო და ბუფერული ხსნარები [3]. ბორჯომის მინერალური წყლის დეპარტამენტი-დემონსტრაციისას, ბარიუმის, ფთორის და შესაბამისად ქლორის რაოდენობრივი მაჩვენებლები დაიყვანება ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციამდე „მინერალური წყლების ნორმატიული საფუძვლები ევროკავშირის 2003 წლის 16 მაისის 2003/40/ეკ“ დირექტივის მიხედვით [4]. ბორჯომის მინერალური წყალში ამ იონების რაოდენობა დამუშავებული და განსაზღვრული იქნა 37, 42, 25, ლიკანის და ცენტრალური პარკის ჭაბურღილების წყლებისთვის. ბორჯომის მინერალური წყლის ქიმიური კომპონენტების რაოდენობრივი მაჩვენებლები, როგორც ლამინარული ისე ტურბულენტური რეჟიმის პირობებში მოცემულია ცხრილში 1 და 2.

ცხრილი 1. ლამინარული რეჟიმის პირობებში საწყისი და დამუშავებული ბორჯომის მინერალური წყლის ქიმიური კომპონენტების რაოდენობრივი მაჩვენებლები

ბურღილი	ტექნოლოგია	Ba, მკ/ლ	F, მკ/ლ	Cl, მკ/ლ
37	დაუმუშავებელი	3,27	5,26	386,0
37	NEX	1,60	3,82	348,0
37	NES	1,05	4,11	359,0
41	დაუმუშავებელი	3,46	6,96	352,0
41	NEX	1,09	4,82	292,0
41	NES	0,937	6,52	349,0
41	2 NES	1,26	–	334,0
25	დაუმუშავებელი	3,58	9,67	372,0
25	NEX	1,11	5,10	328,0
25	NES	1,64	6,48	335,0
ლიკანი	დაუმუშავებელი	2,34	4,06	243,0
ლიკანი	NEX	0,738	2,26	206,0
ლიკანი	NES	0,833	2,95	199,0
ცერნტ. პარკი	დაუმუშავებელი	3,11	5,76	323,0
ცერნტ. პარკი	NEX	0,875	3,91	289,0
ცერნტ. პარკი	NES	1,16	4,69	291,0
დასაშვები დიაპაზონი		<1	<5	260 – 380

ცხრილი 2. ტურბულენტური რეჟიმის პირობებში საწყისი და დამუშავებული ბორჯომის მინერალური წყლის ქიმიური კომპონენტების რაოდენობრივი მაჩვენებლები

ბურღილი	ტექნოლოგია	Ba, მგ/ლ	F, მგ/ლ	Cl, მგ/ლ
37	დაუმუშავებელი	3,27	5,26	386,0
37	NEX	1,23	3,58	340,0
37	NES	0,958	3,84	347,0
41	დაუმუშავებელი	3,46	6,96	352,0
41	NEX	0,854	4,28	273,0
41	NES	0,614	5,84	318,0
41	2 NES	1,26	–	334,0
25	დაუმუშავებელი	3,58	9,67	372,0
25	NEX	0,973	4,57	305,0
25	NES	1,23	5,77	328,0
ლიკანი	დაუმუშავებელი	2,34	4,06	243,0
ლიკანი	NEX	0,641	1,83	199,0
ლიკანი	NES	0,780	2,72	194,0
ცერნტ. პარკი	დაუმუშავებელი	3,11	5,76	323,0
ცერნტ. პარკი	NEX	0,623	3,53	266,0
ცერნტ. პარკი	NES	0,996	4,50	285,0
დასაშვები დიაპაზონი		<1	<5	260 – 380

დადგინდა, რომ დებარირება-დეფტორირების შედეგად ქლორის კონცენტრაცია ბორჯომის მინერალურ წყლებში 386 მგ/ლ-დან დაყვანილია ზღუდე და ჭაბურღილების მიხედვით მერყეობს ზღვრებში – ლამინარული რეჟიმის პირობებში 199 მგ/ლ-დან 359 მგ/ლ-მდე, ხოლო ტურბულენტური რეჟიმის პირობებში 194 მგ/ლ-დან 347 მგ/ლ-მდე რაც შეესაბამება მინერალური წყლის საერთაშორისო სტანდარტს.

ლიტერატურა

1. ION-SELECTIVE ELECTRODES | Overview K. Štulík, in Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition), 2005 ON-SELECTIVE
2. თავხელიძე, ბიბილეიშვილი. ნანოსისტემების გამოყენების პერსპექტივა ბუნებრივი წყლებიდან ეკოლოგიურად სუფთა სასმელი წყლის მიღებაში. //საქართველოს ქიმიური ჟურნალი №11/4, 2011, გვ. 238-241.
3. ISO 92 97 -89 – Chlorine;
4. European Commission Directive of 16 May 2003 2003/40 / EC

SUMMARY

INFLUENCE DEBARINATION-DEFLUORINATION OF BORJOMI MINERAL WATER ON CHLORINE

Bibileishvili G.V., Mamulashvili M.A. and Butchuzi T.G.

Engineering Institute of Membrane Technologies of Georgian Technical University

After nanofiltration of mineral water "Borjomi" the amount of chlorine was determined. It was found that the process of debarination-defluorination of „Borjomi” mineral water provides chlorine reduction to MPC.

Keywords: membranes, debarination, defluorination, concentration, membrane electrodes.

მიკროფილტრაციული პროცესის კვლევა 0,75 – 60 NTU სიმღვრივის ბუნებრივ წყლებზე ასიმპტოტური წარმადობის დასადგენად

ბიბილეიშვილი გ.ვ., ყუფარაძე ლ.პ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

მიკროფილტრაციული პროცესის დროს ხვედრითი წარმადობების შესწავლის საკითხი დაკავშირებულია ჰიდროდინამიკური და მასათა გადაცემის პროცესებთან და ვინაიდან ჯერ-ჯერობით არ არსებობს მემბრანული მოდულების ერთიანი თეორიული გადაწყვეტები და მიღებულია კვლევის მხოლოდ ექსპერიმენტული გზა. ჩვენ ავირჩიეთ ლაბორატორიულ პირობებში სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების გაფართოება, მისი ოპტიმალური კონფიგურაციისა და რეჟიმების შესარჩევად. ერთ-ერთი საკითხთაგანია ბარომემბრანული ფილტრაციის პროცესებში მოდელური ხსნარების სხვადასხვა სიმღვრივესა და ხვედრითი წარმადობას შორის დამოკიდებულების შესწავლა და ექსპერიმენტული მრუდის დახმარებით ექსტრაპოლაციური მრუდის ანალიზური სახის დადგენა, რომელიც საშუალებას იძლევა სადაწნეო საკნის სიმაღლის ცვლილების პირობებში ხვედრითი წარმადობის მნიშვნელობების ეფექტური რეგულირებისა და შემდგომი პროგნოზირების.

ექსპერიმენტები ჩატარდა ლაბორატორიულ დანადგარზე, რომლის სადაწნეო საკანის მუშა კვანძის გეომეტრიული ზომები იყო სიგანე $B=9$ მმ; სიგრძე $L=30$ მმ; მემბრანის ფართობი $\omega=B \times L=270$ მმ²; წნევა საკანში $P=1$ ბარი და სიჩქარე $v=0,5$ მ/წმ მემბრანაზე 2მკმ. საწყისი სითხის ტემპერატურაა $T=20$ °C. საწყის სითხეებად გამოყენებული იყო ბუნებრივი წყლები სიმღვრივეებით – 0,75 NTU; . 9,95 NTU; 20,56 NTU; 40,9 NTU; 58,5 NTU

ექსპერიმენტული ხვედრითი წარმადობის მნიშვნელობები სხვადასხვა მუდმივი სიმღვრივის ბუნებრივ წყალზე, მიკროფილტრაციული პროცესით გაფილტვრის დროს

