

საქართველოს
საინჟინრო
სიხსლენი

სსს

1'17

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

GEN

ISSN 1512-0287

საქართველოს
საინჟინრო
სიახლანი

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

No.1 (vol. 81), 2017

GEORGIAN ENGINEERING NEWS, No. 1, 2017

International Engineering Academy Georgian Engineering Academy

Editor-in-Chief: Mindia Salukvadze

EDITORIAL BOARD

Demur Chomakhidze	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Romualdas Ginevičius	<i>Vilnius, Lithuania</i>
Guram Javakhadze	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Oleg Namicheishvili	<i>Tbilisi, Georgia</i>
Peter Bielik	<i>Nitra, Slovakia</i>	Dmitry Novikov	<i>Moscow, Russia</i>
Ivan Gorgidze	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Archil Prangishvili	<i>Tbilisi, Georgia</i>
Boris Gusev	<i>Moscow, Russia</i>	Rolf D. Shraft	<i>Stuttgart, Germany</i>
Paata Kervalishvili	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Irakli Zhordania	<i>Tbilisi, Georgia</i>
Vladimir Kekelidze	<i>Dubna, Russia</i>		

EDITORIAL STAFF:

David Gorgidze, Alexander Dolidze, Leila Kobelashvili
and Ketevan Makhashvili

NGO Georgian Engineering News (GEN) LTD

Address: TECHINFORMI Tbilisi 0179, Kostava 47

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

შინაარსი - СОДЕРЖАНИЕ

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДВУМЕРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОДИФУЗИИ <i>Безугуашвили Ю.А.</i>	5
მათემატიკური ფიზიკის რთული სასახლეო ამოცანების ამოხსნა სამცვლადიანი განტოლებებით <i>ნატროშვილი თ.გ., რობიტაშვილი ა.გ., ბერიანიძე თ.ო.</i>	10
გამოსახულების წარმოდგენისა და დამუშავების პერსპექტივები ოპტიკურ-ელექტრონული მეთოდებით და გამოთვლადი საშუალებებით <i>ნატროშვილი თ.გ., რობიტაშვილი ა.გ., ბერიანიძე თ.ო.</i>	14
ალგორითმული ენის Python-ი მიმოხილვა <i>კამკამიძე კ.ნ., რაზმაძე დ.გ.</i>	17
პრობამირების ენა PYTHON-ის გამოყენება ბიოინფორმატიკაში <i>კამკამიძე კ.ნ., რაზმაძე დ.გ.</i>	21
კომპიუტერული ტექნოლოგიების როლი ბანათლებაში <i>ხართიშვილი მ.პ., ეპიტაშვილი ი.ზ.</i>	24
UNCERTAINTY OF PROJECT RISKS AND THE POSSIBILITY OF REDUCING IT BY USING THE ENTROPY <i>Magrakvelidze D.G.</i>	26
OPTTIMAL MANAGEMENT OF TASK TRANSFORMATION <i>Kadagishvili L.G.</i>	32
თბილისის რეგიონის ქვიშაქვების და არბილითების კორელაციური დამოკიდებულება ერთდროს კუთხეზე სიმტკიცის ზღვრის, სიმკვრივის და დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობებს შორის <i>ბალიაშვილი გ.ი., სარჯველაძე ნ.გ., ტყემალაძე დ.გ., რუხაძე თ.ა., ჯღამაია ვ.თ.</i>	35
გეოლოგიის დარღვევადგობაზე გამოცდის მეთოდის კვლევა-გაუმჯობესება <i>ბალიაშვილი გ.ი., ბეჟანოვი ფ.ხ., სარჯველაძე ნ.გ., გოცაძე ბ.ზ.</i>	38
მონოლითური რკინაბეტონის ბრუნტულანკებრივი საყრდენი კედლები <i>ბაქანიძე შ.ტ., ზამბახიძე ლ.ი.</i>	43
ტრადიციული საყრდენი კედლების კონსტრუქციული გადაწყვეტები <i>ბაქანიძე შ.ტ., ზამბახიძე ლ.ი.</i>	48
საქართველოს ბანასახლების სისტემა მოდერნიზაციის მოლოდინში <i>გვერცაძე ნ.ა., ჩხეიძე ნ.ა.</i>	52
შენიშვნის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის ალტრცხვის მართვისა და მონიტორინგის მაღალენერჯოვით სისტემის დამუშავება <i>კახიანი კ.დ.</i>	60
საქართველო და ევროპის ენერგეტიკული ბაზრის ინტეგრაცია-გზა ქვეყნის ენერგოუსაფრთხოებისაკენ <i>ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ.ო., ფანცხავა, ე.გ. პაპავა ლ.პ., ჯიხუაძე მ.ჯ., მჭედლიძე, ქ.გ. რაზმაძე მ.დ.</i>	64
УЧЕТ СКАЧКООБРАЗНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ И ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ ПРИ РАСЧЕТЕ БАЛОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ <i>Вачарадзе В.В.</i>	68
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОЙ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ПРИРОДЫ <i>Дадუაიшвили С.А.</i>	72
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ПЛАЗМОТРОНА В СРЕДЕ ПЕРЕГРЕТОГО ВОДЯНОГО ПАРА ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ <i>Сабашвили З.В., Лолаძე Т.О., Метრელი-Мандარია А.Б., Кенчиашвили Н.А.</i>	76
MAGNETIC NANOCUSTER DOPED CARBON NANOPARTICLE SYNTHESIS AND STUDY OF SELF-HEALING AND SELF-ASSEMBLY PROCESSES IN POLYMER NANOCOMPOSITES ON THEIR BASIS <i>Gavasheli T.A., Gegechkori T.O., Mamniashvili G.I., Gventsadze D.I. and Rukhadze L.N.</i>	78
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭНЕРГИИ ПЕРЕХОДОВ В ВЫСОКОЗАРЯДНЫХ ИОНАХ <i>Цирекидзе М.А., Бжალავა Т.Н., Шенгелия М.А.</i>	87

სწავლული ზედაპირების რადიუსის გაზომვის ზოგიერთი მქანნიკური მეთოდის
 გამოყენება ოპტიკური ნაკეთობების წარმოების კონტროლისათვის
ზარდიაშვილი დ.გ., დოლიძე ს.გ., შალამბერიძე დ.მ., კორძაძის ი.ი., ავალიანი ი.მ 90

ჰელიოგრაფიის სარკის მერტივალი ბადაბიგობის მქანნიკის ელექტროამბრავის
 დინამიკური რეჟიმების გამოკვლევა
ტურძელაძე დ.ა., სირაძე ჯ.ს., ლუაშვილი გ.ს. 93

უწყვეტად ჩამოსხმული ზოლადის ურცვლიდან მიღების წარმოების ინოვაციური
 კომპლექსის შექმნა
ჯალაიაშვილი თ.ი., მიქაძე თ.შ. 97

ანაკლის პროტის მქანნიკობის პერსპექტივები
მარგალიტაძე ი.ნ., გაბიაშვილი ლ.გ. 101

DEVELOPMENT OF A METHOD AND A DEVICE FOR IMPROVEMENT OF ECOLOGICAL PROPERTIES OF LIQUID HYDROCARBON FUEL
Akhvlediani Z.G., Gelashvili G.V., Gongadze A.D., Kiladze A.A., Rekhviashvili A.G. and Sokhadze V.M. 105

ბიობაზის დანაბარის გამოყენება სოფლის კერძო და მერმერულ მქურნეობაში
მეგრელიშვილი ზ.ნ., ლორია მ.დ., ჩხაიძე დ.ტ., გობაძე ლ.ნ., ხუციშვილი ბ.გ. 109

ალახნის ველის ნიადაგების და ხელოვნური წყალსაცავების ეკოლოგიური
 მდგომარეობის შეფასება
ბაქრაძე ე.მ., შავლიაშვილი ლ.უ., კუჭავა გ.ა., ხმიადაშვილი ს.ა. 115

სოფლის მქურნეობის პროდუქტებში ნიტრატების ბანსაზვრის ახალი ანალიზური ხელსაწყო
იაშვილი ნ.გ., მახაშვილი ქ.ა., ტყეშელაძე გ.შ., ქვარცხავა გ.რ., ფალიურაშვილი ვ.ნ., ჯონხარიძე ზ.გ. 121

ბინარული ხსნარების მულტიტალღური სექტორული ანალიზის მქდეგების
 სისტემატიკურ ცდომილებათა სიდიდეზე ადითიკობისაბან შესაქლო ბადახრის
 ზეგავლენის შეფასება და პრობნოზირება
მახვილაძე მ.გ., ჯინჭარაძე დ.გ., ამაშუქელი ნ.ზ., კარგარეთელი გ.თ. 125

ოქრომქცველი მქდეგი სულფიდური მადნების ფლოტაციის კუდეგის ბადამქანებისა
 ბიო- და ელექტროქიმიკური ბამოტუტვის მეთოდების გამოყენების პერსპექტივები
ლომიძე ნ.ნ., არაბიძე ზ.დ., კაკულია ჯ.გ., კანდელაკი მ.შ. 128

ტყეგულ-შარტის საბალონ ნახშირების წვრილმარცვლოვანი შლამების
 ბამდიდრების და ბაუწყლოების ზოგიერთი სექიტხი
აბშილაგა ა.გ., დოლიძე ნ.რ. 131

სილიკატების ზედაპირზე იმობილიზებული აზოსაღებების სინთეზი
გოგალაძე ს.გ., ქარქუსაშვილი თ.გ. 136

არარბანულ მატრიცაზე იმობილიზებული ბენზიდინური აზოსაღებების სინთეზი
გოგალაძე ს.გ., შენგელია თ.ა., ქარქუსაშვილი თ.გ., გელიაშვილი ზ.გ. 139

სოკოს საწინააღმქეო პრეპარატ კლოტრიმასოლოთან 3d მქტალბის - Mn(II); Ni(II); Cu(II); Co(II);
 Zn-ის ბიოკომპლქსთა სინთეზი და კვლევა
წიფწივაძე თ.ი., ჯაფარიძე რ.ჯ., პეტრიაშვილი ჟ.დ., ჩიგოგიძე ნ.შ., კელიაშვილი რ.შ. 142

მბენიქმისა და მანბანქმის მქმისება რქმქვა ბაქტერიების მიერ
რჩეულიშვილი ნ.ა., კაკაბაძე ე.გ., რჩეულიშვილი ა.ნ., რჩეულიშვილი თ.ა. 150

RESEARCH OF SOME PHENOLIC COMPOUNDS IN OAK CHIP EXTRACTS
Zakalashvili S.G. and Bezhuashvili M.G. 154

ღვინეების ამინომქავური პროვინი აირქრომატოგრაფიული ბაზომქების მიხედვით
შათირიშვილი შ.ი., ზაკალაშვილი ვ.ნ., კილაძე მ.თ., შათირიშვილი ი.შ. 158

ПЕРВЫЙ ЛИОФИЛЬНО ВЫСУШЕННЫЙ ГРУЗИНСКИЙ ШТАММ ЭНДЕМНЫХ ВИННЫХ ДРОЖЖЕЙ GE 02
Салия Е.Ш., Гвинадзе Т.О., Ортоидзе Т.В. 161

ალკოქოლური სანმქების დამბადების ტექნოლოგია თაფლის სპირტის
 ბამოხდის ნარქენის ბამოქმებით
ოშაქმაშვილი ც.ლ., ხოსიტაშვილი მ.ლ. 164

**ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДВУМЕРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ
ТЕРМОДИФФУЗИИ**

Бежуашвили Ю.А.

Грузинский технический университет

Связь между нестационарными процессами деформаций, теплопроводности и диффузии в твердой изотропной упругой среде описывается системой четырех скалярных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка вида [1,2].

$$B\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right)U(x, t) = Q(x, t)$$

где $B\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) = \left\| B_{jk}\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right) \right\|_{4 \times 4}$,

$$B_{jk} = \left(\mu \Delta - \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \delta_{jk} + (\lambda + \mu) \frac{\partial^2}{\partial x_j \partial x_k}, \quad j, k = 1, 2,$$

$$B_{jk} = -\gamma_{j-2} \frac{\partial^2}{\partial t \partial x_k}, \quad B_{kj} = -\gamma_{j-2} \frac{\partial}{\partial x_k}, \quad k = 1, 2, \quad j = 3, 4.$$

$$B_{kj} = \delta_{kj} \left(\delta_{j-2} \Delta - a_{j-2} \frac{\partial}{\partial t} \right) + (\delta_{kj} - 1) a_{12} \frac{\partial}{\partial t}, \quad k, j = 3, 4.$$

$U = (u, u_3, u_4)$, $u = (u_1, u_2)$ - вектор смещения, u_3 - изменение температуры, u_4 - химический потенциал среды, $Q = (q, q_3, q_4)$, $q = (q_1, q_2)$ - заданный вектор, $x = (x_1, x_2)$ - точка евклидова пространства R^2 , t - время, Δ - двумерный оператор Лапласа, δ_{jk} - символ Кронекера, $\lambda, \mu, \gamma_1, \gamma_2, a_1, a_2, a_{12}, \delta_1, \delta_2$ - известные упругие постоянные [1,2].

Пусть $D_k \subset R^2$ - конечная область ограниченная кривой S_k (кривизна кривой S_k непрерывна в смысле Гельдера); причем $S_k \cap S_j = \emptyset$, $k, j = \overline{0, m}$; S_0 - охватывает все остальные, а эти последние не охватывают друг-друга; $\overline{D}_k = D_k \cup S_k$, $S = \bigcup_{k=0}^m S_k$, $D = D_0 \setminus \bigcup_{k=1}^m \overline{D}_k$.

$\Pi_\infty = \{(x, t) : x \in D, t \in [0, \infty)\}$ - бесконечный цилиндр, $S_\infty = \{(x, t) : x \in S, t \in [0, \infty)\}$ - боковая поверхность.

Задача I. Найти в цилиндре Π_∞ регулярный вектор $U \in C^1(\overline{\Pi_\infty}) \cap C^2(\Pi_\infty)$ удовлетворяющий условиям

$$\forall (x, t) \in \Pi_\infty : B\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right)U(x, t) = Q(x, t)$$

$$\forall (x) \in D : \lim_{t \rightarrow 0} u(x, t) = \varphi_{(x)}^{(0)}, \quad \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = \varphi_{(x)}^{(1)}, \quad \lim_{t \rightarrow 0} u_j(x, t) = \varphi_j^{(0)}(x), \quad j = 3, 4.$$

$$\forall (y, t) \in S_\infty : U^+(y, t) = F_{(y, t)}^{(k)}, \quad k = \overline{0, r},$$

$$\left[R\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)U(y, t) \right]^+ = F_{(y, t)}^{(k)}, \quad k = \overline{r+1, m}$$

и для больших значений t

$$\left| \frac{\partial^l U(x, t)}{\partial t^l \partial x_1^{l_1} \partial x_2^{l_2}} \right| \leq c \cdot e^{\sigma_0 t}, \quad l_1 + l_2 + l_3 = l, \quad l = 0, 1, 2.$$

Здесь $n = (n_1, n_2)$ -орт внешней нормали в точке $y \in S$, $RU = \left(HU, \frac{\partial u_3}{\partial n}, \frac{\partial u_4}{\partial n} \right)$,

$HU = Tu - \gamma_1 nu_3 - \gamma_2 nu_4$ - вектор термодиффузионного напряжения, Tu - вектор упругих напряжений [1], $0 \leq r < m$, c, σ_0 - постоянные, $\varphi^{(j)} = (\varphi_1^{(j)}, \varphi_2^{(j)})$, $j = 0, 1$; $\varphi_j^{(0)}$, $j = 3, 4$, $F^{(k)} = (f^{(k)}, f_3^{(k)}, f_4^{(k)})$, $f^{(k)} = (f_1^{(k)}, f_2^{(k)})$ - заданные функций.

В работе [3] для задачи I доказываются теоремы существования и единственности регулярных решений.

Теперь построим приближенное решение для задачи I. Для этого рассмотрим интеграл

$$\hat{U}(x, \tau) = \int_0^{\infty} e^{-\tau t} U(x, t) dt$$

где $U(x, t)$ решение задачи I. Пусть $\tau = \sigma + i\omega$ комплексная переменная в полуплоскости

$$\pi_{\delta_0} = \{ \tau : \operatorname{Re} \tau \geq \sigma'_0 > \sigma_0 \}, \text{ где } \sigma'_0 = \max \{ \sigma_0, \sigma_\varepsilon \}, \sigma_\varepsilon = \frac{\lambda + 2\mu}{\rho \varepsilon} (1 - \varepsilon), 0 < \varepsilon \ll 1 [2].$$

Известны следующие свойства преобразования Лапласа [1].

1. Если $\forall x \in D$ и $\forall \tau \in \pi_{\sigma_0}$, функция $\hat{U}(x, \tau)$ удовлетворяет условиям

а) аналитически зависит от τ ,

б) $\int_{-\infty}^{+\infty} |\hat{U}(x, \sigma + i\omega)| d\omega$ сходится равномерно относительно $x \in \bar{D}$,

в) $\lim_{|\tau| \rightarrow \infty} \hat{U}(x, \tau) = 0$ равномерно относительно $x \in \bar{D}$, то $\hat{U}(x, \tau)$ является изображением, и оригинал определяется интегралом

$$\hat{U}(x, \tau) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma - i\infty}^{\sigma + i\infty} e^{\tau t} \hat{U}(x, t) dt \quad (1)$$

2. В классе непрерывных функций оригинал всюду, за исключением, быть может, точки $t = 0$, определяется однозначно по заданному изображению.

3. Если $U(x, t)$ - оригинал и $\hat{U}(x, \tau)$ - его изображение, то в каждой точке t , в которой $U(x, t)$ дифференцируема, справедливо обращение (1).

Ясно, что $\hat{U}(x, \tau)$ есть решение эллиптической граничной задачи

$$\forall x \in D : B \left(\frac{\partial}{\partial x}, \tau \right) \hat{U}(x, \tau) = \hat{Q}(x, \tau) \quad (2)$$

$$\forall y \in S_k : U^+(y, \tau) = \hat{F}_{(y, \tau)}^{(k)}, k = \overline{0, r},$$

$$\forall y \in S_k : \left[R \left(\frac{\partial}{\partial y}, n \right) \hat{U}(y, \tau) \right]^+ = F_{(y, \tau)}^{(k)}, k = \overline{r+1, m}$$

Построим вспомогательные области: пусть \tilde{D}_k область, расположенная строго внутри в D_k , $\tilde{D}_k \subset D_k$, $k = \overline{1, m}$; \tilde{D}_0 - область охватывающая D_0 , $\tilde{D}_0 \supset D_0$; \tilde{S}_k - граница \tilde{D}_k , $\tilde{S} = \bigcup_{k=0}^m \tilde{S}_k$, $r(S, \tilde{S}) > 0$.

Пусть $\{x^k\}_{k=1}^\infty$ - всюду плотное на \tilde{S} счетное множество точек.

Введем матрицу

$$M(y-x, i\tau) = \left\| \begin{matrix} M^1 & M^2 & M^3 & M^4 \\ M & M & M & M \end{matrix} \right\|_{4 \times 4}$$

определенную следующим образом

$$M(y-x, i\tau) = \begin{cases} \Gamma(y-x, i\tau), & y \in \bigcup_{k=0}^r S_k, \\ R\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)\Gamma(y-x, i\tau), & y \in \bigcup_{k=r+1}^m S_k. \end{cases}$$

Здесь $\Gamma(y-x, i\tau)$ матрица фундаментальных решений оператора $B\left(\frac{\partial}{\partial x}, \tau\right)$ [2].

Теорема. Счетная совокупность векторов

$$\left\{ M^j(y-x^k, i\tau) \right\}_{k=1}^\infty, \quad j = \overline{1, 4}, \quad y \in S, \quad \operatorname{Re} \tau > 0, \quad (3)$$

Линейно независима и полна в пространстве $L_2(S)$.

Доказательство этой теоремы здесь опускаем [2].

Перенумеруем совокупность векторов следующим образом

$$\Psi^k(y, \tau) = M^{l_k} \left(y - x^{\left[\frac{k+3}{4} \right]}, i\tau \right), \quad k = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

где $l_k = k - 4 \left[\frac{k-1}{4} \right]$, $[k]$ - означает наибольшую целую часть числа k .

Пусть $\left\{ \varphi^k(y, \tau) \right\}_{k=1}^\infty$ - система, полученная из (4) ортонормированием на S , т.е.

$$\varphi^k(y, \tau) = \sum_{j=1}^k a_k^j \Psi^j(y, \tau), \quad y \in S, \quad k = 1, 2, \dots,$$

где a_k^j - коэффициенты ортонормирования.

Ясно, что

$$\hat{V}(x, \tau) = \hat{U}(x, \tau) + \frac{1}{2} \int_D \Gamma(x-y, i\tau) \hat{Q}(y, \tau) dy$$

будет решением задачи

$$\begin{aligned}
 B\left(\frac{\partial}{\partial x}, \tau\right) \hat{V}(x, \tau) &= 0 \\
 \hat{V}^+(z, \tau) &= g_{(z, \tau)}^{(k)}, \quad z \in \bigcup_{k=0}^r S_k, \\
 \left[R\left(\frac{\partial}{\partial z}, n\right) \hat{V}(z, \tau) \right]^+ &= g_{(z, \tau)}^{(k)}, \quad z \in \bigcup_{k=r+1}^m S_k
 \end{aligned} \tag{5}$$

где $g_{(z, \tau)}^{(k)}$, $k = \overline{0, m}$ известные векторы выраженные через данные задачи.

Пусть $g(z, \tau) = g_{(z, \tau)}^{(k)}$, $k = \overline{0, m}$. Очевидно, в наших предположениях $g(z, \tau) \in L_2(S)$ и $g(z, \tau) \approx \sum_{k=1}^{\infty} g_k^k \varphi(z)$, $g_k = \int_S g(y, \tau) \varphi(y) ds$.

Так как, $L_2(S)$ полное Гильбертово пространство, имеем

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \left\| g(z, \tau) - \sum_{k=1}^N g_k^k \varphi(z) \right\|_{L_2(S_j)} = 0, \quad j = \overline{0, m}.$$

Решение задачи (5) можно представить в виде [2].

$$2\hat{V}(x, \tau) = \sum_{k=0}^r \int_{S_k} \left[\tilde{R}\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) G^*(x, y, D, i\tau) \right] g(y, \tau) ds - \sum_{k=r+1}^m \int_{S_k} G(x, y, D, i\tau) g(y, \tau) ds$$

где $G(x, y, D, i\tau)$ - тензор Грина задачи (5), \tilde{R} - сопряженный с R оператор, * - указывает на операцию транспонирования.

Рассмотрим вектор

$$\hat{V}_{(x, \tau)}^{(N)} = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^k g_k a_k^j \tilde{\Gamma} \left(x - x \left[\frac{j+3}{4} \right], i\tau \right), \quad x \in D.$$

Легко видеть, что $\hat{V}(x, \tau)$ решаем задачу

$$\begin{aligned}
 B\left(\frac{\partial}{\partial x}, \tau\right) \hat{V}_{(x, \tau)}^{(N)} &= 0, \quad x \in D \\
 \left[\hat{V}_{(z, \tau)}^{(N)} \right]^+ &= g_{(z, \tau)}^{(N)}, \quad z \in \bigcup_{k=0}^r S_k, \\
 \left[R\left(\frac{\partial}{\partial z}, n\right) \hat{V}_{(z, \tau)}^{(N)} \right]^+ &= g_{(z, \tau)}^{(N)}, \quad z \in \bigcup_{k=r+1}^m S_k
 \end{aligned}$$

где $g_{(z, \tau)}^{(N)} = \sum_{k=1}^N g_k^k \varphi(z, \tau)$, $z \in S$.

Решение этой задачи можно представить в виде

$$2\hat{V}_{(x,\tau)}^{(N)} = \sum_{k=0}^r \int_{S_k} \left[\tilde{R} \left(\frac{\partial}{\partial y}, n \right) G^*(x, y, D, i\tau) \right] g_{(y,\tau)}^{(N)} ds - \sum_{k=r+1}^m \int_{S_k} G(x, y, D, i, \tau) g_{(y,\tau)}^{(N)} ds$$

Пусть D' - любая область, расположенная строго внутри D .

Составляя разность $\hat{V}(x, \tau) - \hat{V}_{(x,\tau)}^{(N)}$, учитывая свойства тензора Грина и неравенство

Коши-Буняковского, получаем $\hat{V}(x, \tau) = \lim_{N \rightarrow \infty} \hat{V}_{(x,\tau)}^{(N)}$, $x \in \overline{D'}$ $c < D$;

или

$$\hat{U}(x, \tau) = \sum_{k=1}^{\infty} g_k \sum_{j=1}^k a_k^j \tilde{\Gamma}^{lj} \left(x - x^{\left[\frac{j+3}{4} \right]}, i\tau \right) - \frac{1}{2} \int_D \Gamma(x-y, i\tau) \hat{Q}(y, \tau) dy \quad (6)$$

Ряд (6) равномерно сходится во всякой в замкнутой области лежащей внутри D .

$$\hat{U}_{(x,\tau)}^{(T)} = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} e^{\tau t} \left[\sum_{k=1}^T \sum_{j=1}^k g_k a_k^j \tilde{\Gamma}^{lj} \left(x - x^{\left[\frac{j+3}{4} \right]}, i\tau \right) - \frac{1}{2} \int_D \Gamma(x-y, i\tau) \hat{Q}(y, \tau) dy \right] dt$$

Если выражение (6) подставим в (1), то получили решение задачи I, а вектор дает приближенное решение этой задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Купрадзе В.Д., Гегелия Т.Г., Башелейшвили М.О., Бурчуладзе Т.В. Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. –Москва, 1976, 658 с.
2. Бурчуладзе Т.В., Гегелия Т.Г. Развитие метода потенциала в теории упругости. Труды Тбилийского мат. института А. Размадзе, Тбилиси, 79, 1985, 226 с.
3. Бежуашвили Ю.А. Решение двумерной динамической задачи термодиффузии. //Georgian Engineering News, No. 1 (vol. 77), 2016, сс. 14-18.

SUMMARY

APPROXIMATE SOLUTION TO THE PLANE DYNAMIC PROBLEM OF THERMODIFFUSION Bezhuashvili Yu.A.

Georgian Technical University

The approximate solution to the plane dynamic problem of the conjugate theory of thermodiffusion is constructed by the method of generalized Fourier series.

Keywords: thermodiffusion, plane dynamic problem, Fourier series, partial derivatives.

მათემატიკური ფიზიკის რთული სასახლვრო ამოცანების ამოხსნა
სამცვლადიანი განტოლებებით

ნატროშვილი თ.გ., რობიტაშვილი ა.გ., ბერიანიძე თ.ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

არსებობს ამოცანების კლასი, რომელთა გადაწყვეტას დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა ენიჭება, ასეთ კლასს მიეკუთვნება მათემატიკური ფიზიკის სივრცული სასახლვრო ამოცანები, რომელთა ამოხსნა დიდ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. ისინი მოითხოვენ სამცვლადიანი განტოლებების შედგენას, მათთვის სპეციალიზირებული მეთოდების შემუშავებას და გადაწყვეტის ახალი გამოთვლელი საშუალებების შექმნას.

ამჟამად ცნობილია მრავალი მეთოდი და გამომთვლელი კომპლექსი, რომლებიც დაფუძნებულია ალბათურ მიდგომებზე (ასეთებს მიეკუთვნება სტატისტიკური გამოცდის მონტე-კარლოს მეთოდი, ალბათური გამომთვლელი მოდელები და სხვა, რომელთა დახმარებითაც შესაძლებელია ამოიხსნას მეტად რთული თეორიული და პრაქტიკული ხასიათის ამოცანები. ზემოთ ნახსენები ამოცანების გარდა მეტად რთულია კოსმოსური ობიექტების სივრცეში მოძრაობის ამსახველი განტოლებების ამოხსნა. ასეთივე რთულია რეაქტორებში პლაზმური პროცესების მიმდინარეობის ამსახველი განტოლებების შედგენა და ანალიზი. ასეთი მონაცემების ამოხსნა მოითხოვს დროისა და გამომთვლელი რესურსების დიდ დანახარჯებს [1].

წარმოდგენილ ნაშრომში შევეცადეთ გვეჩვენებინა ის სირთულეები, რომლებიც ახასიათებს ასეთი ამოცანების ამოხსნას.

ძირითადი ნაწილი

სასახლვრო ამოცანების გადაწყვეტის თეორიული მიდგომები

ცნობილია, რომ ამჟამად გამომთვლელის საშუალებით ამოიხსნება ძირითადად ორგანოზომილებიანი სივრცეში სასახლვრო ამოცანები. უფრო გართულებული, მრავალცვლადიანი განტოლებების ამოხსნა მოითხოვს მძლავრი აპარატურული რესურსების მქონე გამომთვლელი საშუალებების გამოყენებას, რომლებსაც გააჩნიათ უპირველეს ყოვლისა დიდი ოპერატიული მეხსიერება. ჩვენ მიერ ნახსენები სამგანზომილებიანი სასახლვრო ამოცანები საჭიროებენ ზემადალი სიმძლავრის გამომთვლელ საშუალებებს, რომლებსაც შეუძლიათ 10^{20} რაოდენობის მანქანური ოპერაციების რეალიზაცია. აქვე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ასეთი რთული ამოცანების ამოხსნის ზოგჯერ თვითღირებულების შეფასებაც კი ძალზე ძნელია ტრადიციული მეთოდებისა და გამომთვლელი ტექნიკური საშუალებებით, ხოლო ზოგიერთი მათგანი ახლაც წარმოადგენს გადაუწყვეტელ პრობლემას. აქედან გამომდინარე აუცილებელია შეიქმნას უფრო გაუმჯობესებული, სრულყოფილი მეთოდები და გამომთვლელი საშუალებები. ასეთ სპეციალიზირებულ საშუალებებს წარმოადგენს ჰოლოგრაფიულ პრინციპებზე შექმნილი გამომთვლელი კომპლექსები.

იმისთვის რომ ავსნათ ჩვენ მიერ ზემოთ ნახსენები გამომთვლელი კომპლექსის მუშაობის პრინციპი, შევეხთ ელიფსური ტიპის განტოლებების ამოხსნის არსს, რომელიც ხასიათდება შემდეგი განტოლებებით:

$$LU(x,y,z)=F(x,y,z) \text{ არეში } D$$

$$U(x,y,z)=G(x,y,z) \text{ საზღვარზე } \Gamma$$

L - ელიფსური ოპერატორი; F, G, ფუნქციები, რომლებიც მოცემული არიან D არეში და Γ საზღვარზე, შესაბამისად.

მოცემული ამოცანის ამოხსნა შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ადიტიური ფუნქციონალის მათემატიკური მოლოდინით.

$$U(x, y, z) = M \left\{ G(x_r, y_r, z_r) + \int_0^{\Gamma} F[x(t), y(t), z(t)] dt \right\},$$

რომელიც განსაზღვრულია ბროუნის მოძრაობის ტრაექტორიაზე $x(t), y(t), z(t)$ შესაბამისად საწყისი მნიშვნელობით x, y, z და საბოლოო მნიშვნელობით x_r, y_r, z_r საზღვარზე Γ პირველ გასვლაზე τ_r მომენტში.

გამოთვლების რიცხვითი პროცედურები $U(x, y, z)$ მოითხოვენ ფუნქციონალის N -ჯერადი გამოთვლების ჩატარებას

$$\phi_i = G(x, y, z) + \sum_{e=1}^{\tau_i} \left(F(x_{e_i}, y_{e_i}, z_{e_i}) \Delta t \right)$$

$i=1, 2, \dots, N$ და მიიღება შემდგომი დამრგვალებით ამჯამავზე

$$U(x, y, z) \approx 1/N \sum_{i=1}^N \Phi_i.$$

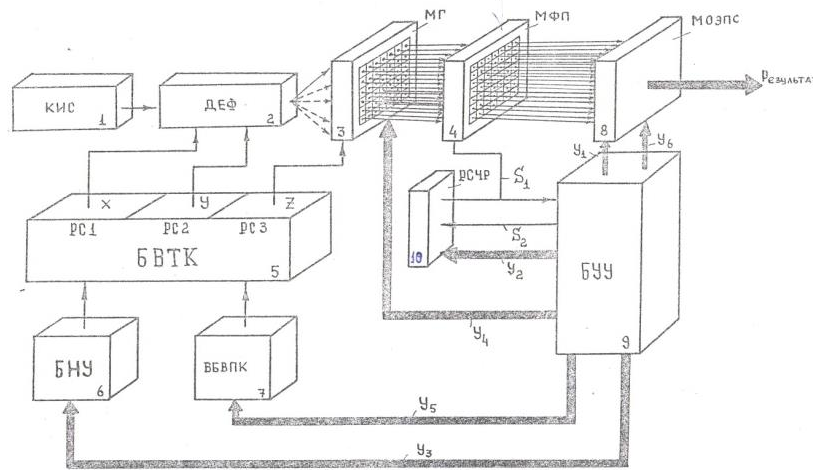
ჰოლოგრაფიული გამოთვლელი კომპლექსის სტრუქტურული სქემის შემუშავება

ძირითადი ტექნიკური ამოცანა განისაზღვრება კომპლექსში სამგანზომილებიანი მასივების მნიშვნელობების შენახვით $F, \Delta t$ და G ფუნქციებისათვის და ამ მნიშვნელობებით ამონახსნის ძიების ჩატარება ადგილობრივ ჰოლოგრამებში (ამონახსნის შემთხვევითი ხეტიალის პროცედურებით პოვნა). ამგვარად, ჰოლოგრამების დახმარებით (ჰოლოგრამების დამზადება და მოწყობილობათა კომპლექსში მათი შენახვა ჰოლოგრამების მატრიცებისა, ცალკე პროცედურებს წარმოადგენს) შესაძლებელია ამონახსნის პოვნა სამგანზომილებიანი განტოლებებით მისი ციფრული შენახვით. საჭირო ჰოლოგრამების შერჩევა წარმოებს ორი კოორდინატის x, y შენახვით $F, \Delta t$ და G ფუნქციებისათვის და ამ მნიშვნელობების მიხედვით შემთხვევითი ხეტიალის ჩატარება ამონახსნების მოსაძებნად. კომპლექსში საწყისი მასივის ჰოლოგრაფიული ხერხით შენახვა საშუალებას იძლევა ამოიხსნას სამგანზომილებიანი ამოცანები მონაცემთა ციფრული შენახვით. შერჩევა ჰოლოგრამისა ორი x, y კოორდინატით წარმოებს ლაზერის სხივის მართვით ორ სიბრტყეში. x და y მნიშვნელობების განსაზღვრა შეესაბამება საჭირო ჰოლოგრამის ძებნას, რომელიც ჩაწერილია ჰოლოგრამების მატრიცაში. ამით აღდგება ფოტომიმღებების სიბრტყეში ინფორმაციის ფურცელი. საჭირო სიტყვის შერჩევა ამ ფურცლიდან წარმოებს ფოტომიმღებების მატრიცის მიხედვით z მნიშვნელობების (კოორდინატის) დახმარებით.

ნახაზზე წარმოდგენილია გამოთვლელი კომპლექსის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა. მთლიანობაში სქემა ორიენტირებულია სამგანზომილებიანი სასაზღვრო ამოცანების გადასაწყვეტად. ნახაზზე შემოდებულია შემდეგი აღნიშვნები: КИС (1) კომპერენტული სინათლის წყარო ლაზერი КИС (1), რომლის სინათლის ნაკადის (სხივის) გადახრას აწარმოებს დეფლექტორი ДЕФ (2) (x, y) კოორდინატებით. ДЕФ (2) დან გადახრილი სხივი მიემართება ჰოლოგრამების მატრიცაზე МГ (3), რომელიც მასზე ჩაწერილ ბინალურ (ორობით) გამოსახულებას აღადგენს ფოტომიმღებების შესაბამისი ზომის მატრიცაზე МФП (4). გამოთვლელი ბლოკი БВТК (5) გამომუშავებული მესამე კოორდინატით z , როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მართავს ციფრული ინფორმაციის ერთ სტრიქონს, რომელიც წაკითხება მე-4 ბლოკში და შეიტანს დამგროვებელ ამჯამავში МОЭПС (8) მართვის მოწყობილობის БУУ (9) და გამოკლები მთვლელის РСУР (10) საშუალებით. აქ (10), ისევე როგორც წინა შემთხვევაში, აღნიშნავენ შესაბამისი ბლოკის ნომრებს. ბლოკები БНУ (6) და ВБПК (7) დაკავშირებით არიან უშუალოდ მიმდინარე გამომუშავებულ კოორდინატებთან БВТК (5).

სქემაზე ნაჩვენებია შემდეგი სიგნალები: y_1 - "დაყენება 0" БУУ მოწყობილობისა (ეს y_1 სიგნალი გამოდის მეცხრე ბლოკიდან და მართავს მე-8 ბლოკს, МОЭПС (8) - ამჯამავია, საიდანაც აითვლება (გამოდის) რეზულტატი; y_2 - დაყენების სიგნა-

ლია, რომელიც მართავს რევერსულ მოვლელს РСУР (10) (მე-10 ბლოკს); y_3 - სიგნალი მართავს კოორდინატების საწყისი მნიშვნელობების შეტანას ბლოკში БВТК (5); y_4 - ფოტომიმღებების МФП (4) მატრიციდან ინფორმაციის წაკითხვის სიგნალია; y_5 - სიგნალით წარმოებს ნაზრდის მნიშვნელობის გაცემა ბლოკიდან БВВПК (7) ნაზრდის ბლოკში БВТК (5) – მიმდინარე კოორდინატების დამგროვებელში; y_6 - სიგნალით წარმოებს (იგი გამომუშავდება БУУ (9) ბლოკში) ანათვისის შედეგების გაცემა МОЭПС (8) ბლოკიდან;



გამომთვლელი კომპლექსის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა

S_1 და S_2 - ნიშნების აღმნიშვნელი ბინარული სიგნალებია, რომლებიც იღებენ „0“, „1“ მნიშვნელობებს.

თითოეული მოწყობილობა კომპლექსში მუშაობს, როგორც აღენიშნეთ ინფორმაციის შენახვისა და დამუშავების ჰოლოგრაფიულ პრინციპებზე, რომლებიც გვაძლევს საშუალებას ოპერირება მოვახდინოთ ცვლადებზე სამი ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი კორდინატებით x, y, z .

ამგვარად, გამომთვლელი კომპლექსი აწარმოებს სტატისტიკური გამოცდის მეთოდის რელიზაციას. ამოცანის ამოხსნის საბოლოო შედეგი მიიღება (მონტე-კარლოს მეთოდით) დამგროვებელ ამჯამავზე მიღებული შედეგის დამრგვალებით.

განხილულ კომპლექსს გააჩნია ის ნაკლი, რომ მასში გამოყენებულია დეფლექტორი და უწყვეტი გამოსხივების ლაზერი. ამ უკანასკნელს გააჩნია საკმაოდ დიდი გაბარიტები, რომელიც გავლენას ახდენს კომპლექსის საბოლოო ზომებზე. ამასთან ერთად დეფლექტორი – ეს არის ანალოგური ტიპის ელემენტი, რომელიც რატქმაუნდა, ამცირებს მის საიმედოობას.

მოწყობილობის (კომპლექსის) საიმედოობა გაცილებით იზრდება თუ დეფლექტორისა და ერთი ლაზერის გარდა გამოვიყენებთ ნახევარგამტარული ლაზერების მატრიცას, რომელიც თანაზომადია ჰოლოგრაფისა და ფოტომიმღებების მატრიცებთან. ამ პრობლემის გადაწყვეტა შემოთავაზებულია ნაშრომში [2]. ამ ნაშრომში წარმოდგენილია გამარტივებული ბლოკ-სქემა, სადაც განხილულია გამომთვლელ კომპლექსში გამოყენებული ნახევარგამტარული ლაზერების მატრიცა, რომელიც დაკავშირებულია ჰოლოგრაფებისა და ფოტომიმღებების მატრიცასთან.

დასკვნა

როული სამცვლადიანი განტოლების ამოხსნა შესაძლებელი ხდება საწყისი მონაცემების ჰოლოგრაფიული ხერხებით. ერთ ჰოლოგრაფას შეუძლია შეინახოს ფურცელი, რომლის ტევადობაა 10^7 - 10^8 ორობითი სიტყვაა. მათი დიდი რაოდენობით

შენახვა შეიძლება ჰოლოგრაფიულ პრინციპებზე აგებულ გამომთვლელ კომპლექსში, რომელიც მუშაობს ორ რეჟიმში: 1. ამოცანის ამოხსნისათვის კომპლექსის მომზადების რეჟიმში და 2. სამცვლადიანი განტოლების უშუალოდ ამოხსნის რეჟიმში. ასეთი კომპლექსის თითოეული მოწყობილობა შეიძლება რეალიზებული იქნეს მცირე გაბარიტების მქონე ხელსაწყოთა სახით ინტეგრალური ტექნოლოგიის გამოყენებით. იგი მეტად საიმედოა მოხმარების თვალსაზრისით და ხასიათდება თავისი ღირებულების სიბუნებრივად.

ლიტერატურა

1. Кругликов В.К., Натрошвили О.Г. О новом вычислительном устройстве для решения задач математической физики повышенной слотности. / Сообщения АН ГССР, 1979, том 93, №1.

SUMMARY

SOLUTION OF COMPLEX BOUNDARY PROBLEMS OF MATHEMATICAL PHYSICS BY USING THE THREE-DIMENSIONAL EQUATIONS

Natroshvili O.G., Robitashvili A.G. and Berianidze T.O.

Georgian Technical University

The paper considers the solution of complex boundary problems of mathematical physics by using the three-dimensional equations. The methods and computational facilities of specialized complexes based on optoelectronics are discussed.

Keywords: boundary problems, mathematical physics, computational complexes.

**გამოსახულების წარმოდგენისა და დამუშავების პერსპექტივები
ოპტოელექტრონული მეთოდებით და გამოთვლელი საშუალებებით**

ნატროშვილი თ.გ., რობიტაშვილი ა.გ., ბერიანიძე თ.ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

გამოთვლითი ტექნიკის განვითარების თანამედროვე დონე წარმოადგენს მნიშვნელოვან ფაქტორს სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის მრავალი მიმართულების განვითარებისათვის. მათ შორის მეტად აქტუალურია მიმდინარე რეალურ დროსა და რეალურ პირობებში ოპტიკური გამოსახულებების პარალელური დამუშავება და კვლევის შედეგების პრაქტიკული გამოყენება.

არც თუ ისე დიდი ხნის წინ ფუნდამენტალური კვლევის ერთ-ერთ წამყვან მიმდინარეობად ითვლებოდა გამოთვლელი საშუალებებით ინფორმაციის კომბინირებული წარმოდგენა და დამუშავება, ეი ელექტრონულ მეთოდებთან ერთად ოპტიკური მეთოდების გამოყენება. მათი დადებითი თვისებები თავდაპირველად რეალურად გამოიქვლიდა დიდი მოცულობის მქონე საინფორმაციო მასივების (ოპტიკური გამოსახულებების) დამახსოვრებისა და შენახვისათვის. მეტად პერსპექტიული გახდა, აგრეთვე, დიდი საინფორმაციო ტევადობის მქონე მასივების ელექტრონული ტრანსპორტირებისათვის წინასწარ მათი გარდაქმნა-დამუშავებით. ამგვარმა მიდგომამ მნიშვნელოვნად გაზარდა ინფორმაციის გადაცემა-მიღების სწრაფქმედება. გაჩნდა რეალური შესაძლებლობა მოწყობილობებში არსებულ ცალკეულ კვანძებს შორის ინფორმაციის გავრცელება წარმოებდეს სინათლის სხივის გავრცელების სიჩქარის დონეზე, რაც მნიშვნელოვნად აღემატებოდა გამტარში გაღვანური კავშირებით ელექტრონული სიგნალების (მუხტების) გარემოში გავრცელების სიჩქარეებს. ამასთან ერთად სიგნალების გადაცემასა და დამუშავებას გააჩნია მაღალი პარალელიზმი, რაც ბუნებრივად ახასიათებს ოპტიკურ სიგნალებს. ეს უკანასკნელი თავის მხრივ ზრდის გამოთვლელი საშუალებების წარმადობას [1]. მნიშვნელოვანია, აგრეთვე, ინფორმაციის დამუშავებაში ოპტიკური სიგნალების გამოყენების მეტად მაღალი მდგრადობა სხვადასხვა ხელისშემშლელების მიმართ, როგორცაა გამტარში გამავალ ელექტრონულ სიგნალებზე ძლიერი მაგნიტური ველების ზემოქმედება. სითბური და რადიაციული მოვლენების გავლენა გარემოში სამონტაჟო გამტარების ურთიერთგადაკვეთის შედეგად წარმოქმნილი სიგნალის ფორმის დამახინჯებაზე და ა.შ. დადასტურებულია, რომ ორი ან რამოდენიმე სხვადასხვა ინფორმაციის მატარებელი ოპტიკური სხივის ურთიერთგადაკვეთა სრულებითაც არ უშლის ხელს თავიანთი გავრცელების (ინფორმაციის გადაცემის) მიმართულებით მიიტანონ ეს ინფორმაცია მათი დანიშნულების ადგილამდე ყოველგვარი დამახინჯების გარეშე, ეს თვისება კი მეტად მნიშვნელოვანია ოპტიკური სიგნალებით წარმოდგენილი საინფორმაციო დიდი მასივების (გამოსახულებების) სახით ოპტიკური მრავალარხიანი (და თანაც პარალელური) საკომუნიკაციო გადაადგილებების განხორციელებისთვის.

ძირითადი ნაწილი

ამჟამად, როდესაც სათანადო ელემენტური ბაზის განვითარების დონემ მიაღწია დიდ წარმატებებს, მოწყობილობების ტექნიკურ და ტექნოლოგიურ რეალიზაციებში, ოპტოელექტრონულ პრინციპებზე დაფუძნებულ გამოთვლელ მოწყობილობებში სტრუქტურული, სქემოტექნიკური, სისტემოტექნიკური ალგორითმული და ა.შ. მეთოდებსა და საშუალებებში ყოველგვარი სიახლეების დამუშავებასა და პრაქტიკაში მათ დანერგვას მეტად აქტუალური მნიშვნელობა ენიჭება.

სახალხო მეურნეობის მრავალი სფეროს ინტერესებიდან გამომდინარე მეტად აქტუალურია, აგრეთვე ოპტიკური საინფორმაციო ნაკადების რეალურ დროში დამუშავება. ამის საშუალებას იძლევა ოპტოელექტრონულ პრინციპებზე აგებული ოპერაციული მოწყობილობების საკუთრივ ფუნქციონალური დატვირთვების გაზრდა,

გამოთვლითი პროცესების ნაკადური წარმოების შესაძლებლობა მიმდინარე რეალურ დროში. მეტად პერსპექტიულია სპეცპროცესორების სახით ოპტოელექტრონული გამოთვლელი საშუალებების რეალიზაცია.

სამეცნიერო და პრაქტიკული ხასიათის ამოცანებიდან გამომდინარე, რომლებიც მოითხოვენ მიმდინარე რეალურ დროში სწრაფ გადაწყვეტებს ზემოთ ხსენებული ოპტოელექტრონული სპეცპროცესორებით, ციფრული მონაცემის დიდი ნაკადის უწყვეტ დამუშავებას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. ამ მხრივ აქტუალობასა და პერსპექტივებს ადასტურებს მრავალი კონკრეტული ამოცანის გადაწყვეტის საჭიროება. რაც დრო გადის დიდი მოცულობის (კერძოდ ნახსენები ოპტიკური გამოსახულების) დამუშავება მეტად საჭირო ხდება, მაგალითად აერო-კოსმოსური სურათებით დედამიწის ბუნებრივი რესურსების შესწავლაში. მათი საშუალებით კოსმოსიდან სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე დაკვირვება და ანალიზი, ფოტოგრაფიული სურათებით ობიექტების გამოცნობა. დიდი მოცულობის საინფორმაციო დამუშავებას მოითხოვს მდგომარეობების შესწავლა მედიცინაში, ბიოლოგიაში, ასტროფიზიკაში. ასევე მნიშვნელოვანია, მაგალითად, ატომურ ფიზიკაში ოპტიკური გამოსახულებებით პლაზმურ პროცესებზე დაკვირვება და მათი მიმდინარეობის რეალურ დროში ანალიზი. ინფორმაციის სწრაფი, კონვეიერული დამუშავება საჭირო დროში სწორად მიმდინარე და ცვალებადი მრავალარხიანი ელექტრული (ოპტიკური, მაგნიტური და ა.შ.) სიგნალებისათვის, რომლებიც მიღებულია სეისმური, აკუსტიკური და რადიოსიგნალების, (მათ შორის ექო-სიგნალების) მიმღები სადგურებიდან ჰაერში, მიწისზედა ან წყალქვეშა მოძრავი ობიექტების აღმოსაჩენად და მათ გამოსაცნობად (ეტალონურ გამოსახულებებთან მიმდინარე დროში შედარების გზით).

გამოთვლითი პროცესების რეალურ დროში ჩატარება ძალზე ძნელდება, ამჟამად არსებული კლასიკური მიდგომებითა და გამოთვლელი საშუალებებით, ვინაიდან მათი არც სწრაფქმედება და არც რესურსების წარმადობა ამისთვის საკმარისი არ არის, მაგალითისათვის ასევე შეიძლება დავამატოთ, რომ კოსმოსიდან დედამიწის ბუნებრივი რესურსების შესწავლაში დიდ პრობლემას წარმოადგენს ვიდუო ინფორმაციის ეფექტური დამუშავება და ანალიზი რეალურ დროში. ამ ინფორმაციის მოცულობისა და მისი მიღების სიჩქარის ილუსტრაციისათვის საკმარისია აღინიშნოს, რომ კოსმოსიდან მრავალზონალური ფოტოაპარატის ანდა გადამცემი ვიდუოაპარატურის დახმარებით მიღებული მხოლოდ ერთი სურათი (კადრი, რომელიც მოიცავს 100×100 კილომეტრ ფართობს (± 10 მეტრი ცდომილებითაა შესაძლებელი მისი გადაღება)) შეიცავს დაახლოებით 10^8 ბიტ ინფორმაციას, რომელიც მოითხოვს ხარისხიან დამუშავებას.

დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრიდან ყოველდღიურად მიწისზედა სადგურები იღებენ ასობით ასეთ სურათს. ასეთი ინფორმაციის გადასაცემად ამჟამად გამოიყენება ციფრული რადიოსახები. ისინი მუშაობენ 100 მგბიტ/წმ და უფრო მეტი სიჩქარით, თუკი შევადარებთ თანამედროვე გამოთვლელი მანქანების სწრაფქმედებასა და წარმადობას კოსმოსიდან მიღებული ინფორმაციის მოცულობასა და მიღების სიჩქარეებთან, დავრწმუნდებით, რომ მეტად ძნელია მონაცემების დამუშავების ამჟამად არსებული გამოთვლელი საშუალებების ეფექტური გამოყენება. ამითაა გამოწვეული მეტად დიდი ინტერესი და აქტუალურობა, ნაჩვენები იქნას პერსპექტივები, შეიქმნას ახალი ტექნოლოგიური საშუალებები მონაცემების დიდი ნაკადის დამუშავებისათვის.

დასკვნა

დიდი მოცულობის ოპტიკური საინფორმაციო მასივების რეალურ დროში დამუშავება ძალზედ ძვირადღირებულია, ვინაიდან იგი მოითხოვს საკამაოდ დიდ ეკონომიკურ და დროით დანახარჯებს. უფრო მეტიც, ამჟამად არსებობს პრობლემა (მაგალითად მატემატიკური ფიზიკის მრავალგანზომილებიანი სივრცული ამოცანების ამოხსნისა), რომელიც ზემოთ აღნიშნული მიზეზების გამო ითვლება ძნელად გადასაწყვეტ ამოცანად გამოთვლით ტექნიკაში. არსებული ტრადიციული მეთოდებისა და ელექტრონული საშუალებების შეზღუდულობის გამო [2]. ყოველი ეს

განაპირობებს დიდ პერსპექტივებს უფრო ინტენსივობით იქნეს გამოყენებული ოპტოელექტრონული მეთოდები და საშუალებები.

ლიტერატურა

1. Кожемяко В.П. Оптоэлектронные логико-временные информационно-вычислительные среды. - Тбилиси, Мецნიერება, 1984, 359 с.
2. Кругликов В.К., Натрошвили О.Г. О новом вычислительном устройстве для решения задач математической физики повышенной сложности. /Сообщения АН ГССР, Тбилиси, 1979, сс.121-123

SUMMARY

THE PROSPECTS OF IMAGE REPRESENTATION AND PROCESSING BY OPTOELECTRONIC METHODS AND COMPUTATIONAL FACILITIES

Natroshvili O.G., Robitashvili A.G. and Berianidze T.O.

Georgian Technical University

The paper considers the prospects of image representation and processing by optoelectronic methods and computational facilities. The topicality of real-time data processing is shown.

Keywords: image representation, image processing, real-time data processing.

ალგორითმული ენის Python-ის მიმოხილვა

კამკამიძე კ.ნ., რაზმაძე დ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დღევანდელი სამყარო წარმოუდგენელია თანამედროვე პროგრამული ენების გამოყენების გარეშე. ჩვენი დროის აქტუალური ამოცანები ითხოვს უფრო მძლავრ და დრეკად ალგორითმულ ენებს, რომლის მეშვეობით პროფესიონალებს, და არა მარტო, შეეძლება სწრაფად და ხარისხიანად გადაწყვიტონ სხვადასხვა სირთულის საკითხები. რა საკვირველია არსებობს უამრავი ასეთი ტიპის ალგორითმული ენა ნებისმიერი სირთულის ამოცანის გადასაწყვეტად და აგრეთვე კომფორტული იმისათვის, რომ ასეთი პროგრამები შექმნა. ალგორითმული ენების დიდი სივრციდან მინდა გამოვეყო პროგრამული ენა Python-ი შემდეგი მიზეზების გამო:

1. Python-ი არის მაღალი დონის, ინტერპრეტარის ტიპის პროგრამული და სკრიპტული ენა. იგი პირველად იყო წარდგენილი 1991 წელს გვიდო ვან როსსუმის მიერ, ჰოლანდიელი მათემატიკოსი - პროგრამისტი, რომლის მიზანი იყო პროგრამული ენის შექმნა ყველასთვის [1]. Python-ი არის მრავალ პარადიგმა პროგრამირების ენა, რომელიც სხვადასხვა სტილის კოდირების საშუალებას აძლევს მომხმარებელს.

2. Python-ი არის აბსოლუტურად უფასო და ვრცელდება ღია კოდის პროგრამული უზრუნველყოფის პრინციპით;

3. Python-ი თავსებადია ნებისმიერ თანამედროვე საოპერაციო სისტემასთან (MS Windows, MacOS, Linux, Unix), მათ შორის Linux და Unix სისტემებში ყენდება საოპერაციო სისტემასთან ერთად;

4. Python-ს შეუძლია მიიერთოს ბიბლიოთეკები სხვა თანამედროვე პროგრამული ენებიდან და აგრეთვე Python-ს კოდი შეიძლება იყოს ჩაშენებული სხვა პროგრამულ კოდში;

5. Python-ს აქვს ბიბლიოთეკების დიდი ბაზა ამოცანების დიდი სპექტრისთვის მაგალითად: მათემატიკური, კრიფტოგრაფიული, მონაცემთა ბაზებთან მუშაობის ბიბლიოთეკები, თამაშების შესაქმნელად ბიბლიოთეკები, გრაფიკული ინტერფეისების, აუდიო და გამოსახულების მანიპულაციების ბიბლიოთეკები, სისტემური და ქსელის ადმინისტრირების მოდულები და კიდევ უამრავი სხვა [2].

6. Python-ის შესწავლა არის ძალიან მარტივი;

7. Python-ზე კოდი იწერება ძალიან სწრაფად;

8. Python-ის პროგრამული კოდი მარტივად იკითხება და ადვილად იგება;

- Python-ზე არის უამრავი ინფორმაცია ინტერნეტში და ითვლება ერთ-ერთ ყველაზე განხილვად ენად თანამედროვე საინფორმაციო სივრცეში;

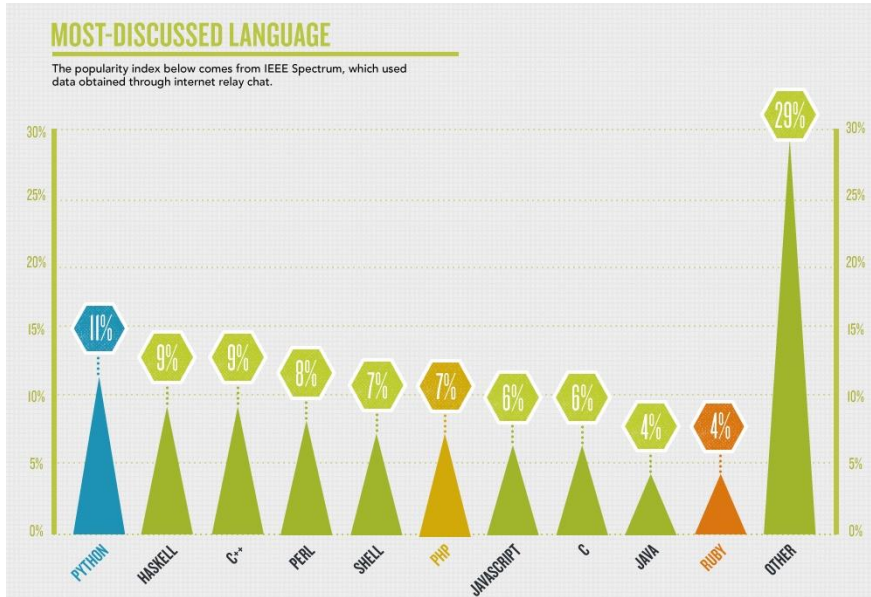
- Python-ზე არის შექმნილი ასეთი ცნობილი პროდუქტები როგორც: Google, YouTube, Dropbox და უამრავი სხვა;

რა საკვირველია Python-ს აქვს ასევე სუსტი მხარეები:

- Python-ი არის ინტერპრეტატორის ტიპის ენა, რის გამოც, მისი კოდის სისწრაფე შედარებით ნელია ვიდრე C/C++, Java, C# ენების კოდი. თუმცადა თანამედროვე კომპიუტერებზე აღნიშნული განსხვავება არ არის იმდენად შესამჩნევი, თუ არ გვაქვს შეხება ზესწრაფი რეაგირების მოთხოვნაზე. ასევე დღეს უკვე არსებობს პროგრამული ენის Python-ის დაჩქარებული ვერსიები JIT (just-in-time compilation) მხარდაჭერით [3].

- საკმაოდ შრომატევადია და ითხოვს კარგ ცოდნას Python-ის კოდის გადატანა სხვა პროგრამულ ენების გარეშე. Python-ში თითქმის არ არის სინტაქსური შეზღუდვები, გარდა ტაბულაციისა და/ან გამოტოვების კოდის წერის დროს.

ნახ.1-ზე წარმოდგენილია პროცენტული მაჩვენებლები Python-ის განხილვადობა სხვადასხვა ტიპის ენებთან:



ნახ.1. Python-ის განხილვადობა სხვადასხვა ტიპის ენებთან

PHP VS. PYTHON VS. RUBY

Programmers are particular about their language preferences—and most can tell you exactly why they like one over another. Three languages in particular are the rage these days. We compare Ruby, Python, and PHP to see how they stack up.

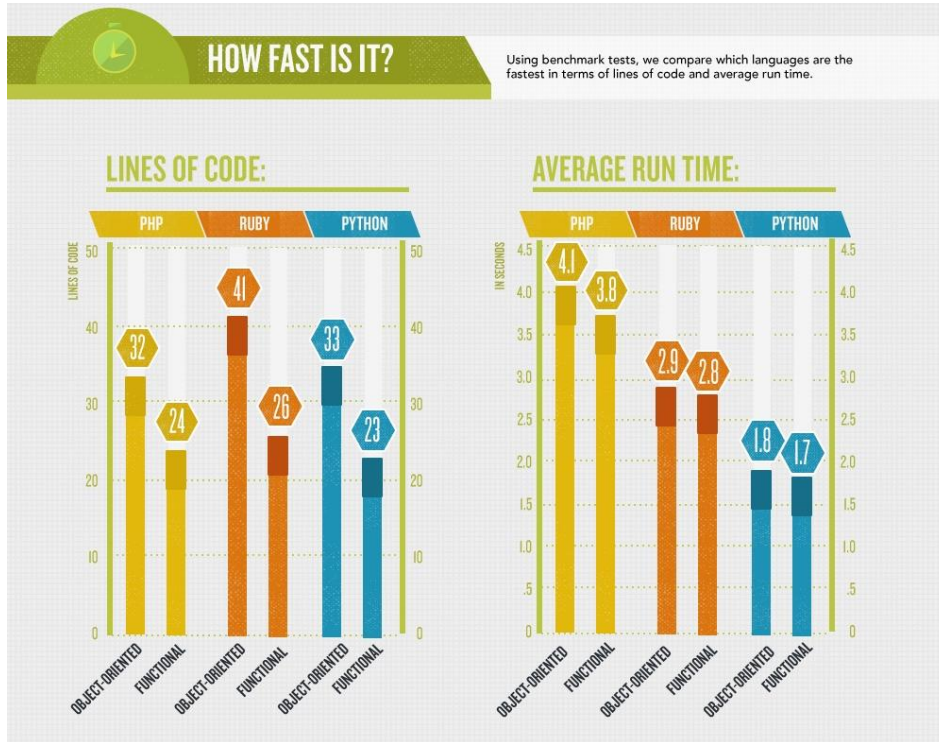
	PHP	RUBY	PYTHON
CURRENT VERSION	PHP: 5.3.8 AUGUST 23, 2011	RUBY: 1.9.3 OCTOBER 31, 2011	PYTHON: 3.2.2 SEPTEMBER 4, 2011
PURPOSE	PHP was designed for web development to produce dynamic web pages.	Ruby was designed to make programming fun and flexible for the programmer.	Python was designed to emphasize productivity and code readability.
CREATOR & YEAR RELEASED	1995 RASMUS LERDORF	1995 YUKIHIRO "MATZ" MATSUMOTO	1991 GUIDO VAN ROSSUM
INFLUENCED BY	<ul style="list-style-type: none"> C PERL JAVA C++ 	<ul style="list-style-type: none"> ADA C++ CLU DYLAN 	<ul style="list-style-type: none"> ABC ALGOL 68 C C++
SITES BUILT USING IT	<ul style="list-style-type: none"> WIKIPEDIA UDEMY FACEBOOK 	<ul style="list-style-type: none"> TWITTER HULU GROUPON 	<ul style="list-style-type: none"> YOUTUBE GOOGLE
USABILITY	<p>PHP follows a classic approach and is extensively documented.</p>	<p>Programmers describe Ruby code as elegant, powerful, and expressive. It is highly usable because of its principle of least astonishment, enforced to minimize confusion for users.</p>	<p>Python uses strict indentation enforcements. Python is arguably the most readable programming language.</p>
EASE OF LEARNING	<p>PHP is easy to learn for former C programmers.</p>	<p>Ruby is better for a programmer who already knows a language or two.</p>	<p>Python is great for beginners, often recommended by programmers due to the simplicity of its syntax.</p>

ნახ. 2. ალგორითმული ენების შედარება

ნახ.2-ზე მკაფიოდ შეგვიძლია ვნახოთ 2011 წლის მაჩვენებლებით ისეთი პოპულარული ენების შედარება როგორც PHP, Ruby და Python-ი. მიუხედავად იმისა, რომ აქ არის გამოყენებული 6 წლის წინანდელი შედარება ხაზი უნდა გაეუხვათ იმას, რომ დღეს არსებული Python-ის ვერსიებმა განიცადეს საკმაოდ დიდი ცვლილებები, რომ-

ლებმაც გააუმჯობესა მისი წარმადობა და მისი ფუნქციონალიც შესამჩნევლად გაიზარდა [4].

ამ სურათზე (ნახ. 2) არის წარდგენილი ასევე სამი ანალოგიური ალგორითმული ენის შედარება კოდის მოცულობის და კოდის შესრულების დროს მიხედვით. როგორც ჩანს Python-ი უსწრებს PHP და Ruby-ის ყველა ძირითად მახასიათლებში, რაც კიდევ ერთხელ მეტყველებს ამ ენის სიმძლავრეზე და მოქნილობაზე:



ნახ. 3. პროგრამირების ენების კოდის სისწრაფის შესრულების შედარება

Nov 2016	Nov 2015	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	1		Java	18.755%	-1.65%
2	2		C	9.203%	-7.94%
3	3		C++	5.415%	-0.78%
4	4		C#	3.659%	-0.66%
5	5		Python	3.567%	-0.20%
6	8	▲	Visual Basic .NET	3.167%	+0.94%
7	6	▼	PHP	3.125%	-0.12%
8	7	▼	JavaScript	2.705%	+0.23%
9	11	▲	Assembly language	2.441%	+0.56%
10	10		Perl	2.361%	+0.33%
11	14	▲	Objective-C	2.246%	+0.82%
12	15	▲	Swift	2.039%	+0.80%
13	48	▲	Go	2.001%	+1.80%
14	9	▼	Ruby	1.978%	-0.06%
15	16	▲	MATLAB	1.967%	+0.78%
16	12	▼	Delphi/Object Pascal	1.950%	+0.27%
17	13	▼	Visual Basic	1.923%	+0.24%
18	37	▲	Groovy	1.811%	+1.48%
19	19		R	1.715%	+0.70%
20	18	▼	PL/SQL	1.512%	+0.48%

ნახ. 4. Python-ის რეიტინგი ბოლო 2015-2016 წლებში

უფრო ვრცლად ინფორმაციის ნახვა შესაძლებელია შემდეგ ვებ რესურსზე [5,6]. აქვე წარმოგიდგინია ლინკი ერთ-ერთი ცნობილი ინტერნეტ რესურსის, რომელიც მონიტორინგს უკეთებს საინფორმაციო ტექნოლოგიების მიღწევებს, ამის გარდა, აქვეყნებს პროგრამული ენების რეიტინგს საძიებო სისტემებში ხსენების და მოთხოვნის მიხედვით. ამ ლინკზე [6] შესაძლებელია პოპულარული ალგორითმული ენების რეიტინგის ნახვა.

Programming Language	2016	2011	2006	2001	1996	1991	1986
Java	1	1	1	2	13	-	-
C	2	2	2	1	1	1	1
C++	3	3	3	3	2	2	5
C#	4	4	6	10	-	-	-
Python	5	6	7	18	26	-	-
PHP	6	5	4	8	-	-	-
JavaScript	7	9	8	7	19	-	-
Visual Basic .NET	8	26	-	-	-	-	-
Perl	9	8	5	4	3	-	-
Assembly language	10	-	-	-	-	-	-
Fortran	25	27	20	23	4	3	7
Lisp	27	12	12	14	6	4	3
Ada	29	16	15	16	9	5	2

ნახ. 5. გრძელვადიანი Python-ის რეიტინგი

ამრიგად, მოყვანილ ცხრილებიდან (ნახ. 4,5) კარგად ჩანს, რომ Python უკვე წლების განმავლობაში შედის ყველაზე განხილვად და მოთხოვნად ალგორითმულ ენების ათეულში.

ლიტერატურა

1. <https://gvanrossum.github.io/>
2. <https://wiki.python.org/moin/UsefulModules>
3. <http://www.pypy.org>
4. <http://blog.python.org/>
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_programming_languages
6. <https://wiki.python.org/moin/LanguageComparisons>
7. <http://www.tiobe.com/tiobe-index/>
8. <https://www.python.org/>

SUMMARY

ALGORITHMIC LANGUAGE PYTHON REVIEW

Kamkamidze K.N. and Razmadze D.G.

Georgian Technical University

The interpreted programming language Python is one of the most discussed and rated programming languages. Due to the fact that one can easily learn it and quickly write the programming code, programming language Python has not lost its relevance over the years and still remains popular. Python is recognized as one of the most convenient languages for scenarios, which allows you quickly and efficiently provide the project to the customer.

Keywords: algorithmic language, Python, scenario.

პრობამირების ენა Python-ის გამოყენება ბიონფორმატიკაში

კამკამიძე კ.ნ., რაზმაძე დ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბიონფორმატიკა შედარებით ახალგაზრდა მეცნიერებაა. მე-20 საუკუნის 70-იან წლებში დაიბადა, როდესაც ბიოლოგები ცდილობდნენ გამოეკვლიათ რა თვისებები, კავშირები და არსი აქვთ ასეთ უკვე საკმაოდ ცნობილ ობიექტებს, როგორც არის დღეს დნმ-ი (DNA), ცილა (protein), გენები (gene) და ასე შემდეგ. სწორედ მაშინ მეცნიერებმა გადაადგეს პირველი ნაბიჯები მეთოდების და ტექნოლოგიების მოსაპოვებლად რომელთა გარეშეც დღეს წარმოუდგენელია თანამედროვე ბიოლოგია, მედიცინა, ფარმაცევტიკა და კიდევ სხვა მრავალი მიმართულება.

ბიონფორმატიკაში გამოიყენება გამოთვლითი მათემატიკის, სტატისტიკის და ინფორმატიკის მეთოდები. თვითონ კი ბიონფორმატიკა ფართოდ გამოიყენება ბიოქიმიაში, ბიოფიზიკაში, ეკოლოგიაში და სხვა მრავალ დარგში.

ბიონფორმატიკის დარგში ყველაზე ხშირად გამოიყენებადი ინსტრუმენტებით და ტექნოლოგიებით გამოირჩევა შემდეგი პროგრამული ენები: Java, C #, Perl, C, C ++, Python, R; მარკირების ენა - XML; მონაცემთა ბაზა - SQL; პარალელური გამოთვლების პროგრამულ-აპარატურული არქიტექტურა - CUDA; ტექნიკური გამოთვლების და ამოცანათა გადაჭრის პროგრამული უზრუნველყოფის პაკეტი MATLAB-ი და ელექტრონული ცხრილები. ბიონფორმატიკის მთავარი მიზანია - ხელი შეუწყოს მეცნიერებს ბიოლოგიური პროცესების გარკვევაში.

დღეს ბიონფორმატიკა გულისხმობს თეორიული და პრაქტიკული პრობლემებისათვის მონაცემთა ბაზების, ალგორითმების, გამოთვლითი და სტატისტიკური მეთოდების შექმნას და გაუმჯობესებას, რომლებიც ვლინდება ბიოლოგიური მონაცემების მართვის და ანალიზის დროს. ჩვენ მიერ გამოკვლეული იქნა დნმ-ის უჯრედების თანმიმდევრობები და მათი დამოკიდებულებები. თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებით, კერძოდ კი დაპროგრამების ენის Python-ის გარსში შექმნილი იქნა შესაბამისი თანმიმდევრობების მოძიების ალგორითმები.

ამ სტატიაში წარმოგიდგინთ დნმ-ში „მოტივების“ მოძიების ალგორითმს, რომელიც შევქმენით დაპროგრამების ენის Python-ის გარსში.

მოტივების ძებნის ამოცანა დნმ-ის თანმიმდევრობებში

მოლეკულარულ ბიოლოგიაში მოტივი არის ნუკლეოტიდთა დამახასიათებელი თანმიმდევრობა (დნმ, რნმ-ში) ან ამინომჟავებში (ცილებში), რომელსაც გააჩნია არსებითი ბიოლოგიური მნიშვნელობა. ბიონფორმატიკაში იყენებენ სხვადასხვა ტიპის ალგორითმებს მოტივების მოსაძიებლად [5].

GreedyMotifSearch(Dna, k, t)

```

form a set of k-mers BestMotifs by selecting 1st k-mers in each string from Dna
for each k-mer Motif in the first string from Dna
    Motif1 ← Motif
    for i = 2 to t
        apply Laplace's Rule of Succession to form Profile from motifs Motif1, ..., Motifi-1
        Motifi ← Profile-most probable k-mer in the i-th string in Dna
    Motifs ← (Motif1, ..., Motift)
    if Score(Motifs) < Score(BestMotifs)
        BestMotifs ← Motifs
output BestMotifs

```

ნახ.1. GreedyMotifSearch- ხარბი ტიპის ალგორითმის ფსევდოკოდი

ხარბი ტიპის ალგორითმის ძირითადი არსი მდგომარეობს შემდეგში: უნდა მოიძებნოს მოტივების ისეთი ერთობლიობა რომელიც დნმ-ის თანმიმდევრობებში მაქსიმალურად შეესაბამება ერთმანეთს. ამის მისაღწევად საჭიროა:

ყველა შესაძლო k-მერის (k-მერი – დნმ სტრიქონის ქვესტრიქონი, რომელშიც შედის k ელემენტი).

- მოძიება დნმ-ის პირველ სტრიქონში;
- თითოეულ დნმ-ის სტრიქონში საწყისი k-მერისთვის ყველაზე საუკეთესო შესაბამისობების იდენტიფიცირება - თითოეულ ნაბიჯზე მოტივების ერთობლიობის შექმნა;
- თითოეული მოტივების ერთობლიობის შეფასება საუკეთესო ერთობლიობის მოძიების და დაბრუნების მიზნით.

ჩვენ წარმოგიდგინო მოტივების მოძიების ხარბი ტიპის ალგორითმს, რომლის რეალიზაცია იქნება ნაჩვენები ალგორითმული ენის პითონის საშუალებით:

```

1 import sys # you must import "sys" to read from STDIN
2 lines = sys.stdin.read().splitlines() # read in the input from STDIN
3
4 def profile_most_probable(dna, k, matrix):
5     a_nucl = matrix[0].split()
6     c_nucl = matrix[1].split()
7     g_nucl = matrix[2].split()
8     t_nucl = matrix[3].split()
9     patterns = [dna[i:i+k] for i in range(len(dna)-k+1)]
10    max_prob = -1
11    for pattern in patterns:
12        prob_pattern = 1
13        for i in range(len(pattern)):
14            if pattern[i] == 'A':
15                prob_pattern *= float(a_nucl[i])
16            elif pattern[i] == 'C':
17                prob_pattern *= float(c_nucl[i])
18            elif pattern[i] == 'G':
19                prob_pattern *= float(g_nucl[i])
20            elif pattern[i] == 'T':
21                prob_pattern *= float(t_nucl[i])
22        if prob_pattern > max_prob:
23            max_prob = prob_pattern
24            most_patt = pattern
25
26    return most_patt
27
28 def motifs_profile(motifs):
29    matrix = ''
30    probA, probC, probG, probT = '', '', '', ''
31    for i in range(len(motifs[0])):
32        A, C, G, T = 0, 0, 0, 0
33        for j in range(len(motifs)):
34            if motifs[j][i] == 'A':
35                A += 1
36            elif motifs[j][i] == 'C':
37                C += 1
38            elif motifs[j][i] == 'G':
39                G += 1
40            elif motifs[j][i] == 'T':
41                T += 1
42        probA += str(A/len(motifs))+ ' '
43        probC += str(C/len(motifs))+ ' '
44        probG += str(G/len(motifs))+ ' '
45        probT += str(T/len(motifs))+ ' '
46    matrix = probA.strip()+'\n' + probC.strip()+'\n' + probG.strip()+'\n' + probT.strip()
47    return matrix

```

```

48
49 def motif_score(dna):
50     score = 0
51     if len(dna) == 0:
52         return 0
53     for i in range(len(dna[0])):
54         A, C, T, G = 0, 0, 0, 0
55         for j in range(len(dna)):
56             if dna[j][i] == 'A':
57                 A += 1
58             elif dna[j][i] == 'C':
59                 C += 1
60             elif dna[j][i] == 'G':
61                 G += 1
62             elif dna[j][i] == 'T':
63                 T += 1
64         score += len(dna) - max(A,C,T,G)
65     return score
66
67 def greedy_motif_search(k, t, dna):
68     best_motifs = [dna[i][0:k] for i in range(len(dna))]
69     for i in range(len(dna[0])-k+1):
70         motifs = [dna[0][i:i+k]]
71         #cur_prf = motifs_profile(motifs).splitlines()
72         for j in range(1, t):
73             cur_prf = motifs_profile(motifs).splitlines()
74             motifs.append(profile_most_probable(dna[j], k, cur_prf))
75
76         if motif_score(motifs) < motif_score(best_motifs):
77             best_motifs = motifs
78     return best_motifs
79
80 print(*greedy_motif_search(int(lines[0].split()[0]), int(lines[0].split()[1]), lines[1:]))

```

ნახ.2. Greedy Motif Search- ხარბი ტიპის ალგორითმის ფსევდოკოდი

ამ ალგორითმის გამოყენებით შესაძლებელია მოძიებული იქნას დნმ სიმრავლეში მოტივების ერთობლიობა. მოტივები არის აუცილებელი ოლიგონუკლეოტიდი ზონდების შექმნისათვის, რომლებიც გამოიყენება პჯრ ანალიზის დროს [1].

ლიტერატურა

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Polymerase_chain_reaction
2. Bioinformatics For Dummies, 2nd Edition, Jean-Michel Claverie, Cedric Notredame, December 2006
3. <https://www.python.org/>
4. <http://www.bioinformatics.org/>
5. An introduction to bioinformatics algorithms, Neil C. Jones, Pavel A. Pevzner, A Bradford Book The MIT Press, Cambridge, Massachusetts London, England, 2004 Massachusetts Institute of Technology

SUMMARY

APPLICATION OF PROGRAMMING LANGUAGE PYTHON TO BIOINFORMATICS

Kamkamidze K.N. and Razmadze D.G.

Georgian Technical University

The paper discusses the application of programming language Python to bioinformatics. There is considered the algorithm that helps biological laboratories to perform efficiently polymerase chain reaction (PCR) analysis at a relatively reasonable price.

Keywords: bioinformatics, DNA, Python, Greedy motif search, algorithm, nucleotide.

კომპიუტერული ტექნოლოგიების როლი ბანათლებაში

ხართიშვილი მ.პ., ეპიტაშვილი ი.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დღეისათვის არსებული სწავლების საგანმანათლებლო სისტემა, საჭიროებს ძირითადი სასწავლო პროცესების ინფორმატიზაციას. თანამედროვე მსოფლიოში – ციფრული სამყარო, როგორც უკვე შეარქვეს ჩვენი პლანეტის მოსახლეობამ, ციფრული ტექნოლოგიების გარეშე წარმოუდგენელია.

უკანასკნელი პერიოდის განმავლობაში ისმის კითხვა - როგორ გამოვიყენოთ კომპიუტერული ტექნიკა განათლებაში და თუ არის ის საჭირო? - რადგან წარსულში მათ გარეშეც მშვიდად ვასრულებდით ჩვენს საქმეს. მაგრამ პროგრესი არ დგას ერთ ადგილას და შესაბამისად, უარის თქმა ახალ გამოწვევებზე მიზანშეუწონელია. თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიები გეთავაზობს სასწავლო პროცესის განვითარების დიდ შესაძლებლობებს.

სამეცნიერო და სამეცნიერო-პედაგოგიური ცოდნა, კვალიფიციური ახალგაზრდა სპეციალისტები - უმაღლეს სკოლაში საგანმანათლებლო და სამეცნიერო-ეკონომიკური საქმიანობის ძირითადი პროდუქტია.

პრაქტიკაში საინფორმაციო-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების (ICT) გამოყენება (როგორც უმაღლეს სასწავლებელში, ასევე მათ ცალკეულ დანაყოფებში) გარკვეულწილად განსაზღვრავს უმაღლესი სასწავლო დაწესებულების მზადყოფნას ახალი ცოდნის ინტენსიფიკაციას და სპეციალისტებისათვის სწავლის ხარისხის გაუმჯობესებას. სწორედ ამაზეა დამოკიდებული სასწავლებლის პრესტიჟი, მისი აწმყო და მომავალი ეკონომიკური მდგომარეობა.

ახალი გარემოში ახალი ტექნოლოგიების ფუნქციონირებისათვის პედაგოგთა პროფესიული მოღვაწეობისათვის ICT არის ერთ-ერთი მამოძრავებელი ძალა, თანამედროვე საგანმანათლებლო დაწესებულების. სწავლებაში საინფორმაციო ტექნოლოგიების უგულველყოფა, პრაქტიკულად დაუშვებელია, რამდენადაც ის ნებისმიერ სასწავლო დაწესებულებას უქმნის საფრთხეს, მისი განვითარების ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლების ქრონიკული ჩამორჩენის თვალსაზრისით.