საწყისი სიმღვრივე NTU	სითხის ტემპერატ. T °C	წნევა საკანის (ბარ)		სითხის მოცულობა (მლ)				ხვედრითი წარმადობები დროის მიხედვით J (ლ/(სთ×მ ²))							
				ცდის დასაწყისში		ცდის ბოლოს		0,5 (სთ)	1,0 (სთ)	1,5 (სთ)	2,0 (სთ)	2,5 (სთ)	3,0 (სთ)	3,5 (სთ)	4,0 (სთ)
				V _{ფილ}	V ₃	V _{ფილ}	V ₃								
თ.ა. P ₁	ბოლ. P ₂	V _{ფილ}	V ₃	V _{ფილ}	V ₃	9	10	11	12	13	14	15	16		
0,75	20	1	0,2	28	800	2,4	-	2000	1288	933	700	533	533	533	533
9,95				30,5	303,5	2,35	670	1656	1111	800	622	525,2	525,2	525,2	525,2
20,56				12	225	2,2	575	1244	800	578	533	510	489	489	489
40				15	395	1,8	650	844	578	448	444	422	400	400	400
58,5				17	573	1,35	755	771	488	400	388	378	356	311	300

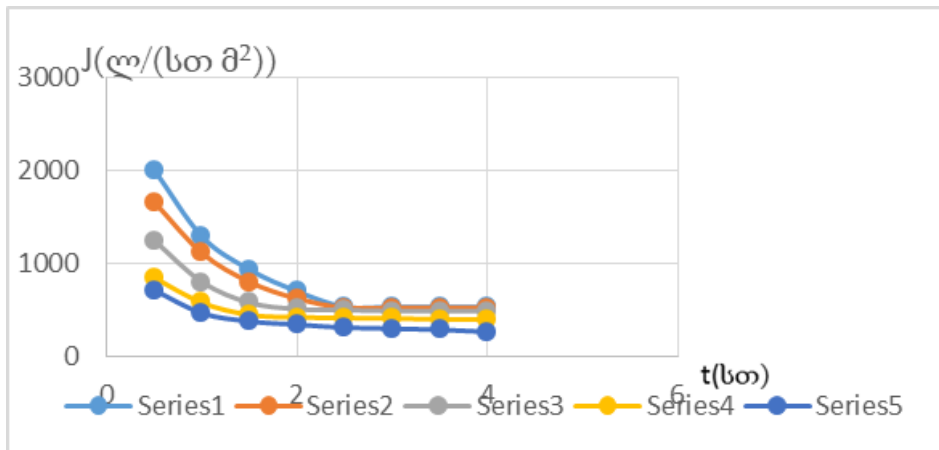
ცხრილის მონაცემების მიხედვით გარკვეული დროიდან დაწყებული ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობები მეორდება შემდეგი სიმღვრივეების წყლებისათვის:

- 1) 0,75 NTU - t = 2,5 სთ-დან J = 533 (ლ/(სთ×მ²));
- 2) 9,95 NTU - t = 2,5 სთ-დან J = 525,2(ლ/(სთ×მ²));

3) 20,56 NTU - $t = 3$ სთ-დან $J = 489$ (ლ/(სთ×მ²));

4) 40,9 NTU - $t = 3$ სთ-დან $J = 400$ (ლ/(სთ×მ²));

5) 58,5 NTU - ექსპერიმენტის მიმდინარეობის 4 საათის განმავლობაში ვერ მივიღეთ ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობების განმეორადობა, რაც მიგვანიშნებს იმაზე, რომ ამ შემთხვევაში ექსპერიმენტების ჩატარების დროის 4 საათიანი ხანგრძლივობა არ არის საკმარისი. განმეორადობების ამ მნიშვნელობებს ვუწოდოთ წარმადობების ასიმპტოტური მნიშვნელობები, რაც ნიშნავს, რომ იგი ერთი და იგივეა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.



ექსპერიმენტული წარმადობების ცვლილება დროის მიხედვით, სხვადასხვა სიმღვრივის დროს: Series 1 - 0,75 NTU ; Series 2 - 9,95 NTU; Series 3 - 20,56 NTU; Series 4 - 40,9 NTU; Series 5- 60, NTU.

როგორც დიაგრამიდან ჩანს, ხვედრითი წარმადობები ყველა სიმღვრივის შემთხვევაში განიცდიან საგრძნობელ ვარდნას 1,5 საათამდე, ხოლო დროის შემდგომ პერიოდში ნაკლებად, რაც მიგვითითებს იმაზე, რომ საწყის ეტაპზე გაყოფის პროცესის ნაწილაკები აქტიურად ავსებენ მემბრანის ფორებს, ხოლო შემდეგ პერიოდში უფრო ნაკლებად.

- რაც უფრო ნაკლებია საწყისი სითხის სიმღვრივე, მით უფრო მეტია მემბრანის ხვედრითი წარმადობა

ლიტერატურა

1. Christian R.Bouchard, Pierre J.Carreau, Takeshi Matsuura, S.Sourirajan. Modeling of ultrafiltration: Predictions of concentration polarization effects. Journal of Membrane Science, volume 97, 1994, pp 215-229.
2. Alexey Pervov, The influence of hydrodynamic factors, membrane surface properties and channel geometries on membrane performance and fouling mechanisms; MATEC Web of Conferences 86, 0 (2016) DOI: 10.1051/mateconf/20168603006 IPICSE-2016
3. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. -М. Химия, 1986, 272 с.
4. გ. ბიბილეიშვილი, ლ. ყუფარაძე, ზ. ჯავაშვილი, თ. ბუთხუზი. ბუნებრივ წყალზე მიკროფილტრაციით მიღებული ზოგიერი ექსპერიმენტული მონაცემთა ანალიზი. //საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტ.19, №1, 2019.

SUMMARY

INVESTIGATION OF MICROFILTRATION PROCESS TO DETERMINE THE ASYMPTOTIC SPECIFIC CAPACITY IN NATURAL WATERS WITH 0.75 - 60 NTU TURBIDITY

Bibileishvili G.V. and Kuparadze L.P.

Engineering Institute of Membrane Technologies of Georgian Technical University

In the article the results of microfiltration experiments performed on a laboratory unit on natural water of different turbidity evenly distributed in volume are discussed and studied. It was found that different turbidity of natural water causes changes in specific productivity.

Keywords: membrane, microfiltration, specific productivity; turbidity

მიკროფილტრაციული პროცესების დროს ხვედრითი წარმადობების კვლევა გუნებრივი წყლის მუდმივი და ცვალებადი სიმღვრივისას

ბიბილეიშვილი გ.გ., ყუფარაძე ლ.პ.

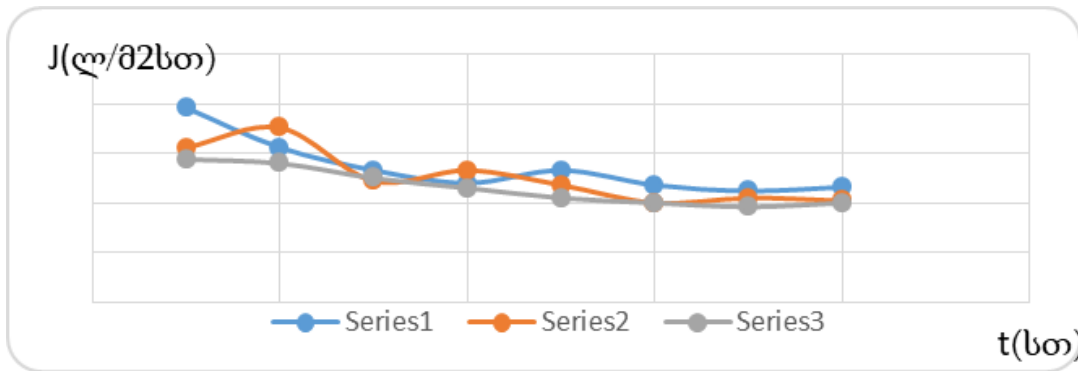
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

მოსახლეობის უზრუნველყოფა ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტებითა და სასმელი წყლით მჭიდროდ არის დაკავშირებული ახალ, თანამედროვე ტექნოლოგიების შემუშავებასა და დანერგვასთან. მაღალი ხარისხის სასმელი წყლის მისაღებად საჭიროა სტაბილურად მომუშავე, მაღალი წარმადობის მქონე მემბრანული დანადგარების შექმნა, რომლის განხორციელება შესაძლებელია მემბრანული აპარატის სათანადო კონსტრუქციით და ისეთი ჰიდროდინამიკური რეჟიმით, რომლის დროსაც მემბრანის ზედაპირზე არ წარმოიქმნება ფილტრაციული გაყოფის პროცესის შემაფერხებელი დანალექი [1-3]. ამ მიზნით კვლევები ჩატარდა მემბრანაზე 2მკმ, სადაწნო საკანში $P=1$ ბარი წნევისა $v=0,5$ მ/წმ სიჩქარის დროს. ექსპერიმენტებით მიღებული $V_{ფილ}$ მონაცემების ანათვლების დროის ინტერვალი იყო $\Delta t=1$ წთ. საკვლევი სითხის ტემპერატურაა $T=20$ °C, საწყისი სითხის სიმღვრივე. ფილტრატისა $V_{ფილ}$ ანათვლები იღებოდა ყოველ ნახევარ საათში. სადაწნო საკანის მუშა კვანძის გეომეტრიული ზომები იყო სიგანე $B=9$ მმ; სიგრძე $L=30$ მმ; მემბრანის ფართობი $\omega=B \times L=270$ მმ².

ექსპერიმენტული ხვედრითი წარმადობის მნიშვნელობები სხვადასხვა ცვლად და მუდმივ სიმღვრივიან კონცენტრატზე დროის მიხედვით

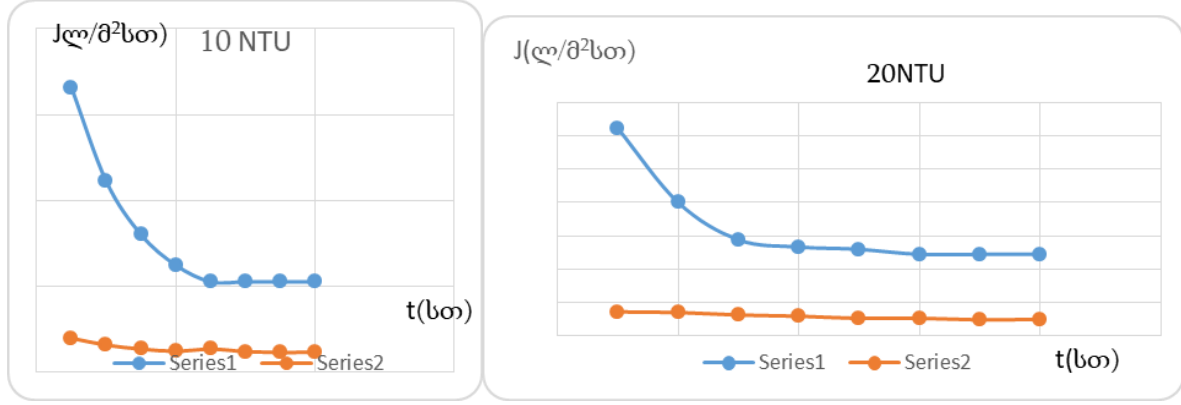
საწყისი სიმღვრივე NTU	სითხის ტემპერატ. T °C	წნევა საკანის (ბარ)		ფილტრაციული სითხის მოცულობა (მლ)		ხვედრითი წარმადობები დროის მიხედვით J (ლ/(სთ×მ ²))								
				ცდის დას.	ცდის ბოლოს	0 სთ	0,5 სთ	1,0 სთ	1,5 სთ	2,0 სთ	2,5 სთ	3,0 სთ	3,5 სთ	4,0 სთ
				$V_{ფილ}$	$V_{ფილ}$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
				ცვლადსიმღვრივიანი კონცენტრანტი										
5	20	1	0,6	10,5	048	2333	196	156	133	122	133	118	112	116
9,9				0,45	1911	156	176	122	133	118	100	105	99	
20				0,7	1422	156	176	122	133	118	100	105	99	
				მუდმივი სიმღვრივიანი კონცენტრანტი										
5				10,5		2333	-	-	-	-	-	-	-	-
9,9				9,9		1911	1656	1111	600	622	525,2	525,2	525,2	525,2
20				12		1422	1244	800	576	533	510	489	489	469

ცხრილი 1-ის მონაცემებიდან ჩანს ექსპერიმენტების დაწყების 1 წთ-ის განმავლობაში ცვლად და მუდმივ სიმღერივანი კონცენტრატებისათვის ხვედრითი წარმადობები ერთნაირია. ექსპერიმენტის დაწყებიდან ნახევარი საათისათვის კი უკვე დიდად განსხვავდებიან.



ნახ. 1. ხვედრითი წარმადობების დროისაგან დამოკიდებულება ცვლად სიმღერივანი კონცენტრატზე:
 Series1 - კონცენტრანტის სიმღერივე 5 NTU; Series2 – კონცენტრანტის სიმღერივე 9,9 NTU;
 Series 3 - კონცენტრანტის სიმღერივე 20 NTU;

ცდების მიმდინარეობის 2 საათის განმავლობაში ხვედრით წარმადობებს შედარებით დიდი ვარდნა გააჩნია, ვიდრე დროის შემდგომ პერიოდში და გრაფიკების მოხაზულობას აქვს თანდათანობითი კლების ტენდენცია. ხვედრითი წარმადობების განმეორებას ამ შემთხვევაში აღვილი არ აქვს.



ნახ.2. ხვედრითი წარმადობების დამოკიდებულება დროისაგან 10 NTU და 20 NTU სიმღერივის წყალზე:
 Series 1 - მუდმივი სიმღერივის კონცენტრანტზე; Series2 - ცვლადსიმღერივანი კონცენტრანტზე

როგორც ეს ნახ. 2-დან ჩანს, ექსპერიმენტის დაწყებიდან ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობები მუდმივი და ცვლადი სიმღერივის კონცენტრატებზე დიდად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ეს განსხვავება სიმღერივის უფრო დიდი მნიშვნელობების შემთხვევაში უფრო მეტია.

ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნა – ცვლად სიმღერივანი კონცენტრატის შემთხვევაში ხვედრით წარმადობებს ასიმტოტები არ გააჩნია.

ლიტერატურა

1. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы Теория и расчет. -М. Химия, 1986, 272 с.
2. Андрианов А. П., Первов А. Г. Методика определения параметров эксплуатации ультрафильтрационных систем очистки природных вод. МГСУ, ФГУП НИИВОДГЕО.
3. Ключников А.И. Научные основы интенсификации процессов микро и ультрафильтрации технологических жидкостей пищевых производств» докторская диссертация, Воронеж, 2016.

SUMMARY

STUDY OF SPECIFIC PERFORMANCE IN MICROFILTRATION PROCESSES WITH CONSTANT AND VARIABLE TURBIDITY OF NATURAL WATER

Bibileishvili G.V. and Kuparadze L.P.

Engineering institute of Membrane Technologies of Georgian Technical University

In the article the issue of specific capacity for different values of water turbidity for both constant and variable values during the microfiltration process is experimentally investigated. The study showed that specific performance has no asymptote in the case of variable water turbidity.

Keywords: membrane, microfiltration, specific productivity; turbidity.