არსებობს საშიშროება, რომ აღმოვჩნდეთ თანამედროვე საგანმანათლებლო საზოგადოების „ციფრული ბარიერის - მეორე მხარეს“. მნიშვნელოვანია, გვესმოდეს, რომ ინფორმატიზაციის მაღალი ტემპის პირობებში საზოგადოებაში ჩნდება უფსკრული, მათ შორის, ვინც თავის პროფესიონალურ მოღვაწეობაში გაითავისა და დანერგა კომპიუტერულ ტექნოლოგიები, და ისინი ვინც ამ პროცესის მიღმა აღმოჩნდა.

განათლების სისტემის მოდერნიზაცია, რომელიც დაფუძნებულია ახალ სასწავლო საინფორმაციო ტექნოლოგიებზე, ვერ აგვარებს მის წინაშე არსებულ ტრადიციული პრობლემების გადაწყვეტას. თუმცა, ახალი საინფორმაციო გარემოს უნიკალური სპეციფიკის საშუალებით ICT გამოყენება უზრუნველყოფს, მათი გადაწყვეტის უმაღლეს ხარისხს. ამ კონტექსტში, ახალი საინფორმაციო ტექნოლოგიები წარმოადგენს უმაღლეს სასწავლებელში საგანმანათლებლო პროცესის მოდერნიზაციის ერთ-ერთ ეფექტურ საშუალებას, რომლის საფუძველზეც ჩვენ ვამყარებთ დიდ იმედს.

უკანასკნელი წლების განმავლობაში, იყო ძვრები უმაღლესი და საშუალო განათლების ინფორმატიზაციის საკითხების გადაწყვეტის მხრივ, მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა საგანმანათლებლო დაწესებულებების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა.

სპეციალისტების აქტიურობით პედაგოგების პროფესიული საქმიანობის ახალი გარემოს ფუნქციონირებისთვის ინსტრუმენტარიის შექმნის დარგში, და აგრეთვე პედაგოგთა კორპუსის შესაბამისი ძალისხმევით, შემუშავებულია პროგრამული საშუალებები და სასწავლო დანიშნულების ელექტრონული მასალები. განათლების სისტემაში და ინდივიდუალური მოხმარების კომპიუტერების პარკის სექტორში დღეისათვის მოქმედი, სასწავლო დანიშნულების რესურსების მოცულობა და ხარისხი იძლევა საშუალებას შეფასდეს ვირტუალური გარემო, როგორც სრულმასშტაბიანი

გამოყენებისათვის მომზადებული სწავლების ეფექტურობის ამაღლების საშუალება. შექმნილია რეალური წინაპირობები, რომ უმაღლესი და საშუალო სკოლები გადავიდნენ ICT-ს მასიური გამოყენებაზე სასწავლო პროცესში.

ამჟამად, მასწავლებელს, მისი პროფესიული საქმიანობისგან დამოუკიდებლად, შეუძლია განავითაროს ლექციებისა და გაკვეთილების სასწავლო პროგრამა, როგორც საინფორმაციო-საკომუნიკაციო რესურსების, ასევე მულტიმედია ტექნოლოგიების გამოყენებით.

სულ უფრო და უფრო ხშირად დაიწვეს კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენება მუსიკალურ, პედაგოგიურ და ბიზნეს განათლებაში. მაგალითად, მუსიკალური ელექტრონული განათლების მიღებისთვის, შეიქმნა არა მარტო ახალი ელექტრონული სასწავლო პროგრამები, არამედ მუსიკალური კომპიუტერები, სამუშაო რეგულებთან და მუსიკალურ ნაწარმოებების კომპლექტებთან ერთად.

სხვა სიტყვებით, საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენების საშუალებები განუსაზღვრელია. სადაც არ უნდა იქნეს გამოყენებული კომპიუტერული ტექნოლოგიები, თუნდაც ეს იყოს კომპიუტერული ტექნოლოგიები სპეციალიზებულ განათლებაში, საშუალო ან უმაღლეს განათლებაში, ერთი რამ ნათელია - მის უკანაა მომავალი. მათ გარეშე განათლების სისტემის მომავალი წარმოდგენელია, განსაკუთრებით, თუ საუბარია კონკურენტუნარიან და ხარისხიან განათლებაზე.

საინფორმაციო ტექნოლოგიების დანერგვა განათლების სისტემაში, იძლევა შესაძლებლობას შერჩეულ იქნას ოპტიმალური კომპლექტი ტექნოლოგიებისა სასწავლო პროცესში. არჩევისას აუცილებელია გავითვალისწინოთ მათი შესაბამისობა მოსწავლეთა ინდივიდუალური თვისებებთან და კონკრეტული საგნობრივი დარგების სპეციფიკური თავისებურებებთან [1-5].

მულტიმედია ტექნოლოგიებთან მუშაობისას სტუდენტები, თავიდანვე აქტიურად არიან ჩართულები სხვადასხვა შემეცნებით აქტივობებში. ასეთი სწავლების დროს მათ, არა მარტო შეიძინონ და გამოიყენონ ეს ცოდნა, არამედ უნდა იპოვონ სწავლისთვის საჭირო თანხები და ინფორმაციის წყაროები და უნდა შეძლონ ამ ინფორმაციასთან მუშაობა.

ამგვარად, იმ პირობებში, როდესაც კომპიუტერი სულ უფრო და უფრო მეტად იკავებს მნიშვნელოვან და განუყოფელ ნაწილს თანამედროვე საზოგადოებაში, კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენება სასწავლო პროცესებში ნებას იძლევა, რომ უზრუნველყოს ქვეყნის მომავალი განათლებული თაობით, რომლთაც ექნებათ უნარი შეიმუშაონ და განახორციელონ ახალი იდეები მეცნიერების ნებისმიერ სფეროში.

ლიტერატურა

1. Студенческий портал studynote.ru: студенту в помощь! [Электронный ресурс] //http://studynote.ru/studgid/sovremennoe_obrazovanie/kompyuternye_tekhnologii_v_obrazovanii/. – 8 декабря, 2016.
2. Красильникова В.А. Информационные и коммуникационные технологии в образовании: учебное пособие. - М., Дом педагогики, 2011.
3. Роберт И.В. и др. Информационные и коммуникационные технологии в образовании . rjvg
4. Федеральный портал "Информационные и телекоммуникационные технологии в образовании" http://www.informika.ru.
5. Virtual Training Company. Software Training http://www.vtc.com/products/Microsoft-Access-2010-Tutorials.htm.

SUMMARY

THE ROLE OF COMPUTER TECHNOLOGIES IN EDUCATION

Khartishvili M.P. and Epatashvili I.Z.

Georgian Technical University

It is justified that the use of information and communication technologies improves the quality of education.

Keywords: computer technologies, education, informatization, intensification, multimedia technologies, optimal complexes.

UNCERTAINTY OF PROJECT RISKS AND THE POSSIBILITY OF REDUCING IT BY USING THE ENTROPY

Magrakvelidze D.G.

Georgian Technical University

Abstract. The key problem of quantitative risk assessment of the investment project is to reduce the degree of uncertainty system. Under the uncertainty we mean incompleteness or inaccuracy of information under the conditions of realization of the project, including the associated costs and benefits. The uncertainty associated with possible occurrences of adverse events or the project results is an essential characteristic of the concept of the risk of the investment project. In the implementation of investment projects, most of the risks arise as a consequence of the uncertainty of the system and of the problems arising while obtaining the reliable information. We present the way of reducing the degree of uncertainty of realization of the investment project by means of information theory tools. To achieve this goal, the possibility of using the entropy is considered.

Keywords: entropy, uncertainty, investment project, risk, information theory.

At the core of all activities for implementation of the investment project, starting from the emergence of a business idea to the beginning of the operational phase of the project, is the development and making a set of necessary decisions. At the moment of emergence of well-defined business ideas, a complete set of necessary decisions (that should or could be developed and adopted in the process of realization of the project) not only exist objectively, but are quite certain in theory.

During the implementation of the investment project, when the expected in the future event is the achievement of the goal, for both the participants of the project and the investor, it is important to monitor constantly the situation in the comfort zone of acceptable risks.

The key problem of quantitative risk assessment of the investment project is to reduce the degree of uncertainty in the implementation system.

Uncertainty means incompleteness or inaccuracy of information under the conditions of realization of the project, including the associated costs and benefits. The uncertainty associated with a possible occurrence and the impact of adverse events in the course of the project is an essential characteristic of the concept of "the investment project risk."

This means that we must find the ways and develop the techniques to assess the actual uncertainty. In practice of the implementation of investment projects, it must be recognized that most risks arise as a consequence of uncertainties of the system and the problems arising with obtaining the reliable information. The assessment of the effectiveness of decision-making in the course of implementation of the project is always important, but it is especially important when we do not know the state of the decision-making system before and, i.e. when there is a reason to believe that the decision will be affected by random factors that cannot be ruled out¹. To analyze the dynamics of project risks under uncertainty, we can use the concepts of the information theory allowing to solve similar problems.

Let us consider some of key provisions of the theory that are used for the analysis of investment project risks under given uncertainties. The decisions made regarding the investment projects can be adequately implemented by the network model, containing all the work that must be done for successful implementation of the project. If this model displays the information about the complexity of the work and about other costs that are required for its implementation we can obtain the network work schedule for the project. Such a schedule is actually the information model of a complex system the elements of which - the work and its components are of themselves complex systems.

Thus, there are areas on to believe that the main problem of the quantitative risk assessment of the investment project is to reduce the degree of uncertainty.

It could seem that the degree of uncertainty is determined by the number of possible states of the system. However, this is not quite true. Let us consider, for instance, a technical device that could be in two states: 1) it operates or 2) it fails. Suppose that, prior to obtaining the information, the (a priori) probability of proper operation is 0.99, and the probability of failure is 0.01. Such a system has a very small degree of uncertainty: we can predict that the device will operate properly. When tossing a coin, there are two possible states too, but the uncertainty is much greater. The degree of uncertainty

of the system is determined not only by the number of its possible states, but also by the probabilities of the states.

Now let us consider a general case. We choose the system X that can have a finite set of states: x_1, x_2, \dots, x_n with probabilities P_1, P_2, \dots, P_n , where

$$p_i = P(X \sim x_i)$$

and P_i is the probability that the system X is in state x_i (symbol $X \sim x_i$ denotes the following event: the system is in state x_i). Obviously,

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1$$

Let us write the data as a table, the possible states of the system are given in the top row, and the appropriate probabilities – in the bottom row:

x_i	x_1	x_2	...	x_n
p_i	P_1	P_2	...	P_n

This table is similar to the distribution of a discrete random variable X with possible values x_1, x_2, \dots, x_n , having probabilities p_1, p_2, \dots, p_n . In deed, there is much in common between the variable X with a finite set of states and a discrete random variable. In order to reduce the former to the latter, it suffices to assign a value to the state. It should be emphasized that, to describe the uncertainty of the system, it does not matter what values x_1, x_2, \dots, x_n are written in the top row of the table, only the number of these values and their probabilities are important.

A special characteristic of the system called entropy is a measure of a priori uncertainty of the system (or a discrete random variable X) in the information theory. The concept of entropy is the most important in the information theory. It is suitable both for the development of ideas about the risk of investment projects that actually are complex information systems and for carrying out case studies associated with the assessment of risks [1].

The appearance of the concept of entropy in Shannon's information theory (well known in thermodynamics) was perceived by some experts as a curiosity and was not taken seriously. It was believed that this entropy had nothing to do with the physical entropy. Initially (from 1948 to 1959) the Shannon's information featured only one "thermodynamic" concept - entropy. It seemed that there was no place for energy and other similar thermodynamic potentials. In this respect the theory looked one-sided as compared to statistical thermodynamics. Though, it was a temporary phase. After realizing that, in the applied information theory, understood as a theory of signal transmission, the function of fines is an analog of energy and a risk is an analog of average energy, the situation changed. The similarity in the number of main concepts and in the relationships between them became apparent. If, in particular, keep in mind the first variation problem, we can talk about the similarity of the two theories. Appropriate mathematical relationships between the concepts in both disciplines are the same.

Information and associated operations such as obtaining of information, communication, and transformation, storage, etc. plays an important role in modern science and society. The importance of information is likely to have outgrown the importance of another important factor that played a dominant role in the last century, namely energy.

Information has two aspects: quantitative and qualitative. Sometimes total information is important, and sometimes – the quality of the message, its specific content. Besides, processing of information from one form to another is technically more complex than, say, the transformation of energy from one form to another.

The concept of the amount of information is closely related to the concept of entropy, which is a measure of uncertainty. Obtaining of information is accompanied by reduction of uncertainty, hence the amount of information can be measured by the amount of disappeared uncertainty, i.e. entropy.

In the case of digital communication, i.e. a discrete random variable, the entropy is determined by the Boltzmann formula [2]:

$$H_X = -\sum_{X} P(X) \ln P(X),$$

where X is the random variable, and $P(X)$ is its probability distribution.

It is obvious that the value of the risk of the project is reliably determined only when the project is completed. Hence the investors responsible for the implementation of the project and other project participants must have an idea of the likely dynamics of the risk during the entire period of project implementation. Is it possible in reality?

The task is not simple, but possible. Any decision of the investment project or work done during the implementation of the investment project in terms of the information theory is a set of data that reflect the risk of the project. If the information about all the decisions that are taken during the project was known in advance, the definition of the probability of success would lose its meaning. They would have reliable data on future results.

Entropy H_x has several properties that justify its choice as the characteristic of uncertainty. First, it turns into zero when one of the states of the system is reliable, while others - impossible. Second, for a given number of states, it turns into a maximum when the states are equally probable, whereas it increases with the increasing number of states. Finally, and the most important, it is additive, i.e., when several systems are combined into one, their entropies add up.

The entropy H , of a discrete random variable X is a measure of the amount of uncertainty associated with the value of X .

Suppose 1000 bits (0 and 1) are transmitted. If these bits are known before they are transmitted (having a definite value with absolute probability), logic dictates that no information was transmitted. If, however, each is equally and independently likely to be 0 or 1, 1000 bits (in the sense of the information theory) were transmitted. Between these two extremes, information can be quantified as follows. If \mathbb{X} is the set of all messages $\{x_1, \dots, x_n\}$ that X could be, and $p(x)$ is the probability of x given for some $x \in \mathbb{X}$, the entropy of X is determined as

$$H(X) = E_X [I(x)] = - \sum_{x \in \mathbb{X}} p(x) \log p(x)$$

Here $I(x)$ is the self-information which is the entropy distribution of an individual message, and E_X is the expected value.

An important property of the entropy is that it is maximized when all the messages in the message space are equally probable $p(x) = 1/n$, - i.e., most unpredictable, in this case $H(X) = \log n$. A special case of information entropy for a random variable with two outcomes is the binary entropy function, usually taken to the logarithmic base 2:

$$H_b(p) = -p \log_2 p - (1-p) \log_2 (1-p)$$

The joint entropy of two discrete random variables X and Y is merely the entropy of their pairing: (X, Y) . This implies that, if X and Y are independent, their joint entropy is the sum of their individual entropies.

For example, if (X, Y) represents the position of chess pieces — row X and column Y , the joint entropy of the row of the piece and the column of the piece will be the entropy of the position of the piece.

$$H(X, Y) = E_{X, Y} [-\log p(x, y)] = - \sum_{x, y} p(x, y) \log p(x, y)$$

Despite similar notations, the joint entropy should not be confused with the cross entropy. The conditional entropy or **conditional uncertainty** of X given random variable Y (also called the **equivocation** of X about Y), is the average conditional entropy over Y .

$$H(X|Y) = E_Y [H(X|Y)] = - \sum_{y \in Y} p(y) \sum_{x \in X} p(x|y) \log p(x|y) = - \sum_{x, y} p(x, y) \log \frac{p(x, y)}{p(y)}$$

Because the entropy can be conditioned on a random variable or on that random variable being a certain value, care should be taken not to confuse these two definitions of conditional entropy, the former of which is in more common use. A basic property of this form of conditional entropy is that:

$$H(X|Y) = H(X, Y) - H(Y)$$

Mutual information measures the amount of information that can be obtained about one random variable by observing another one. It is important in communication where it can be used to maximize the amount of information shared between sent and received signals. The mutual information of X relative to Y is given by:

$$I(X; Y) = E_{X, Y}[SI(x, y)] = \sum_{x, y} p(x, y) \log \frac{p(x, y)}{p(x)p(y)}$$

where SI (specific mutual information) - is the point-wise mutual information.

The basic property of the mutual information is that

$$I(X; Y) = H(X) - H(X|Y)$$

That is, knowing Y , we can save an average of $I(X; Y)$ bits in encoding X compared with not knowing Y .

Mutual information is symmetric:

$$I(X; Y) = I(Y; X) = H(X) + H(Y) - H(X, Y)$$

Mutual information can be expressed as the average Kullback–Leibler divergence (information gain) of the posterior probability distribution of X given the value of Y to the prior distribution on X [3]:

$$I(X; Y) = E_{P(Y)}[D_{KL}(p(X|Y=y) \| p(X))]$$

In other words, this is a measure of how much, on the average, the probability distribution on X will change if we are given the value of Y . This is often recalculated as the divergence from the product of the marginal distributions to the actual joint distribution:

$$I(X; Y) = D_{KL}(p(X, Y) \| p(X)p(Y))$$

Mutual information is closely related to the log-likelihood ratio test in the context of contingency tables and the multinomial distribution and to Pearson's χ^2 test: mutual information can be considered as a statistic for assessing the independence between a pair of variables, and has a well-specified asymptotic distribution.

The Kullback–Leibler divergence (or information divergence, information gain, or relative entropy) compares the entropy of two distributions: a "true" probability distribution $p(X)$, and an arbitrary probability distribution $q(X)$. If we compare the data in a manner that assumes $q(X)$ is the distribution underlying some data, when, in reality, $p(X)$ is the correct distribution, the Kullback–Leibler divergence is the number of average additional bits per datum necessary for compression. It is thus defined

$$D_{KL}(p(X) \| q(X)) = \sum_{x \in X} -p(x) \log q(x) - (-p(x) \log p(x)) = \sum_{x \in X} p(x) \log \frac{p(x)}{q(x)}$$

Although it is sometimes used as a 'distance metric', KL divergence is not a true metric since it is not symmetric and does not satisfy the triangle inequality (making it semi-quasimetric).

Any process that generates successive messages can be considered a source of information. A memory-less source is the one in which each message is an independent identically-distributed random

variable, whereas the ergodicity and stationary properties impose more general constraints. All such sources are stochastic. These terms are well studied in their own right outside the information theory.

The information rate is the average entropy per symbol. For memory-less sources, this is merely the entropy of each symbol, while, in the case of a stationary stochastic process, it is

$$r = \lim_{n \rightarrow \infty} H(X_n | X_{n-1}, X_{n-2}, X_{n-3}, \dots)$$

i.e. the conditional entropy of a symbol with consideration of all previous generated symbols. For a more general case of the process that is not necessarily stationary, the average rate is

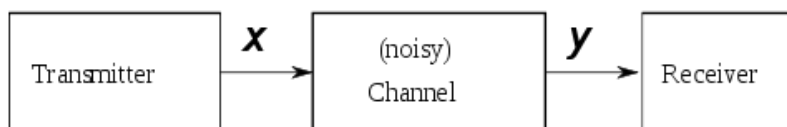
$$r = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} H(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

i.e. it is the limit of the joint entropy per symbol. For stationary sources, these two expressions give the same result.

It is common in the information theory to speak of the "rate" or "entropy" of the language. It is appropriate, for example, when the source of information is English prose. The rate of a source of information is related to its redundancy and how well it can be compressed, the subject of source coding.

Communications over a channel such as the Ethernet cable - is the primary motivation of the information theory. As anyone who has ever used a telephone (mobile or landline) knows, however, such channels often fail to produce exact reconstruction of a signal; noise, periods of silence, and other forms of signal corruption often the signal quality. How much information can one hope to communicate over a noisy (or differently imperfect) channel?

Consider the communication process over a discrete channel. A simple model of the process is shown below:



Here X represents the space of messages transmitted, and Y the space of messages received during a unit time over our channel. Let $p(y | x)$ be the conditional probability distribution function of Y given X . We consider $p(y | x)$ to be an inherent fixed property of our communication channel (representing the nature of the noise of our channel). Then the joint distribution of X and Y is completely determined by our channel and by our choice of $f(x)$, the marginal distribution of messages we choose to send over the channel. Under these constraints, we would like to maximize the rate of information, or the signal, we can communicate over the channel. The appropriate measure for this is the mutual information, and this maximum mutual information is called the channel capacity and is given by

$$C = \max_f I(X;Y)$$

This capacity has the following property related to communication at the information rate R (where R is, as a rule, bits per symbol). For any information rate $R < C$ and coding error $\epsilon > 0$, for sufficiently large N , there exists a code of length N and rate $\geq R$ and a decoding algorithm, such that the maximum probability of block error is $\leq \epsilon$; that is, it is always possible to transmit data with arbitrarily small block error. In addition, for any rate $R > C$, it is impossible to transmit data with arbitrarily small block error.

Higher entropy was defined as a measure of uncertainty of the state of the system. As a result of obtaining of the data, the uncertainty of the information system can be reduced. The greater the volume of the data received, the more informative they are, the less uncertain is the information. Hence it is natural to measure the volume of information by a decrease in the entropy of the system, to clarify the state of which the data are intended for.

It is hardly worth asserting that the practical application of this approach to reduce uncertainty in the event space for the implementation of investment projects will not be accompanied by some difficulties, but its use, especially in the creative application and development can be very useful.

REFERENCES

1. N. Georgescu-Roegen. The Entropy Law and the Economic Process. - Harvard University Press, Cambridge M.A., USA, 1971.
2. T.M. Cover, J.A. Thomas. Elements of Information Theory. - Wiley. New York. 1991
3. W. Ebeling, J. Freund, F Schweitzer. Komplexe Strukturen: Entropie und Information. - Teubner, Stuttgart, 1998.

РЕЗЮМЕ

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ПРОЕКТНЫХ РИСКОВ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕЕ СНИЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЯ ЭНТРОПИЮ

Маграквелидзе Д.Г.

Грузинский технический университет

Ключевая проблема количественной оценки рисков инвестиционного проекта это уменьшение степени неопределенности в системе реализации. Под неопределенностью имеется ввиду неполнота или неточность информации в условиях реализации проекта, включая связанные с этим расходы и выгоды. Неопределенность, связанная с появлением нежелательных явлений или с результатами проекта, является важнейшей характеристикой концепции риска инвестиционного проекта. При реализации инвестиционных проектов большинство рисков возникает вследствие неопределенности системы и проблем, возникающих с получением надежной информации. Мы предлагаем способ для снижения степени неопределенности реализации инвестиционного проекта с помощью средств теории информации. Рассматривается возможность использования энтропии для достижения этой цели.

Ключевые слова: энтропия, неопределенность, инвестиционный проект, риск, теории информации.

OPTTIMAL MANAGEMENT OF TASK TRANSFORMATION

Kadagishvili L.G.

V. Chavchanidze Institute of Cybernetics, Georgian Technical University
Georgian Engineering Academy

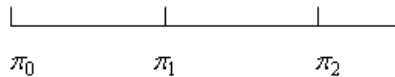
Abstract. The paper deals with the optimal management of task transformation. The case of two projects (tasks) is discussed. The tasks are considered as two systems with basic functions united by a single equation. These tasks have phases that pass one into another. In this process, the third phase represents banking transactions.

Keywords: optimal management, task transformation, banking transaction.

We consider the optimal management of tasks for the case of various transformations. We will better implement this process for the case of two or three projects.

In the case of two projects, we have functional U depending on 2^v . When $v=3$, we have function ∞ and profit $\tau(Q, \eta)$. In the letter case the problem increases, the third parameter $16 = \tau(Q, \eta, \xi)$ is added. We are considering the case of two projects.

Let us have two projects π_1 and π_2 , one of them begins at moment π_0 and lasts till moment π_1 , the second one begins at moment π_1 and ends at moment π_2 .



Let us see how the bank finances the projects: $S(t)$ is the amount of money for total time t ; $u(t)$ is the amount of money allocated for the first project at time t ; $v(t)$ is the amount of money allocated for the second project. To differ $u(t)$ and $v(t)$, we put the difference

$$\begin{aligned} \tilde{u} \leq u(t) \leq \hat{u} & \quad \tau_0 \leq t \leq \tau_1 \\ v \leq v(t) < \hat{v} & \quad \tau_1 \leq t \leq \tau_2 \end{aligned}$$

Then, the formula for financing of the first project looks like

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = u(t), \tau_0 \leq t \leq \tau_1 \\ S(\tau_1) = \omega_0, S(\tau_1) = \omega \end{cases}$$

It is obvious that the outcome will depend on the management we choose.

The formula for financing of the second project looks like

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = v(t), \tau_1 \leq t \leq \tau_2 \\ S(\tau_1) = \sigma_1, S(\tau_2) = \sigma_2 \end{cases}$$

This is a system divided into two which do not coincide.

The bank wishes to maximize function $\tau(u, v)$

$$\max_{u, v} \tau(u, v) = \chi \int_{\tau_0}^{\tau_1} S(t) dt + \varkappa \int_{\tau_0}^{\tau_2} S(t) dt$$

By this condition, it unites the two systems. If τ_1 is given, this problem brakes into two independent ones, and we consider the unity of these systems. If τ_1 is not known beforehand, we should call this problem the “optimal problem of line crediting of the project”.

Let us add the derived functional, consisting of the sum of two functionals, $\tau(u) = \int_{\tau_0}^{\tau_1} S(t) dt$ to

the first problem and the functional $\tau(v) = \int_{\tau_1}^{\tau_2} S(t) dt$ to the second one.

The basic functional looks like

$$\tau(u, v) = \chi[\tau(u) + \varkappa \tau(v)]$$

When we know both solutions, our goal is to find τ_1 and to perform maximization. Using the max principle

$$u(t) = \begin{cases} \lambda, & \tau_0 \leq t \leq Q \\ \tilde{u} + \hat{u} - \lambda, & Q \leq t \leq \tau_1, \quad \lambda = \tilde{u} \cup \hat{u} \end{cases}$$

We will have a similar formula for V.

Solve the first equality for u

$$S(t) = \omega_0 + (\tau - \tau_0)\lambda, \quad \tau_0 \leq t \leq Q$$

Calculate in the second part

$$S(t) = \omega_0 + (Q - \tau_0)\lambda + (\tilde{u} + \hat{u} - \lambda) \frac{(t - Q)}{\tau_1}, \quad Q \leq t \leq \tau$$

For the last condition

$$S(t) = \omega_1, \quad Q \leq t \leq \tau_1$$

$$\tau_1 = \frac{\omega_1 - \omega_0 - \lambda(Q - \tau_0)}{u + \hat{u} - \lambda} + Q$$

Here we do not know Q. This parameter will be fixed, quantities $\tau(u)$ and $\tau(v)$ will be selected so that they should take on the maximum values.

Repeating exactly this solution for the second equality with making the following substitutions $u \rightarrow v, \lambda \rightarrow \eta, Q \rightarrow \eta, \tau_0 \rightarrow \tau_1$ and $\tau_1 \rightarrow \tau_2$, we will get for the second part

$$S(t) = \sigma_1 + (\eta - \tau_1)\mu + (\tilde{v} + \hat{v} - \mu)(t - \eta), \quad \eta \leq t \leq \tau_2$$

From the condition that $S \rightarrow \tau_2$ is σ_2 , we have the following expression

$$S(\tau_2) = \sigma_1 + (\eta + \tau_1)\mu + (\tilde{v} + \hat{v} - \mu)(\tau_2 - \eta)$$

$$\eta = \frac{\sigma_2 - \sigma_1 + \mu(\tau_1 + \tau_2) - (\tilde{v} + \hat{v})\tau_2}{2\mu - \tilde{v} - \hat{v}}$$

If we represent τ_1 , then we will only have to find Q.

We return to the functionals

$$\tau(u) = \omega_0(Q - \tau_0) + \frac{\lambda}{2}(Q - \tau_0)^2 + [\omega_0 + \lambda(Q - \tau_0)](\tau_0 - Q) + \frac{\tilde{u} + \hat{u} - \lambda}{2}(\tau_1 - Q)^2$$

Replacing τ_1 with its representation, we find the maximum in regard to Q

$$\max_Q \tau(\tilde{u}) \quad \text{and} \quad \max_Q \tau(\hat{u})$$

We will see where Q changes.

We had $\tau_0 \leq Q \leq \tau_1$, for τ_1 , we will have

$$K = \frac{\omega_1 - \omega_0 \lambda(Q - \tau_0)}{\tilde{u} + \hat{u} - \lambda}$$

It depends on \tilde{u} and \hat{u} . Depending on λ , the condition will be put that $\hat{u}(Q - \tau_0) - \omega_1 + \omega_0 \geq 0$.

Hence we have $Q \geq \frac{1}{\hat{u}}(\omega_1 - \omega_0) + \tau_0$.

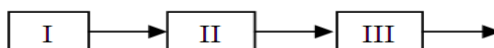
If we consider the third project, for the second functional, we will have

$$\tau(v) = \sigma_1(\eta - \tau_1) + \frac{\mu}{2}(\eta - \tau_1)^2 + [\sigma_1 + \mu \cdot (\eta - \tau_1)](\tau_2 - \eta) + \frac{\tilde{v} + \hat{v} - \mu}{2}(\tau_2 - \eta)^2$$

In this expression, τ_1 itself contains Q and $\tau(v)$, and the expression eventually reduces to $\tau(Q, \eta)$. The risk of options increases, and we will have four options. We have to find $\max_Q \tau(Q, \lambda, \mu)$.

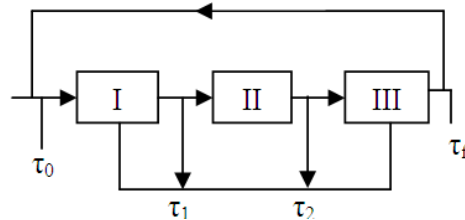
Probably, the following should be done: in $\max_\eta \tau(\eta, \lambda, \mu)$, exclude τ_1 from Q. Then $\max_\eta \tau(\eta, \tau, \lambda, \mu)$, and finished Q enters the second equality. Finding of separate maxima may not give us the total maximum. In this case, it would be better to take the total maximum itself.

Hence these problems have the phases that pass into each other. The law of description changes in each phase. Here it is necessary to promote the first object, which is initial for the second one and so on



For the first object, the initial conditions including all relevant parameters should be formed. The first link works for the outcome – the product, the second phase begins its realization. This is other structure; here certain definitions are also necessary. The action takes place in a calm atmosphere with consideration for that the goal is not to implement the project as soon as possible, but to get the maximum possible profit at some moment.

The main thing in this process is that the third phase represents banking transactions. The banking transaction is linked with I. The profit is made exactly by banking transaction.



The bank expands the process and supports process I. The max profit is desirable. To implement this task, we need a special sequence of laws describing all three processes (the case was already considered). Time τ_0 is the initial moment of process I and so on.

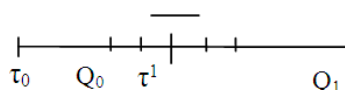
Let us implement the formalization of the process $f_1 = \begin{pmatrix} f_i^1 \\ f_i^{n_i} \end{pmatrix}$. Assume that $n_i=2$, then

$f_1 = \begin{pmatrix} f_i^1 \\ f_i^2 \end{pmatrix}$ represents all phases we had before. We can unite them in a single differential equation

$$\frac{dx^i}{dt} = f_1(x_i, \dots, x_n, u_i^1, \dots, u_i^{n_i}), \text{ where } \tau^i \leq t \leq Q_i, i = \overline{1, k} \text{ and } x_i = \begin{pmatrix} x_i^1 \\ x_i^{n_i} \end{pmatrix} \text{ for process K, and } u_i = \begin{pmatrix} u_i^1 \\ u_i^{n_i} \end{pmatrix} \text{ and}$$

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_i, u_i, t) \tau_i \leq t \leq D_i \quad i = \overline{1, k} \text{ for u.}$$

These phase coordinates are not intercrossed. If this condition is given and $x_i(\tau_1)$ and $x(Q_i)$ are solved separately, we will have a task with fixed ends. We could know τ_0 , but we do not know when to finish the first phase and to begin the second one. In this case we have the following situation



To begin with τ_0 and τ_1 attached to each other; these points are to be registered. Such problems create great difficulties for implementation of optimal tasks.

REFERENCES

1. Kadagishvili L.G. Cybernetics of Pricing. //Georgian Engineering News, 2015, No. 4, pp. 50-52.
2. Kadagishvili L.G. Pricing in Dynamic Processes. //Georgian Engineering News, 2016, No. 1, pp. 32-35.
3. Kadagishvili L.G. Macroeconomic Dynamic Production Systems. //Georgian Engineering News, 2016, No. 3, pp. 43-47.

РЕЗЮМЕ

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСФОРМАЦИЕЙ ЗАДАЧ

Кадагишвили Л.Г.

Институт кибернетики им. В.В. Чавчанидзе, Грузинский технический университет

Инженерная Академия Грузии

Статья посвящена оптимальному управлению при различных трансформациях задач с целью достижения максимального управления. Рассматривается случай двух проектов (задач). Две задачи представлены в виде систем с основными функциями, объединенных одним уравнением. У этих задач есть фазы, переходящие одна в другую. В этом процессе третья фаза представляет собой банковские операции.

Ключевые слова: оптимальное управление, трансформация, банковские операции.

თბილისის რეგიონის ქვიშაქვების და არგილითების კორელაციური დამოკიდებულება ერთდერბა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვრის, სიმკვრივის და ღრეკადობის მოდულის მნიშვნელობებს შორის

ბალიაშვილი გ.ი., სარჯველაძე ნ.გ., ტყემალაძე ლ.გ., რუხაძე თ.ა., ჯღამაია ვ.თ.

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ერთდერბა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარი, დრეკადობის მოდული და სიმკვრივე ქანების ერთ-ერთ ძირითად თვისებას წარმოადგენს.

როგორც წესი ამ თვისებათა მნიშვნელობის განსაზღვრა ლაბორატორიულ პირობებში სტანდარტული მეთოდებით ხორციელდება.

გეოლოგიური კვლევების, ლაბორატორიული სამუშაოების გეგმის, ტექნიკური დავალების და ზოგიერთი სამშენებლო პროექტის შედგენის დროს გამოიყენება ქანების სიმტკიცური, დეფორმაციული და ფიზიკური მახასიათებლების მნიშვნელობათა საცნობარო მონაცემი. ამგვარ მონაცემთა მნიშვნელობა ზედმიწევნით ზოგადია, გააჩნია დიდი გაბნევა და არ ეხება კონკრეტულ რეგიონს.

ამიტომ კონკრეტული რეგიონის ქანების სიმტკიცურ, დეფორმაციულ და ფიზიკურ მახასიათებელთა მნიშვნელობებს შორის კორელაციური დამოკიდებულების დადგენა, რომელიც ლაბორატორიულ კვლევებზე იქნება დაფუძნებული ზედმიწევნით საჭირო საკითხს წარმოადგენს. წარმოდგენილი შედეგები ბოლო 15 წლის განმავლობაში ლაბორატორიულ პირობებში დადგენილი მნიშვნელობების ანალიზის საფუძველზეა მიღებული. წარმოდგენილია კორელაციური დამოკიდებულების გრაფიკები და ემპირიული ფორმულები. შედეგების გამოყენება შესაძლებელია საინჟინრო-გეოლოგიური და ლაბორატორიული კვლევების ტექნიკური დავალების შემუშავების, გეომექანიკური კვლევის შედეგების კორექტირების და სამშენებლო პროექტების შედგენის დროს [1-3].

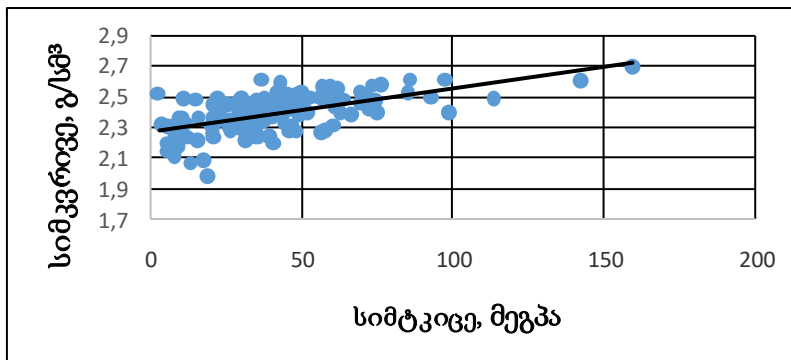
ერთდერბა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარსა და სიმკვრივეს შორის დამოკიდებულების დადგენის მიზნით გაანალიზებულია ქვიშაქვის 150-მდე და არგილითის 60-მდე მონაცემი. წარმოდგენილი კორელაციური დამოკიდებულება შეიცავს ქვიშაქვებზე 127 და არგილითზე 47 მონაცემს.

ანალიზური კვლევის შედეგები წარმოდგენილია ემპირიული ფორმულის (1, 2) და გრაფიკის (ნახ. 1,2) და სახით.

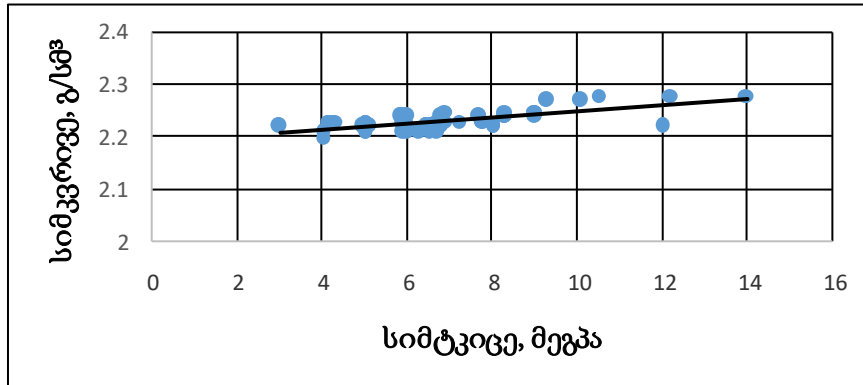
$$\rho_s = 0,0028 \times \sigma_s + 2,2806; R_s=0,3286 \quad (1)$$

$$\rho_A = 0,0061 \times \sigma_A + 2,1897; R_A=0,4931 \quad (2)$$

სადაც: ρ_s - ქვიშაქვის სიმკვრივე, გ/სმ³; σ_s - ქვიშაქვის სიმტკიცე, მეგპა; R_s - კორელაციის კოეფიციენტი; ρ_A - არგილითის სიმკვრივე, გ/სმ³; σ_A - არგილითის სიმტკიცე, მეგპა; R_A - კორელაციის კოეფიციენტი.



ნახ. 1. ქვიშაქვის სიმტკიცის და სიმკვრივის მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი



ნახ. 2. არგილითის სიმტკიცის და სიმკვრივის მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი

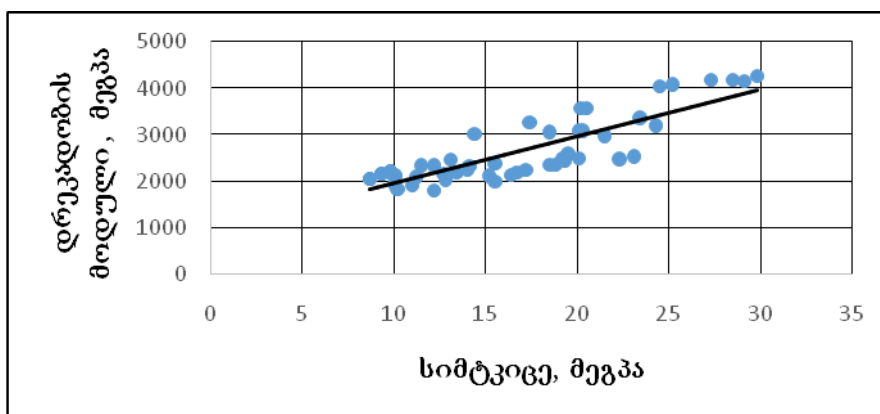
ერთდერბა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარსა და დრეკადობის მოდულს შორის დამოკიდებულების დადგენის მიზნით გაანალიზებულია ქვიშაქვის 90-მდე და არგილითის 70-მდე მონაცემი. წარმოდგენილი კორელაციური დამოკიდებულება შეიცავს ქვიშაქვებზე 54 და არგილითზე 48 მონაცემს.

ანალიზური კვლევის შედეგები წარმოდგენილია ემპირიული ფორმულის (3,4) და გრაფიკის (ნახ. 3,4) სახით.