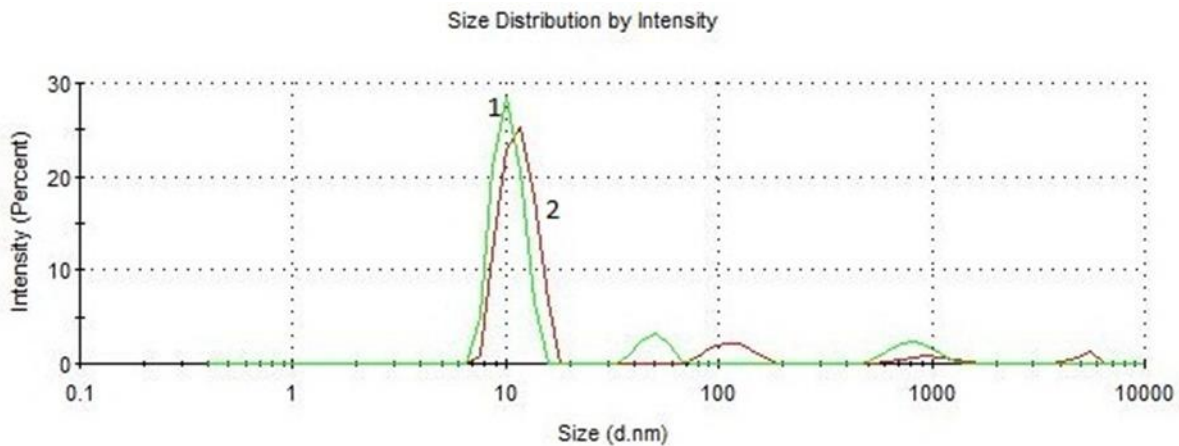
პოლისულფონის სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარების კვლევა
მიკროფილტრაციული მემბრანების მიღებისათვის

ბიბილეიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კაკაბაძე ე.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების
საინჟინრო ინსტიტუტი

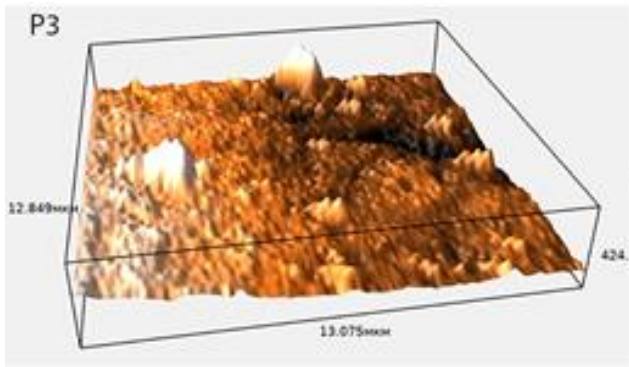
პოლისულფონების თვისებები: თერმოსტაბილურობა, დაჟანგვის და მჟავების მიმართ მდგრადობა, ელასტიურობა და მაღალ ტემპერატურაზე დაბალი დენადობა განაპირობებს მათ ფართოდ გამოყენებას მემბრანულ ტექნოლოგიაში.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ლაბორატორიულ პირობებში წყლის ახალი შემადგენლობის პოლისულფონის ფილტრაციული მემბრანების მიღება და გამოცდა [1]. პოლისულფონის 7%-დან 11%-მდე რაოდენობები თავსდებოდა 100 მლ-იან კოლბაში CaCl_2 -ის 5%-იან ხსნარში დიჰეთილაცეტამიდში და 55 °C-ზე გაცხელებით მაგნიტური სარევალათი მუდმივი მორევის პირობებში ტარდებოდა გახსნის პროცესი. ანალოგიურად მიღებულია პოლიეთილენგლიკოლიანი (პეგ ადებული იყო პოლიმერის მასის 25%) დასასხმელი ხსნარები. ხსნარები შესწავლილი იქნა სინათლის გაბნევის დინამიური მეთოდით Zetasizer Nano Zen 3690- Malvern Instruments-ზე. პოლიმერული კომპოზიციები წარმოადგენენ პოლიდისპერსიულ სისტემებს, რომელშიც ნაწილაკების ზომა დამოკიდებულია კონცენტრაციაზე. სხვადასხვა კონცენტრაციის მემბრანის დასასხმელ კომპოზიციებში განსაზღვრული ნაწილაკების ზომების მნიშვნელობები და დისპერსიულობის ინდექსი განსხვავებულია. პოლისულფონის კონცენტრაციის გაზრდით ხსნარის პოლიდისპერსიულობის ინდექსი იზრდება 0,2-დან 0,9-მდე, მაღალი ინტენსივობის ნაწილაკების ზომების მნიშვნელობები კი მცირდება 12,15 ნმ-დან 6,09 ნმ-მდე. სურათზე 1 მოცემულია სუფთა პოლისულფონის და პეგ-იანი პოლისულფონის ხსნარებში ნაწილაკების ზომების განაწილება ინტენსივობის მიხედვით.

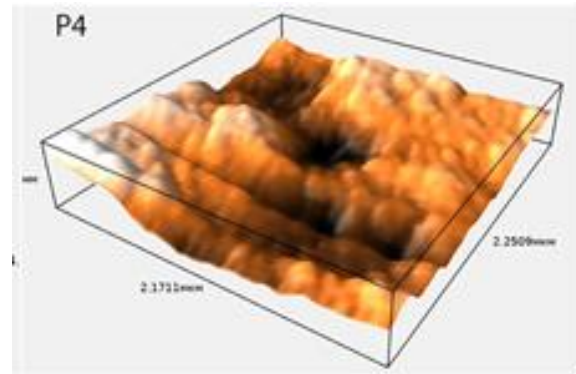


სურათი 1. პოლისულფონის (2) და პეგ-იანი სულფონის(1) ხსნარებში ნაწილაკების ზომების განაწილება ინტენსივობის მიხედვით

მასკანირებულ ზონდური მიკროსკოპით (SPM, Certus standart V) შესწავლილია სხვადასხვა კონცენტრაციის კომპოზიციებიდან გამოლექილი მემბრანული ნიმუშების მორფოლოგია. სურათზე 2 და 3 მოცემულია სუფთა პოლისულფონის 9%-იანი და პოლისულფონის 10% ხსნარზე პეგ-ის დამატებით მიღებული მემბრანების მიკროსურათები.



სურათი 2. პოლისულფონის 9%-იანი ხსნარიდან მიღებული მემბრანის მიკროსურათი



სურათი 3. პოლისულფონის 9%-იანი და პეგ-იანი კომპოზიციიდან მიღებული მემბრანის მიკროსურათი

სურათებიდან ჩანს, რომ მემბრანების ზედაპირების ტოპოგრაფიული გამოსახულებები განსხვავებულია. პეგ-ის შემცველ ნიმუშებში პოლისულფონის კონცენტრაციის ზრდის პირობებში ზედაპირის რელიეფი ერთგვაროვანი ფოროვანი სტრუქტურისაა, არ შეიმჩნევა დეფექტები და მიკროღრუები. რაც ნიშნავს იმას, რომ დასახსმელ ხსნარებში პეგ (400)-ის დამატებამ პოლიმერის მასის 25%-ის რაოდენობით პოლისულფონის კონცენტრაციის ზრდის პირობებში განაპირობა სტრუქტურული ცვლილებები პოლიმერულ კომპოზიციებში, მოახდინა მიკროგელური ნაწილაკების ზომების რეგულაცია მცირე ზომის ფორების წარმოქმნის მიმართულებით [2].

დადგენილია პოლიმერის კონცენტრაციის და პეგ-ის შემცველი პოლიმერული კომპოზიციების პოლიდისპერსობის ინდექსის, ნანონაწილაკების ზომის და განაწილების ცვლილებების გაყენა მიღებული მემბრანების მორფოლოგიაზე.

ლიტერატურა

1. José M. Garcia, Felix C. Garcia, Felipe Sema, and José L. de la Pena, Aromatic Polyamides (Aramids), Handbook of engineering and specialty thermoplastics, 6-181)0.1016/j.desal.2014.10.043.
2. M. A. Shannon, P. W. Bohn, J. G. Georgiadis, B. G. Marinas, A. M. Mayes, Science and technology for water purification in the coming decades, Natur452, 2008, pp. 301-310.

SUMMARY

RESEARCH OF POLYSULFONE SOLUTIONS OF DIFFERENT CONCENTRATIONS TO OBTAIN MICROFILTRATION MEMBRANES

Bibileishvili G.V., Gogeshashvili N.N. and Kakabadze E.G.

Engineering Institute of Membrane technology of Georgian Technical University

Research showed that with increasing polysulfone concentration and by supplementing PEG, such changes in polydispersity index, nanoparticle size and distribution occur, which in turn affect the surface morphology of the obtained membranes.

Keywords: concentration, polyethylene glycol, morphology, polysulfone.

პოლიმერის კონცენტრაციის და ორბანული დანამატების გავლენის კვლევა მიღებული მემბრანების ფორიანობასა და წარმადობაზე

ბიბილეთიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კაკაბაძე ე.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

მემბრანულ ტექნოლოგიაში გამოყენებული მასალების დიდი ნაწილი პოლიმერები. ასეთ პოლიმერებს განეკუთვნება პოლისულფონები, რომელთა ქიმიური თვისებები გაპირობებულია მათ მაკრომოლეკულებში პოლარული ჯგუფების არსებობით [1].