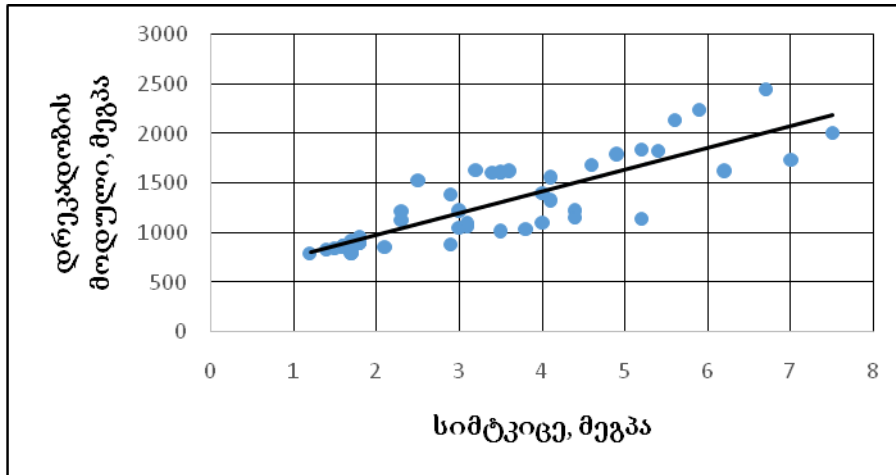
$$E_s = 101,14 \times \sigma + 951,71; R=0,7313 \quad (3)$$

$$E_A = 219,59 \times \sigma + 544,59; R=0,7023 \quad (4)$$

სადაც: E_s - ქვიშაქვის დრეკადობის მოდული, მეგაპა; σ_s - ქვიშაქვის სიმტკიცე, მეგაპა; R_{SE} - კორელაციის კოეფიციენტი; E_A - არგილითის დრეკადობის მოდული, მეგაპა; σ_A - არგილითის სიმტკიცე, მეგაპა; E_A - კორელაციის კოეფიციენტი.



ნახ. 3. ქვიშაქვის სიმტკიცის და დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი



ნახ. 4. არგილითის სიმტკიცის და დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი

ამრიგად, კვლევების შედეგებზე დაყრდნობით შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ:

1. ერთდერბა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარსა, სიმკვრივეს და დრეკადობის მოდულს შორის კორელაციური დამოკიდებულების გრაფიკი წრფივია;
2. ქვიშაქვების ერთდერბა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარსა, სიმკვრივეს და დრეკადობის მოდულს შორის დამოკიდებულების კორელაციის კოეფიციენტი შესაბამისად 0,33-ის და 0,73-ის ტოლია;
3. არგილითების ერთდერბა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარსა, სიმკვრივეს და დრეკადობის მოდულს შორის დამოკიდებულების კორელაციის კოეფიციენტი, შესაბამისად 0,49-ის და 0,70-ის ტოლია;
4. მიღებული შედეგების გამოყენება თბილისის რეგიონის გეოლოგიური კვლევების, ლაბორატორიული სამუშაოების გეგმის და ტექნიკური დავალების შედგენის; ზოგიერთი სამშენებლო პროექტის შემუშავების და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების ანალიზის მიზნით შესაძლებელია.

ლიტერატურა

1. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
2. ГОСТ 21153,2-84 Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии.
3. ГОСТ 28985-91 Породы горные. Метод определения деформационных характеристик при одноосном сжатии.

SUMMARY

CORRELATION RELATIONSHIP BETWEEN THE VALUES OF UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH, DENSITY AND THE MODULI OF ELASTICITY OF SANDSTONE AND ARGILLITE FROM TBILISI REGION

Baliashvili G.L., Sardzhvellidoze N.V., Tkemaladze L.V., Rukhadze T.A. and Djgamaia V.T.

LPPL Grigol Tsulukidze Mining Institute

Georgian Technical University

The establishment of the correlation relationship between basic properties (strength, the modulus of elasticity and density) of rocks, especially of the rocks of certain regions, is a topical scientific and practical problem. This paper presents the correlation relationship between compressive strength, density and the moduli of elasticity of the sandstone and argillite from Tbilisi region. In our opinion the obtained result can be of interest for researchers, engineers and specialists engaged in this field, as well as for students.

Keywords: sandstone, argillite, strength, density, modulus of elasticity.

**ბეტონების დარტყმამდეგობაზე ბამოცდის მეთოდის
კვლევა-გაუმჯობესება**

ბალიაშვილი გ.ი., ბეჟანოვი ფ.ხ., სარჯველაძე ნ.გ., გოცაძე ბ.ზ.

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი

პირველი კვლევები ბეტონის დარტყმა მედეგობაზე ჩატარებულია პენსელეტის და რისელის მიერ, შესაბამისად 1830 და 1895 წელს. კვლევები ეხებოდა ჭურვის შეღწევის სიღრმის, გავარდნის სიჩქარის და სტრუქტურული ელემენტის წინააღობის პროგნოზირების საკითხს [1].

დღეისთვის გახშირებული ტერორისტული აქტების და მტრული თავდასხმების პირობებში თავდაცვითი და სამოქალაქო დანიშნულების შენობა ნაგებობებში გამოყენებული ბეტონების დარტყმამდეგობის დადგენა განსაკუთრებით აქტუალური და აუცილებელია.

ბეტონების დარტყმამდეგობის დასადგენად გამოიყენება შემდეგი მეთოდი: 1 - აფეთქების; 2 - ჭურვის დარტყმის; 3 - სარტყამი ჩაქუჩის თავისუფალი ვარდნის; 4 - ჩარპის.

აფეთქების და ჭურვის დარტყმის მეთოდის გამოყენება შეზღუდულია, რადგან საჭიროებს სპეციალურ, რთულ და მტვირთავ მოწყობილობას. ჩარპის ცდა გამოიყენება, ძირითადად მეტალების გამოსაცდელად. სარტყამი ჩაქუჩის ვარდნის მეთოდი, არსებულ მეთოდებთან შედარებით მარტივი და მისაღებია [2].

გამოიყენება სარტყამი ჩაქუჩის თავისუფალი ვარდნის მეთოდის ერთჯერადი და მრავალჯერადი ხერხი [3].

მრავალჯერადი ხერხის დროს, ნიმუშში პირველი ბზარის წარმოქმნის და მისი სრული რღვევის პარამეტრები (ენერგია, სიჩქარე, დრო და ა. შ.) დგინდება.

სარტყამი ჩაქუჩის (შემდგომ ჩაქუჩი) თავისუფალი ვარდნის ცდის ძირითად ხელსაწყოს ურნალი წარმოადგენს. ურნალის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს ორ სვეტი, რომელთა გასწვრივ ჩაქუჩის გადაადგილება ხორციელდება. ჩაქუჩის სათანადო დონეზე აწევა ხელით, ხოლო ვარდნა მიზიდულობის ძალით ხორციელდება.

ჩაქუჩი ეცემა ნიმუშზე განთავსებულ ფოლადის ბურთულაზე, ან ფილაზე. ნიმუშში, მასზე განთავსებული ბურთულით დამაგრებულია ბრტყელ, საყრდენ ფილაზე, რომელიც ბეტონის ფუნდამენტზეა დამონტაჟებული. ჩაქუჩის მასა, ვარდნის სიმაღლე, ნიმუშის დიამეტრი და სიგრძე განისაზღვრება კონკრეტული ამოცანის მოთხოვნების შესაბამისად.

გამოსაცდელი ნიმუში შეიძლება ჩამოსხას, ან გამოიხერხოს, ჩამოსხმული ცილინდრიდან.

ჩაქუჩი ეცემა გამეორებით მანამდე სანამ არ მოხდება პირველი ბზარის ჩასახვა დანიმუშის საბოლოო რღვევა. ბზარის ჩასახვა და ნიმუშის რღვევა ცალ-ცალკე ფიქსირდება. საბოლოო რღვევა განისაზღვრება, როგორც ნიმუშში ღია ბზარების ჩასახვა და მისი გაყოფა სამ ნაწილად, ანუ ნიმუშის ოთხი სეგმენტიდან, რომლებიც განთავსებულია ოთხ დამჭერს შორის სამს შეეხება რღვევა [3].

მრავალჯერადი დარტყმითი ცდის შედეგი გამოირჩევა მაღალი ვარიაციით, არასტაბილურობით და შეიძლება მნიშვნელოვნად შეიცვალოს ბეტონის თვისებების მახასიათებელთა მნიშვნელობის ცვალებადობასთან დაკავშირებით [3].

ცდის დროს გამოყოფილი ენერგია განისაზღვრება ფორმულით (1) [4]:

$$E = mgh - 1 \quad (1)$$

სადაც E - ენერგია, ჯოული; m - ჩაქუჩის მასა, კგ; g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, მ/წმ² (g=9,81); h - ჩაქუჩის ვარდნის სიმაღლე; I - ენერგიის დანაკარგი ხახუნის და სხვა მიზეზის გამო, ჯოული. ამ ცდაში დანაკარგი უმნიშვნელოა.

დარტყმის ენერგია თითოეული ნიმუშისთვის გაიანგარიშება ფორმულებით

$$E = (n \times m \times V^2) / 2 \quad (2)$$

$$h = (g \times t^2) / 2 \quad (3)$$

$$V = g \times t \quad (4)$$

$$m = W / g \quad (5)$$

სადაც: n – ჩაქუჩის ვარდნის რაოდენობა (დარტყმის), ცალი; V – ჩაქუჩის სიჩქარე დარტყმის დროს, მ/წ; W -ჩაქუჩის წონა, კგ; t – ჩაქუჩის ვარდნის დრო 4,57 მ-ის სიმაღლიდან [4].

კუთრი დარტყმამედგობა, თითოეულ ნიმუშზე განისაზღვრება ფორმულით

$$\sigma = (F \times \sum h) / v \quad \sigma = (F \times \sum h) / v, \text{ (კგძ} \times \text{სმ) / სმ}^3 \quad (6)$$

სადაც σ -კუთრი დარტყმამედგობა, (კგძ×სმ)/სმ³; F -დარტყმის ძალა, კგძ, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$(f = m \times g) \quad (7)$$

$\sum h$ -დარტყმის სიმაღლეების ჯამია, სმ, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$\sum h = (1 + 2 + 3 + \dots + z) \quad (8)$$

z - დარტყმის ის სიმაღლე, რომლის დროსაც წარმოიქმნა პირველი ბზარი, სმ; g - ნიმუშის მოცულობა, სმ³ [5].

სტატიაში [6] წარმოდგენილია ქანის დარტყმამედგობის კვლევა ინსტიტუტში არსებული პეჯის ტიპის ურნალის გამოყენებით.

გამოცდა ჩატარდა 4×4×4 სმ-ის ზომის კუბის ფორმის ნიმუშებზე. 7 ნიმუში (№1 7) გამოიცადა ბურთულის, ხოლო 8 ნიმუში (№8 15) გამოიცადა ფილის კონტაქტის ხერხით. ბურთულის დიამეტრი 1,8 სმ-ს შეადგენს. ფილის ზომა 5×5×1 სმ-ს შეადგენს. ნიმუში განთავსებულია ლითონის ჭიქაში. მისი შეუზღუდავად დაფიქსირება დრუბელის მეშვეობით ხორციელდება. ნიმუშზე განთავსებულია ფოლადის ფილა, ან ბურთულა რომლის მეშვეობითაც ხდება დარტყმის გადაცემა ნიმუშზე.

დარტყმის ბიჯი ერთ სანტიმეტრს შეადგენს. პირველი სამი დარტყმის (3 სმ-ის სიმაღლე) და ყოველი შემდეგი დარტყმის შემდეგ ხდება ნიმუშის ამოღება და ზედაპირის მთლიანი დათვალიერება ლუპის მეშვეობით.

დარტყმა გრძელდება ნიმუშში პირველი ხილული ბზარის (რღვევის დასაწყისი) და მაგისტრალური ბზარის წარმოქმნამდე (საბოლოო რღვევა).

აბსოლუტური დარტყმამედგობა განისაზღვრება ფორმულით

$$\sigma = m \times \sum h \quad (11)$$

სადაც σ - აბსოლუტური დარტყმამედგობა, კგძ×სმ ;

დარტყმამედგობა კუთრი (მოცულობითი) განისაზღვრება ფორმულით

$$\sigma_v = \sigma / v \quad (12)$$

ნახაზზე (ა და ბ) წარმოდგენილია კუბის ფორმის ნიმუშები გამოცდამდე და გამოცდის შემდეგ, შესაბამისად.



კუბის ფორმის ნიმუშები
 ა) კუბები გამოცდამდე; ბ) კუბები გამოცდის შემდეგ

ცხრილში 1 წარმოდგენილია დარტყმაზე გამოცდილი კუბების პარამეტრები და გამოცდის შედეგად მიღებული მნიშვნელობები.

ცხრილი 1. დარტყმაზე გამოცდილი კუბების პარამეტრები და გამოცდის შედეგად მიღებული მნიშვნელობები

ნაქუჩის ნიმუშთან კონტაქტის სერის	ნიმუშის №	სიგრძე, სმ	სიგანე, სმ	სიმაღლე, სმ	მოცულობა, სმ ³	დარტყმის სიმაღლეების ჯამი, სმ	დარტყმამდე	
							აბსოლუტური, კგ×სმ	ფარდობითი, (კგ×სმ)/სმ ³
ბურთულით	1	3,81	4,11	3,97	62,17	28	56	0,90
	2	4,17	3,95	4,31	70,99	36	72	1,01
	3	3,94	3,84	4,39	66,42	36	72	1,08
	4	4,25	3,77	4,19	67,13	45	90	1,34
	5	4,16	3,77	4,09	64,14	36	72	1,12
	6	4,08	3,98	4,16	67,55	55	110	1,63
	7	4,06	3,77	4,09	62,60	45	90	1,44
ფილით	8	4,01	3,94	4,17	65,88	85	170	2,58
	9	3,76	3,31	4,25	52,89	104	208	3,93
	10	3,91	4,19	3,78	61,93	91	182	2,94
	11	3,96	3,78	4,18	62,57	91	182	2,91
	12	3,77	4,04	4,01	61,08	91	182	2,98
	13	3,76	4,18	4,13	64,91	92	184	2,83
	14	3,78	4,06	4,11	63,08	105	210	3,33
	15	3,77	4,08	4,14	63,68	105	210	3,30

ცხრილში 2 წარმოდგენილია დარტყმაზე გამოცდილი კუბების საშუალო მნიშვნელობები და სიზუსტის შეფასების მაჩვენებლები.

ცხრილი 2. საშუალო მნიშვნელობები

კონტაქტის ხერხი	დარტყმამდეგობა (კგ×სმ)/სმ ³	საშუალო კვადრატული გადახრა	ვარიაციის კოეფიციენტი	სხვაობა ვარიაციის კოეფიციენტებს შორის, %
ბურთულით	1,2	0,058	0,0473	2,47
ფილით	3,1	0,150	0,0485	

როგორც ცხრილი 2-ის მონაცემებიდან ჩანს ვარიაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ბურთულით და ფილით კონტაქტის შემთხვევაში პრაქტიკულად ერთი და იგივეა (სხვაობა 2,47 %). ფარდობითი დარტყმამდეგობის მნიშვნელობა ბურთულით კონტაქტის შემთხვევაში ფილით კონტაქტთან შედარებით 2-ჯერ და მეტად ნაკლებია.

ამრიგად, შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ:

1. ვარიაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ბურთულის გამოყენებით ნიმუშთან კონტაქტის შემთხვევაში 0,0473 შეადგენს; ფილის გამოყენებით კონტაქტის შემთხვევაში 0,0485 შეადგენს (სხვაობა 2,47 %);
2. შედეგების სიზუსტის თვალსაზრისით, სარტყამი ჩაქუჩის ნიმუშთან კონტაქტის ფილის და ბურთულის ხერხის გამოყენება შესაძლებელია;
3. ცალკე ამოცანას წარმოადგენს დარტყმამდეგობის მიღებული მნიშვნელობის ახსნა-დასაბუთება დარტყმითი რღვევის კონკრეტული მექანიზმის დადგენის და არსებული თეორიის საფუძველზე, რომელიც შემდგომი კვლევის საგანია.

ლიტერატურა

1. 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.
2. 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.
3. ACI 544.2R-89 (Reapproved 1999). Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete.
4. G. Murali, A. S. Santhi and G. Mohan Ganesh Resistance and Strength Reliability of fiber reinforced concrete two parameter Weibull distribution School of Mechanical and Building Sciences, VIT University, Vellore, Tamil Nadu, India.
5. [Прочность горных пород | Российское угольное сообщество; coal-info.ru/?p=20](http://coal-info.ru/?p=20)
6. გ. ბალიაშვილი, ფ. ბუჟანოვი, ღ. ღურჭუმეღია, ნ. სარჯველაძე, თ. რუხაძე. ქანების სტატიკური და დინამიკური ძალის ზემოქმედებით რღვევის ოპტიმალური მეთოდები. /საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, № 1, (471), თბილისი, 2009.
7. AtefBadr and Ashraf F. Ashour; Modified ACI Drop-Weight Impact Test for Concrete; Materials Journal Volume: 102 Issue: Appears on pages(s): 249-255; Date: 7/1/2005.
8. P.Hunka, Jiri Kolisko, Two Type of Impact Load Tests, Tested on Fibre Reinforced Concrete Specimens Procedia Engineering/2013, Pages 278–283 Concrete and concrete structures 2013 – 6th International Conference, Slovakia.
9. ГОСТ 30629-99 Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний
10. A.M. Weidner C.P. Pantelides W. D. Richins T. K. Larson J. E. Blakeley Drop Hammer Test on Concrete Cylinders Considering Fiber Reinforcement and Elevated Temperature October 2012 Idaho National Laboratory Idaho Falls, Idaho 83415.

SUMMARY

INVESTIGATION FOR IMPROVEMENT OF THE METHOD OF TESTING THE IMPACT RESISTANCE OF CONCRETE

Baliashvili G.I., Bezhanovi P.K., Sardzhveladze N.V. and Gotsadze B.Z.

LPPL Grigol Tsulukidze Mining Institute

Currently the method of a free-fall hammer is a relatively acceptable method of determination of the impact resistance of concrete. There is no standard for this method, it requires improvement. For instance, it is necessary to establish the technique of the contact between a hammer and a specimen from the standpoint of the accuracy of obtained results. The paper discusses the results of testing the concrete samples with plate- and ball-shaped hammers. In both cases, almost identical coefficients of variation were obtained. It is noted that the difference between the values of relative impact energy obtained with the plate- and ball-shaped hammers is the subject of a separate study.

Keywords: concrete, impact hammer, impact resistance, impact energy.

მონოლითური რკინაბეტონის ბრუნტულანკერებიანი საყრდენი კედლები

ბაქანიძე შ.ტ., ზამბახიძე ლ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

ცნობილია, რომ საყრდენ კედლებს მუშაობა უწევთ როგორც გადაბრუნებაზე, ასევე მოცურებაზე. ზემოაღნიშნულის გამო, კონსოლური კონსტრუქციული გადაწყვეტის შემთხვევაში, მათი საყრდენი ფილის სიგანე საკმაოდ დიდი, დიდი ზომის გამოდის. გრუნტულანკერებიანი საყრდენი კედლის შემთხვევაში (როცა გრუნტული ანკერები განთავსებულია კედლის ზემო ნაწილში 1 იარუსად) ანკერი ეხმარება კედელს გადაბრუნებაზე მუშაობაში, მაგრამ ვერ ეხმარება მოცურებაზე მუშაობაში. ჩვენ მიერ შემოთავაზებული იყო გრუნტული ანკერების განთავსება როგორც კედლის ზემო, ასევე ქვემო (კედლის საძირკველში ჩამაგრების) ნაწილში (ანუ 2 იარუსად) [1] და შესრულებული იყო ზემოაღნიშნული ვარიანტების კონსტრუქციული გაანგარიშება.

წინამდებარე ნაშრომში შესრულებული გვაქვს მათი ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშება ლოკალურ-რესურსული ხარჯთაღრიცხვების საფუძველზე.

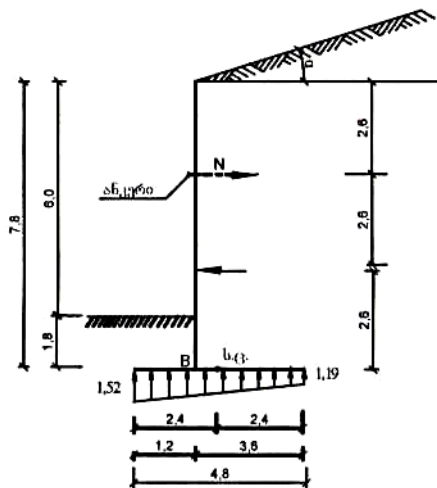
2. ძირითადი ნაწილი

1. საწყისი მონაცემები გაანგარიშებისათვის.

საყრდენი კედლის სიმაღლე – 6მ; გრუნტის სახეობა – წყალნაჯერი თიხნარი ($\varphi=23^\circ$); ჩანაყარი გრუნტის ზედაპირის დახრა - 15° , დროებითი დატვირთვა - $0,5\text{ტ/მ}^2$; გრუნტის დაწნევა საყრდენ კედელზე – 28 ტ, ბეტონის კლასი – B20.

გაანგარიშებები შესრულებულია, როგორც წესი, საყრდენი კედლის 1 გრძივი მეტრისათვის.

2. ერთ იარუსად განთავსებული გრუნტულანკერებიანი საყრდენი კედელი. საყრდენი კედლის კონსტრუქციული სქემა ნახ. 1.

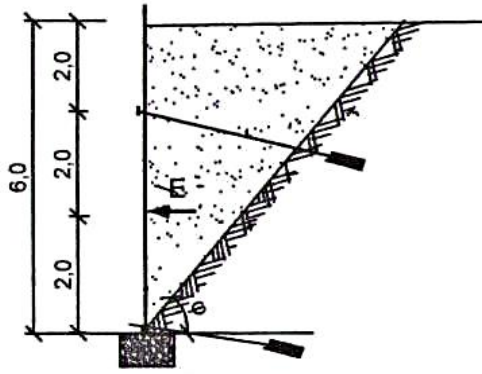


ნახ. 1. საყრდენი კედლის კონსტრუქციული სქემა

გრუნტული ანკერი დახრილია ჰორიზონტის მიმართ 15° -იანი კუთხით. კედლის სტატიკური გაანგარიშების შედეგად (ნაშრომში არ მოგვავქს) მიღებულია:

- ანკერის მჭიმში აღძრული ძაღვის ჰორიზონტალური პროექცია $N=9,7\text{ტ}$; მჭიმში აღძრული ძაღვა $N_1=10,0\text{ტ}$;
- მჭიმის სახით გამოყენებულია არმატურა $\Phi 25\text{A-III}$;
- მჭიმის საერთო სიგრძე – 8,4 მ; მასა 32,3კგ; ანკერის ფესვის დიამეტრი – 0,55მ; სიგრძე – 2,0მ; ფესვის მზიდუნარიანობა $F=21,1\text{ტ} > 2N_1=2 \cdot 10=20,0\text{ტ}$.

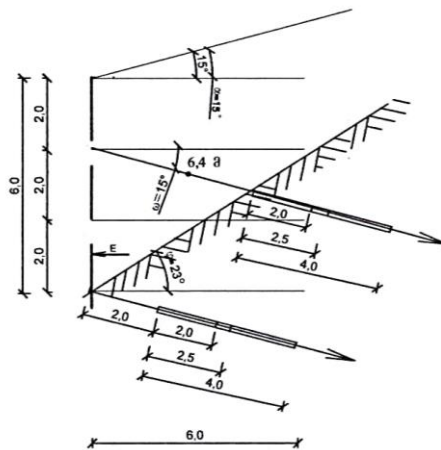
3. შემოთავაზებული, 2-იარუსად განთავსებული გრუნტულანკერებიანი საყრდენი კედელი. კედლის კონსტრუქციული სქემა მოცემულია ნახაზზე 2.



ნახ. 2. საყრდენის კედლის კონსტრუქციული სქემა

გრუნტული ანკერები განთავსებულია კედელზე გრუნტის დაწნევის (E) მოდების წერტილიდან თანაბარ მანძილებზე. ასეთ შემთხვევაში მათში აღძრული გამჭიმავი ძალების ჰორიზონტალური პროექცია ტოლი იქნება $N=17,0ტ$, ხოლო მჭიმებში აღძრული ძალვა 14,5ტ.

ანკერები განთავსებულია 2 იარუსად, ბიჯით 1მ. მჭიმების დიამეტრი მიღებულია $\Phi 28A-III$. მათი სიგრძეებია: ქვედა იარუსის – 4,5მ, ზედა იარუსის – 8,9მ (ნახ. 3).



ნახ. 3. საყრდენ კედელში გრუნტული ანკერების განთავსება

გრუნტული ანკერების ფესვების მზიდუნარიანობა (ფესვის დიამეტრი 0,6მ, სიგრძე – 2,5მ) ტოლია: $F=28,8 ტ \approx 2N_1=14,5 \cdot 2=29,0 t$

4. ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარება.

მასალების ხარჯი ვარიანტების მიხედვით საყრდენი კედლების 10 გრძ. მეტრისათვის (ცხრილი 1).

ცხრილი 1. მასალების ხარჯი საყრდენი კედლების 10 გრძივი მეტრისათვის

საყრდენი კედელი	ბეტონის კლასი	მასალების ხარჯი					
		ბეტონი, მ ³	ღულაბი, მ ³	არმატურა, კგ			
				A-I	A-III	A-III ანკერ.	A-III სულ
ერთიარუსად განთავსებული ანკერებით	B20	39,5	9,4	134	8161	477	8638
ორ იარუსად განთავსებული ანკერებით	B20	23,3	14	166	2464	647	3111

ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები გამოთვლილია ლოკალურ-რესურსული ხარჯთაღიციხეების საფუძველზე (ხარჯთაღიციხეები №1 და №2), [2,3].

ლოკალურ-რესურსული ხარჯთაღიციხეა №1

1-იარუსად განთავსებული გრუნტულანკერებიანი საყრდენი კედლის 10 გრძივ მეტრზე საფუძველი: ცხრილი 1

შედგენილია 2017 წლის I კვარტლის ფასებში

№ №	ნორმატივის ნომერი და შიფრი	სამუშაოების და დანახარჯების დასახელება	საზომი ერთეული	რაოდენობა		ღირებულება, ლარი	
				ნორმატიული ერთეულზე	პროცენტით	ერთეულზე	სულ
1	6-11-11	რკინაბეტონის მონოლითური საყრდენი კედლის მოწყობა	100 მ ³	-	0,395	-	18447,64
		შრომის დანახარჯები	კაც.სთ.	684	270,18	4,6	1242,83
		მანქანები	მან	121	47,8	3,2	152,96
	თ.1,1;პ.10	არმატურა A-I	ტ	-	0,134	1295,0	173,53
	თ.1,1;პ.12	არმატურა A-III	ტ	-	8,638	1272,0	10987,54
	თ.4,1;პ.332	ბეტონი B20	მ ³	-	39,5	108,0	4266,0
	თ.5,1;პ.138	ყალიბის ფარები, 25 მმ	მ ²	118	46,6	13,0	605,8
	თ.5,1;პ.22	ფიცარი ჩამოგანული III ხ. 40 მმ	მ ³	3,57	1,41	378,0	532,98
	თ.1,9;პ.16	სამშენებლო ჭანჭიკები	ტ	0,14	0,06	3000,0	180,0
	თ.1,9;პ.14	ელექტროდები 342	ტ	0,14	0,06	4300,0	258,0
		სხვა მასალები	მან	38	15,0	3,2	48,0
2	6-9-2	გრუნტული ანკერების მოწყობა A-III კლასის არმატურისაგან	1 ტ	-	0,477	-	3331,48
		შრომის დანახარჯები	კაც.სთ.	206	98,26	4,6	452,0
		მანქანები	მან	1,7	0,8	3,2	2,56
	თ.1,1;პ.12	არმატურა A-III	ტ	-	0,477	1272,0	606,74
	თ.1,9;პ.16	საანკერო ჭანჭიკები	ტ	1	0,477	3000,0	1431,0
		კონდუქტორის ამორტიზაცია	მან	14	6,68	3,2	21,38
	თ.4,1;პ.358	ღუღაბი მ 100	მ ³	-	9,4	87,0	817,8
	სულ 1-2 პოზიციების ჯამი					21779,12	
	მათ შორის ხელფასი					1694,83	

ნორმატიული შრომატევადობა 1694,83:4,6=368,44 კაც. სთ.

ლოკალურ-რესურსული ხარჯთაღიძვრა №2
 2-იარუსად განთავსებული გრუნტულანკერებიანი საყრდენი კედლის 10 გრძივ მეტრზე
 საფუძველი: ცხრილი 1
 შედგენილია 2017 წლის I კვარტლის ფასებში

№	ნორმატივის ნომერი და შიგნითი	სამუშაოების და დანახარჯების დასახელება	საზომი ერთეული	რაოდენობა		ღირებულება, ლარი	
				ნორმატიული ერთეულზე	პროცენტით	ერთეულზე	სულ
1	6-11-11	რკინაბეტონის მონოლითური საყრდენი კედლის მოწყობა	100 მ ³	-	0,233	-	8430,3
		შრომის დანახარჯები	კაც.სთ.	684	159,37	4,6	733,1
		მანქანები	მან	121	28,19	3,2	90,21
	თ.1,1;პ.10	არმატურა -I	ტ	-	0,166	1295,0	214,97
	თ.1,1;პ.12	არმატურა -III	ტ	-	3,111	1272,0	3957,19
	თ.4,1;პ.332	ბეტონი 20	მ ³	-	23,3	108,0	2516,4
	თ.5,1;პ.138	ყალიბის ფარები, 25 მმ	მ ²	118	27,49	13,0	357,37
	თ.5,1;პ.22	ფიცარი ჩამოგანული III ხ. 40 მმ	მ ³	3,57	0,83	378,0	313,74
	თ.1,9;პ.16	სამშენებლო ტანკიკები	ტ	0,14	0,03	3000,0	90,0
	თ.1,9;პ.14	ელექტროდები 342	ტ	0,14	0,03	4300,0	129,0
	სხვა მასალები	მან	38	8,85	3,2	28,32	
2	6-9-2	გრუნტული ანკერების მოწყობა -III კლასის არმატურისაგან	1 ტ	-	0,647	-	4627,58
		შრომის დანახარჯები	კაც.სთ.	206	133,28	4,6	613,09
		მანქანები	მან	1,7	1,1	3,2	3,52
	თ.1,1;პ.12	არმატურა -I	ტ	-	0,647	1272,0	822,98
	თ.1,9;პ.16	საანკერო ტანკიკები	ტ	1	0,647	3000,0	1941,0
		კონდუქტორის ამორტიზაცია	მან	14	9,06	3,2	28,99
	თ.4,1;პ.358	დუღაბი მ 100	მ ³	-	14,0	87,0	1218,0
	სულ 1-2 პოზიციების ჯამი					13057,88	
	მათ შორის ხელფასი					1346,19	

ნორმატიული შრომატევადობა: 1346,19:4,6=292,65 კაც.სთ.

განხილული ვარიანტების შედარებით ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი. შესრულებულია ცხრილში 2.

ცხრილი 2. ვარიანტების შედარებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი

საყრდენი კედელი	ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების მნიშვნელობა		მაჩვენებლების %-ული თანაფარდობა		სხვაობა %-ში		საშ. %
	ღირებულება, ლარი	შრომატევადობა კაც. სთ.	ღირებულება	შრომატევ.	ღირებულება	შრომ.	
1 იარუსად განთავსებული გრუნტული ანკერებით	21779,1	368,4	100	100	-	-	100
2 იარუსად განთავსებული გრუნტული ანკერებით	13057,9	292,7	60,0	79,5	40,0	20,5	30,3

3. დასკვნა

ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე გამოვლინდა 2-იარუსად განთავსებული გრუნტულანკერებიანი რ/ბ მონოლითური საყრდენი კედლის უპირატესობა 1-იარუსად განთავსებულ გრუნტულანკერებიან საყრდენ კედელთან მიმართებაში. ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს დაახლოებით 30%-ს.

ლიტერატურა

1. შ. ბაქანიძე, ბ. სურგულაძე, კ. იაშვილი. ბუნებრივი კალთების მდგრადობის უზრუნველყოფა გრუნტულანკერებიანი რკინაბეტონის საყრდენი კედლებით. //მშენებლობა, №4(39), 2015, თბილისი, გვ. 6
2. СНИП IV.2.82. Сборник элементарных сметных норм на строительные конструкции и работы. -М. 1984, 233 с.
3. მშენებლობის შემფასებელთა კავშირი. სამშენებლო რესურსების ფასები. (2017 წლის I კვარტლის დონეზე), თბილისი, 2017წ. გვ. 140

SUMMARY

GROUND-ANCHORRETAINING WALLS FROM MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE

Bakanidze Sh.T. and Zambakhidze L.I.

Georgian Technical University

The paper discusses two versions of the design of ground-anchor retaining walls from monolithic reinforced concrete: anchors are arranged in the upper part of the wall, and anchors are arranged as in the upper part of the wall, so also in the lower part of the wall at the level of foundation. Based on the techno-economic design carried out, the advantageous design of the retaining wall was revealed.

Keywords: retaining wall, ground anchor, design, techno-economic indices.

ტრადიციული საყრდენი კედლების კონსტრუქციული გადაწყვეტები

ბაქანიძე შ.ტ., ზამბახიძე ლ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

ტრადიციულ საყრდენ კედელთა შორის ფართოდ არის გავრცელებული მასიური (ქვის ან ბეტონის, ვერტიკალური ან დახრილი) და მონოლითური რკინაბეტონის კონსოლური კონსტრუქციული გადაწყვეტები.

მათი შერჩევა წარმოებს ტექნიკურ-ეკონომიკური პარამეტრების ურთიერთშედარების საფუძველზე.

ჩვენ მიერ, სხვა ტიპის საყრდენ კედლებთან ერთად, შესრულებულია ზემოაღნიშნული კედლების კონსტრუქციული გაანგარიშებები [1], სადაც განსაზღვრულია მასალების ხარჯი მათ მოწყობაზე.

წინამდებარე ნაშრომში, ლოკალურ-რესურსული ხაჯთადრიცხვების საფუძველზე, გაანგარიშებულია საყრდენი კედლების შესადარებელი ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური პარამეტრები და შესრულებულია მათი შედარებითი ანალიზი.

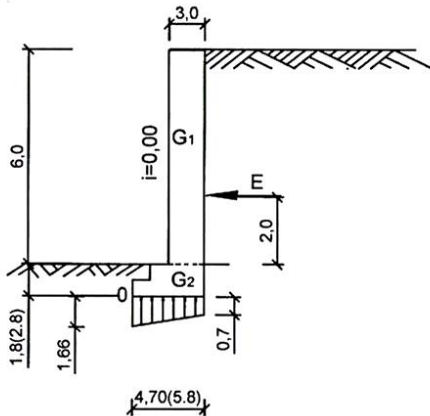
გაანგარიშებები შესრულებულია შედარებით რთული გრუნტული პირობებისათვის, კერძოდ, წყალნაჯერი თიხნარებისათვის.

2. პირითაღი ნაწილი

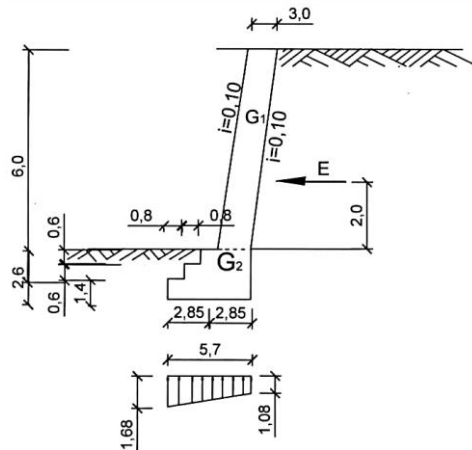
1. საწყისი მონაცემები განგარიშებისათვის:

საყრდენი კედლის სიმაღლე – 6მ; გრუნტის ტიპი – წყალნაჯერი თიხნარი ($\varphi=23^\circ$); ჩანაყარი გრუნტის ზედაპირის დახრა ჰორიზონტის მიმართ - 15° ; დროებითი დატვირთვა – $0,5\text{ტ/მ}^2$; მასიური კედლის ქანობისათვის – 0,1; საყრდენ კედლის 1 გრძივ მეტრზე გრუნტის დაწნევა – 28 ტ.

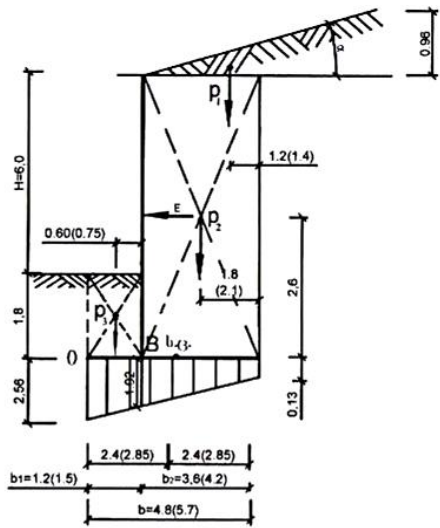
კონსტრუქციული განგარიშების შედეგად (ნაშრომში არ მოგვაქვს) მიღებული განსახილველი საყრდენი კედლების გეომეტრიული სქემები მოცემულია შემდეგ ნახაზებზე: ბეტონის მასიური ვერტიკალური საყრდენი კედელი – ნახ.1, ბეტონის მასიური დახრილი საყრდენი კედელი – ნახ.2, მონოლითური რკინაბეტონის კონსოლური საყრდენი კედელი – ნახ.3, აღნიშნული კედლის დაარმატურება ნახ. 4.



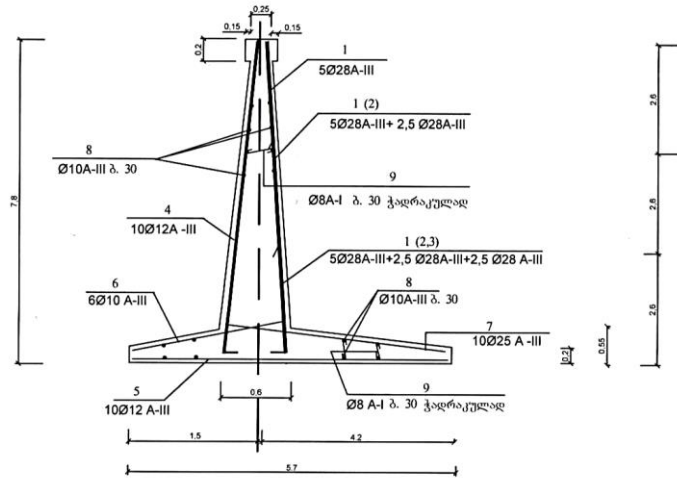
ნახ. 1. მასიური ვერტიკალური საყრდენი კედელი



ნახ. 2. მასიური დახრილი საყრდენი კედელი



ნახ. 3. მონოლითური რკინაბეტონის კონსოლური საყრდენი კედელი



ნახ. 4. საყრდენი კედლის დაარმატურება

მასალების ხარჯი საყრდენი კედლების 10 გრძივი მეტრისათვის მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. მასალების ხარჯი საყრდენი კედლების 10 გრძივი მეტრისათვის

საყრდენი კედლის ტიპი	ბეტონი, მ ³		არმატურა, ტ	
	B7,5	B20	A-I	A-III
ბეტონის, მასიური ვერტიკალური	326,7	-	-	-
ბეტონის, მასიური დახრილი	314,0	-	-	-
რკინაბეტონის მონოლითური კონსოლური	-	54,8	0,178	7,525

ლოკალურ-რესურსული ხარჯთაღიძვრა №1. ბეტონის მასიური, ვერტიკალური საყრდენი კედლის მოწყობა. საფუძველი: ცხრილი 1

შედგენილია 2017 წლის I კვარტლის ფასებში

ნორმატივის ნომერი და შიფრი	სამუშაოების და დანახარჯების დასახელება	საზომი ერთეული	რაოდენობა		ღირებულება, ლარი	
			ნორმატიული ერთეულზე	პროექტით	ერთეულზე	სულ
6-11-1	ბეტონის ვერტიკალური საყრდენი კედლის მოწყობა	100 მ ³	-	3,267	-	41402,93
	შრომის დანახარჯები	კაც.სთ.	281	918,0	4,6	4222,8
	მანქანები	მან	33,0	107,8	3,2	344,96
თ.141;პ.328	ბეტონი B-7,5 (მ 100)	მ ³	102,0	333,2	92,0	30654,4
თ.5,1;პ.138	ყალიბის ფარები, 25 მმ	მ ²	71,1	234,2	13,0	3044,6
თ.5,1;პ.37	ძელები III 6, 40-60 მმ	მ ³	0,13	0,425	490,0	208,25
თ.5,1;პ.22	ფიცარი ჩამოვანული III 6 40 მმ და მეტი	მ ³	1,52	4,97	378,0	1878,66
თ.1,9;პ.16	სამშენებლო ჭანჭიკები	ტ	0,09	0,294	3000,0	882,0
	სხვა მასალები	მან	16	52,27	3,2	167,26
	სულ					41402,93
	მათ შორის ხელფასი					4222,8

ნორმატიული შრომატევადობა 4222,8:4,6=918,0 კაც.სთ.