მემბრანების მოსამზადებლად გამოყენებული იყო ფაზური ინვერსიის სველი მეთოდი. პოლისულფონის გამსხნელებად შერჩეულია CaCl_2 -ის 3%-იანი ხსნარი დიმეთილაცეტამიდში. დამზადებულია, როგორც სუფთა პოლისულფონის 7%, 8%, 9% და 10%-იანი დასასხმელი პოლიმერული კომპოზიციები, ასევე პოლიეთილენგლიკოლიანი კომპოზიციები (პეგ პოლიმერის მასის 25%). გახსნის მონიტორინგი ხორციელდებოდა პოლარიზაციულ-ინტერფერენციული ოპტიკური მიკროსკოპის დახმარებით. მიღებული ხსნარები გაფილტვრის და ვაკუუმში დეაერაციის შემდეგ დაიტანებოდა ლაბორატორიულ ფილერზე მოთავსებულ მინის ფირფიტაზე. გამოლექვის პროცედურები ჩატარებულია გამოხდილი წყლის საკოაგულაციო აბაზანაში 60 °C-ზე. ნიმუშები ირეცხებოდა 60 °C-იანი წყლით ნსთ-ის განმავლობაში და ყოვნდებოდა გამრეცხ აბაზანაში წყალში ხსნადი ნივთიერებების მოსაიცილებლად.

სუფთა პოლისულფონის სხვადასხვა კონცენტრაციის და პეგ-ის შემცველი დასასხმელი ხსნარებიდან მიღებული მემბრანული ნიმუშები აღნიშნულია P₁, P₂, P₃, P₄, P₅, P₆, P₇, P₈ სიმბოლოებით. მემბრანების ფორის ზომის და წარმადობების მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში.

მიღებული მემბრანული ნიმუშების ფორის ზომის, ფორიანობის და წარმადობის მნიშვნელობები

პოლიმერული მემბრანები	ბუშტულაქის წერტილის წნევა, ბარი p	ფორის ზომა, D მკმ	მემბრანის ფორიანობა, %	მემბრანის წარმადობა ლ/მ ² სთ
P ₁	1	0,81	18 ± 2	1800
P ₂	1,36	0,59	20 ± 3	1640
P ₃	1,65	0,49	24 ± 1	1450
P ₄	1,92	0,42	29 ± 2	1320
P ₅	2,2	0,37	31 ± 3	1230
P ₆	2,35	0,34	42 ± 1	1120
P ₇	2,4	0,33	54 ± 4	1015
P ₈	2,6	0,31	70 ± 3	989

ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ პოლისულფონის კონცენტრაციის გაზრდით ხდება ფორის ზომის შემცირება. კერძოდ P₁ მემბრანის ფორის ზომა იყო 0,81 მკმ, ხოლო P₄ ნიმუშის ფორის ზომა გახდა 0,42 მკმ, შემცირდა თითქმის ორჯერ. შემდეგ PEG-ის დამატებით მიღებულ ნიმუშებში ისევ ხდება ფორის ზომის თანდათანობითი შემცირება და P₈ ნიმუშის ფორის ზომის მნიშვნელობა უტოლდება 0,31 მკმ. P₁ და P₈ ნიმუშების ფორის ზომის მნიშვნელობებს შორის განსხვავება 0,5 მკმ-ია. ფორის ზომის მნიშვნელობების შემცირებასთან ერთად მცირდება მემბრანების წარმადობა, მაგრამ უმჯობესდება მემბრანების ზედაპირის მორფოლოგია და ფორიანობა. პოლიეთილენგლიკოლის (400) დამატებით მიღებული მემბრანების წარმადობის შემცირება P₅, P₆, P₇ და P₈ ნიმუშებისათვის გაპირობებულია პეგ-ის უნარით [2] დასასხმელი ხსნარების სიბლანტის გაზრდით შეანელოს ფაზური ინვერსიის პროცესი, შეავიწროოს

და წარმოქმნას ახალი ფორები, ჩაახშოს მიკროდრუების წარმოქმნა და გაზარდოს მემბრანების ფორიანობა.

ემპირიული კვლევების შედეგად გამოვლენილია პირობები, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელი გახდა კონცენტრაციის ცვალებადობისა და პოლიეთილენგლიკოლის რაოდენობის რეგულირების ხარჯზე მიღებული მემბრანების მორფოლოგიის პროგნოზირება.

ლიტერატურა

1. Mohammad A.W., Teow Y.H., Ang W.L., Chung Y.T., Oatley-Radcliffe D.L., Hilal N. Nanofiltration membranes review: Recent advances and future prospects. *Desalination*, 2015; 356:226–254.
2. Yingnan Fend, Gang Han, Tai Shung Chung, Martin Weber, Natalia Widjojo, Christian Maletzko, Effects of polyethylene glycol on membrane formation and properties of hydrophilic sulfonated polyphenylenesulfone (sPPSU) membranes, *Journal of Membrane Science*, 1 June 2017, 27-35.

SUMMARY

INFLUENCE OF POLYMER CONCENTRATION AND ORGANIC ADDITIVES ON THE POROSITY AND PRODUCTIVITY OF THE MEMBRANES OBTAINED

Bibileishvili G.V., Gogesashvili N.N. and Kakabadze E.G.

Engineering Institute of Membrane technology of Georgian Technical University

The influence of the concentration of the polymer and organic additives of polyethylene glycol (PEG) on the characteristic parameters of polymer membranes obtained from polysulfone was studied. It was found that by increasing the polymer concentration, the porosity of the membranes increases, and the productivity decreases. The productivity and pore size were determined by laboratory equipment created at the Institute.

Keywords: Polysulfone, concentration, polyethylene glycol, productivity.

პოლიმერისა და არაორგანული მარილის შრობის ტემპერატურის გავლენის შესწავლა პოლიმერის ხსნალობაზე ოპტიკური მიკროსკოპიით

ბიბილეიშვილი გ.გ., ებანოიძე ლ.ო., ჯაგაშვილი ზ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

პოლიმერულ კომპოზიციაში პოლიდისპერსიული სისტემის ნაწილაკების განაწილება, რომელიც განაპირობებს მაღალი ფორიანობისა და ხვედრითი წარმადობის მქონე მემბრანების მიღებას დამოკიდებულია ხსნარის მომზადების პირობებსა და გახსნის ტემპერატურაზე. ხსნარის მომზადების პროცესში მნიშვნელოვანია პოლიმერული კომპოზიციის კომპონენტების შრობის პროცესები [1]. შესწავლილია სხვადასხვა ტემპერატურაზე გამშრალი კომპონენტების – პოლიმერისა და არაორგანული მარილის გაფლენა პოლიმერის გახსნის პროცესზე. 55°C ტემპერატურაზე დასასხმელი პოლიმერული კომპოზიციის მომზადების პროცესში ჩატარებულია პოლიმერის გახსნის პროცესის მონიტორინგი პოლარიზაციულ-ინტერფერენციული ოპტიკური მიკროსკოპით – Biolar (პოლონეთი), გადიდების დიაპაზონით 350 – 400 და მასზე დამონტაჟებული ციფრული კამერით [2-4]. განხორციელებულია პოლიმერის – პოლიეთერსულფონისა და არაორგანული მარილის – კალციუმის ქლორიდის შრობა თერმოსტატში (POL-EKO მოდელი ST) 60°C, 75°C, 90°C, 105°C, 120°C და 135°C ტემპერატურებზე (ცხრ. 1 და 2).

ცხრილი 1. პოლიეთერსულფონის წონა შრობის ტემპერატურის მიხედვით

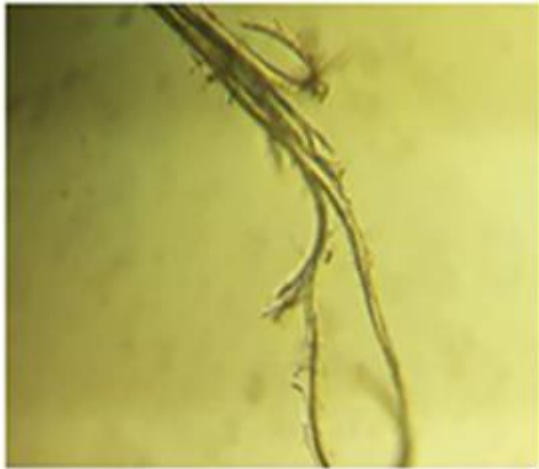
ნივთიერების დასახელება	შრობის ტემპერატურა, °C	ნიმუშის წონა, გ		
		შრობამდე	შრობის შემდეგ	წონის დანაკარგი
პოლიეთერსულფონი	60	0,550	0,517	0,035
	75	0,542	0,511	0,031
	90	0,511	0,508	0,003
	105	0,508	0,505	0,003
	120	0,505	0,505	0
	135	0,505	0,505	0

ცხრილი 2. კალციუმის ქლორიდის წონა შრობის ტემპერატურის მიხედვით

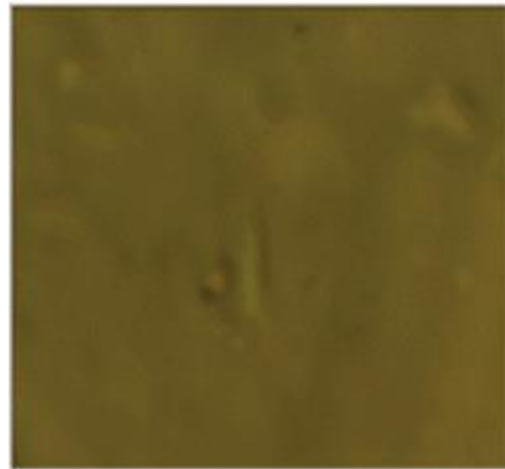
ნივთიერების დასახელება	შრობის ტემპერატურა, °C	ნიმუშის წონა, გ		
		შრობამდე	შრობის შემდეგ	წონის დანაკარგი
კალციუმის ქლორიდი	60	0,157	0,145	0,012
	75	0,141	0,128	0,013
	90	0,128	0,124	0,004
	105	0,124	0,121	0,003
	120	0,121	0,121	0
	135	0,121	0,121	0

60°C, 75°C, 90°C, 105°C, 120°C და 135°C ტემპერატურებზე გამშრალი პოლიმერული კომპოზიციის კომპონენტების გახსნა ხორციელდებოდა 5 გ/ლ კონცენტრაციის ხსნარში, სარეაქციო კოლბაში, 55°C ტემპერატურაზე. მაგნიტური სარეველათი მორევა გრძელდებოდა პოლიმერული კომპოზიციის გამჭვირვალე ხსნარის მიღებამდე. გახსნის პროცესზე დაკვირვება ხდებოდა მიკროგრაფიული გამოსახულებების მიხედვით. კონტროლი გრძელდებოდა პოლიმერული კომპოზიციის თხევად მასაში პოლიმერის ძაფისებური ან ნემსისებური ჩანართების, მყარი ნაწილაკების სრულ გაქრობამდე.

(სურათი ა და ბ). 135°C ტემპერატურაზე გამშრალი კომპონენტების შემცველი პოლიმერული კომპოზიციის მიკროგრაფიულ სურათზე არ ჩანს მიკროგელური ნაწილაკები (სურათი 1, ბ), რაც მიუთითებს ხსნარის ერთგვაროვნებზე.



ა



ბ

პოლარიზაციულ-ინტერფერენციული ოპტიკური მიკროსკოპის მიკროგრაფიული გამო-
სახულებები: მიღებული (ა) 60 °C და (ბ) 105 °C ტემპერატურაზე გამშრალი კომპონენტებით
მომზადებული კომპოზიციიდან

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ პოლიმერისა და კალციუმის ქლორიდის შრობის ტემპერატურის ცვლილებით შესაძლებელია პოლიმერულ მასაში ნაწილაკების ზომის ისეთი განაწილების რეგულირება, რაც განაპირობებს მაღალი ფორიანობისა და ხვედრითი წარმადობის მქონე მემბრანების მიღებას.

ლიტერატურა

1. Wu, B.Zhao, Y.; Wu, H.M.; Wang, M.; Chen, J.F.; Ding, Y. Using molecular simulation to predict the mechanical properties of linear aromatic polyamides. //J. Univ. South China 2014, 4, pp.86–90. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZNGB201404018.htm
2. Zhao, H.F., Zhang, M.Y., Lu, J.B. Configuration of PMIA-pulp and its effect on aramid paper. China Pulp Pap. 2010, 29, 1–5. https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZGZZ201002006.htm
3. Jain, A., Vijayan, K. Thermally induced structural changes in nomex fibres. Bull. Mater. Sci. 2002, 25, pp. 341–346. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02704129>
4. J. Chil. Chem. Soc. ANDRÉ M. STRIEGEL* ADVANCES IN THE UNDERSTANDING OF THE DISSOLUTION MECHANISM OF CELLULOSE IN DMAc/LiCl; Journal of Chilean Chemical Society, v.48 n.1 2003 https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-97072003000100013

SUMMARY

STUDY OF THE EFFECT OF THE DRYING TEMPERATURE OF THE POLYMER AND INORGANIC SALT ON THE SOLUBILITY OF POLYMERS USING OPTICAL MICROSCOPY

Bibileishvili G.V., Ebanoidze L.O. and Javashvili Z.D.

Engineering Institute of Membrane Technology, Georgian Technical University

Influence of drying temperature of polymer and inorganic salt on degree of dissolution of polymeric membrane compositions and on specific productivity of membranes obtained on the basis of polyethersulfone has been studied. It was established that by changing the drying temperature of the polymer and inorganic salt it is possible to obtain such a distribution of particle sizes in the polymer mass, which determines the production of membranes with high porosity and specific productivity.

Keywords: polymeric membrane, polymer, calcium chloride, inorganic salt, specific output.

არარეგულარული მარილის გავლენის შესწავლა პოლიმერის ხსნადობაზე სინათლის დინამიური გაზომვის მეთოდით

ბიბილეიშვილი გ.გ., ებანოიძე ლ.ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

პოლიმერულ კომპოზიციაში პოლიდისპერსიული სისტემის ნაწილაკების ხარისხობრივი დაშლა მემბრანის ფორმის წარმოქმნისათვის საჭირო ფართობის რეგულირებისა და მემბრანული აპკის ხვედრითი წარმადობის პროგნოზირების საშუალებას იძლევა. პოლიმერის მასაში ნაწილაკების დაშლა დამოკიდებულია ხსნარის მომზადების პირობებსა და გახსნის ტემპერატურაზე. ხსნარის მომზადების პროცესში მნიშვნელოვანია პოლიმერული კომპოზიციის კომპონენტების შრობის პროცესები მაღალი წარმადობის მქონე მემბრანების მისაღებად [1]. შესწავლილია სხვადასხვა ტემპერატურაზე გამშრალი კომპონენტის – არარეგულარული მარილის გავლენა პოლიმერის ხსნადობის პროცესზე. ჩატარებულია პოლიმერის გახსნის პროცესის მონიტორინგი ანალიზატორზე Zetasizer Nano Zen 3690. განხორციელებულია არარეგულარული მარილის – კალციუმის ქლორიდის შრობა თერმოსტატში (POL-EKO მოდელი ST) 60°C, 75°C, 90°C, 105°C, 120°C და 135°C ტემპერატურებზე (ცხრილი 1).

ცხრილი 1. კალციუმის ქლორიდის წონა შრობის ტემპერატურის მიხედვით

ნივთიერების დასახელება	შრობის ტემპერატურა, °C	ნიმუშის წონა, გ		
		შრობამდე	შრობის შემდეგ	წონის დანაკარგი
კალციუმის ქლორიდი	60	0,157	0,145	0,012
	75	0,141	0,128	0,013
	90	0,128	0,124	0,004
	105	0,124	0,121	0,003
	120	0,121	0,121	0
	135	0,121	0,121	0

60°C, 75°C, 90°C, 105°C, 120°C და 135°C ტემპერატურებზე გამშრალი კალციუმის ქლორიდის შემცველ პოლიმერულ ხსნარებში, კონცენტრაციით 5 გ/ლ, განსაზღვრულია პოლიმერის ზომა და პოლიდისპერსიულობის ხარისხი სინათლის დინამიური გაზომვის მეთოდით [2-4]. პოლიმერების ზომები და ამ ხსნარიდან დამზადებული მემბრანების ხვედრითი წარმადობები წარმოდგენილია ცხრილში 2.