ლოკალურ-რესურსული ხარჯთაღიძვრა №2. ბეტონის მასიური, დახრილი საყრდენი კედლის მოწყობა. საფუძველი: ცხრილი 1. შედგენილია 2017 წლის I კვარტლის ფასებში

ნორმატივის ნომერი და შიფრი	სამუშაოების და დანახარჯების დასახელება	საზომი ერთეული	რაოდენობა		ღირებულება, ლარი	
			ნორმატიული ერთეულზე	პროექტით	ერთეულზე	სულ
6-11-1	ბეტონის ვერტიკალური საყრდენი კედლის მოწყობა	100 მ ³	-	3,14	-	39770,93
	შრომის დანახარჯები	კაც.სთ.	281	882,34	4,6	4058,76
	მანქანები	მან	33,0	103,62	3,2	331,58
თ.14,1;პ.328	ბეტონი B-7,5 (მ 100)	მ ³	102,0	320,28	92,0	29440,0
თ.5,1;პ.138	ყალიბის ფარები, 25 მმ	მ ²	71,1	225,14	13,0	2926,82
თ.5,1;პ.37	ძელები III 6, 40-60 მმ	მ ³	0,13	0,41	490,0	200,9
თ.5,1;პ.22	ფიცარი ჩამოგანული III6 40 მმ და მეტე	მ ³	1,52	4,77	378,0	1803,1
თ.1,9;პ.16	სამშენებლო ჭანჭიკები	ტ	0,09	0,283	3000,0	849,0
	სხვა მასალები	მან	16	50,24	3,2	160,77
	სულ					39770,93
	მათ შორის ხელფასი					4058,76

ნორმატიული შრომატევადობა $4058,76:4,6=882,34$ კაც.სთ.

ლოკალურ-რესურსული ხარჯთაღიძვრა №3. მონოლითურ რკინაბეტონის საყრდენი კედლის მოწყობა. საფუძველი: ცხრილი 1. შედგენილია 2017 წლის I კვარტლის ფასებში

ნორმატივის ნომერი და შიფრი	სამუშაოების და დანახარჯების დასახელება	საზომი ერთეული	რაოდენობა		ღირებულება, ლარი	
			ნორმატიუ ლი ერთეულზე	პროექტით	ერთეულზე	სულ
6-11-1	ბეტონის ვერტიკალური საყრდენი კედლის მოწყობა	100 მ ³	-	0,548	-	19781,04
	შრომის დანახარჯები	კაც.სთ.	684,0	374,8	4,6	1724,08
	მანქანები	მან	121,0	66,3	3,2	212,16
თ.1,1;პ.10	არმატურა A-I	ტ	-	0,178	1295,0	230,51
თ.1,1;პ.12	არმატურა A-III	ტ	-	7,525	1272,0	9571,8

თ.4,1;პ.332	ბეტონი B20	მ ³	101,5	55,62	108,0	6006,96
თ.5,1;პ.138	ყალიბის ფარები, 25 მმ	მ ²	118,0	64,66	13,0	840,58
თ.5,1;პ.37	ძელები III 6, 40-60 მმ	მ ³	0,21	0,115	490,0	56,35
თ.5,1;პ.32	ფიცარი ჩამოგანული III 6-1 40 მმ და მეტი	მ ³	3,57	1,96	378,0	740,88
თ.1,9;პ.14	ელექტროდები 342	ტ	0,14	0,077	4300	331,1
	სხვა მასალები	მან	38,0	20,82	3,2	66,62
	სულ					19781,04
	მათ შორის ხელფასი					1724,08

ნორმატიული შრომატევადობა 1724,08:4,6=374,8 კაც.სთ.

ცხრილი 2. საყრდენი კედლების ტექნიკურ-ეკონომიკური პარამეტრების შედარებითი ანალიზი

საყრდენი კედელი	ტექნიკურ-ეკონომიკური პარამეტრების მნიშვნელობა		პარამეტრების %-ული თანაფარდობა		საშ. %	სხვაობა %-ში
	თვითღირებულება, ლარი	შრომატევადობა, კაც. სთ.	თვითღირებულება	შრომატევ.		
ბეტონის მასიური ვერტიკალური	41402,9	918,0	100	100	100	-
ბეტონის, მასიური, დახრილი	39770,9	882,3	96,1	96,0	96	4
მონოლითური, რკინაბეტონის	19781,0	374,8	47,8	40,8	44,3	55,7

3. დასკვნა

ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით, მონოლითური რკინაბეტონის კონსოლური საყრდენი კედლის უპირატესობა ბეტონის მასიურ საყრდენ კედლებთან მიმართებაში აშკარაა. კერძოდ, მასიურ ვერტიკალურ კედელთან მიმართებაში იგი შეადგენს 55,7%-ს, ხოლო მასიურ დახრილ კედელთან მიმართებაში – 51,7%-ს.

ლიტერატურა

1. ვ. ლოლაძე, შ. ბაქანიძე, ნ. მსხილაძე, ვ. პირმისაშვილი, თ. თავაძე. ბუნებრივი კალთების და მიწის ნაკებობების ფერდობების მდგრადობის უზრუნველყოფის ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტები, (მონოგრაფია), თბილისი, "ტექნიკური უნივერსიტეტი", 2013, 115 გვ.
2. СНиП IV.2.82. Сборник элементарных сметных норм на строительные конструкции и работы. М. 1984, стр. 233,
3. მშენებლობის შემფასებელთა კავშირი. სამშენებლო რესურსების ფასები. (2017 წლის I კვარტლის დონეზე), თბილისი, 2017, 140 გვ.

SUMMARY

DESIGN OF TRADITIONAL RETAINING WALLS

Bakanidze Sh.T. and Zambakhidze L.I.

Georgian Technical University

The paper considers three versions of the design of retaining walls: concrete, massive concrete vertical, massive concrete angled and monolithic reinforced concrete cantilever. Based on the techno-economic design carried out, the advantageous design of the retaining wall was revealed.

Keywords: retaining wall, design, techno-economic indices.

საქართველოს განსახლების სისტემა მოდერნიზაციის მოლოდინში

გვერცაძე ნ.ა., ჩხეიძე ნ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

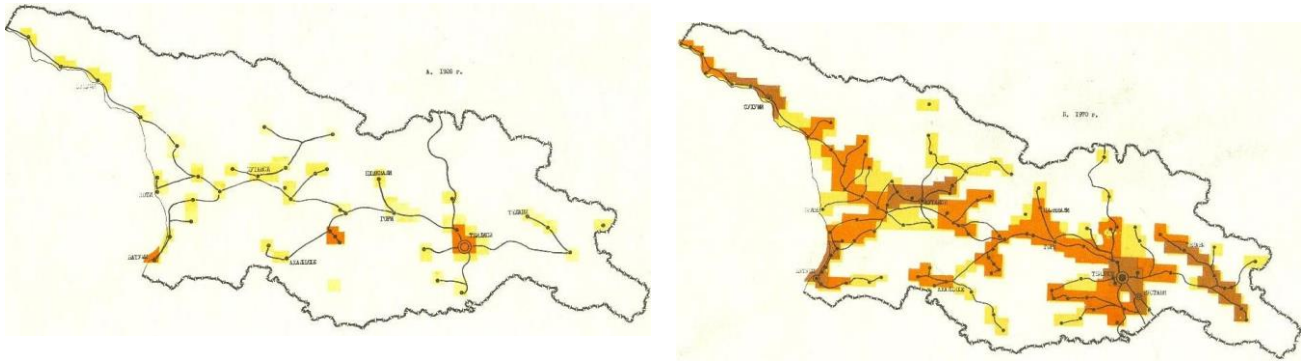
დღეს უკვე ცხადია, რომ ქალაქების მოდერნიზაციისა და მათი მდგრადი კარკასის ჩამოყალიბების გარეშე წარმოუდგენელია ქვეყნისა და მისი რეგიონების სოციალურ-ეკონომიკური და სივრცით-ტერიტორიული განვითარება. შემთხვევითი არ არის, რომ ისეთი საერთაშორისო ორგანიზაცია, როგორცაა მსოფლიო ბანკი დიდ მნიშვნელობას ანიჭებს ურბანიზაციის პროცესების სხვადასხვა ასპექტებს. ეს თემა ყოველთვის ძალზე აქტუალური იყო, ხოლო მიმდინარე ეტაპზე საზოგადოებრივი ინტერესების პრიორიტეტებს შორის მოექცა, რადგანაც ქვეყნის განვითარებისა და მოდერნიზაციის ცენტრების როლს სწორედ ქალაქები ასრულებენ, თუმცა სხვადასხვა დონითა და ზრდის სხვადასხვა ხარისხით.

საქართველო იმ ქვეყანათა რიცხვს განეკუთვნება, სადაც დედაქალაქების როლი განუზომლად დიდია ნაციონალური ეკონომიკის, სოციალური, კულტურული ცხოვრების ყველა ასპექტის ფორმირებასა და ფუნქციონირებაში. აქედან გამომდინარე, გასაკვირი არ არის ცენტრისკენული შიდამიგრაციული პროცესების შედეგად მკაფიოდ გამოკვეთილი დემოგრაფიული ასიმეტრიულობა. ამაზე მეტყველებს 2014 წლის მოსახლეობის საყოველთაო ეროვნული აღწერის მონაცემებიც, რომლებმაც საქართველოს დედაქალაქში - თბილისში დააფიქსირა ქვეყნის მოსახლეობის 30,0%. ამასთან საგულისხმოა, რომ თბილისის მოსახლეობის რიცხოვნობით (1 108 717 კაცი) 7,2-ჯერ უსწრებს სიდიდით მეორე ქალაქს - ბათუმს (154 100 კაცი), რომელმაც, თავის მხრივ, გაუსწრო ქუთაისს (147 635 კაცი). ამას ემატება საქართველოს განსახლების სისტემის სტრუქტურაში მეჩხერი საქალაქო ქსელი, მოსახლეობის დაბალი სიმჭიდროვე, მოშლილი ეკონომიკური სისტემა და განუვითარებელი ინფრასტრუქტურა, ქალაქური კულტურის დაბალი დონე. ამგვარი მონაცემებით ქვეყანა ვერ ახდენს განსახლების სისტემის განვითარების მრავალმხრივი პრობლემატიკის დაძლევას - მისი სრულყოფის, მოქნილობის, რესურსების ამოქმედების და მდგრადობის მიღწევის თვალსაზრისით.

საქართველოს განსახლების სისტემის დღევანდელი მდგომარეობა განპირობებულია გარკვეული ობიექტური თუ სუბიექტური მიზეზების გამო. აღსანიშნავია, რომ დასახლებათა განვითარებამ საქართველოში ევოლუციის საკმაოდ ხანგრძლივი პერიოდი გაიარა. აქ უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდა ქვეყნის ტერიტორიის ბუნებრივ-გეოგრაფიულ პირობებს. გეომორფოლოგიური, კლიმატური, თუ ჰიდროგრაფიული სპეციფიკიდან გამომდინარე დასახლებათა უმეტესობა აღმოცენდა მთისა და ბარის დამაკავშირებელ ბუნებრივ სასიცოცხლო საკომუნიკაციო არტერიების გასწვრივ და სივრცობრივად შექმნა განსახლების ერთიანი სისტემა. ეს სისტემა დროთა განმავლობაში ძლიერდებოდა საბჭოთა ინდუსტრიალიზაციის შედეგად მართული ურბანიზაციის პროცესით და XX საუკუნის 20-30 წლებში არსებული ფრაგმენტულ დასახლებათა სივრციდან გარდაიქმნა მჭიდროდ დასახლებულ სივრცეებად - ქალაქებად, დაბეებად, სოფლებად. საქართველოში ინდუსტრიულ დასახლებათა მშენებლობა დასრულდა გასული საუკუნის 70-იან წლებში (რუკა) [1].

ინდუსტრიალიზაციის პერიოდში განსახლების სისტემაში გაჩნდნენ ე.წ. „ქალაქები“. თუმცა, წარმოებებისა თუ ფაბრიკა-ქარხნების ბაზაზე აღმოცენებული ეს დასახლებები თავისი არსით არ წარმოადგენდნენ ქალაქებს - გარემოსა და ცხოვრების ხარისხი, რისთვისაც ადამიანები ყოველთვის მიისწრაფოდნენ ქალაქებში საცხოვრებლად, იქ არ იყო შექმნილი. ცხადია, ამ პირობებში, შიდა მიგრაცია სოფლებიდან ინდუსტრიულ ქალაქებში ხელოვნურ პროცესს წარმოადგენდა.

ამასთან, სივრცითი განვითარების მიმართულებისა და დასახლებათა კონცენტრაციის თვალსაზრისით, ძირითადად, გაძლიერდა აღმოსავლეთ-დასავლეთის განსახლების ღერძი. აღსანიშნავია, რომ ქვეყნის მასშტაბით, ფუნქციური დატვირთების მხრივ განსახლების ეს ღერძი ფაქტობრივად ერთადერთია, რაც წარმოადგენს საქართველოს განსახლების არსებული სისტემის ერთ-ერთ მოწვევლად თვისებას.



1926 წ. 1970 წ.
საქართველოს განსახლების სისტემა 1926 და 1970 წლებისათვის

90-იანი წლებიდან, საბჭოთა ეკონომიკის კოლაფსის შედეგად, ამგვარი ქალაქები დეპრესიამ მოიცვა, მოიშალა საქალაქო ეკონომიკა, განადგურდა ინფრასტრუქტურა, მკვეთრად შემცირდა მოსახლეობის რაოდენობა. დღეს ამ კატეგორიის ქალაქები სოციო-კულტურული თუ ეკონომიკური გარემოს თვალსაზრისით უფრო მსხვილი სოფლებია, ვიდრე მცირე ქალაქები. მათი არამომზიდველობის კარგი ინდიკატორია შიდამიგრაციული ნაკადების პოლარიზებული სტრუქტურა - სოფლებიდან პირდაპირ უმსხვილეს საქალაქო ცენტრებში (განსაკუთრებით დედაქალაქში), მცირე ქალაქების, როგორც განსახლების სისტემის ერთ-ერთი შუალედური რგოლის გვერდის ავლით. შედეგად მივიღეთ ჰიპერტროფირებული დედაქალაქი და დაცლილი, დაბერებული დასახლებები, რომლებიც სამწუხაროდ დღესაც განიცდიან დეპოპულაციას. საქმე იმაშია, რომ მცირე და საშუალო ქალაქები დემოგრაფიული რესურსებისათვის ბრძოლაში კონკურენციას ვერ უწევენ მსხვილ ქალაქებს, რადგანაც, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, საბჭოთა პერიოდში მათი უმრავლესობა იქმნებოდა ეკონომიკური და სივრცითი ფაქტორების გათვალისწინების გარეშე, საბჭოთა მმართველობის გარკვეული ორგანოს გადაწყვეტილების საფუძველზე „ქალაქის“ სტატუსის მინიჭების გზით.

საბჭოეთში მიმდინარე პროცესების პარალელურად განვითარებულ ქვეყნებში მიმდინარეობდა მეტად საინტერესო თეორიებისა და მოდელების ჩამოყალიბების ეტაპი, რომლებიც წარმოადგენდნენ სივრცითი განვითარების თეორიულ საფუძვლებს. ისინი ძირითადად ეფუძნებოდნენ მანძილის ფაქტორს, ქალაქების ზომებს, გასაღების ბაზრებთან და ნედლეულის მოპოვების ადგილებთან სიახლოვეს. ესენია, ტიუნენის მოდელები, კრისტალერის „ცენტრალური ადგილების“ თეორია; ვებერის მრეწველობის განლაგების მოდელები; ფრანსუა პერეს „ზრდის წერტილების“ თეორია და ა.შ.

1970-იან წლებში გახდა ცხადი, რომ „ზრდის ცენტრების“ ხელოვნურად შექმნა შეუძლებელია. ისინი ფაქტობრივად ვერ ვითარდებიან იმ ადგილებში რომლებსაც არ გააჩნიათ რეალური კონკურენტული უპირატესობები. ამავე პერიოდში გაჩნდნენ თეორიები, რომლებიც ხსნიდნენ სივრცითი უთანობრობის ობიექტურობასაც.

XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან რეგიონულ მეცნიერებაში ჩამოყალიბდა მდგრადი კონსენსუსი სივრცითი განვითარების მთავარ თავისებურებასთან დაკავშირებით - სივრცითი განვითარება არ შეიძლება იყოს თანაბარი. ამგვარი მიდგომა წარმოდგენილია ორ ძირითად თეორიულ კონცეფციაში.

პირველია ჯ. ფრიდმანის ცენტროპერიფერიულ მოდელი, რომლის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ყოველთვის არსებობენ ცენტრები და პერიფერიები. მათ შორის არსებობს უფრო მოქნილი ზონა - ნახევრად პერიფერია. სხვადასხვა დონის ურბანული ცენტრები ყოველთვის იზიდავენ რესურსებს (აღამიანურს, ფინანსურს, ბუნებრივ) თავისი პერიფერიიდან. სწორედ რესურსების კონცენტრაცია იძლევა თვით ცენტრების ინოვაციური ცვლილებების შესაძლებლობებს. ამის შემდეგ ხდება ინოვაციების ტრანსლირება უკან პერიფერიაზე დროის განსაზღვრულ მონაკვეთში, რომელიც დამოკიდებულია ინოვაციების მოძრაობის გზაზე წარმოქმნილ ბარიერებზე. ეს მოდელი მუშაობს ყველა დონეზე - მსოფლიო ქალაქებიდან და მსხვილი აგლომერაციებიდან დაწყებული ვიდრე რეგიონულ თუ ადგილობრივ ცენტრებამდე [2].

ცენტროპერიფერიული მოდელი უჩვენებს, თუ რამდენად მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ქალაქები ქვეყნის განვითარებაში. ამავე დროს, სუსტადგანვითარებული

და რესურსულად შეზღუდული ქალაქები გარდაუვალად ხდებიან განვითარების შემაფერსებლები.

საქართველოში გასული საუკუნის 90-იანი წლებიდან მხოლოდ თბილისი იზიდავდა რესურსებს და მაქსიმალურად ახდენდა მათ კონცენტრაციას, მაგრამ პერიფერიაზე ინოვაციების, ინვესტიციების სახით დაბრუნებას ვეღარ ახერხებდა. თბილისის ვითარდებოდა თავის თავში ქვეყნისგან დამოუკიდებლად. უკუკავშირთან დაკავშირებული პრობლემები არის ქვეყნის მთლიანობასთან და ერთგვაროვნებასთან დაკავშირებული რისკები. ეს მოდელი უნდა მუშაობდეს ორივე მიმართულებით, რაც იმას ნიშნავს, რომ სახელმწიფო უნდა ატარებდეს ინოვაციური პროცესების სიღრმისეული განვითარების პოლიტიკას. ამ შემთხვევაში სისტემა ასე თუ ისე ნორმალურად იფუნქციონირებს.

ამ მოდელის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი მომენტი ისაა, რომ გარკვეული სტრუქტურული თუ ეკონომიკურ-ტექნოლოგიური ცვლილებების პირობებში შესაძლებელია ნახევრად პერიფერიები გარდაიქმნან ახალ ურბანულ ცენტრებად და აქედან გამომდინარე შეცვალონ ცენტრების ადგილმდებარეობა. პერიფერიას ამის შესაძლებლობები არა აქვს არასაკმარისი კონკურენტული უპირატესობების გამო.

მეორე თეორია, რომელიც ორიენტირებული იყო სივრცით განვითარებაზე გაჩნდა გასული საუკუნის 90-იან წლებში „ახალი ეკონომიკური გეოგრაფიის“ ფარგლებში. თეორია შექმნეს ნობელის პრემიის ლაურეატმა პ. კრუგმანმა, მ. ფუჯიტამ და ე. ვენაბლსმა. მათ შეძლეს აეხსნათ ურბანისტიკაში ეკონომიკური სფეროს სივრცითი კონცენტრაცია მათემატიკური მოდელების დახმარებით. დამტკიცებული იყო, რომ სივრცე ყოველთვის ვითარდება არათანაბრად, იმის გამო, რომ განვითარება დაფუძნებულია კონკურენტულ უპირატესობებზე. ამ უპირატესობებს შორის პ. კრუგმანმა გამოყო განვითარების ფაქტორთა სისტემა, რომელიც დაჰყო ორ ჯგუფად:

1. „პირველადი ბუნების“ ფაქტორები - ეს არის მდიდარი ბუნებრივი რესურსები, გეოგრაფიული მდებარეობა - ხელსაყრელი ან არახელსაყრელი. ეს ფაქტორები არ არის შექმნილი ადამიანის მიერ;

2. „მეორადი ბუნების“ ფაქტორები - აგლომერაციული ეფექტი (კონცენტრაციის უპირატესობა (მასშტაბის ეფექტი) და მრავალფეროვნება), ადამიანური კაპიტალი, ინსტიტუტები (ნორმები და წესები, რომელთა მიხედვითაც ცხოვრობს საზოგადოება). მათ შეუძლიათ ხელი შეუწყონ ან შეუშალონ განვითარებას. პოსტსაბჭოთა ეკონომისტ-რეგიონალისტები ამ ფაქტორებს უმატებენ მეოთხე კომპონენტსაც, რაც სრულიად სამართლიანია, ეს არის ინფრასტრუქტურა, რომელიც წარმოადგენს საკვანძო ფაქტორს და რომლის გარეშეცა წარმოუდგენელია სივრცის განვითარება/მოდერნიზაცია. „მეორადი ბუნების“ ფაქტორები შექმნილია ადამიანების მიერ.

„პირველადი ბუნების“ ფაქტორები, ძირითადად, დომინირებენ განვითარების ინდუსტრიულ სტადიაზე, ხოლო „მეორადი ბუნების“ - პოსტინდუსტრიული განვითარების სტადიაზე. ეს უკანასკნელი თამაშობს საკვანძო როლს მოდერნიზაციაში [3].

2009 წლის მსოფლიო ბანკის მოხსენებაში „მსოფლიოს განვითარების შესახებ“ ნაჩვენებია, რომ სივრცითი უთანაბრობა და აქედან გამომდინარე თანამედროვე მსოფლიოში მოდერნიზაციის პირობები ფორმირდება სამი საბაზისო ფაქტორის გავლენით:

- Density - სიმჭიდროვე (მოსახლეობის სივრცითი კონცენტრაცია და მასშტაბის ეფექტი)/აგლომერაციული ეფექტი;

- Distance - ეკონომიკური დაცილება (სატრანსპორტო დანახარჯები), განპირობებული გეოგრაფიული მდებარეობით, დაცილებით გლობალური და ქვეყნებს შორის ბაზრებიდან, სატრანსპორტო დანახარჯებით მთლიანობაში;

- Division - ბარიერები (ინსტიტუციური, მათ შორის სხვადასხვა სახის საზღვრები ნაციონალური, რეგიონული, ლოკალური), რომლებიც ხელს უშლიან ტვირთების, მომსახურების, ინოვაციების თავისუფალ მოძრაობას [4].

მოდერნიზაცია მიმდინარეობს იქ სადაც უკეთესი პირობებია ინოვაციების დიფუზიისათვის, ანუ იქ სადაც უფრო მაღალია მოსახლეობის კონცენტრაცია და მისი ხარისხი, სადაც უფრო განვითარებულია ინფრასტრუქტურა და ნაკლებია ეკონომიკური დაცილება, სადაც დაბალია ინსტიტუციური დაბრკოლებები.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე მოდერნიზაციის კონტექსტში სივრცითი განვითარების უმნიშვნელოვანეს მიმართულებებს წარმოადგენენ ისინი, რომლებიც აუმაჯობესებენ ინოვაციების გავრცელების პირობებს სივრცეში. ეს მიმართულებებია:

- ქალაქ-ცენტრების განვითარების ხელშეწყობა, რომლებიც ქმნიან ინოვაციებს და ახდენენ მათ ტრანსლირებას პერიფერიაზე;
- ინფრასტრუქტურის განვითარება, რომელიც ხელს უწყობს „ეკონომიკური დაშორების“ შემცირებას;
- „მეორადი ბუნების“ ფაქტორების გაუმაჯობესება (ადამიანური კაპიტალისა და ინსტიტუტების).

ყველაფერი ზემოთ აღნიშნული სახელმწიფოს ძალაუფლებისა და საზოგადოების ხელშია, მაგრამ საჭიროებს უზარმაზარ რესურსებსა და ხანგრძლივ ძალისხმევას.

ამ კონტექსტში საინტერესოა იმის ანალიზი თუ როგორია საქართველოში მოდერნიზაციის პირობები და რაზე უნდა გაკეთდეს ძირითადი აქცენტები. ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს კონცენტრაციის ზონები; როგორ არიან საქართველოში მოწყობილნი ტერიტორიები-ლიდერები, რამდენად არიან ისინი მასშტაბურები და ხილვადები გლობალურ რუკაზე, რამდენად ასრულებენ ქვეყნის რეკრე-ზენტაციის ფუნქციას და გამომდინარე ერთგვარ ლოკომოტივებად, რომლებსაც მიჰყვება სხვა ტერიტორიებიც. ლიდერების ქვეშ იგულისხმება ურბანიზირებული ტერიტორიები და საქალაქო აგლომერაციები, საქალაქო სისტემები, რომლებიც ზოგ შემთხვევაში დაცილებულია ერთმანეთისაგან. ამჟამად ამას ერგებიან მაღალჩქაროსნული მაგისტრალური სისტემები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მოხერხებულ სატრანსპორტო ხელმისაწვდომობას გადაადგილების განსხვავებული კონფორტით და ახალი კომუნიკაციის ტემპით. სხვა საკითხია როგორ არიან ეს ცენტრები დაკავშირებული გლობალურ სამყაროსთან.

ამ მხრივ საქართველოში გამოკვეთილია ქ. თბილისი და მისი აგლომერაცია, ქ. ქუთაისი და ქ. ბათუმი. გლობალურ სამყაროსთან ისინი დაკავშირებულები არიან საპორტო სისტემების საშუალებებით, რომელიც ფარავს ამა თუ იმ მიმართულებას; პერსპექტივაში ჩაერთვება ანაკლიის პორტიც, რომელიც დამატებით იმპულსებს და პერსპექტივებს მოუტანს საქართველოს სოციალურ-ეკონომიკური თუ სივრცითი განვითარების თვალსაზრისით. საკომუნიკაციო საშუალებებს შორისაა რკინიგზა და საავტომობილო ტრანსპორტი, მათი მნიშვნელობა განსაკუთრებით აქტუალურია, თუ საქმე ეხება ტვირთგადაზიდვებს. საქართველოს ქალაქების ერთმანეთთან უმოკლეს დროში დასაკავშირებლად მიმდინარეობს თბილისი-ქუთაისი-ბათუმი ჩქაროსნული ავტომაგისტრალის მშენებლობა, მოდერნიზაცია უტარდება საქართველოს რკინიგზასაც.

მეორე მნიშვნელოვანი მომენტია ამ საყრდენი, წამყვანი წერტილების სპეციალიზაცია. ცხადია, რომ ჩვენ გვაქვს რეგიონების დიფერენცირებული ფუნქციები: ეს არის დედაქალაქი და პორტები, სადაც დედაქალაქი წარმოადგენილია ადმინისტრაციული და ფინანსური ფუნქციებით. თუმცა ადმინისტრაციული ფუნქციების გადანაწილება მიმდინარეობს სხვა ქალაქებშიც - კერძოდ ქუთაისში. პორტები ეს არის ლოგისტიკა, ტვირთების დასაწყობება, მათი დახარისხება. სასაწყობო მეურნეობასთან ერთად ინფორმაციული, კომუნიკაციური, მარკეტინგული, სადაზღვევო, საბაჟო, სავაჭრო-საშუამავლო და სხვა თანხლები სერვისული მომსახურების ინფრასტრუქტურის მაქსიმალური კონცენტრაცია. ამგვარი ქალაქებია ბათუმი და ფოთი. თბილისი, ქუთაისი და ბათუმი ასევე წარმოადგენენ ინსტიტუტებისა და კვლევების კონცენტრაციის ზონებს. დასავლეთ საქართველოში ამაზე სპეციალიზდება ქუთაისი, სადაც უახლოვეს მომავალში დაგეგმილია საერთაშორისო ტექნოლოგიური უნივერსიტეტის მშენებლობა. ასევე, გამოვლენილია რეგიონები ლიდერები აგრობიზნესის განვითარების კუთხით - სამეგრელო, იმერეთი, შიდა ქართლი, აჭარა, კახეთი.

ამასთანავე, არსებობენ ტერიტორიები რომლებიც ასრულებენ რეკრეაციულ ფუნქციებს. მიმდინარეობს სერიოზული ინვესტიციები ამ მიმართულების განვითარებისათვის, როგორც სახელმწიფოს მხრიდან ასევე ბიზნეს სექტორის მხრიდან. ტურისტული ზონების სივრცით-გეგმარებითი განვითარების მიმართულებებში ჩართულები არიან უცხოელი კომპანიები, აქტიურად მიმდინარეობს სივრცითი განვითარების მარეგულირებელი ლოკუმენტაციის შემუშავება. ამგვარი აქტივობები ძალზე მნიშვნელოვანია, რათა მოხდეს ტურისტულ სარეკრეაციო ფუნქციის გარკვეულ

კონკურენტუნარიან დონეზე აყვანა. ამ კონტექსტში გამოკვეთილია გუდაური, ბაკურიანი, მესტია, გოდერძი, შეკვეთილი და ა.შ.

სივრცითი განვითარების კონტექსტში განსაკუთრებით მნიშვნელოვან საკითხს წამოადგენს მოსახლეობის სივრცითი პოლარიზაცია ურბანიზირებულ და არაურბანიზირებულ ტერიტორიებში, ანუ მოდერნიზაციისა და დეგრადაციის ზონებში. ადამიანური კაპიტალის დეფიციტი რეალურად ხელს უშლის სივრცით მოდერნიზაციას და ქვეყნის განვითარების ერთერთი შემაფერხებელი ფაქტორია. ამ კონტექსტში, ძალზე მნიშვნელოვანია სოციალური უთანაბრობის შერბილება, რათა ნაკლებად განვითარებულ რეგიონებში მოხდეს ადამიანური კაპიტალის გაზრდა. იქ სადაც სოციალური უთანაბრობა დიდია სოციალური პრობლემები კიდევ უფრო მძაფრდება და მცირდება ადამიანური კაპიტალი. მოსახლეობის შემოსავლების ზრდა აფართოვებს არჩევანის შესაძლებლობებს და ხელს უწყობს მოსახლეობის მობილურობის ზრდას, იმ ადგილებში სადაც სამუშაოა და მაღალია შემოსავლები.

დღეს მრავალი ქვეყნის ურბანული განვითარების პოლიტიკა მიმართულია მოსახლეობის მობილურობის ხელშეწყობაზე, ანუ ადამიანთა კონცენტრაციაზე მსხვილ ქალაქებში. არსებობს დილემა ამ ტრენდის სტიმულირებასა და ბრძოლასთან დაკავშირებით.

საქმე იმაშია, რომ ამგვარი პროცესების მართვა დემოკრატიულ ქვეყნებში ძალზე რთულია. ქვეყნის მთავრობებს არ შეუძლიათ ამის აკრძალვა. და თუ არსებობს ეკონომიკური განსხვავებულობა ტერიტორიებს შორის და არსებობენ მობილური, ეკონომიკური პოტენციალის მიმართულებით მოძრავი ადამიანები, ისინი მაინც კონცენტრირდებიან ურბანიზირებულ ტერიტორიებზე. ადამიანები შესაძლოა დასახლდნენ უარეს გარემოში, მაგრამ იქ სადაც არის სამუშაო ადგილები, იქ სადაც მეტი პერსპექტივაა და კონცენტრირებულია განვითარება. რა თქმა უნდა ეს არ ნიშნავს იმას რომ პროცესმა უნდა მიიღოს აბსოლუტურად სტიქიური ხასიათი. როგორც მაკრო, ისე მიკრო დონეზე უნდა მიმდინარეობდეს ამ პროცესის რეგულირება. აქედან გამომდინარე, ეკონომიკის ზრდა და მოსახლეობის შემოსავლების ზრდა არ შეიძლება იყოს რეგიონული სოციალური უთანაბრობის შერბილების ერთადერთი ორიენტირები, მათ უნდა თან სდევდეს ცხოვრების დონის პოზიტიური ცვლილებები.

მთლიანობაში ჩვენ უნდა შევეგუოთ იმას რომ საქართველოში იქნება ერთი მეგა რეგიონი და ორი მსხვილი ურბანული ლაქა დასავლეთ საქართველოში. მაგრამ ძირითადი დისპროპორციები განაშენიანების რეგულირებითა და სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარებით როგორმე უნდა მოიხსნას.

ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ დღევანდელ საქართველოში გამოიკვეტა ზრდის ცენტრების ანუ მოსახლეობის კონცენტრაციის 3 ტიპი. ესენია:

1. საქართველოს დედაქალაქი თბილისი და მისი აგლომერაცია. მძლავრი ურბანული ცენტრი, რომლის ეკონომიკური გავლენა მთელს ქვეყანაზე ვრცელდება;

2. ორი თვითმმართველი ქალაქი, რომლებიც ამავდროულად ითავსებენ რეგიონების ადმინისტრაციული ცენტრების ფუნქციებსაც. მათ შორისაა აჭარის ა.რ. დედაქალაქი - თვითმმართველი ქალაქი ბათუმი (152839 კაცი), იმერეთის რეგიონის ადმინისტრაციული ცენტრი - თვითმმართველი ქალაქები ქუთაისი (147635 კაცი). ამ ქალაქების მოსახლეობის რაოდენობა დაახლოებით თანაბარია. თბილისსა და ამ ცენტრებს შორის სოციალურ-ეკონომიკური უთანაბრობა ჯერ კიდევ ძალზედ დიდია;

3. რეგიონული ქალაქ-ცენტრები, რომლებსაც ასევე მინიჭებული აქვთ თვითმმართველი ქალაქების სტატუსი. ესენია 6 რეგიონული ცენტრი - გორი, ზუგდიდი, ფოთი, თელავი, ახალციხე, ოზურგეთი, ამბროლაური. ამ შემთხვევაში მოსახლეობის რიცხოვნობას არსებითი მნიშვნელობა არ აქვს - ასეთია ადმინისტრაციული სტატუსის გავლენის ძალა. ამასთან, ისინი, სტატისტიკურად, ბოლო წლების განმავლობაში აჩვენებენ თვითგადარჩენის უკეთეს თვისებებს. ამ ქალაქებს აქვთ შესაძლებლობა მოდერნიზაციის იმპულსების ტრანსლირებისა უფრო მცირე ქალაქებსა და პერიფერიაზე, თუმცა მათი გავლენის ზონები ვერ გავრცელდებიან ქვეყნის მთელ ტერიტორიაზე. მათი სიდიდე არასაკმარია (ცხრილი).

უდავოა, რომ ქვეყნის განსახლების სისტემის მდგრადი, გაწონასწორებული კარკასის ფორმირება მხოლოდ ჩამოთვლილი სამი ტიპის ქალაქ-ცენტრების ხარჯზე შეუძლებელი იქნება. შესაბამისად აუცილებელია ახალი ურბანული ცენტრების გამოვლენა და მათი განვითარება.

№	ქალაქი	მოსახლეობა კაცი	ფართობი, კმ ²	სიმჭიდროვე კაცი/კმ ²
1	თბილისი	1 108 717	720	3 194,38
2	ბათუმი	152 839		7 293,8
3	ქუთაისი	147 635	70	2109
4	რუსთავი	125 103	60	2085
5	გორი	48 143	16,8	2857
6	ზუგდიდი	42 998	18,8	2287
7	ფოთი	41 465	65,8	716,6
8	თელავი	19 629	16,85	1293
9	ახალციხე	17 903	4,2	4262
10	ოზურგეთი	14 785	30	687
11	მცხეთა	7 940	8,05	986
12	ამბროლაური	2 047	11,4	179

ამ მხრივ საქართველოს მუნიციპალიტეტებს აქვს შანსი გახდეს ქვეყნის განვითარების მნიშვნელოვანი რგოლი. მაგრამ მათი ცენტრების მდგომარეობა ძალზე არერთგვაროვანია.

ამ იერარქიული დონის დასახლებათა განვითარების შესაძლებლობები და რისკები განსხვავებულია, მაგრამ ერთი კი ცხადია - სხვა განვითარების ცენტრები ქვეყანას არ აქვს და უახლოვეს პერსპექტივაში არც ექნება (გამონაკლისია შავი ზღვის საპორტო ქალაქი ლაზიკა, რომელიც ძირითადად ანაკლიის პორტის ბაზაზე შეიქმნება). და თუ ეს ესეა, მაშინ ხელისუფლების მთავარი ამოცანაა ამ ქალაქების ზრდის ბუნებრივი ფაქტორების ხელშეწყობა ინვესტიციების, ინოვაციური სოციალური პროგრამების სახით, რომლებიც მიმართული იქნება ადამიანური კაპიტალის გაზრდაზე. მაშინ ზრდის იმპულსები გავრცელდება მოხდება ნორმალური ევოლუციური გზით - ქალაქ ცენტრებიდან პერიფერიაზე.

დღეს საქართველოს მუნიციპალიტეტთა უმრავლესობა წარმოადგენს „ღია სივრცის დასახლებებს“ [5], სადაც ქალაქი და სოფელი ერთმანეთთან ფუნქციონალურად არის დაკავშირებული. ნორმალურ სისტემებში მუნიციპალიტეტის ურბანულ ცენტრში კონცენტრირებულია ადმინისტრაციული, ეკონომიკურ-კულტურული და სოციალური ინფრასტრუქტურა, რომლითაც სარგებლობს მუნიციპალურ ტერიტორიაზე არსებული დასახლებული პუნქტები. თავის მხრივ ეს პუნქტები ამარაგებენ სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტით შესაბამის ქალაქ-ცენტრებს. ჩვენს პირობებში ურბანული ცენტრები ვერ უზრუნველყოფენ მათზე დაკისრებულ მოვალეობებს შემდეგი მიზეზების გამო: არ არსებობს გამართული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა, ქალაქსა და მის პერიფერიას შორის, ვერ ხდება მრავალფეროვანი სამუშაო ბაზრის ფორმირება, მწირი საგანმანათლებლო სისტემა არ იძლევა არჩევანის საშუალებას, ურბანული ცენტრები მოკლებულნი არიან კულტურულ ცხოვრებას, არ არის გამოყენებული არსებული ადამიანური რესურსი და ა. შ. მიუხედავად იმისა, რომ სახელმწიფო ატარებს მნიშვნელოვან ღონისძიებებს მათი ინფრასტრუქტურის განვითარების მიმართულებით - დასახლებების სასმელი წყლით, ბუნებრივი გაზით უზრუნველყოფის, კანალიზაციისა და შიდა საგზაო ინფრასტრუქტურის მოწესრიგებისათვის – ყველაფერი ეს ვერ უზრუნველყოფს მათ რეალურ ეკონომიკურ ზრდას, ურბანიზირებული გარემოს გარკვეულ ხარისხს და ქალაქური ცხოვრების წესს.

საქართველოს მუნიციპალური ურბანული ცენტრების ფორმირება საჭიროებს ეკონომიკური ზრდის ახალი პრიორიტეტების ძიებას. საკუთარი მომავალი ზრდის დაგეგმვას, მისიის განსაზღვრას თავისი ინდივიდუალიზმის შექმნით, რაც მათ კონკურენტუნარიანს გახდის და ერთანეთისგან განასხვავებს. მაგალითისთვის გარკვეულწილად რითი ცხოვრობს გერმანიის ეკონომიკა - სხვადასხვა ქალაქში სხვადასხვა სახეობის ლუდის წარმოება მიმდინარეობს. გერმანია იკავებს მსოფლიოში მესამე ადგილს ლუდის წარმოებაში. საფრანგეთის შემთხვევაში - სხვადასხვა გეოგრაფიულ არეალებში თავისი ყველია. საფრანგეთი აწარმოებს დაახლოებით 400 სახის სხვადასხვა ყველს და თვითოეული მათგანი უნიკალურია თავისი გემოთი და შემადგენლობით.