ცხრ. 2-ში წარმოდგენილი მონაცემების მიხედვით 135 °C ტემპერატურამდე გამშრალი კალციუმის ქლორიდი განაპირობებს პოლიმერულ მასაში ჯერადად განსხვავებული ზომის ნაწილაკების მიღებას გახსნის ზღვრული მაჩვენებლით 11 ნმ და მემბრანის მაღალ ხვედრით წარმადობას – 4600 ლ/მ²სთ-ს.

ცხრილი 2. 60 °C, 75 °C, 90 °C, 105 °C, 120 °C და 135 °C ტემპერატურებზე გამშრალი კალციუმის ქლორიდის შემცველი პოლიმერული კომპოზიციების ნაწილაკების ზომები, პოლიდისპერსიულობის ინდექსი და მიღებული მემბრანების ხვედრითი წარმადობები

№	ნიმუშის დასახელება	პიკი 1, ნმ	%	პიკი 2, ნმ	%	პიკი 3, ნმ	%	Ksps	PDI	Z-Ave	ხვედრითი წარმადობა, J, ლ/მ ² .სთ
1	60 °C გამშრალი პოლიმერის და LiCl-ის პოლიმერული ხსნარი (5 გ/ლ)	9,549	47,2%	74,07	6,6%	1045	46,2%	53.3	0,987	619,1	1200
2		8,710	49,4%	20,79	7,5%	955,4	40,4%	53.9	1,00	821,9	
3		9,065	45,9%	54,76	6,2%	1102	47,9%	52.8	1,00	667,5	
1	75 °C გამშრალი პოლიმერის და LiCl-ის პოლიმერული ხსნარი (5 გ/ლ)	8,879	47,0%	20,67	9,1%	888,1	43,9%	49.4	1,00	648,7	1877
2		6,297	16,6%	10,74	37,8%	995,4	41,0%	46.2	0,826	626,0	
3		6,449	13,3%	11,17	37,2%	1279	46,0%	45.1	0,882	544,5	
1	90 °C გამშრალი პოლიმერის და LiCl-ის პოლიმერული ხსნარი (5 გ/ლ)	7,453	42,3%	19,25	15,9%	1048	41,8%	41.2	0,889	415,3	2188
2		8,458	48,9%	28,44	9,1%	1104	42,0%	39.5	0,821	493,8	
3		8,785	48,5%	30,65	6,9%	1027	44,6%	41.5	0,839	636,3	
1	105 °C გამშრალი პოლიმერის და LiCl-ის პოლიმერული ხსნარი (5 გ/ლ)	9,908	82,9%	49,62	8,7%	694,3	8,5%	18,3	0,210	16,95	2510
2		9,773	83,4%	76,36	8,0%	959,2	8,6%	18,0	0,228	15,33	
3		10,05	84,3%	41,42	9,1%	515,8	6,8%	17,9	0,153	28,59	
1	120 °C გამშრალი პოლიმერის და LiCl-ის პოლიმერული ხსნარი (5 გ/ლ)	9,076	41,1	536,8	39,7	18,10	19,3	54,5	0,978	759,0	3800
2		615,1	42,0	8,862	39,7	18,06	18,3	50,8	0,856	656,1	
3		1079	51,0	11,76	49,0	0	0	46,6	0,727	436,0	
1	135 °C გამშრალი პოლიმერის და LiCl-ის პოლიმერული ხსნარი (5 გ/ლ)	13,21	95,3	582,9	2,9	5183	1,8	20,4	0,257	12,07	4600
2		11,68	93,4	208,3	6,6	0	0	20,4	0,232	13,56	
3		11,36	89,8	61,22	7,2	547,7	3,0	19,9	0,286	12,87	

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ კალციუმის ქლორიდის შრობის ტემპერატურის ცვლილებით შესაძლებელია პოლიმერულ მასაში უმცირესი ნაწილაკის ზომების ზღვრული მანქვებლების და ფორების წარმოქმნისათვის საჭირო ფართობის რეგულირება, რაც იწვევს მემბრანული აფკის ხვედრითი წარმადობის ზრდას.

ლიტერატურა

1. Michael Kaszuba, David McKnight, Malcolm T. Connah, Fraser K. McNeil-Watson & Ulf Nobbmann Measuring sub nanometre sizes using dynamic light scattering. *Journal of Nanoparticle Research*, v. 10, p.823–829, (2008). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-007-9317-4>
2. K.G.Kulikov, T.Koshlan. Measurement of sizes of colloid particles using dynamic light scattering. *Technical and Mathematical Physics*, 60(12):1758-1764, 2015; <https://link.springer.com/article/10.1134/S1063784215120099>
3. Ali Reza Kamali, Derek J. Fray, Carsten Schwandt. Thermokinetic characteristics of lithium chloride. // *Journal of Thermal Analysis and Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2011, v.104, pp. 619-626. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-010-1045-9?shared-article-renderer>
4. Wu, B.Zhao, Y.; Wu, H.M.; Wang, M.; Chen, J.F.; Ding, Y. Using molecular simulation to predict the mechanical properties of linear aromatic polyamides. // *J. Univ. South China*, 2014, pp. 86-90. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-ZNGB201404018.htm

SUMMARY

STUDY OF THE INFLUENCE OF INORGANIC SALT ON THE SOLUBILITY OF POLYMERS BY DYNAMIC LIGHT SCATTERING METHOD

Bibileishvili G.V., Ebanoidze L.O.

Engineering Institute of Membrane Technology, Georgian Technical University

Influence of temperature of drying of inorganic salt on degree of dissolution of polymeric compositions and on specific productivity of membranes received on the basis of polyethersulfone has been studied. It was established that the change in temperature of inorganic salt drying provided the decomposition of particles to the smallest size in the polymer mass and identification of their limit values, which makes possible to adjust the area required for the appearance of membrane pores and predict the specific productivity of the membrane film.

Keywords: polymeric membrane, polymer, calcium chloride, inorganic salt, specific output.



ნოდარ ჩიგოგიძე დაიბადა 1950 წლის 30 მაისს ქ. თბილისში. 1967 წელს ოქროს მედალზე დაამთავრა თბილისის 63-ე საშუალო სკოლა. 1972 წელს საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ქიმიური ტექნოლოგიის ფაკულტეტი.

ნ. ჩიგოგიძის სამეცნიერო-კვლევით საქმიანობაში განსაკუთრებული ადგილი უკავია ვირუსული რეპროდუქციების პოტენციურ ინჰიბიტორებსა და ინტერფერონის ინდუქტორებს. მის მიერ სინთეზირებულია 189 ქიმიური ნაერთი.

2009 წელს დაიცვა სადოქტორო დისერტაცია.

2010 წლიდან არის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა კვლევის სამეცნიერო ცენტრის ხელმძღვანელის მოადგილე სამეცნიერო-ტექნიკურ დარგში.

ნ. ჩიგოგიძე არის საქართველოს საინჟინრო, სამხედრო-სამედიცინო, ეროვნულ და სოციალურ ურთიერთობათა, ფაზისის საერო, გიგა ლორთქიფანიძის სახელობის თეატრის, კინოს, მეცნიერებისა და საზოგადო მოღვაწეთა აკადემიების აკადემიკოსი,

2009 წლიდან მუშაობს ავთვისებიანი სიმსივნეების მეტასტაზირების პრობლემის გადასაჭრელად.

2020 წელს ტაო-კლარჯეთის სამეცნიერო აკადემიის მიერ დაჯილდოვდა ოქროს მედლით კიბოს საწინააღმდეგო, პირველი ქართული პრეპარატის გამოგონებისათვის.