ეს ქვეყანა ერთადერთია მსოფლიოში, რომელიც სთავაზობს მომხმარებელს ყველის ასეთ მდიდარ სახეობებს. ამგვარი ფუნქციების განვითარება საქართველოს მუნიციპალიტეტებშიც არის შესაძლებელი. აღსანიშნავია აჭარის მაღალმთიან რეგიონებში უნიკალური რძის წარმოება - ალპური მესაქომლეობა. ამ მიმართულების

განვითარების ხელშეწყობით შესაძლოა პროდუქციის გამოშვების მასიური ხასიათის მიცემა, მისი შიდა მოხმარების ბაზრებში გამოტანა და ექსპორტიც. საქართველოს უნიკალური სამკურნალო თვისებების მქონე მინერალური წყლების ექსპორტის ხელშეწყობა, ღვინისწარმოება, თხილისა და კაკალის ექსპორტი და ამით მნიშვნელოვანი დივიდენდების მოტანა რეგიონებისათვის. არსებობს უამრავი შესაძლებლობები, მხოლოდ ამას სჭირდება მობილიზაცია ნიჭიერი და ბიზნესზე ორიენტირებული მოსახლეობისა და მათი ფინანსური ხელშეწყობა.

მუნიციპალიტეტების განვითარების ძალზე ეფექტური შედეგის მიღება შესაძლებელია წერტილოვანი ინექციების გამოყენების მეთოდით, რომელიც ფაქტიურად ქმნის თავისივე მსგავსი ცოცხალი ქსოვილების რეპროდუქციის ტექნოლოგიას მედიცინაში. გარემოსთან შესაძლებელია მუშაობა როგორც ცოცხალ ორგანიზმთან – ახალი კვანძები ან სტრუქტურები ურბანულ ქსოვილში ქმნიან ახალ კავშირებს, ახალი კავშირები ქმნიან სხვადასხვა ფუნქციონალური შევსების ახალ შესაძლებლობებს და ა.შ.

მსგავსი მაგალითები საქართველოს რეალობაშიც გამოვლინდა, თუმცა ეს არ არის ქვეყნის პოლიტიკის შედეგი, არამედ ეს არის კერძო ინვესტორების ინტერესები, რომლებიც ქვეცნობიერად გადაიზარდა ბიზნესგეგმებში. ამან, თავის მხრივ ხელი შეუწყო ლოკალური ადგილების განვითარებას, მათ ურბანიზებას, მიმდებარე ტერიტორიების სხვადასხვა ფუნქციებით შევსებას, მუნიციპალიტეტის ადგილობრივი მოსახლეობის დასაქმებას და ა.შ. გასაკვირი არ არის, რომ ისეთი სანახაობრივად საინტერესო ადგილი, როგორცაა სტეფანწმინდა, ტურისტული თვალსაზრისით კიდევ უფრო მიმზიდველი გახდა, რაც მის ცენტრში გაიხსნა საკმაოდ მაღალი დონის სასტუმრო „ROOMS HOTEL KAZBEGI“. ამ სასტუმროს გაჩენამ გამოიწვია სტრუქტურული ცვლილებები დასახლების განაშენიანებაში, კერძოდ მოხდა საცხოვრებლების ტრანსფორმაცია სხვადასხვა „სისქის პორტმანზე“ ორიენტირებული მცირე და საშუალო ზომის სასტუმროებად, გაჩნდა საზოგადოებრივი მომსახურების ინფრასტრუქტურა - კვების ობიექტების სახით, გაუმჯობესდა სატრანსპორტო მომსახურება, განვითარდა საცხენოსნო და საჯირითო ტურიზმი, ადგილობრივ მოსახლეობას მიეცა დასაქმებისა და შემოსავლის მიღების წყარო.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე მცირე ქალაქების განვითარებისთვის ძალზედ მნიშვნელოვანია მცირე და საშუალო ბიზნესის ხელშეწყობა, რომელიც ორიენტირებული იქნება ადგილობრივ რესურსებზე. მაგრამ ხშირად ეს ვერ ხერხდება, რადგან რეგიონალური ხელისუფლება უფრო დაინტერესებულია მოიხილოს მსხვილი უცხოური ინვესტიციები, თუმცა ორივეს შემთხვევაში ინვესტირება ხდება მაღალი ხარისხის მქონე გარემოში, რომელსაც განაპირობებს, ბუნებრივი ლანდშაფტი, მოხერხებული საგზაო ინფრასტრუქტურა, კარგი სამედიცინო მომსახურება და განათლება, არქიტექტურულად მომხიბვლელი შენობა-ნაგებობები და ა.შ.

ამგვარი ქალაქური გარემოს შექმნისთვის საჭიროა მნიშვნელოვანი ხარჯების გაღება, რაც საკმაოდ რთული განსახორციელებელია. აქ ვაწყდებით ნომერ პირველ პრობლემას - დღევანდელი სქემა ფინანსური გადაანაწილებისა სახელმწიფო ბიუჯეტიდან რეგიონებში და რეგიონებიდან მუნიციპალიტეტებში, სრულიად არ არის მიმართული და საკმარისი გარემოს ხარისხის გაუმჯობესებაზე.

ამ კონტექსტში, ძალზე მნიშვნელოვანია სახელმწიფოს მხრიდან როგორი რეგიონული პოლიტიკა უნდა გატარდეს, როგორი სტიმულები და მხარდაჭერა აუცილებელი რეგიონებისა და ქალაქების ურბანული განვითარების პოტენციალის გამოსავლენად.

ჩვეულებრივ საუბრობენ გათანაბრებისა და სტიმულირების პოლიტიკაზე. განვითარებად ქვეყნებში, ისეთებში როგორცაა საქართველო, ხშირ შემთხვევაში პრიორიტეტულია იმ ტერიტორიების სტიმულირება, რომლებსაც კონკურენტული უპირატესობები გააჩნიათ. ანუ, თუ ჩვენ გვინდა ქვეყანა სწრაფად განვითარდეს და პრიორიტეტი არის ეკონომიკური ზრდა, ის ითხოვს სტიმულირებას ან თუნდაც ფინანსური რესურსების ნაკლებ ამოღებას კონკურენტული უპირატესობის მქონე ტერიტორიებიდან, რადგან სწრაფად განვითარების შემთხვევაში ისინი შეასრულებენ ლოკომოტივის ფუნქციას მთელი ქვეყნისათვის.

თუ პრიორიტეტს წარმოადგენს ტერიტორიების თანაბარი განვითარება და მნიშვნელოვანი რესურსები ნაწილდება ნაკლებად კონკურენტუნარიან ტერიტორიებზე, როგორც წესი, ეკონომიკური ზრდა ნაკლებია. პოლიტიკურად მნიშვნელოვანია, რომ ქვეყნის შიგნით არ მოხდეს დიდი ტერიტორიული უთანაბრობა. მაგრამ გასათვალისწინებელია, რომ ამ შემთხვევაში არ იქნება განვითარება. ყველა ქვეყანა აკეთებს თავის არჩევანს, ცდილობს მონახოს ოპტიმალური პროპორცია გათანაბრე-

ბასა და სტიმულირებას შორის და ეს არჩევანი იცვლება დროთა განმავლობაში. მასზე გავლენას ახდენს არა მარტო ხელისუფლება, არამედ თვით ადამიანებიც. თუ ქვეყანა უფრო განვითარებული და მდიდარია, საზოგადოების სოციალური ნორმები ხშირად ითხოვენ, რომ სხვადასხვა ტერიტორიაზე მოსახლეობას გააჩნდეს უფრო თანაბარი მისაწვდომობა საზოგადოებრივ სიკეთეებზე. თუ ქვეყანა მიეკუთვნება განვითარებადს, ხელისუფლება ხშირად ირჩევს სტიმულირებად რეგიონულ პოლიტიკას, ხოლო საზოგადოება უფრო შეგუებულია სივრცით უთანაბრობას. შეიძლება იყოს ნებისმიერი პროპორცია, ყველაფერი დამოკიდებული ადგილზე და დროზე [6].

საქართველოში გათანაბრებით პოლიტიკასთან ერთად ბოლო პერიოდში შეიმჩნევა სტიმულირების პოლიტიკა იმ ტერიტორიებზე რომლებსაც კონკურენტული უპირატესობები გააჩნიათ. მნიშვნელოვანია ასევე ინფრასტრუქტურაში და ადამიანურ კაპიტალში ინვესტირება, განვითარების სტიმულების გაძლიერება. ამასთან, ყოველი ტერიტორიებისათვის უნდა შემუშავდეს საკუთარი განვითარების პოლიტიკა.

ჩვენი ხედვით მცირე ქალაქების სიცოცხლისუნარიანობას განაპირობებს შემდეგი ფაქტორები:

- მუნიციპალიტეტების დეცენტრალიზაციის პროცესი, რითაც მათ მიეცემათ მეტი დამოუკიდებლობა;

- ურბანული ცენტრები უნდა განვითარდნენ როგორც მრავალფუნქციური ქალაქები, რადგანაც მონოპროფილურ ქალაქებს მომავალი არ აქვთ;

- სახელმწიფომ უნდა გარკვეული ხარჯების გაიღოს ურბანული ცენტრების გარემოს ხარისხის გაუმჯობესებისთვის - უკეთესი საინვესტიციო კლიმატის შესაქმნელად;

- ინვესტიციები განსახორციელებელია განათლებაში, ადგილობრივი მოსახლეობის შექცევის ასამაღლებლად;

- მნიშვნელოვანია ადგილობრივი რესურსზე მაქსიმალურად გამოყენება;

- მიგრაციის ციკლის ჩაკეტვა მუნიციპალიტეტის საზღვრებში;

- მოსახლეობის მაქსიმალური უზრუნველყოფა სოციალური ინფრასტრუქტურით;

- მცირე და საშუალო ბიზნესის სტიმულირება;

- სამუშაო ბაზრის ფორმირება/გაფართოვება;

- „წერტილოვანი ინექციების“ განხორციელება ცალკეული ტერიტორიების განვითარების სტიმულირებისთვის;

- მუნიციპალიტეტის ხელისუფლების, ბიზნეს-სექტორის და სამოქალაქო ორგანიზაციების ურთიერთსასარგებლო თანამშრომლობა;

ის ქალაქები, რომლებიც ზემოთ აღნიშნულ ფაქტორებს გაითვალისწინებენ და გააცნობიერებენ, რომ ეს არის სახელმწიფოებრივი პრობლემა, გადალახავენ სიძნეულებებს, იბრძობებიან საკუთარი თავის გადასარჩენად, გახდებიან კონკურენტუნარიანი მათ ექნებათ მომავალი.....

ლიტერატურა

1. Региональная схема расселения на территории ГССР на период до 1991-2001 г.г.
2. Friedmann J. Regional Development Policy. — Boston, MITI, 1966.
3. Fujita M., Krugman P., Venables F.J. The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade. Cambridge (MA): MIT Press, 2000.
4. World Development Report 2009. Wash.: The World Bank, 2008
5. დ. მელუა. დეცენტრალიზაციის, რეგიონული განვითარების, სივრცითი მოწყობის ასპექტები და პოლიტიკის ორიენტების საქართველოსთვის, თბილისი, 2013.
6. http://www.socpol.ru/publications/pdf/Regions_2010.pdf .zubarevich-statia-1-Развитие-и-неравенство

SUMMARY

GEORGIA'S RESETTLEMENT SYSTEM IN ANTICIPATION OF MODERNIZATION

Gventsadze N.A. and Chkheidze N.A.

Georgian Technical University

The paper discusses the role of cities in the formation of a stable resettlement framework in Georgia. There are outlined cities-centers of different hierarchical levels which have different opportunities and risks of development. One thing is obvious - the country does not have and will not have in the near future other development centers. Therefore, the main task of the government is to promote maximally the natural factors of growth of these cities, to conduct a balanced equalizing and stimulating policy in the form of innovative economic and social programs which will be based on competitive advantages of the territories and will expose the maximum potential of the urban development of the cities. Then the growth impulse will spread in a normal evolutionary way - from cities-centers to periphery.

Keywords: resettlement system, modernization, cities-centers, city growth.

**შენიშვნის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის აღრიცხვის მართვისა
და მონიტორინგის მაღალენერგოეფექტური სისტემის დამუშავება**

კახიანი კ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მეცნიერების და ტექნიკის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება ენერგორესურსების დაზოგვა - ენერგოეფექტურობის ზრდა. ევროპარლამენტის, ევროსაბჭოს, გაეროს ევროპული ეკონომიკური კომისიის, აშშ-ს ენერგეტიკული დეპარტამენტის ცნობით ენერგომომხმარების მოცულობის გლობალური წილი, მოდის შენობების ენერგომომხმარებაზე, მუდმივად იზრდება და დღეისათვის შეადგენს 41% სრული ენერგომომხმარების. მრეწველობაზე მოდის ენერგომომხმარების 31% ხოლო ტრანსპორტზე 28%. სავარაუდოდ ეს ტენდენცია შენარჩუნდება, ამიტომ შენობების ენერგოეფექტურობის ზრდის ოპტიმალური გზების და საშუალებების კვლევა წარმოადგენს როგორც სამეცნიერო ასევე პრაქტიკულ ინტერესს.

დღეისათვის შენობების ენერგოეფექტურობის ზრდის მრავალი მეთოდი და საშუალება არსებობს. მათ შორისაა ენერგოეფექტურობის ამაღლება ელექტროენერჯის ზუსტი ავტომატიზირებული აღრიცხვისა და ტექნიკური მენეჯმენტის გზით. ეფექტური ენერგომომხმარების ერთერთ მთავარ ამოცანას წარმოადგენს ენერგორესურსების სანდო და ზუსტი აღრიცხვა. ეს აუცილებელია კომერციული ანგარიშსწორებისათვის მომხმარებლებს და ენერგომომმარაგებელ ორგანიზაციებს შორის. აღრიცხვის სიზუსტე მოხმარებული ენერგორესურსების მოცულობის მიხედვით ერთერთი უმნიშვნელოვანესი წინაპირობაა ფინანსური სტაბილურობისა და რესურსების ეკონომიური ხარჯვის უზრუნველსაყოფად.

შენობების ენერგოდაზოგვა შესაძლებელია ხორციელდებოდეს რამოდენიმე გზით ღონიზიებების უმრავლესობაში იგულისხმება მომხმარებლის სტიმულირება გამოყენების შედარებით ეკონომიური ელექტრომოწყობილობები, მოხმარების რაციონალური განაწილებით დღე ღამის რეჟიმში შენობების დათბობით თანამედროვე სამშენებლო მასალებით. ენერგოეფექტურობა ასევე გულისხმობს არაკონტროლირებად მოხმარების და არასანქცირებული შეერთების გამორიცხვას. აღრიცხვის და შესაბამისად ენერგოდაზოგვის პრობლემები დაკავშირებულია რიგ ფაქტორებთან. პირველ რიგში პრობლემას წარმოადგენს მომხმარებლების დიდი რაოდენობა, რაც დაკავშირებულია შრომის დანაკარგებთან მონაცემთა შეგროვებაზე რაც თავის მხრივ შეუძლებელს ხდის მათ ოპერატიულ გადამუშავებას გარდა ამისა აღრიცხვის სიზუსტე ხშირად არასაკმარისია ტრადიციულ ხელსაწყო-დანადგარების არასრულყოფილების გამო. ამ შემთხვევაში - ეფექტურ გადაწყვეტილებას წარმოადგენს ავტომატიზირებული აღრიცხვა. აღრიცხვის ავტომატური სისტემების დანერგვით ხდება შემდეგი ამოცანების გაწყვეტა:

1. ზუსტი და სანდო მონაცემების მიღება ენერგორესურსების ხარჯვაზე;
2. ობიექტების მიხედვით ელექტროენერჯის აღრიცხვა;
3. ოპერატიული დისპეჩერული კონტროლის უზრუნველყოფა;
4. ელექტროენერჯის მომხმარებელთან ავტომატურ რეჟიმში ანგარიშსწორება და ქვითრების წარდგენა;

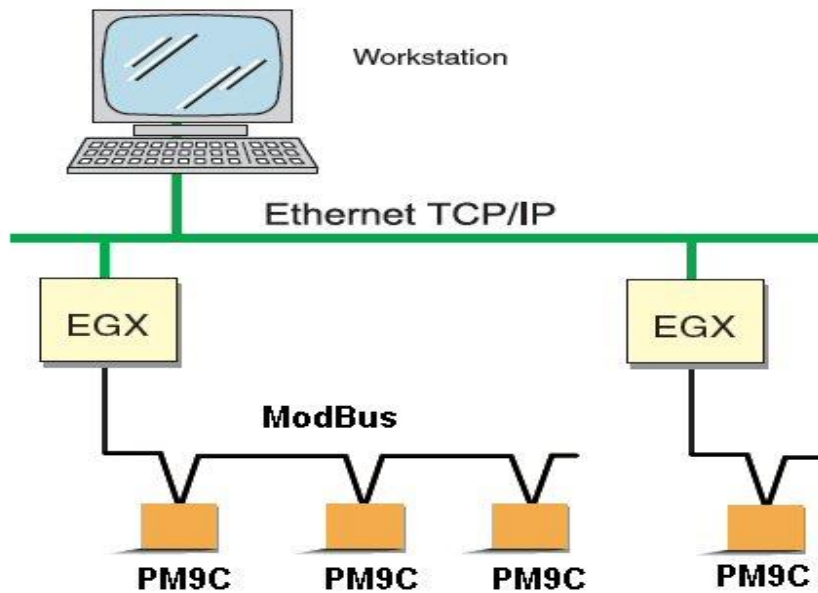
ზემოთ აღნიშნული ელექტროენერჯის აღრიცხვის ავტომატური მართვისა და მონიტორინგის სისტემა შემუშავდა და დაინერგა ქ. თბილისის სავაჭრო ცენტრში. შემუშავდა სამსაფეხურებიანი ავტომატიზირებული აღრიცხვის სისტემის კონფიგურაცია

1. საფეხური – აღრიცხვის პირველადი ხელსაწყოები კავშირის მოდულებით და mod bas Mod Bas RTU პროტოკოლით [1];
2. საფეხური – მონაცემთა შეგროვების გარდაქმნის და გადაცემის მოწყობილობა X 100 მონაცემთა გაცვლის პროტოკოლი TCP [2];

3. ავტომატიზირებული სისტემის მართვის სერვერი დისპეჩერიზაციის და მართვის ფუნქციით, POWER MONITORING EXPERT პროგრამული უზრუნველყოფით [3].

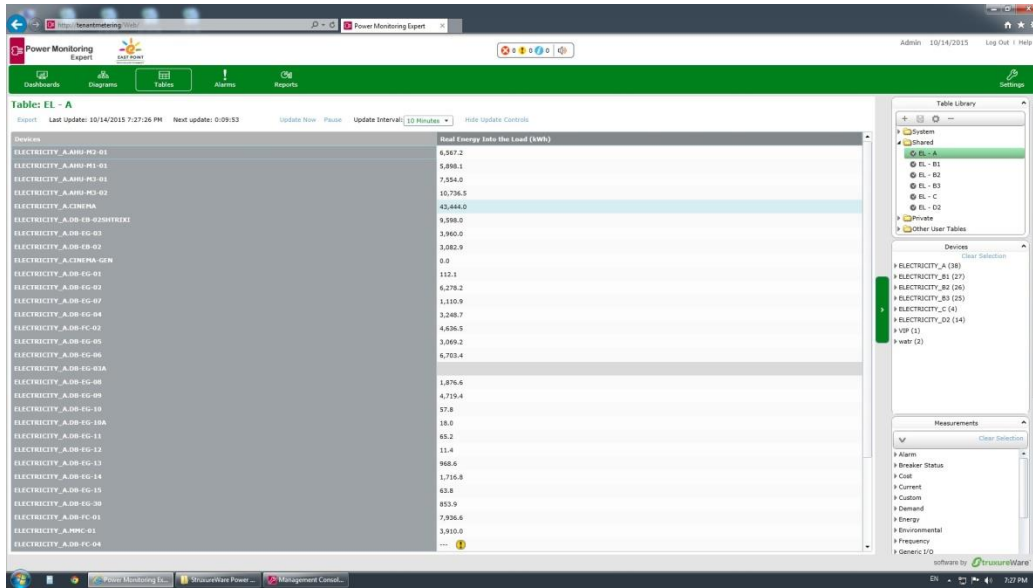
აღრიცხვის ხელსაწყოები გვაძლევენ საშუალებას მოვაწყოთ კავშირის არხები ჩაშენებული და გარე მოდულების საშუალებით - ინტერფეისები რს-485 და რს-232 რადიომოდულები, პლს მოდულები ჯმს-მოდულები ეზერნეტის მოდულები, ოპტიკურ ბოჩკოვანი და ა.შ. მონაცემთა გადაცემისათვის შერჩეული იყო ინტერფეისი რს-485 მონაცემთა გადაცემა ხორციელდება გამტარ მხვიარა დაწვეილებული სადენით. მისი მაღალი საიმედოობისა და დაბალი ღირებულების ინფორმაციის გაცვლისათვის მე 2 საფეხურს და დისპეჩერის სერვერს შორის შერჩეულია (რომელი არხია გამოყენებული).

ქსელის სტრუქტურა შემდეგნაირია: მრიცხველები ერთმანეთს უკავშირდებიან მოდბასის RTU (კომუნიკაციის ენის ერთ-ერთი სახე) პროტოკოლით, RS-485 პორტის საშუალებით [4]. ქსელის ლიმიტი საშუალებას გვაძლევს 16-20 მრიცხველი ჩაებას თითოეულ შტოში. მაგრამ ასევე გასათვალისწინებელია მანძილი მრიცხველებს შორის (ზემთ მოცემული ლიმიტი დასაშვებია არაუმეტეს 1,5 მეტრის შემთხვევაში).



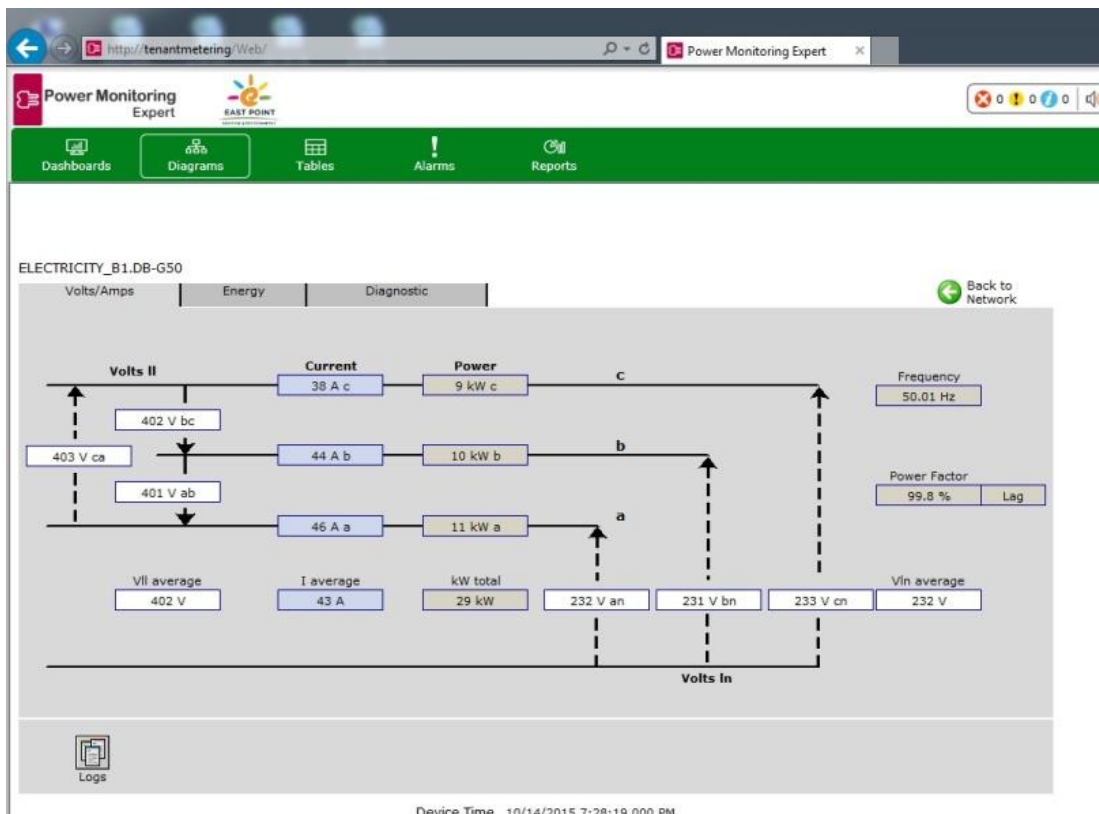
ნახ.1 ელექტროენერჯის ავტომატური აღრიცხვის სისტემის სტრუქტურა

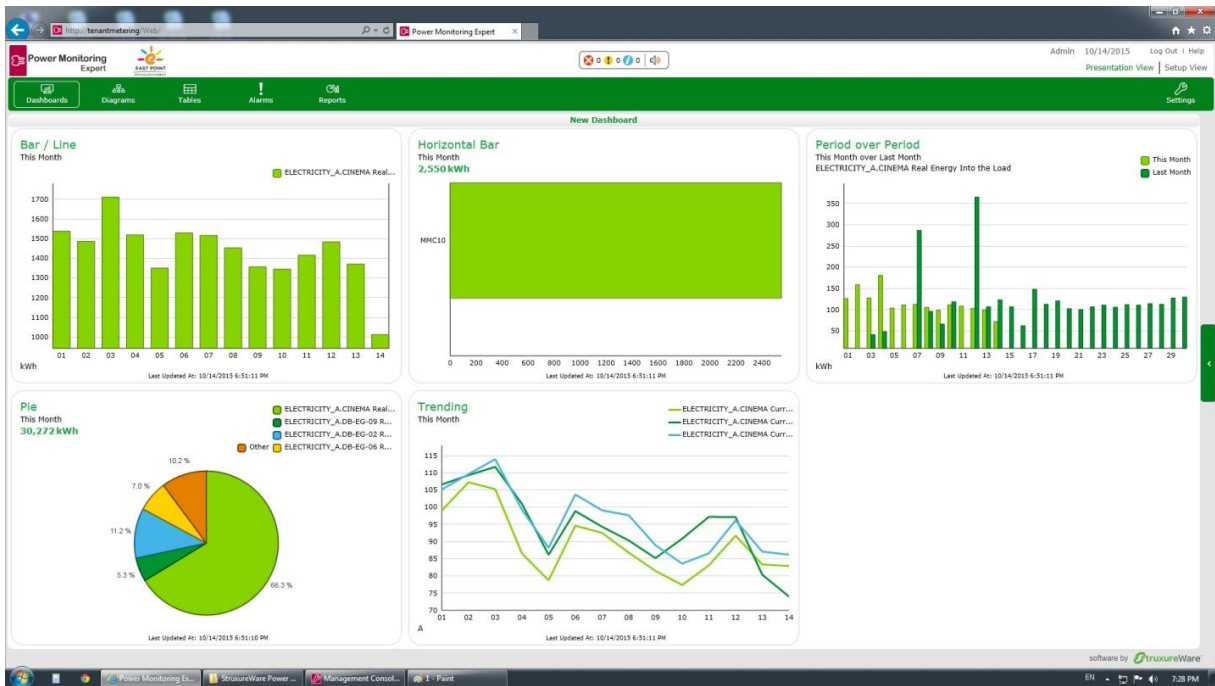
თითოეულ შტოს თავში უყენდება ეზერნეტ გეითვეი - EGX 100 (საკომუნიკაციო ენის გარდამქმნელი), რომელიც გარდაქმნის მოდბას RTU სიგნალს მოდბას TCP (კომუნიკაციის ენის ერთ-ერთი სახე) სიგნალად. თავის მხრივ სხვადასხვა წერტილში განლაგებული მრავალი EGX 100 უკავშირდება უახლოეს TCP სვიჩებს. ქსელის საშუალებით მთელი სისტემა თავს იკრებს მართვის კომპიუტერში საიდანაც ხდება სისტემის დისპეჩერიზაცია POWER MONITORING EXPERT (პროგრამული უზრუნველყოფა).



ნახ.2. მრიცხველების ჩვენებების სია. სისტემა რეალი ერთ-ერთ სავაჭრო ცენტრში

მისი საშუალებით ვიღებთ ობიექტზე განლაგებული ელექტრო მრიცხველების მონაცემებს. მოცემულ სისტემაში შეგვიძლია მრიცხველიდან მივიღოთ 15-20 სახის პარამეტრი. ესენია: ვოლტაჟი, ამპერაჟი, სიხშირე, ძაბვის ფაქტორი, მოხმარებული ენერჯია, დიაგნოსტიკური პარამეტრები და სხვა. ამ ინფორმაციის აღება შესაძლებელია რამოდენიმე სახით: რეალურ დროში, გარკვეული დროის ჩანაწერების სახით, გრაფიკულად ან ცხრილის სახით. მოხმარებლის მოთხოვნის მიხედვით და სექტორებად დაყოფის შემდეგ შესაძლებელია მოხმარებული ენერჯიის ქვითრის სახით ამობეჭვდა და გადანაწილება, რაც ასევე ავტომატურ რეჟიმში ხდება მითითებული დროის შუალედებით.





ნახ.2 სხვადასხვა სექტორში დამონტაჟებული მრიცხველების დანახარჯების შედარება

ამრიგად, შნეიდერ ელექტრიკის მრიცხველების მართვის სისტემა მრავალ შეღავათს და მოხერხებულ პირობებს, კომფორტს უქმნის მომხმარებელს, მაგალითად:

1. მრიცხველებზე დაკვირვება ხდება რეალურ დროში მსოფლიოს ნებისმიერი წერტილიდან ნებისმიერი მოწყობილობით, რაც საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ სწრაფი რეაგირება ადგილზე მომხდარი გაუთვალისწინებელი შემთხვევის დროს.
2. განსაკუთრებით ჩანს ეკონომიურობა და პრაქტიკულობა დიდი მოცულობის ობიექტებზე პერსონალის მხრივ.
3. ასევე რეალურ დროში ყურებისას შეგვიძლია აღმოვაჩინოთ მაღალი დატვირთვა რომელიმე სექტორში და მოვახდინოთ მისი ლივერაცია
4. და რაც ყველაზე მთავარია თანამედროვე ტექნოლოგიურ სამყაროში ესაა კომფორტი და სიზუსტე, რომლის გარანტიასაც იძლევა სწორად აწყობილი სისტემა.

ლიტერატურა

1. http://www.bacnetinternational.net/catalog/manu/tekmar/284_b_01.PDF BAS Integration Manual
2. <http://www.schneider-electric.com/en/product-range/1432-powerlogic-egx100?N=235941942> PowerLogic EGX100
3. <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-presentation/62919-power-monitoring-expert-8.1/> POWER MONITORING EXPERT
4. RS 485 <https://en.wikipedia.org/wiki/RS-485>

SUMMARY

DEVELOPMENT OF THE POWEREFFICIENT SYSTEM OF MONITORING AND ACCOUNTING OF CONSUMED ELECTRIC POWER IN BUILDINGS

Kakhiani K.D.

Georgian Technical University

The paper deals with the assessment of technical and economic indices of active and reactive power metering systems in buildings. To improve the accuracy of accounting and monitoring, it is proposed to unite the existing electricity counters in one system. The power efficient counting and monitoring system was developed, and the examples of its realization in practice are given.

Keywords: electricity metering, power efficient system, monitoring.

საქართველო და ევროპის ენერგეტიკული ბაერთიანება - გზა ძველის
ენერგოუსაფრთხოებისაკენ

ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ.ო., ფანცხავა ე.ვ., პაპავა ლ.პ., ჯიხვაძე მ.ჯ., მჭედლიძე ქ.ბ.,
რაზმაძე მ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველო დიდადაა დამოკიდებული სხვა ქვეყნებიდან შემოტანილ ენერგიაზე, მაგრამ მრავალმხრივი და კარგად მოფიქრებული პოლიტიკური დოკუმენტი გარედან მოწოდებულ ენერგიაზე დამოკიდებულების შემცირებისა და ენერგოუსაფრთხოების ამაღლების შესახებ აქამდე არ შექმნილა. მეტიც, არსებული ენერგორესურსების საფუძვლიანი ინვენტარიზაცია, რაც ჩვეულებრივ ეროვნული ენერგობალანსის დასადგენად კეთდება, მხოლოდ 2014 წელს ჩატარდა [1] ენერგოუსაფრთხოების თაობაზე შეხედულებების ჩამოყალიბებისა და შესაბამისი პოლიტიკის შემუშავების საქმეში ეს მნიშვნელოვანი წინა პირობაა.

ენერგოუსაფრთხოების გაძლიერების მიზნით საქართველო მიისწრაფვის ევროპულ სტრუქტურებთან დაახლოებისაკენ. ამის ერთ-ერთი მაგალითია 2014 წლის 27 ივნისს ასოცირების შესახებ შეთანხმების ხელმოწერა და მასში გათვალისწინებული ენერგეტიკული დირექტივებისა თუ რეგულაციების განხორციელებაზე მოლაპარაკებების დაწყება, რომელიც ევროპის ენერგეტიკულ გაერთიანებაში გაწევრიანებას ემსახურებოდა. 2016 წლის 14 ოქტომბერს კი საქართველომ ხელი მოაწერა „ენერგეტიკული გაერთიანების დამფუძნებელ ხელშეკრულებასთან საქართველოს შეერთების შესახებ“ ოქმს.

ევროპის ენერგეტიკულ გაერთიანებაში გასაწევრიანებლად საქართველომ დიდი გზა განვლო. 2006 წლიდან მიმდინარეობდა მოლაპარაკებები გაერთიანებაში საქართველოს გაწევრიანების თაობაზე. მაგრამ მხოლოდ 2016 წლის 14 ოქტომბერს მოხდა „ენერგეტიკული გაერთიანების დამფუძნებელ ხელშეკრულებასთან საქართველოს შეერთების შესახებ“ ოქმის ხელმოწერა. დროის ამ მონაკვეთში გამოიკვეთა ისეთი პერიოდები, როდესაც განსაკუთრებულად აქტიურ ფაზაში შედიოდა მოლაპარაკებები და პირიქით, იყო პერიოდები, როცა სრულიად წყდებოდა ამ თემის განხილვა. უნდა აღინიშნოს, რომ მიუხედავად მიმდინარე პროცესებისა, მოსახლეობას არ აქვს საკმარისი ინფორმაცია თუ რას წარმოადგენს ევროპის ენერგეტიკული გაერთიანება და რა მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეს ამ ორგანიზაციაში გაწევრიანებას საქართველოს ენერგოუსაფრთხოებისათვის.

ევროპის ენერგეტიკული გაერთიანება არის საერთაშორისო ორგანიზაცია, რომელიც აერთიანებს ევროკავშირსა და მის მეზობელ ქვეყნებს, რათა შექმნან ინტეგრირებული, პანევროპული ენერგეტიკული ბაზარი. ორგანიზაცია დაარსდა ენერგეტიკული გაერთიანების ხელშეკრულებით, რომელსაც 2005 წელს ათენში მოეწერა ხელი, ხოლო ძალაში შევიდა 2006 წლის ივლისიდან [2]. შეიძლება ითქვას, რომ ევროპის ენერგეტიკული გაერთიანება განიხილება როგორც ევროპის სამეზობლოში ერთიანი, გამჭვირვალე ენერგეტიკული ბაზრისა და სტაბილური საინვესტიციო გარემოს დამკვიდრების ინსტრუმენტი.

საქართველოს მხრიდან ევროპის ენერგეტიკულ გაერთიანებაში გაწევრიანება სამართლებრივი ვალდებულების აღებას და საკანონმდებლო ჰარმონიზაციას გულისხმობს. კერძოდ, საქართველომ უნდა მოახდინოს ქართულ რეალობაში ევროკავშირის ენერგეტიკის სფეროში მოქმედი იმ დირექტივებისა და რეგულაციების განხორციელება, რომლებიც ასოცირების ხელშეკრულების XXV დანართშია ჩადებული. „ენერგეტიკული გაერთიანების დამფუძნებელ ხელშეკრულებასთან საქართველოს შეერთების შესახებ“ ოქმის ხელმოწერის შემდეგ კი განისაზღვრა ვადები დირექტივებისა და რეგულაციების შესრულებისათვის, რომლებიც დეტალურადაა აღწერილი ოქმში.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთი დირექტივისა და რეგულაციის საქართველოს კანონმდებლობაში გადმოტანა და დანერგვა გარკვეულ სირთულებთანაა

დაკავშირებული, არსებული ენერგეტიკული სისტემიდან გამომდინარე. მაგალითად, 2008 წლის 22 ოქტომბრის 2008/92/EC დირექტივა, რომელიც მოიცავს საბოლოო მომხმარებლისათვის დაწესებული გაზისა და ელექტროენერჯის ფასების გამჭვირვალობის უზრუნველყოფას, ენერჯიაზე ფასების ინფორმაციის გავრცელებასთან დაკავშირებული ერთიანი ევროპული პროცედურის შექმნის გზით. 2009 წლის 13 ივლისის ევროპარლამენტისა და ევროსაბჭოს 2009/72/EC დირექტივა „ელექტროენერჯის შიდა ბაზრისათვის საერთო წესების შესახებ“, რომელიც მიზნად ისახავს ელექტროენერჯის წარმოების, გადაცემის, განაწილებისა და მარაგების სისტემებისათვის ერთიან წესებს აყალიბებს. რეგულაცია 715/2009, რომლის მიზანიც მესამე მხარის გახსნადენზე დაშვებაა ისე, რომ არ მოხდეს მისი შეფერხება.

მნიშვნელოვანია გამოყოფა ის საკითხები, რომლებიც ევროპის ენერგეტიკულ გაერთიანებაში გაწევრიანების გზაზე წლების განმავლობაში შემაფერხებელ ფაქტორებად მოიაზრებოდა. ამ გარემოებებიდან გამომდინარე კი აუცილებელი გახდა, ენერგეტიკული გაერთიანების მხრიდან, სპეციფიკური მიდგომის შემუშავება და გარკვეული დეროგაციების დაშვება [3], რომლებიც „ენერგეტიკული გაერთიანების დამფუძნებელ ხელშეკრულებასთან საქართველოს შეერთების შესახებ“ ოქმშია ასახული.

არსებობდა საფრთხე იმისა, რომ საქართველოს სამხრეთ კავკასიური მილსადენიდან სატრანზიტო ხელშეკრულებით განსაზღვრული ოფიციალური და დამატებითი გაზი ვეღარ მიეღო, რაც საქართველოს ინტერესებს პირდაპირ ეწინააღმდეგებოდა, რადგან ქვეყნისათვის სატრანზიტო ფუნქციების გაძლიერება ერთ-ერთი მთავარი პრიორიტეტია.

მოლაპარაკებების შედეგად „ენერგეტიკული გაერთიანების დამფუძნებელ ხელშეკრულებასთან საქართველოს შეერთების შესახებ“ ოქმის მე-2 მუხლის მე-7 პუნქტით განისაზღვრა, რომ საქართველო გათავისუფლებულია ხელშეკრულების გამოყენებისაგან ბუნებრივი გაზის საზღვართშორისი ტრანსპორტირების (ტრანზიტის) სამართლებრივი და/ან მარეგულირებელი რეჟიმების და/ან ვადებსა და პირობებთან მიმართ, რაც ცხადყოფს იმას, რომ რეალურად ეს საფრთხე აღარ არსებობს.

პრობლემური იყო ვერტიკალურად ინტეგრირებული კომპანიების განცალკევების საკითხი ელექტროენერჯისა და გაზის სექტორებში, იმ თვალსაზრისით, რომ მთავრობას ენერგოკომპანიებთან გრძელვადიანი მემორანდუმები აქვს გაფორმებული, რაც გაერთიანების პრინციპებისათვის მიუღებელია. იქიდან გამომდინარე, რომ საქართველოსთვის ბუნებრივი აირის მომწოდებელი ქვეყანა აზერბაიჯანია და თავის მხრივ, იგი ქვეყნისთვის სტრატეგიულ პარტნიორს წარმოადგენს, მნიშვნელოვანია, რომ მასთან არ მოხდეს ურთიერთობების დაძაბვა. რა თქმა უნდა, საქართველოს ეროვნულ ინტერესებში შედის აზერბაიჯანთან სტაბილური ურთიერთობების წარმოება. მაგრამ ასევე მნიშვნელოვანია ევროპის ენერგეტიკულ გაერთიანებაში გაწევრიანების საკითხიც. სწორედ ამიტომ აუცილებელი გახდა ყველასთვის მისაღები მიდგომის შემუშავება, რაც უპირველეს ყოვლისა, გაერთიანების მხრიდან ვადებთან დაკავშირებით დეროგაციების მიღებას გულისხმობდა. 14 ოქტომბერს ხელმოწერილ ოქმში დირექტივისათვის, 2009/73/EC ბუნებრივი აირის შიდა ბაზრისათვის საერთო წესების შესახებ, და რეგულაციისათვის, 715/2009 ბუნებრივი აირის გადამცემ ქსელებზე დაშვების პირობების შესახებ, შესრულების ვადა 2020 წლის 31 დეკემბერია. ეს კი, იმის მაჩვენებელია, რომ გასატარებელი რეფორმები შედარებით უმტკივნეულოდ ჩაივლის როგორც მოსახლეობისათვის, ისე კომპანიებისათვის, რაც ხსენებული პრობლემების სიმწვავეს შეამცირებს.

საქართველო ბუნებრივი აირის სექტორში მიმწოდებლების სიმცირით გამოირჩევა და შეიძლება დახასიათდეს როგორც „იზოლირებული ბაზარი“, რაც გულისხმობს ერთი ან რამდენიმე მიმწოდებლის არსებობას. საქართველოს შემთხვევაში აზერბაიჯანი განიხილება მონოპოლისტ მიმწოდებლად, რაც ეწინააღმდეგება გაერთიანების პრინციპს მიმწოდებელთა დივერსიფიცირების შესახებ. მიუხედავად იმისა, რომ საერთაშორისო კონსორციუმთან დადებული ხელშეკრულების ფარგლებში საქართველო ყოველწლიურად შაჰ დენიზის საბადოდან დაახლოებით 800 მლნ. კუბურ მეტრ ბუნებრივ აირს იღებს და ასევე, იგეგმება სხვადასხვა პროექტი,

რომლითაც საქართველო გაზის დივერსიფიკაციას მოახდენს, ამ ეტაპზე რეალობა არის ის, რომ საქართველო აზერბაიჯანიდან ბუნებრივი აირის 90%-ს დებულობს. დივერსიფიცირების პოლიტიკის მიხედვით კი, რუსეთი მოიაზრება ერთ-ერთ ალტერნატიულ მომწოდებლად. მოგეხსენებათ, რომ რუსეთს სამხედრო აგრესიის შედეგად ოკუპირებული აქვს საქართველოს დაახლოებით 20% და მათგან ბუნებრივი აირის იმპორტი პოლიტიკურად ეწინააღმდეგება საქართველოს ეროვნულ ინტერესებს. სწორედ ამიტომ, ოქმის დანართში, აღნიშნულია, რომ ევროპის ენერგეტიკული გაერთიანების ხელშეკრულების IV თავის II ნაწილის (კონკურენციის შესახებ კანონმდებლობა) დებულებების ამოქმედებისას გათვალისწინებულ უნდა იქნას, რომ საქართველო ამჟამად არის იზოლირებული ბაზარი, რომელსაც არ გააჩნია პირდაპირი ურთიერთდამაკავშირებელი ქსელები „ენერგეტიკული გაერთიანების“ რომელიმე მხარის ენერგეტიკულ ქსელთან. რაც იმას გულისხმობს, რომ გაერთიანების მხრიდან საქართველო განიხილება, როგორც ბუნებრივად იზოლირებული ბაზრის მქონე ქვეყანა, რომლისთვისაც მონოპოლიზმი ბუნებრივი აირის სექტორში არის არა როგორც რეგულირებული საქმიანობა, არამედ როგორც დე-ფაქტო მონოპოლია და დივერსიფიცირებისათვის რუსეთიდან ბუნებრივი აირის შემოტანა აუცილებლობას არ წარმოადგენს.

მნიშვნელოვანია ითქვას, რომ ენერგეტიკული გაერთიანობის წევრობა საქართველოს ენერგოუსაფრთხოების გაძლიერებაზე დადებითად აისახება, რადგან ორგანიზაციის მონაწილე მხარეები ვალდებული არიან, ერთმანეთს დაეხმარონ კრიზისულ სიტუაციებში. კერძოდ, გაერთიანების ხელშეკრულება ადგენს ენერგეტიკული გაერთიანების SOS (მიწოდების უსაფრთხოების) მექანიზმს. რომლითაც წევრი ქვეყანა ვალდებულია, სარეზერვო მარაგი შეინახოს, რომელსაც საგანგებო სიტუაციების დროს ერთმანეთს გაუნაწილებენ.

სამწუხაროდ, ამ პუნქტით საქართველო ვერ ისარგებლებს, რადგან მას არ გააჩნია საერთო საზღვარი თანამეგობრობასთან, ხოლო არსებული ინფრასტრუქტურა, ამჟამად და მომავალში დაგეგმილი პროექტების განხორციელების შემთხვევაშიც, გაზის ნაკადების მხოლოდ ერთი მიმართულებით გატარებას ითვალისწინებს, რაც გამორიცხავს იმ სარგებლის მიღების შესაძლებლობას, რაც ქსელითა და ინერკონექტორით დაკავშირებულ გაერთიანების სხვა წევრებს აქვთ [3-5]. თუმცა, ექსპერტების მოსაზრებით, სათანადო მუშაობის შემთხვევაში შესაძლებელია საგანგებო სიტუაციებში სატრანზიტო ნაკადებიდან გარკვეული ნაწილის დატოვება, რასაც ეტაპობრივი, დიპლომატიური და სახელშეკრულებო მომზადება სჭირდება.

ის დადებითი შედეგები, როგორებიცაა საინვესტიციო კლიმატის გაუმჯობესება, გამჭვირვალე და ლიბერალური ბაზრის ჩამოყალიბება, ხარისხიანი საკანონმდებლო გარემოს დამყარება, ევროპული ტექნიკური რეგლამენტის დანერგვა, გაუმჭირვალე მემორანდუმების სისტემის ეტაპობრივი გაუქმება, კორუფციის შესაძლებლობების აღმოფხვრა და ა. შ. რომლებსაც გაწევრიანების შემდეგ საქართველო მიიღებს ძალიან მნიშვნელოვანია, მაგრამ არსებული მდგომარეობიდან გამომდინარე, საქართველოს მიერ ყველა დებულების უპირობო შესრულება არც თუ ისე გონივრული გადაწყვეტილება იქნებოდა. სწორედ ამიტომ, რაციონალურობიდან გამომდინარე, შემუშავებულ იქნა დეროგაციები, რომლებიც გათვალისწინებულია „ენერგეტიკული გაერთიანების დამფუძნებელ ხელშეკრულებასთან საქართველოს შეერთების შესახებ“ ოქმში.

ჩვენი აზრით, გამოსაკვლევი, თუ რა წვლილის შეტანა შეუძლია ენერგოუსაფრთხოების ამალღების საქმეში ენერჯის განახლებად, არატრადიციულ წყაროებს. ამ მიზნით თანამიმდევრული სახელმწიფო სრატეგია და სათანადო ენერგეტიკული პოლიტიკა უნდა შემუშავდეს. ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში წარმოდგენილია ალტერნატიული რესურსების ბუნებრივი და ტექნიკურ-ეკონომიკური პოტენციალი, არსებული სიმძლავრეები [1].

საქართველოს არატრადიციული რესურსების პოტენციალი

საქართველო	ბუნებრივი პოტენციალი	ტექნიკურ-ეკონომიკრი პოტენციალი	არსებული სიმძლავრე
ქარის ენერჯია	მონაცემები არ არის	5 ტერავატ.სთ	0 ტერავატ.სთ
დიდი ჰესები (20 მგვტ-ზე მეტი)	40 ტერავატ.სთ	მონაცემი არ არის	2407 მგვტ
მცირე ჰესები (20 მგვტ-ზე ნაკლები)	მონაცემი არ არის	5 ტერავატ.სთ	166,4 მგვტ
ფოტოვოლტაიკა	1550 კვტ.სთ/მ ²	6–120 გვტ.სთ	0 მგვტ
მზის თერმული ენერჯია	1550 კვტ სთ/მ ²	მონაცემები არ არის	მონაცემები არ არის
გეოთერმული ენერჯია	300მგვტ	100 მგვტ	მონაცემი არ არის
ბიომასა	12 ტერავატ.სთ	4 ტერავატ. სთ	მონაცემი არ არის
ბიოგაზები	2,4 მლნ მ ³	მონაცემი არ არის	0

ლიტერატურა:

1. WEG-ის მონაცემები 2014.
2. Energy Community, What we do. https://www.energy-comunesty.org/portal/page /portal/ENC_HOME/ENERGY_COMUNISTY/Whatwedo ნანახია: 09.11.2016.
3. "მსოფლიო გამოცდილება საქართველოსთვის, საქართველოს ენერჯეტიკული სექტორი ევროკავშირთან ასოცირების კონტექსტში, 2015, გვ.18.
4. ქ. ვეზირიშვილი-ნოზაძე და სხვ. „საქართველოში არსებული ენერჯორესურსების ათვისების პოტენციალური მიმართულებანი“, IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები, ქუთაისი, 2016, გვ. 108-110.
5. ქ. ვეზირიშვილი-ნოზაძე და სხვ. „არატრადიციული, განახლებადი რესურსები – ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრის ალტერნატივა“ IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებათა კრებული, ქუთაისი, 2016, გვ. 110-113.

SUMMARY

UNIFICATION OF GEORGIA AND EUROPE’S ENERGY: THE WAY TO ENERGY SECURITY OF THE COUNTRY

Vezirishvili-Nozadze K.O., Pantskhava E.V., Papava L.P., Jikhvadze M.J., Mchedlidze K.G. and Razmadze M.D.

Georgia is greatly dependent on the energy imported from other countries, but a well thought political document about reducing the dependence of the country on imported energy and increasing the energy security has not been worked out yet. Furthermore, only in 2014 careful accounting of country’s energy resources was made, which is usually done for establishing the energy balance of the country. This is an important precondition to form opinions about energy security and to work out an appropriate policy regarding this issue.

Keywords: energy security, energy policy, unification.

УЧЕТ СКАЧКООБРАЗНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ И ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ ПРИ РАСЧЕТЕ БАЛОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ**Вачарадзе В.В.****Грузинский технический университет**

Как известно, расчет конструкций на сжимаемом основании производится исходя из гипотезы, которая принимается в отношении работы естественного основания; поэтому выбор расчетной модели имеет первостепенное значение при проектировании фундаментных конструкций, так как от степени соответствия принятых предпосылок расчетной схемы механическим свойствам реального грунта зависит точность расчета и, следовательно, надежность, долговечность и экономичность сооружения.

Существующие методы расчета гибких фундаментов базируются, в основном, на применении метода местных упругих деформаций, учитывающего лишь упругие перемещения точек, лежащих под нагруженной поверхностью, и метода общих упругих деформаций, который учитывает осадки не только нагруженной поверхности, но и перемещения основания вне ее.

Основания большинства возводимых зданий и сооружений представляют собой связанные грунты, работу которых наиболее достоверно отображает расчетная модель линейно-деформируемого полупространства.

Решающее значение при расчете конструкций на сжимаемом основании имеет качественная и количественная картины распределения реактивных давлений, поэтому о качестве расчетной модели судят, в основном, по следующему факту – насколько теоретическая эпюра контактных напряжений близка к фактической.

Наряду с достоинствами, применение расчетной схемы основания в виде линейно-деформируемого полупространства встречает такое существенное возражение как концентрация контактных напряжений на концах балочных конструкций, что приводит к завышению изгибающих моментов и, следовательно, к перерасходу материала.

Многие из применяемых в настоящее время методов расчета, базирующихся на модели линейно-деформируемого полупространства, приводят к большим излишкам запаса прочности, особенно при расчете конструкций, работающих в условиях плоской деформации. Анализ причин аварий некоторых сооружений, а также экспериментальные данные подтверждают неравномерное распределение реакций основания под подошвой фундаментных конструкций. Характер этой неравномерности близок к тому, что устанавливается теорией линейно-деформируемых тел, но носит не столь резкий характер и поэтому, как отмечает М.И. Горбунов-Посадов, «смягчение неравномерности в распределении реактивных давлений может привести к очень значительному снижению расчетного значения изгибающих моментов» [1].

Очевидно, что желаемые результаты могут быть достигнуты, прежде всего путем уточнения на основании экспериментальных данных функции, описывающей закон распределения реактивных давлений, а также путем усовершенствования контактных условий, которые при наименьшем числе искомых коэффициентов в функции реактивного давления могут дать наибольшую точность решения задачи [3]. Поэтому актуальной проблемой современной теории расчета балок и плит на сжимаемом основании является усовершенствование старых и создание новых методов расчета, базирующихся на существующих расчетных схемах основания и, в частности, на модели линейно-деформируемого полупространства, которая хорошо отражает главное свойство грунта – сжимаемость под действием внешней нагрузки.

Представим реактивное давление сжимаемого основания в виде суммы двух функций

$$P(x) = P_1(x) + P_2(x), \quad (1)$$

где $P_1(x)$ – функция, описывающая общий фон распределения реактивных сил под подошвой полосы; $P_2(x)$ – убывающая функция, учитывающая местные эффекты вследствие скачкообразного изменения жесткости полосы или внешней нагрузки.

Как первая, так и вторая части функции контактных давлений могут быть представлены в виде многочленов или другими функциями, причем функция $P_2(x)$ должна удовлетворять принципу Сен-Венана, т.е. с удалением от точки, соответствующей скачкообразному изменению жесткости полосы или внешней нагрузки, она должна быстро затухать.

Для описания общего фона эпюры реактивных давлений под подошвой полосы можно использовать функцию, предложенную М.И. Горбуновым-Посадовым [1] в виде полинома высокой степени, но при этом ограничимся пятью членами.

Если, к тому же, обеспечить сплошной контакт полосы с поверхностью основания, то неизвестные параметры этого многочлена могут быть определены с высокой точностью.

На основании вышеизложенного, функцию, описывающую общую картину распределения реактивных сил, представим в виде многочлена четвертой степени:

$$P_1(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4, \quad (2)$$

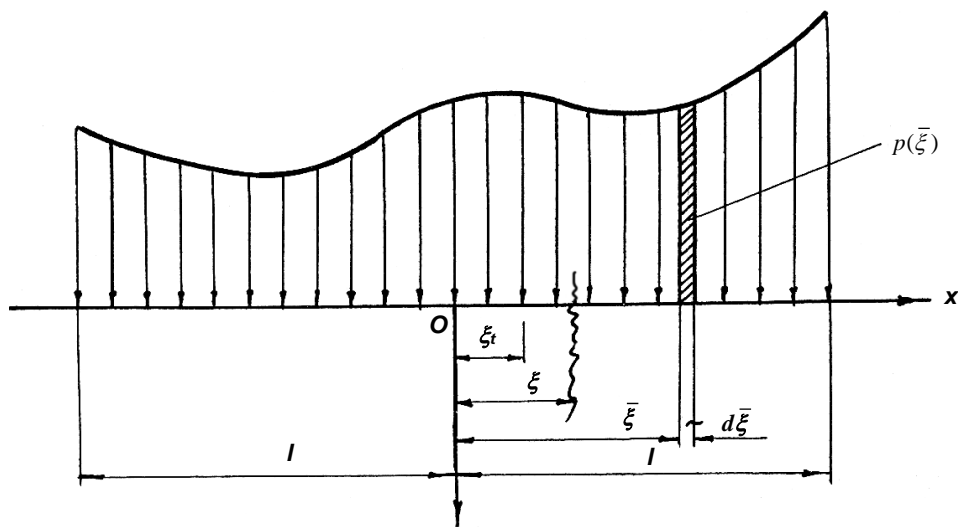
или, переходя к безразмерным координатам,

$$P_1(\xi) = a_0 + a_1\xi + a_2\xi^2 + a_3\xi^3 + a_4\xi^4, \quad (2')$$

где $a_0; a_1; a_2; a_3; a_4$ (кПа) – неизвестные параметры.

Второй член в уравнении (1) может быть представлен в виде суммы убывающих функций, которые дают экстремумы в эпюре реактивных давлений (рис.) в местах скачкообразного изменения жесткости полосы и внешней нагрузки, т.е.

$$P_2(x) = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{c_i l^4}{[l^2 + (x - l_i)^2]^2}, \quad (3)$$



Распределение реактивного давления грунта с учетом местных эффектов

или в безразмерных координатах

$$P_2(\xi) = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{c_i}{[1 + (\xi - \xi_i)^2]^2}, \quad (3')$$

где c_i – неизвестный параметр убывающей функции в кПа; $\xi_i = \frac{l_i}{l}$ – относительная координата места скачкообразного изменения жесткости полосы или внешней нагрузки; l_i – расстояние от начала координат до места скачкообразного изменения жесткости полосы или внешней нагрузки.

Таким образом, в общем случае реактивное давление имеет вид

$$P(\xi) = a_0 + a_1\xi + a_2\xi^2 + a_3\xi^3 + a_4\xi^4 + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{c_i}{[1 + (\xi - \xi_i)^2]^2}. \quad (4)$$

Входящие в эту функцию неизвестные параметры a_i и c_i определяются из условий равновесия и контактности упругой линии полосы и осадки поверхности основания.

Для решения поставленной задачи прежде всего необходимо определить перемещения поверхности основания от действия нагрузки, закон распределения которой представлен выражением (4) в виде принятой функции, описывающей действие реактивных сил по подошве полосы.

Учитывая тот факт, что реакция основания при данной постановке задачи представлена в виде суммы двух функций, расчетную схему для определения осадки поверхности основания (исходя из принципа суперпозиции) можно представить в виде двух расчетных схем, одна из которых позволяет определить перемещение поверхности от действия полосообразной нагрузки, выраженной в виде многочлена, а другая – от действия нагрузки в виде убывающей функции.

Для многочлена, описывающего общий фон в функции реактивного давления, осадка может быть определена по известным решениям М.И. Горбунова-Посадова [1] и имеет вид

$$\begin{aligned} W_1(\xi) = C - \frac{2(1-\nu^2)l}{\pi E} & \left\{ a_0[(1+\xi)\ln(1+\xi) + (1-\xi)\ln(1-\xi) - 2] + \right. \\ & + \frac{a_1}{2}[(1-\xi^2)\ln(1-\xi) - (1-\xi^2)\ln(1+\xi) - 2\xi] + \frac{a_2}{3}[(1+\xi^3)\ln(1+\xi) + \\ & + (1-\xi^3)\ln(1-\xi) - \left(\frac{2}{3} + 2\xi^2\right)] + \frac{a_3}{4}[(1-\xi^4)\ln(1-\xi) - (1-\xi^4)\ln(1+\xi) - \\ & \left. - \left(\frac{2}{3}\xi + 2\xi^3\right)] + \frac{a_4}{5}[(1+\xi^5)\ln(1+\xi) + (1-\xi^5)\ln(1-\xi) - \left(\frac{2}{5} + \frac{2}{3}\xi^2 + 2\xi^4\right)] \right\}. \quad (5) \end{aligned}$$

Ввод специального члена в функцию реактивного давления позволяет учесть местные эффекты, но при этом возникает проблема определения перемещения поверхности основания от действия этой реактивной полосой нагрузки в рамках плоской задачи теории упругости. Выражение осадки для введенной убывающей функции получено нами путем интегрирования уравнения Фламана и имеет вид

$$W_2(\xi) = C - \frac{(1-\nu^2)l}{E} \sum_{i=1}^{i=n} c_i \left\{ \frac{1}{2} \ln[1 + (\xi - \xi_i)^2] - \frac{c_i}{[1 + (\xi - \xi_i)^2]} \right\}. \quad (6)$$

Следует отметить, что степень точности последнего интеграла зависит от того, на каком расстоянии от конца полосы имеет место скачкообразное изменение жесткости и внешней нагрузки. Дело в том, что интегрирование уравнения Фламана для реактивного давления, заданного в виде убывающей функции, произведено в бесконечных пределах и, следовательно, при рассмотрении коротких балок часть этой эпюры не включается в работу. Однако, учитывая тот факт, что функция является быстро затухающей можно с достаточной для практических целей точностью отбросить влияние концов на величину перемещения поверхности основания.

Таким образом, общее выражение осадки поверхности основания, находящегося под действием реактивной полосовой нагрузки, должно рассматриваться как сумма осадок от первой и второй частей уравнения (1):

$$\begin{aligned}
W(\xi) = & C - \frac{2(1-\nu^2)l}{\pi E} \left\{ a_0 [(1+\xi)\ln(1+\xi) + (1-\xi)\ln(1-\xi) - 2] + \right. \\
& + \frac{a_1}{2} [(1-\xi^2)\ln(1-\xi) - (1-\xi^2)\ln(1+\xi) - 2\xi] + \frac{a_2}{3} [(1+\xi^3)\ln(1+\xi) + \\
& + (1-\xi^3)\ln(1-\xi) - \left(\frac{2}{3} + 2\xi^2\right)] + \frac{a_3}{4} [(1-\xi^4)\ln(1-\xi) + (1-\xi^4)\ln(1+\xi) - \\
& - \left(\frac{2}{3}\xi + 2\xi^3\right)] + \frac{a_4}{5} [(1+\xi^5)\ln(1+\xi) + (1-\xi^5)\ln(1-\xi) - \left(\frac{2}{5} + \frac{2}{3}\xi^2 + 2\xi^4\right)] + \\
& \left. + \frac{\pi}{2} \sum_{i=1}^{i=n} c_i \left\{ \frac{1}{2} \ln [1 + (\xi - \xi_i)^2] - \frac{1}{1 + (\xi - \xi_i)^2} \right\} \right\}. \quad (7)
\end{aligned}$$

В случае определения осадки относительно начала координат будем иметь

$$\begin{aligned}
W(\xi) - W(0) = & -\frac{2(1-\nu^2)l}{\pi E} \left\{ a_0 [(1+\xi)\ln(1+\xi) + (1-\xi)\ln(1-\xi)] + \right. \\
& + \frac{a_1}{2} [(1-\xi^2)\ln(1-\xi) - (1-\xi^2)\ln(1+\xi) - 2\xi] + \frac{a_2}{3} [(1+\xi^3)\ln(1+\xi) + \\
& + (1-\xi^3)\ln(1-\xi) - 2\xi^2] + \frac{a_3}{4} [(1-\xi^4)\ln(1-\xi) + (1-\xi^4)\ln(1+\xi) - \\
& - \left(\frac{2}{3}\xi + 2\xi^3\right)] + \frac{a_4}{5} [(1+\xi^5)\ln(1+\xi) + (1-\xi^5)\ln(1-\xi) - \left(\frac{2}{3}\xi^2 + 2\xi^4\right)] + \\
& \left. + \frac{\pi}{2} \sum_{i=1}^{i=n} c_i \left\{ \frac{1}{2} \ln \frac{1 + (\xi - \xi_i)^2}{1 + \xi_i^2} + \frac{1}{1 + \xi_i^2} - \frac{1}{1 + (\xi - \xi_i)^2} \right\} \right\}. \quad (8)
\end{aligned}$$

Что касается прогибов балки от действия внешней нагрузки и реактивного давления, то они могут быть определены методами теории сопротивления материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А., Соломин В.И. Расчет конструкций на упругом основании. -М.: Стройиздат, 1984, 679 с.
2. Вачарадзе В.В. Многоступенчатые балочные фундаменты на сжимаемом основании. -Тбилиси, изд. ГПИ, 1972.
3. Вачарадзе В.В. Обеспечение условий контактности при расчете балочных фундаментов. //Georgian Engineering News, 2012, № 3, с. 62-64.

SUMMARY

CONSIDERATION FOR AN ABRUPT CHANGE IN STIFFNESS AND EXTERNAL LOAD IN BEAM FOUNDATION DESIGNS

Vacharadze V.V.

Georgian Technical University

It is proposed to represent the earth reactive pressure as a sum of two functions. One of the functions in the form of the fourth-degree polynomial describes the general background of reactive pressure, and the other one in the form of a decreasing function describes an abrupt change in the band stiffness and external load. By integration of Flaman equation, the expression for the dependence of the base surface settlement on the band load and hence for the dependence of complete settlement on the reactive pressure was derived.

Keywords: ground, base, beam foundation, reactive pressure, settlement.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОЙ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ПРИРОДЫ

Дадунашвили С.А.

Грузинский технический университет

Широкое распространение сетей естественного и искусственного происхождения, встраивание и включённость в них человека, требует определения и учитывания параметров сетей для дальнейшей их идентификации и оценки. Наибольший интерес представляют топологические параметры сетей, поскольку топология даёт исходный смысл их структуре.

Рассмотрим методику, позволяющую определять ключевые топологические характеристики сетей и давать им количественные и качественные оценки. Важность определения таких характеристик состоит в том, что при встраивании в сеть появляется необходимость оценить возможности сети и, соответственно, её качество и эффективность с общесистемных позиций.

Центральными понятиями для всех типов сетей служат понятия о свободе (недетерминированности) компонентов в сети и стесняющих (детерминирующих) их связей. Соответственно возникают понятия избыточной и недостаточной связности в сети, о степени недетерминированности сети в функции от полноты глобальной и локальной связности.

Структура сети описывается графом, в котором вершинами являются источники и приёмники сигналов в независимости от их природы, а рёбрами – каналы связи.

Максимальное число связей N вершин графа между собой равно:

$$M_{\max} = \frac{N \cdot (N - 1)}{2}$$

Минимальное число связей, необходимое для целостности структуры графа равно:

$$M_{\min} = N - 1$$

Оценка глобальной связности всех вершин в структуре неориентированного графа будет находиться в промежутке:

$$M_{\min} \leq M \leq M_{\max}$$

Структурная избыточность, которая может быть использована для оценки качества сети будет равна:

$$R = M - M_{\min}$$

При $M < M_{\min}$ в сети имеет место структурная недетерминированность, проистекающая от недостатка связей. В случае, когда причиной недетерминированности является неправильная конфигурация сети, структурная недетерминированность может иметь место при полном и даже избыточном числе связей. Для оценки данной ситуации введём показатель, характеризующий недоиспользование возможностей заданной структуры, имеющей M рёбер и N вершин, в достижении максимальной связности.

Введём понятие валентности вершины. Равномерное распределение связей в структуре неориентированного графа будем характеризовать средней валентностью вершины:

$$\bar{V} = \frac{2 \cdot M}{N}$$

Тогда локальную связность можно будет охарактеризовать величиной:

$$\varepsilon = v_i - \bar{V},$$

где v_i - действительная валентность i -ой вершины заданного графа.

Необходимость учёта транзита в каналах связи требует введения параметра отражающего структурную близость вершин между собой (q_{ij}). Величина, которая отражает общую структурную близость элементов сети, будет равна:

$$Q = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N q_{ij}$$

Поскольку в графе, имеющем полную структуру, любые две вершины непосредственно связываются между собой, т.е. $q_{ij}=1$, для общей структурной близости получим:

$$Q = N \cdot (N - 1)$$

В графе радиальной структуры:

$$Q = 2 \cdot (N - 1) + 2 \cdot (N - 2) \cdot (N - 1) = 2 \cdot (N - 1)^2$$

Для оценки вклада каждой вершины в общую структурную близость введём относительный показатель:

$$K_i = \frac{Q}{\sum_{j=1}^N q_{ij}}$$

и будем выделять вершины, для которых $K_i = K_{max}$.

В графе с радиальной структурой роль центральной вершины полярно отличается от роли вершин в графе с полной структурой. Для оценки степени централизации в структуре сети используем выражение:

$$\delta = \frac{2 \cdot (N - 1) \cdot (K_{max} - N)}{K_{max} \cdot (N - 2)}$$

Для полного графа, имеющего структуру с равномерным распределением связей, получим: $\delta=0$, а для радиального графа, имеющем максимальную степень централизации: $\delta=1$. Полученная оценка позволяет находить вариации равномерности распределения потоков субстрата и сигналов в сети, сравнивать различные варианты структур сети и определять «точки сгущения» структурных элементов.

Таким образом, структура системы подчиняется собственным закономерностям и манифестируется в виде ограничений, возникающих в следствие организованности элементов системы в рамках целого. Структура и функция системы могут быть выражены в терминах своих элементарных составляющих: единиц субстрата из которых построена система и элементарных актов их деятельности.

Способ распределения субстрата по структурным элементам системы может быть различным, однако оптимальными свойствами обладают пропорционально сформированные структуры. Формирование направления гармонизации структурных элементов осуществляются на основе объективных законов пропорционирования строения структур, которые в совокупности создают структурную определённую систему. Основываясь на этом, управление структурогенезом представляется как приведение среднего значения удельных весов (либо их логарифмов) структурных элементов (n_i) к определённой количественно выраженному структурному инварианту с дальнейшим его сохранением. В этом суть метода структурной гармонизации частей целого.

Если $n_1, \dots, n_i, \dots, n_N$ распределение N частей системы, то относительная оценка структуры будет равна:

$$\bar{H} = -\frac{1}{\log N} \times \sum_{i=1}^N (n_i \times \log n_i)$$

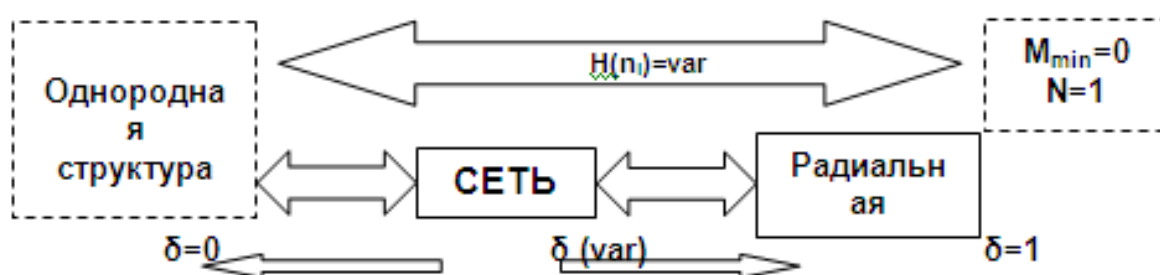
В однородной структуре удельные веса всех элементов равны $n_i=1/N$, и вариация введённого показателя будет происходить в диапазоне:

$$0 \leq H \leq \log N$$

Для определения направления развития структур, в первую очередь, возникает необходимость в разработке принципа, который способен фиксировать всю многопрофильность и «многомерность» конкретных систем реальности, представляющих собой целостность. При этом, одним показателем нужно выразить множество переменных отношений и рядов событий,

манифестирующих направление. Наиболее очевидная трудность, встречающаяся на данном пути, состоит в выявлении того закона, который управляет твёрдостью пропорций распределения разномасштабных и разнокачественных структурных компонентов целого в естественном процессе структурогенеза.

Для решения проблемы выражения структурного разнообразия и выявления его внутренней основы рассмотрим метод, который предполагает фиксацию противоположной стороны разнообразия – *однообразия*, являющегося фоном и уровнем отсчёта мер структурных компонентов, продуцирующих это разнообразие. Естественной границей разнообразия служит однообразие, т.е. средний уровень важнейших характеристик, по которым фиксируется разнообразие. Максимуму разнообразия признаков структурных элементов сети противостоит минимум разнообразия, т.е. равенство весовых характеристик данных признаков, их равномерная распределённость в масштабах целого. «Чистое однообразие», однородное единство в гармонизации не нуждается.



Диапазон вариации параметров сети

На рисунке в качестве уровня отсчёта выступает однородная структура, которая определяет вариации как параметра H , так и показателя степени централизации компонентов δ . На пересечении этих двух тенденций – максимизации и минимизации единственного, но раздвоенного «в себе» явления порождаются устойчивые формы ограниченного разнообразия.

Возникает вопрос, какова истинная природа устойчивых форм ограниченного разнообразия и «путей» к ним ведущих. Ведь в реальности они никогда *не проявляются* ранее того, как *компоненты* начинают *сводиться в части* в процессе структурогенеза данной сети, т.е. до всякого существования частей в целом. Единственное объяснение этого можно связать с геометрией (и метрикой) структурного пространства сети, которая в роли формы выполняет организующую функцию.

Целое обладает решёткой (каркасом), определённой масштабной сетью для упорядочения своих частей. В масштабах каждой системы эту роль «сети», определяющей область её структурогенеза играют виртуальные связи, манифестирующие *готовность компонент к отношениям*. Средние показатели распределений количеств или численностей, которыми представлена каждая противоположность, подчиняются закономерностям узловой линии мер и выражаются в своих устойчивых границах структурными инвариантами. Решетка узлов, симметрично и нелинейно распределённых между полюсами – «противоположными сторонами» единства, потому и является *продуктом геометрии целого*, что она существует независимо от наличия или отсутствия в нем субстрата, который лишь обнаруживает её, распределяясь в целом тем или иным образом, т.е. она инвариантна относительно перехода из возможности в действительность. Благодаря этому можно, установив границы целого, заранее указать точки в пространстве состояний субстрата, в которых будут *концентрироваться* компоненты целого.

Идентификация параметров топологических структур в мозге человека позволяет определить наличие или отсутствие сознания, которое их определяет [1]. При поиске

параметров, которыми отличаются друг от друга, помимо поведения, человек с сознанием и без, было показано [2], что конфигурация связности работающих сетей в его мозге может выступать параметром наличия и уровня сознания. Суть исследования электромагнитной ипостаси сознания заключалась в измерении ЭЭГ вегетативных пациентов, а также здоровых людей в состоянии бодрствующего покоя. Полученные данные анализировались по нескольким ритмам и амплитудам и определялась синхронность колебаний разных точек в мозге, с целью идентификации по осцилляциям *топологии сети*. Эти эксперименты дали наглядный материал в пользу того, что у здоровых людей богатое взаимодействие активных узлов, в том числе далеких друг от друга. У пациентов активность значительно беднее и ограничена ближайшими узлами. Полученные данные дают общее представление о феномене сознания в целом и могут служить определённым указанием на присутствие сознания.

Другим индикатором были выбраны реакции на юмор, который считается критерием интеллекта [2]. Эффект многих шуток зависит от понимания ситуации, а также от двойного смысла самих фраз и требует небуквального восприятия речи. В момент восприятия шутки активность мозга здоровых людей и пациентов прослеживалась с помощью МРТ. Томограмма наглядно показала, что самые эмоциональные шутки получили в мозге здоровых людей наибольший отклик, причем в отделах, связанных с анализом и когнитивной деятельностью. Если человек не уловил юмора, томограмма молчит. И хотя можно пропустить шутку, будучи в ясном сознании, ее нельзя уловить и *понять её смысл*, когда сознания нет.

Недавно открыли гигантский нейрон [3], опоясывающий отростками весь мозг. Тело нейрона находится в области под названием клауструм (Claustrum). Клауструм дает начало процессам сознательного восприятия, т.к. эта небольшая структура *подключена к многим областям мозга*, т.е. образует радиальную структуру. Отследив проекции клеток из клауструма по всему мозгу, можно оценить вариации уровня сознания в человеке.

Рассмотренные структурные параметры и метод структурной гармонизации частей целого, представляют методологический базис, на основе которого новые экспериментальные данные получают теоретическое объяснение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dadunashvili S. System Pattern of Consciousness Functioning. In IFMBE Proceedings -Springer, Heidelberg, Germany. 38, pp. 5-10, 2012.
2. Chennu S, Finoia P, Kamau E, Allanson J - Spectral Signatures of Reorganized Brain Networks in Disorders of Consciousness - Williams GB, et al. 2014
3. Reardon S. Giant neuron encircles entire brain of a mouse. //Nature,14, 2017, vol. 543.

SUMMARY

IDENTIFICATION OF TOPOLOGICAL SYSTEMS OF ARTIFICIAL AND NATURAL ORIGIN

Dadunashvili S.A.

Georgian Technical University

In this paper, topological parameters are considered, since topology gives the initial meaning to the structure of networks. There is proposed a technique that allows determining the key topological characteristics of networks and giving them quantitative and qualitative estimates. To determine the direction of development of structures, there has been developed a principle that is capable of recording all the multifacetedness and "multidimensionality" of integral systems of reality. By examples of the functioning of consciousness, the existence of the studied topological structures in the human brain is shown.

Keywords: topological systems, network structure, consciousness.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ПЛАЗМОТРОНА В СРЕДЕ ПЕРЕГРЕТОГО ВОДЯНОГО ПАРА ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Сабашвили З.В., Лоладзе Т.О., Метревели-Мандария А.Б., Кенчиашвили Н.А.

Грузинский технический университет

Введение

В работах [1,2] было предложено применение перегретого водяного пара в качестве плазмообразующей среды, которая является перспективной из-за своих технологических и экологических преимуществ по сравнению со сжатым воздухом. Нашим интересом являлось изучение и проведение сравнительных исследований ресурса работы основных узлов плазмотрона, как в среде водяного пара, так и в среде сжатого воздуха.

Методика исследования

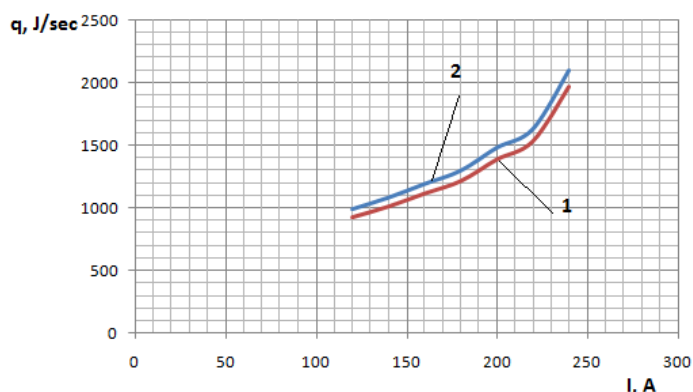
Исследования проводились на лабораторной установке, состоящей из плазмотрона, позволяющего измерять отдельно тепловые потоки в основных узлах (катод, сопло плазмотрона). Тепловые нагрузки на основные узлы плазмотрона измерялись путем отдельного калориметрирования.

Лабораторная установка была оснащена расходомерами и ртутными термометрами для определения расхода и температуры охлаждающей воды катода и сопла, как при входе, так и при сливе воды. Давление и температуру на входе плазмотрона измеряли соответствующими манометром и термометром.

Основная часть

Продолжительность работы катода зависит от тока дуги, диаметра и длины активной вставки катода, теплофизических свойств окисей и нитридов, образующихся на его поверхности, давления плазмообразующей среды, интенсивности охлаждения и т.д. Все вышеперечисленные факторы в конечном счете сходятся в приблизительный расчет тепловых нагрузок активной вставки катода. Надо отметить, что на ресурс работы катода и его эрозию также влияет эмиссия электронов с поверхности активной вставки.

Влияние силы тока плазменной дуги определяется следующими факторами [3]: выделением тепла в активной вставке, вследствие прохождения по ней электрического тока; выделением тепла в активном пятне дуги при бомбардировке ионами, при этом катоду передается кинетическая и потенциальная энергия ионов; количеством тепла, полученного электродом вследствие теплообмена со столбом дуги.



Зависимость теплового потока на катод от тока дуги
1 - сжатый воздух; 2 - водяной пар

Исследованиями энергетических характеристик плазменной дуги в среде водяного пара было установлено [4], что при идентичных значениях тока дуги и давления, напряжение дуги в случае использования водяного пара выше на 30-35 В по сравнению со сжатым воздухом. Также установлено, что напряжение дуги зависит от температуры и давления водяного пара на входе плазмотрона [3]. С увеличением давления растет сила сжатия дуги, что способствует повышению напряжения. Например, при давлении водяного пара 4 ат и тока дуги 200 А, с увеличением температуры от 120°C до 500°C, напряжение повышается от 250 В до 320В.

Сравнительные исследования тепловой нагрузки на катод показали, что при одинаковых значениях тока дуги она больше в среде водяного пара по сравнению со сжатым воздухом (рисунок).

Однако, для каждого конкретного случая плазменной резки возможно подобрать такие оптимальные режимы, при которых можно достичь максимального эффекта, т.е. при плазменной резке в среде водяного пара необходимую мощность дуги можно обеспечить при пониженном токе дуги и повышенных давлении и температуре водяного пара. Поэтому, тепло, передаваемое катоду вследствие теплообмена со столбом дуги, не изменяется, однако уменьшению подвергаются все факторы, которые завьсят от величины тока дуги. В таблице приведены оптимальные значения параметров плазменной дуги и теплового потока на катод при плазменной резке стали толщиной 30 мм.