ბატონმა ნოდარმა დიდი ღვაწლი დასდო საქართველოში ქიმიური მრეწველობის წინსვლისა განვითარების საქმეს. არის 150-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომის, მონოგრაფიების, სახელმძღვანელოების ავტორი, მიღებული აქვს 12 საავტორო მოწმობა გამოგონებაზე, აგრეთვე რაზიონალიზატორული წინადადებები და ორი დანერგვის აქტი.

მან თავისი შრომით გაამდიდრა ბიოორგანული ნაერთების ქიმიის თეორია, პრაქტიკული წვლილი შეიტანა სამეურნეო პრეპარატების წარმოების ტექნოლოგიური რეგლამენტის შემუშავებაში, აგრეთვე სამშენებლო მასალებისა და მინერალური სასუქების ადგილობრივი სტანდარტებისა და ახალი საკვები პროდუქტების, სასმელების შექმნაში.

ვულოცავთ ბატონ ნოდარს საიუბილეო თარიღს, ვუსურვებთ ჯანმრთელობას, ნაყოფიერ მეცნიერულ-პედაგოგიურ მოღვაწეობას და შემოქმედებით წარმატებებს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს საინჟინრო აკადემია
ჟურნალ Georgian Engineering News-ის რედაქცია

OUR AUTHORS (2020)

A

Abelashvili N. – 2020,2.
 Abzianidze N.E. – 2020,1.
 Aftsiauri L.G. – 2020,1.
 Alania D.L. – 2020,1.
 Ananiashvili Kh.O. – 2020,2.
 Avalishvili Z.A. – 2020,1.

B

Baliashvili G.I. – 2020,2.
 Bal-Prylypko L.V. – 2020,1.
 Bashar M. Ameen Abdullah Al-imam –
 2020,1;2.
 Beridze J.L. – 2020,1.
 Bezhanov F.Kh. – 2020,2.
 Bezhuashvili Yu.A. – 2020,1.
 Bibileishvil G.V.– 2020,2(10) .
 Bibileishvili D.V. – 2020,1;2.
 Bregadze M.A. – 2020,1.
 Buadze T.G. – 2020,2.
 Buishvili G.T. – 2020,2.
 Butchuzi T.G.– 2020,2(2).

C

Chigogidze E.N. – 2020,2.
 Chigogidze N.Sh. – 2020,1;2.
 Chincharauli J.I. – 2020,1.
 Chkhaidze M.T. – 2020,1.
 Chkhartishvili N.N. – 2020,1.
 Chokhanelidze G.I. – 2020,1.

D

Dadianidze G.A. – 2020,1.
 Demetrashvili M.A. – 2020,2(2).
 Dochviri B.M. – 2020,1.
 Dolaberidze N.M. – 2020,2.
 Dzidzishvili I.G. – 2020,1.
 Dzirkvelishvili N.D. – 2020,1(2).
 Dzneladze S.J. – 2020,1;2.

E

Ebanoidze L.O. – 2020,2(2).
 Ebelashvili N.V – 2020,2

G

Gagolishvili M.Sh. – 2020,2.
 Gagoshidze G.A. – 2020,1(2).
 Garmash A.M. – 2020,1.
 Geguchadze A.Ch. – 2020,1.
 Ghlighvashvili V.A. – 2020,2.
 Gigineishvili A.A. – 2020,2(2).
 Giorgadze N.V. – 2020,1.
 Giorgadze V.A. – 2020,2.
 Gogesashvili N.N– 2020,2(2).
 Gogokhia S.Sh. – 2020,1.
 Gordeziani G.A. – 2020,1.
 Gorgidze D.A – 2020,1;2
 Gulua N.G. – 2020,2.
 Gurgenidze D.R. – 2020,1.
 Gvazava S.G. – 2020,1.

I

Iremashvili D.J. – 2020,1.

J

Javashvili Z.D.– 2020,2(3).
 Javshanashvili N.B. – 2020,2.
 Jishkariani T.S. – 2020,2.

K

Kachakhidze I.S. – 2020,1.
 Kachakhidze N.D. – 2020,1.
 Kakabadze E.G.– 2020,2(2).
 Kakhidze N.A. – 2020,1.
 Kalandadze I.G. – 2020,2.
 Kanchaveli Sh.S. – 2020,1(2).
 Kapanadze I.G. – 2020,1;2.
 Kekelidze I.A. – 2020,2.
 Kenzhebayeva Zh.E. – 2020,2.
 Kevkhashvili N.A. – 2020,2.
 Kezherashvili M.G.– 2020,2(2).
 Kharashvili M.G. – 2020,2.
 Khidasheli N.Z. – 2020,1.
 Khutsishvili B.T. – 2020,2.
 Khutsishvili L.S. – 2020,2.
 Khutsishvili M.G. – 2020,1.
 Khutsishvili S.A. – 2020,2.
 Kiladze M.T. – 2020,1.
 Kipshidze D.G. – 2020,1.
 Kotrikadze K.O. – 2020,1.
 Kuparadze L.P.– 2020,2(2).

Kutsiava N.A. – 2020,2
 Kvartskava G.R. – 2020,1(2); 2(2).
 Kvartskava L.G. – 2020,2.
 Kvernadze M.S. – 2020,1.
 Kvernadze S.A. – 2020,1.
 Kvirkvelia Sh.V. – 2020,1.

L

Labartkava N.A. – 2020,1.
 Loladze N.T. – 2020,1.
 Lomsadze Kh.A. – 2020,2(2).

M

Machaladze T.E. – 2020,1.
 Maglakelidze K.D. – 2020,1.
 Makhashvili K.A. – 2020,1.
 Mamulashvili M.A. – 2020,2(2).
 Maspindzelashvili B.I. – 2020,1(2).
 Merebashvili G.M. – 2020,2.
 Meskhishvili M.M. – 2020,1;2.
 Metskhvarishvili M. – 2020,2.
 Mirdzveli N.A. – 2020,2.
 Mkheidze O.R. – 2020,1.
 Mukhashavria S.E. – 2020,2.
 Museridze R.R. – 2020,2(2).

N

Nadiradze I.Sh. – 2020,1;2.
 Nozadze D.A. – 2020,1.

O

Ormotsadze N.Sh. – 2020,1;2.
 Otkhozoria N.K. – 2020,2.

P

Pachulia Z.V. – 2020,1.
 Papava K.G. – 2020,1.
 Papidze Z.A. – 2020,1.
 Pavliashvili K.M. – 2020,1.

R

Robakidze N.Z. – 2020,1.
 Rostiashvili N.R. – 2020,1.

S

Samadashvili M.E. – 2020,1.

Samkharadze M.G. – 2020,1.
 Saralidze B.R. – 2020,1.
 Sarjveladze N.V. – 2020,2.
 Sharashenidze J.A. – 2020,1.
 Shatirishvili I.Sh. – 2020,1.
 Shatirishvili Sh.I. – 2020,1.
 Shildelashvili I.I. – 2020,2.
 Siradze M.G. – 2020,1;2.
 Skhvitaridze K.M. – 2020,2.
 Sordia E.K. – 2020, 1;2(2).
 Supatashvili G.D. – 2020,1.
 Svanidze R.G. – 2020,1(2).

T

Tabatadze L.V. – 2020,1.
 Tabidze R.G. – 2020,1.
 Takaishvili N.V. – 2020,1.
 Tavadze G.F. – 2020,1.
 Tevzadze D.M. – 2020,2(2).
 Tkemaladze G.Sh. – 2020,1;2.
 Tkemaladze L.V. – 2020,2.
 Tserodze M.P. – 2020,1.
 Tsetsadze N.R. – 2020,2.
 Tsiklauri M.O. – 2020,1.
 Tsiklauri V.Z. – 2020,2.
 Tsintsadze I.Sh. – 2020,1.
 Tsvitsirvadze T.I. – 2020,1,2(2).
 Tsvitsivadze V.P. – 2020, 1;2.
 Tsitsishvili V.G. – 2020,2.

U

Uturashvili E.A. – 2020,2.

Z

Zhghenti T.G. – 2020,2.
 Zivzivadze B.L. – 2020,1.
 Zivzivadze O.V. – 2020,1.