Параметры плазменной дуги, плазмообразующей среды и теплового потока на катод

Род плазмообразующей среды	Ток дуги, А	Напряжение дуги, В	Температура водяного пара, °С	давление, ат	теплового потока на катод, дж/сек
Сжатый воздух	250	220	-	4	2080
Водяной пар	180	320	300	5	1856
Водяной пар	170	330	300	6	1820
Водяной пар	160	335	300	7	1805
Водяной пар	155	335	300	8	1793
Водяной пар	150	335	300	9	1780

Как видно из данных таблицы, в данном случае в среде водяного пара резку можно проводить на меньших значениях тока дуги при повышенных давлении и температуре водяного пара.

Вывод

Повышенные давление и температура водяного пара способствуют повышению напряжения давления, что позволяет генерировать плазменную дугу необходимой мощности для проведения технологического процесса на меньших токах, что и способствует уменьшению тепловой нагрузки катода, обусловленной прохождением электрического тока в активной вставке катода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сабашвили З.В., Тавхелидзе Д.Д., Мchedlishvili З.Т. Водяной пар как плазмообразующая среда. // Проблемы механики, Международный научный журнал, N4(21)/2005, сс. 79-83.
2. Z. Sabashvili, T. Loladze, N. Kenchiashvili, M. Mousa. Advantages of Plasma Cutting in Superheated Water Vapor on Metallurgical Enterprises. //Journal of Technical Science and Technologies. International Black Sea University, Vol. 3. Issue 2, 2014, pp. 5-8.
3. З.В. Сабашвили, Д.Д. Тавхелидзе, А.К. Суламанидзе, Н.П. Кодуа, И.Ф. Фухашвили. Плазменная резка на повышенных давлениях. /საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, №2 (488), 2013, გვ. 48-52.
4. ზ. საბაშვილი, გ. ხურციძე, ზ.სიამაშვილი. პლაზმური რკალის პარამეტრებზე პლაზმატრონის შესასვლელზე წყლის ორთქლის ტემპერატურის გავლენის გამოკვლევა. /საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები 5 (416), 1997, გვ. 48-55.

SUMMARY

STUDY OF THE SERVICE LIFE OF PLASMATRON IN A SUPERHEATED STEAM MEDIUM OF HIGH PRESSURE

Sabashvili Z.V., Loladze T.O., Metreveli-Mandaria A.B. and Kenchiashvili N.A.

Georgian Technical University

Currently, on machine-building plants, they use plasmatrons acting directly on the treated surface. One of economic indicators of plasma cutting is the service life of theplasmatron. During operation, a thermochemical cathode and a nozzle are subjected to main head load. In this regard, it is of great interest to study the service life of the cathode and nozzle in a superheated steam medium. We present the comparative analysis of the data on the service life of the cathode in the superheated steam medium of high pressure. It was established that high pressure and temperature of steam at the plasmatron inlet promote the reduction of heat load.

Keywords: plasmatron, cathode, hafnium, thermal power, arc current, arc voltage.

MAGNETIC NANOCUSTER DOPED CARBON NANOPARTICLE SYNTHESIS AND STUDY OF SELF-HEALING AND SELF-ASSEMBLY PROCESSES IN POLYMER NANOCOMPOSITES ON THEIR BASIS

Gavasheli T.A., Gegechkori T.O., Mamniashvili G.I., Gventsadze D.I. and Rukhadze L.N.

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

Abstract. The self-healing and self-organization processes were studied in the magnetic polymer nanocomposites synthesized on basis of carbon nanoparticles doped by cobalt nanoclusters, synthesized by original CVD technology developed by authors. These processes were taking place under combined stimulated diffusion of magnetic nanoparticles by outer alternative and steady magnetic fields, as well as heating and pressure. Polymeric composite samples have good electric and adhesive properties and are perspective for potential practical applications

Keywords: magnetic carbon nanopowders, polymer composites, stimulated diffusion, self-healing, self-organization, resistance

1. Introduction.

In the last decade, the investigation of such new nanostructure forms of carbon as nanoparticles, nanotubes, nanothreads became very topical. This is related with the fact the pointed nanostructural particles due to their sizes and peculiarities of their atomic structure reveal such unique physic-mechanical properties that the range of their perspective applications spreads over many human activities, starting from microelectronic to medicine.

In last years it is particularly increased interest to such technologies of material production on carbon basis as ones oriented on production of doped carbon nanoparticle modifications (nanotubes, nanoclusters, nanothreads). This gives opportunity to scientists and engineers in noted materials the possibility of aimed control of unique properties, which are their natural properties [1].

As the matter of fact, the nanoobject control on nanometric level using nanoparticles with aim to arrange them in rows, signatures and grids is the clue to the production of new functional materials. Correspondingly, for obtaining of building units with different nanometric sizes in the last years it was developed many methods of self-assembling and synthesis. In this direction the possibility to control perfectly the self-assembling and synthesis processes of nanoparticles is a serious challenge from the point of view both fundamental and applied investigations.

On the basis of fundamental principles, the process of self-assembling requires the existence of interaction between atoms and clusters, as thermodynamic and kinetic moving force, so that it could be realized the organization of atoms and clusters for creation of nanosize domen structures. From this point of view, magnetic nanoparticles deserve a particular interest due to their unique physico-chemical properties and applicability in the new functional materials technologies.

Carbon shells provide both the protection of ferromagnetic impurities from aggressive environment and new unique properties to the hydride nanostructures. The self-assembling of magnetic clusters coated by carbon shells presents just such example which could be used in the contemporary materials, as example, in strong magnets, analytic instruments (nuclear magnetic resonance tomographs) and nanosensors.

The more so, currently magnetic carbon nanoparticles due to their low toxicity are under testing for therapeutic and diagnostic applications.

Last years the magnetic field was applied also for creation of nanoscale materials what resulted in significant achievements in the problem of formation of macro- and microstructure synthesized materials possessing unique properties.

In contrast with other existing self-assembling technologies, the induced by magnetic field ordering defines the formation of magnetic nanoparticles in ordered structures with unique properties. Therefore, the areas of application of carbon magnetic nanoparticles is very large. Sufficient to name such of them as magnetic fluid, plastic glasses stable against scratches information storage magnetic media, sensors, biomedicine, etc. It should be noted here that in spite of their large perspective for multifunctional applications, the carbon nanoparticles doped by ferromagnetic clusters have not studied sufficiently well [2].

In this work following aims were addressed:

1. On the bases of obtained nanopowders manufacturing of polymer composite films and study of their self-organization processes.
2. On the bases of obtained nanopowders preparation of polymer composite films and study self-healing properties under influence of low-frequency magnetic field.

2. Experimental results and their discussions.

To achieve these aims it was planned experiments with magnetic nanopowders filled and unfilled polymer films preparation and carrying out the study of self-organization processes between them. This process was facilitated by heating films above the glass transition temperature. The particles in conventional composites are essentially immobile in contrast to polymer nanocomposites (PNC) particularly above the glass transition temperature T_g . The nanoparticles mobility can affect polymer dynamics resulting in changing of viscosity, modulus, kinetics of the particle-cluster formation, etc [Macromolecules. Size effect of nanoparticle diffusion in a polymer melt. APC publication] [3].

Tensile measurements have shown that below T_g conventional composites and PNCs behave similarly with respect to mechanical properties. But above T_g the toughness of PNC can increase by order of magnitude with increase of temperature. It has been suggested that the mechanism to the toughness enhancement is the mobility of the nanoparticles. The development of self-healing materials and coatings where nanoparticles migrate toward various defect sites, requires a better understanding of the nanoparticle diffusion process.

The heating of PNC above T_g increases mobility of polymer chains what should facilitate boundary diffusion between polymer interfaces and this effect should be visualized using magnetic nanoparticles introduced in polymer. This process could be improved applying additional stimuli, in particular low-frequency (ac) magnetic field, stationary magnetic field, pressure, heating separately or in combinations. Such impact stimulate self-organization processes between prepared films in result of which it one could produce “glued” to each other films without using other type glues and polymer melting temperature. As research object for one of the aims of this work was the development of simple technology of production of carbon nanoparticles doped by ferromagnetic clusters and study of their morphology and composition.

Generally the most known method of production of ultra-small cluster-size particles is based on the condensation principle from gas or vapor states, with the possibility of obtaining the product on a substrate or as a powder. In the same time, for the vapor production it is used different methods: laser ablation, thermal, electron-beam and ion irradiation.

In particular, for the production of nanopowders and nano-coatings on carbon basis it is used the chemical vapor deposition (CVD) method – mainly along with application of hydrogen reduction process of volatile chlorides. Traditional methods of production the pyrolytic carbon by way of thermal decomposition of carbon containing compounds on the heated surfaces are also well known but all of them have some significant defects: at formation of coatings – low growth rate, high temperature of process ($\geq 1300^\circ\text{C}$), insufficient quality of obtained coating structures, impossibility to carry out the doping process in one cycle. The analysis of tendencies of development of the contemporary natural science and technology the experimental and theoretical investigations of carbon nanoparticles, nanotubes, nanothreads and doped by them new polymer composites should gain priority. The carbon nanoparticles doped by magnetic (Co,Fe) nanoclusters with mean sizes in the range 50-100 nm were synthesized by technology using the combination of pyrolysis of ethylene spirit (and other hydrocarbons) vapor pyrolysis and CVD process in the mode of recirculation closed cycle with monitored technology parameters.

The developed technological process was realized in the installation where in the construction of its reactor and in necessary units for functioning it was foreseen the possibility of monitoring of such parameters as: vapor content and concentration in reactor zones, catalytic capacity of substrates, partial oxygen pressure (in limits of $10^{-20} \div 10^{-25}$ atm). This allows one to carry out technology investigations with aim to establish the optimal technological parameters for production of finely dispersed carbon nanopowders doped with magnetic nanoclusters. As result, to produce these materials in necessary amounts for investigations and perspective applications. Detailed description of this technology is given in work [4].

For the preparation of polymer films it was chosen polyvinylbutyral (PVB) polymer with low $T_g \sim 45-55^\circ\text{C}$. PVB is a resin mostly used for applications that require strong binding, optical clarity, adhesion to many surfaces, toughness and flexibility.

As filler it was used produced by us carbon nanopowder doped with magnetic (Co or Fe) nanoclusters (C/Co). The original chemical vapor deposition (CVD) technology was used described in details in [JMMM]. For comparative study we used commercial Co nanopowder (Sun firm, USA 28 nm – mean diameter). The Co doped carbon nanopowders were mainly used with their concentrations in polymeric composite in range 10-50 wt %, but for Co nanopowder filled polymer composite concentrations was 20 mas. %.

Firstly it was prepared 10 % alcohol solution, then this solution was poured into Teflon press-forms (Fig. 1) and after their drying during 48 hours the 0.5-0.7 mm thickness films were obtained. The filled composites were prepared on the following way: it was taken magnetic nanopowders in corresponding proportion (in terms of dry weight) and the usual mixing of PVB with alcohol took place followed by the ultrasound 10-15 min treatment for the destruction of magnetic nanopowder agglomerates. Then after thorough mixing during 7-10 min it was obtained magnetic polymer composite films similar unfilled ones in Teflon press-forms. After this sample films were cut from these films (Fig. 2).



Fig. 1. Teflon press-forms for preparation different size films



Fig. 2. Filled and unfilled films individually (1, 2) and together (3)

The trial films were placed on each other and subjected to following actions:

a) action of pressure and temperature in a vacuum cabinet at pressure $p=0.5$ MPa and temperature $T=80-85^\circ\text{C}$ during time $t=2.5$ hours.

b) action of pressure and temperature and stationary magnetic field in a vacuum cabinet at $p=0.5$ MPa and temperature $T=80-85^\circ\text{C}$. During the experimental pressure included contribution from the magnet weight. Duration of experiment $t=2.5$ hours.

c) in above a and b items the obtained double films were subjected to the action of low-frequency magnetic field during $t=2$ hours.

In Fig. 3, the vacuum cabinet is presented in turn on position, with placed inside samples during the pressure and temperature action.

During an experiment temperature reaches 85°C , as earlier in case of a single film, pressure the same, approximately 0.5 MPa. In the teflon form firstly is placed magnets, then an unfilled sample and, finally, composite on which pressure acts. Then the low-frequency generator turns on with cooling of coil by water and the condenser is heated following which the combined actions is realized what could continue several hours till the double layered sample is glued by diffusion of nanoparticles.



Fig.3. The vacuum cabinet with sample under testing



Fig. 4. The experimental stand

Fig. 5, neodymium magnets used in experiments are presented as well in Fig. 6 the pressform for fabrication of samples is shown.



Fig. 5 Neodymium magnets used in experiments

Fig. 6. Press form for samples fabrication.

To study the self-organization of polymer nanocomposites it is necessary to increase our understanding of nanoparticles diffusion processing taking place in them [1].

As it was noted, nanoparticles in usual composites, in difference with polymer nanocomposites (PNC) are essentially unmovable is particular as compared diffusion processes rate in PNC above the temperature of glass transition T_g .

Besides it, the knowledge of nanoparticles diffusion processes is important for development of self-healing materials and coatings where nanoparticles migrate to different defect sites.

For study of cobalt doped carbon nanopowder diffusion processes we prepared a series of above described polymer samples. A sample is 0.3 mm thickness polymer nanocomposite film (polymer +C/Co, nanoparticle percent composition in range 10-50 %) and 0.5 mm thickness on the pure polymer substrate with dimensions 28x10x0.8,(Fig.7).

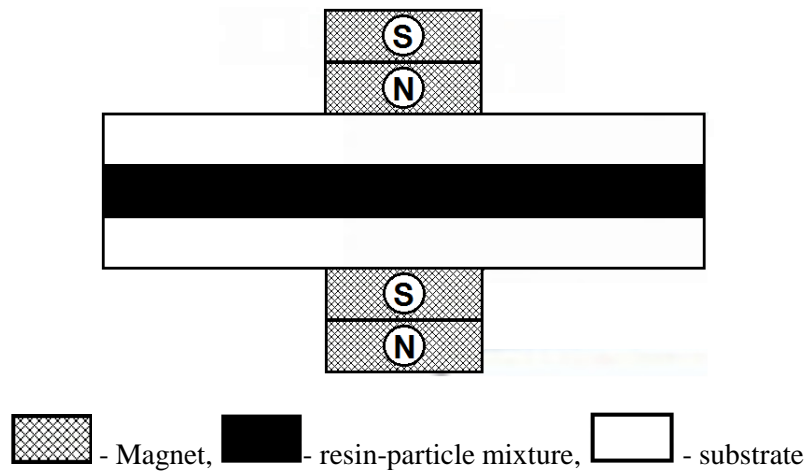


Fig. 7. Geometry of samples

It was studied C/Co nanoparticle diffusion processes at diffusion across samples interface at different excitations at $T > T_g$: stationary magnetic field, alternating magnetic field (20 kHz, 1 kW power), and their combinations. The adhesion and, consequently, related with adhesion self-healing processes were studied.

To study diffusion processes it was carried out layer by layer removal starting from polymer composite to down using a fine grinding. This grinding process was followed by simultaneously control of sample resistance.

The method appeared to be very visual and effective and allowed us the assessment of nanoparticle mobilities at different excitations and their combinations. It was revealed that the best

diffusion of nanoparticles and best adhesion of composite film was obtained at the combined effect of temperature, steady and alternating magnetic fields (Figs. 8-13).

In figures it is presented the distribution of resistance along a sample at fine grinding describing the quality of penetration of nanoparticles in the polymer substrate.

The good conductivity of polymer composite was stipulated by the presence in the composite of the carbon nanoparticles at studied, concentration C/Co, 50 % of polymer nanocomposite/pure polymer pile.

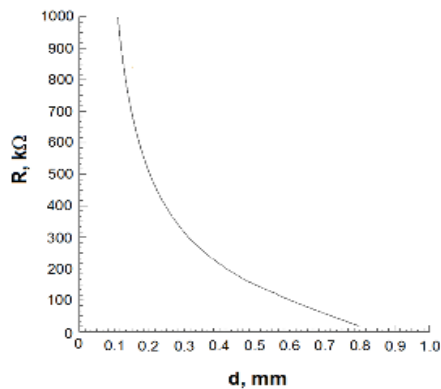


Fig. 8. The resistance dependence of sample thickness. The treatment took place at application of steady and alternating magnetic fields at $T=85^{\circ}C$

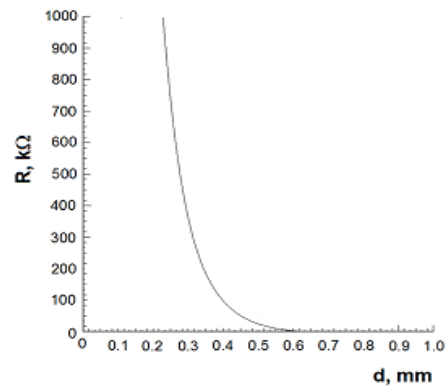


Fig. 9. Resistance dependence of sample thickness. The treatment by steady magnetic field at $85^{\circ}C$

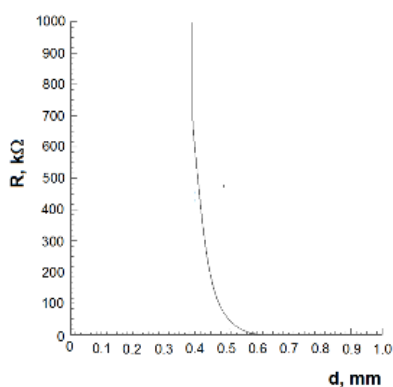


Fig. 10. Resistance dependence of sample thickness. The treatment without magnetic field at $85^{\circ}C$

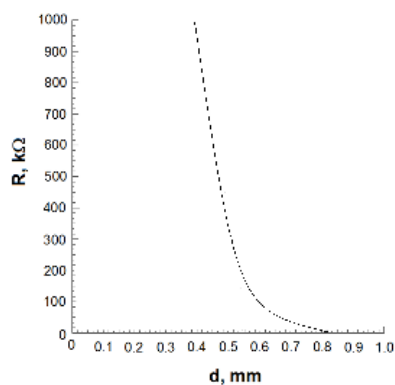


Fig. 11. The resistance dependence of sample thickness. Treatment was made by alternating magnetic fields at $T=85^{\circ}C$

During treatment of sample, shown in Fig. 11. the peeling of upper composite layer was observed what was not observed at other cases.

Let us present curves corresponding to Fig. 12. for the starting values of resistance in increased scale.

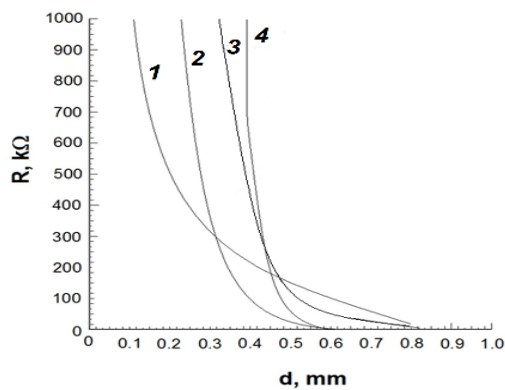


Fig. 12. The resistance dependence of sample thickness (summary).

Curve 1 corresponds to one given in Fig. 8

Curve 2 corresponds to one given in Fig. 9

Curve 3 corresponds to one given in Fig. 10.

Curve 4 corresponds to one given in Fig. 11.

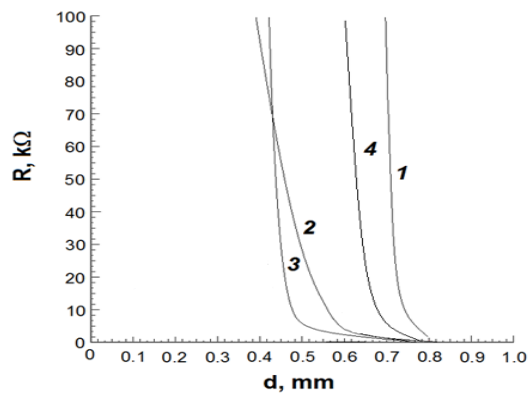


Fig. 13. The resistance dependence of sample thickness (an increased scale)

Note also that in a similar experiment where as a composite filler used Co nanoparticles (22 nm is mean diameter) passivated by oleic acid composite sample proved to be uncondutive due to uncondutive polymer coating of Co nanoparticles and absence of conductivity pure polymer filler.

For to control of nanoparticle diffusion in both polymer composities (with Co/C and CoNPs) we used optical microscope OMAX with up to 2500 enlargement, Fig. 14.

For this aim a small plate was cut from a sample with the width 1 mm and taken pictures of its transverse cutting during any type of influence their combinations.

For different cases pictures are given in Figs. 15-17.



Fig.14. Optical microscope OMAX

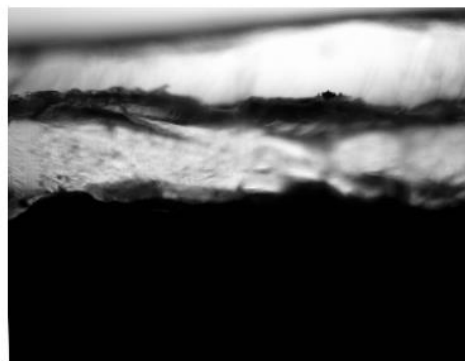


Fig. 15. Treatment of Co/C 50 wt % sample at steady magnetic field and at $T=85^{\circ}\text{C}$ during 2.5 hours

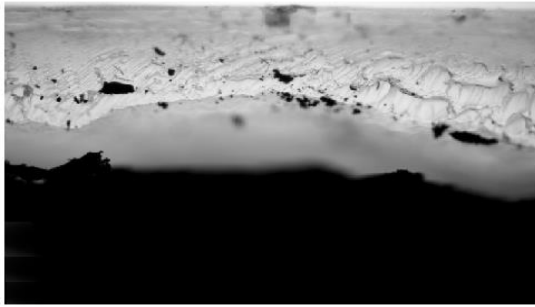


Fig. 16. Treatment of Co/C 50 wt % sample without magnet at T=85°C during 2.5 hours

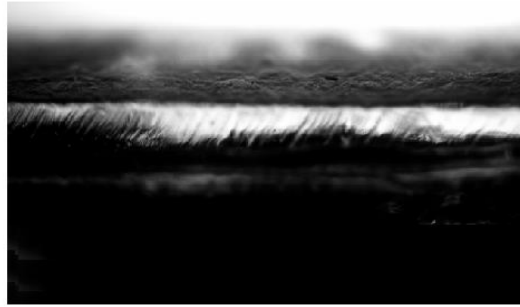


Fig. 17. Treatment of Co/C wt 50 % sample by both type magnetic fields at temperature T=85°C during 2.5 hours

The results obtained by this method are in agreement with resistance measurements ones.

In result of carried out experiments the conclusion was made that the stimulated diffusion of nanoparticles is most fast when temperature and both magnetic field (steady and alternating) acted in combination.

To study further self-assembly processes in this polymer composites at different concentrations of carbon magnetic nanopowder we used a simple method from work [5]. In this case a circle shape polymer composite samples (diameter 28 mm, thickness 1mm) were exposed to a magnetic field which was provided by two attached permanent neodymium magnets, Fig.27, and temperature 85° C during two hours.

Resulting self-assembly of C/Co nanopowders caused changing of their concentration and modulation of local resistance along the radius of sample which was measured by two-contact method as in our previous work [6], Figs. 18-23. Resistance was measured between points separated by 2 mm along radius in all following cases besides Fig. 18 where resistance was measured between sample's center and points on radius with the interval 2 mm.

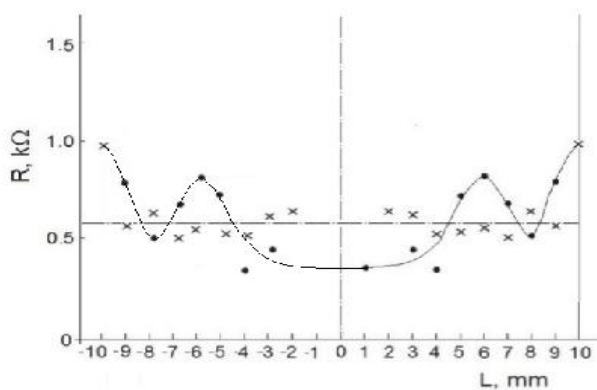


Fig. 18. Polymer composite C/Co, wt. 30 %

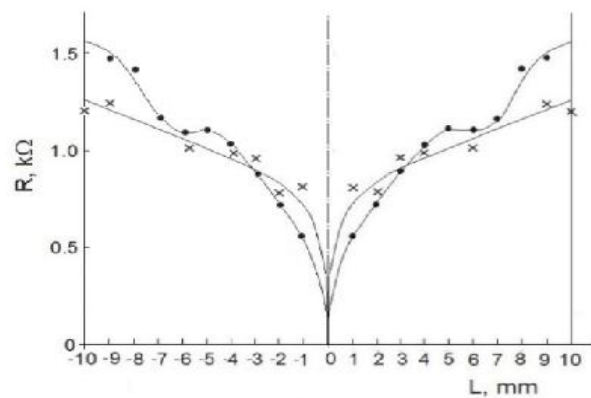


Fig. 19. Polymer composite C/Co, wt. 30 %

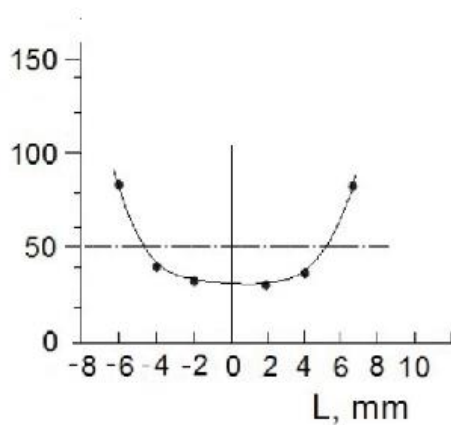


Fig. 20. Polymer composite C/Co, wt. 50 %

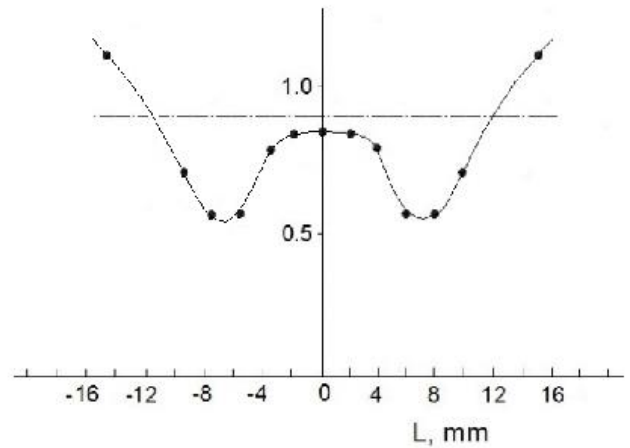


Fig. 21. Polymer composite C/Co, wt. 20 %

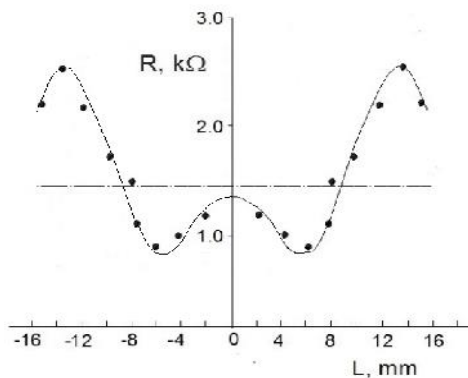


Fig. 22. Polymer composite C/Co, wt. 15 %

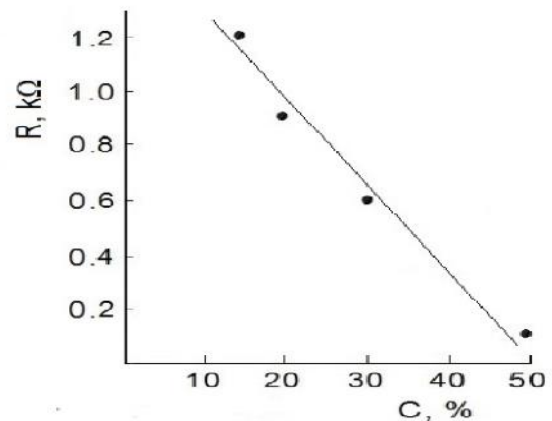


Fig. 23. Dependence of resistance of initial untreated samples on the nanopowder concentration

On the basis of above obtained experimental results one could investigate the self-organization and self-healing processes in magnetic composite polymer films synthesized by elaborated by us technology using of the carbon magnetic nanopowders by original technology described in [4].

In work [7] it was shown that it is possible to repair physically separated pheromplastic polymethacrylates containing superparamagnetic nanoparticles using oscillating magnetic field (OMF) without any chemical intervention while maintaining film mechanical properties and the repair can be repeated several times on the same area.

The first step in this development was to prepare polymer films with uniformly dispersed magnetic nanoparticles. This uniformly dispersed superparamagnetic nanoparticles dispersed in the polymer matrix provides an opportunity for designing self-healing materials with a magnetic signature. It was shown [7] that when OMF is applied, the films restore their mechanical properties. This was attributed to the oscillating magnetic ($\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$) nanoparticles, thus resulting in an amorphous flow in the damaged region and repair. It should be also noted that the films retain their dimensional stability. The first step in this development was to prepare polymer films with uniformly dispersed $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ nanoparticles. This uniformly dispersed superparamagnetic nanoparticles dispersed in the polymer matrix provide an opportunity for designing self-healing materials with a magnetic signature. As OMF excites the magnetic moment in magnetic nanoparticles, energy resulting from the Neel and Brownian relaxation is converted to thermal energy. The used OMF was set at 22 KHz and its power was of the order of 1 kW.

Accordingly work [5] application of stationary magnetic field on polymer composite containing mixture of carbon black and magnetite nanoparticles resulted in diffusion of oxide particles

toward the magnetic field lines and their alignment. The magnetic stimulated iron oxide particles put pressure on the nonmagnetic carbon black particles enhancing particle connection leading to decreased resistivity.

Similar this, the pressure and temperature also contribute to the increased diffusion of magnetic nanoparticles in direction to defect areas. Results of cited works could be used to understand effects observed in this work. As a result of combined stimulated diffusion of C/Co nanoparticles prepared films show good self healing and adhesion properties as well as good electric conductivity due to the passivated conducting carbon coated magnetic Co nanoclusters. Note that these effects are most intensive in the case of combined application of alternating and stationary magnetic fields at temperatures above the temperature of glass transition.

In conclusion, the self-healing and self-organization processes were studied in the magnetic polymer nanocomposites synthesized on basis of carbon nanoparticles doped by cobalt nanoclusters, synthesized by original CVD technology developed by authors. These processes were taking place under combined stimulated diffusion of magnetic nanoparticles by outer alternative and steady magnetic fields, as well as heating and pressure. Polymeric composite samples have good electric and adhesive properties and are perspective for potential practical applications.

Acknowledgements

We are gratefully acknowledge support from SRNSF through grant № FR/41/3-250/14

1. Nanotechnology Research Developments, Editor R.Jimenez-Contrares, Nova Science Publishers, Inc., New York, 2007, p.416.
2. Nanotechnology Research Advances, Editor Vernon R.King, Nova Science Publishers, Inc., New York, 2007, p.187.
3. C.A.Grabowski and A.Mukhopadhyay, "Size effect of nanoparticle diffusion in a polymer melt", *Macromolecules*, Vol. 47, No. 20, pp. 7238-7242 (2014).
4. T.Gegechkori, G. Mamniashvili, E.Kutelia, L.Rukhadze, N.Maisuradze, B.Eristavi, D.Gventsadze, A.Akhalkatsi, T.Gavasheli, D.Daraselia, D.Japaridze, A.Shengelaya, "Technology for production of magnetic carbon nanopowders doped with iron and cobalt nanoclusters", *J. Magn. Magn. Mater.* Vol. 373, pp. 200-206 2015.
5. C.Mette, F.Fischer and K.Dilger, "Carbon black nanoparticle alignment using magnetic particles creating local percolation spots for electrical conductivity in structural adhesives", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, Vol. 229, No. 2, pp. 166-172 2015.
6. J.Aneli, L.Nadareishvili, G.Mamniashvili, A.Akhalkatsi and G.Zaikov, "Gradiently anisotropic conducting and magnetic polymer composites". *Chemistry & Chemical Technology*, Vol.6, No. 3, pp. 285-289, 2012.
7. C.C.Corten and M.W.Urban, "Repairing polymers using oscillating magnetic field", *Advanced Materials*, Vol. 21, No. 48, pp. 5011-5015 (2009).

РЕЗЮМЕ

СИНТЕЗ МАГНИТНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОЧАСТИЦ, ДОПИРОВАННЫХ НАНОКЛАСТЕРАМИ, И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ И САМОСБОРКИ В ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТАХ НА ИХ ОСНОВЕ

Гавашели Т.А., Гегечкори Т.О., Мамниашвили Г.И., Гвенцадзе Д.И., Рухадзе И.Н.

Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили

Институт физики им. Э. Андроникашвили Тбилисского государственного университета им. Ив. Джавахишвили

Изучены процессы самовосстановления и самосборки в магнитных полимерных нанокомпозитах, синтезированных на основе углеродных наночастиц, допированных нанокластерами кобальта, оригинальным методом химического осаждения из паровой фазы, разработанным авторами. Эти процессы протекают при диффузии магнитных наночастиц, стимулированной комбинированным действием внешних переменного и постоянного магнитных полей, нагрева и давления. Полученные полимерные композиты имеют хорошие электрические и адгезионные свойства и являются перспективными для практического применения.

Ключевые слова: магнитные углеродные нанопорошки, полимерные композиты, стимулированная диффузия, самовосстановление, самоорганизация, сопротивление.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭНЕРГИИ ПЕРЕХОДОВ В ВЫСОКОЗАРЯДНЫХ ИОНАХ

Цирекидзе М.А., Бжалава Т.Н., Шенгелия М.А.

Грузинский технический университет

Введение

Спектры один из главных источник информации о структуре и свойствах атома. По спектрам можно судить о многих макроскопических параметрах излучающей плазмы: плотность, температура, скорость движения, наличие магнитных полей и т.д. т.е. производить диагностику плазмы [1].

Развитие спектроскопий дают импульс многие астрофизические исследования, например: проблемы возникшие при отождествлении запрещенных линии в спектрах планетарных туманностей и солнечной короны.

В последние годы появилась возможность наблюдать запрещенные линии высокозарядных ионов в лабораторных условиях в разреженной плазме токамаков [2]. Это позволяет производить измерения энергетических интервалов между уровнями с высокой точностью. Который, в свою очередь, дает возможность проверить и совершенствовать теоретические методы расчета.

Использование лазерной плазмы, мощных термоядерных установки – токамаков открыло интересный и своеобразный мир высокоионизированных атомов, как правило излучающих в далекой ультрафиолетовой или даже рентгеновской области спектра [2].

В Настоящее время для атомной физики характерным является новый этап развития, что связано с возрастающими потребностями в атомных характеристиках многозарядных ионов, работающих в области диагностики высокотемпературной плазмы, а также с использованием космических методов для излучения спектров солнца и звезд. Успех исследований в спектроскопии высокозарядных ионов зависит от совершенства существующей теорий [2]. Полевая форма теории возмущений дает возможность подойти к расчету всех атомных характеристик с единой точки зрения.

Основное содержание и результаты

Цель нашей работы теоретический расчет спектральных характеристик высокозарядных ионов методом теорий возмущений с использованием модельного потенциала. Решением релятивистское уравнение Дирака является одночастичная волновая функция нулевого приближения:

$$\begin{aligned} \frac{df}{dr} &= -(\aleph + |\aleph|) \frac{f}{r} - \alpha z V g - (\alpha z \varepsilon_{n\aleph} + 2/\alpha z) g \\ \frac{dg}{dr} &= (\aleph + |\aleph|) \frac{g}{r} - \alpha z V f + \alpha z \varepsilon_{n\aleph} f \\ \alpha z e \aleph &= \begin{cases} -(e+1) & \text{для } j > 1 \\ e & \text{для } j < 1 \end{cases} \end{aligned}$$

α -постоянная тонкой структуры: $\varepsilon_{n\aleph}$ - одноэлектронная энергия без энергии покоя.

Уравнение имеет два фундаментальных решения, нужное решение отбирается заданном граничных условий и уменьшением шага интегрирования. Этот путь приводит увеличению математических расчетов. Поэтому придется переход при некотором значении аргумента от точных уравнения Дирака к асимптотическим. Переход к асимптотическим уравнения происходит при определенном сочетании знаков двух радиальных компонент функций Дирака их первых и вторых производных.

Наша задача – решения многоэлектронного уравнения Дирака с гамильтонианом

$$H = \sum_{i=1}^n V_{\text{mod}}(ri) + V_{\text{int}}$$

где модельный потенциал нулевого приближения имеет вид [3]:

$$V_{\text{mod}}(r) = -\frac{1}{r} + \int rd' \rho_c(r') / (z/r - r')$$

Суммирование проводится по всем электронам остова, соответствующий членов

$$V_{\text{int}} \cdot V_{\text{int}} = H_{\text{int}} - \sum_{i=1}^n V_c(r_i)$$

ρ_c - электронная плотность в остова; $V_c(r_c)$ - описывает потенциал К, L, М оболочек остова. Теоретический расчет ведется в представлении jj- схемы связывания моментов. В первом порядке теории возмущений по межэлектронному взаимодействию матричные элементы рассчитываются между состояниями - $|n_1 l_1 j_1; n_2 l_2 j_2\rangle$ двухэлектронной системы (J полный момент системы). Результаты улучшается если увеличивается количество наложенных конфигураций рассчитывать матричные элементы с учетом высших поправок теорий возмущений (поляризационное взаимодействие и взаимное экранирование друг друга внешних электронов).

В случае двух электронов поляризационный потенциал имеет вид [4].

$$V_{\text{poe}}(r_1 r_2) = V(r_1 r_2 / d) + V(r_1 r_2 / ex);$$

В работе рассчитаны теоретические спектры Zn-подобных ионов для $Z = 44 \div 50$ а также энергий переходов

Табл. 1. Результаты расчета

конф	терм	I	44	45	46	47	48	49	50
4s ²	¹ S	0	0	0	0	0	0	0	0
4s4p	³ p	0	2307	2447	2588	2732	2875	3019	3166
		1	2406	2557	2710	2866	3023	3181	3340
		2	2725	2931	3144	3368	3500	3840	4090
	¹ p	1	3371	3604	3845	4090	4344	4608	4881
4p ²	³ p	0	5292	5615	5939	6263	6590	6918	7248
		1	5672	5948	6332	6724	7136	7538	7961
		2	5617	5996	6382	6778	7184	7599	8024
	¹ D	2	6000	6441	6896	7367	7855	8362	8887
	¹ S	0	6484	6942	7414	7901	8406	8922	9472
4s4d	³ D	1	7241	7725	8215	8713	9218	9732	8256?
		2	7268	7756	8252	8755	9266	9787	10318
		3	7313	7810	8315	8828	9351	9888	10430
	¹ D	2	7790	8301	8340	9370	9920	10485	11040

В табл. 1. приведены результаты теоретического расчета спектров Zn-подобных ионов для $Z = 44 - 50$ с учетом поляризационного взаимодействия (в 100 см⁻¹).

В табл.2 приведены теоретические значения энергии переходов в Кг VII рассчитанные в различных приближениях и сравнение с экспериментальными данными. Демонстрируется эффекты поляризационного взаимодействия, наложения конфигураций и экранировочного потенциала (все данные в единицах 100 см⁻¹)

Таб. 2. Значения энергии переходов в Кг VII

переход	a	b	c	d	e	f
sp ³ P ₁ -sd ³ D ₂	2304	2303	2319	2308	2295	2302
sp ³ P ₂ -sd ³ D ₃	2247	2246	2292	2250	2243	2237
sp ³ P ₂ -sd ³ D ₂	2241	-	2285	2243	2230	2236
s ² ¹ S ₀ -sp ¹ P ₁	1708	-	1771	1715	1702	1707
Sp ³ P ₀ -sd ³ D ₁	2326	-	2372	2331	2318	2325

a – данные из [5] b-данные из [6]; c,d,e – расчеты с учетом экранировочного члена в модельном потенциале; f - без учета экранировочного члена в модельном потенциале.

Заклучение

В работе показано, что учёт высших порядков теорий возмущений приводит к значительному повышению точности расчёта и практически не усложняет вычислительный процесс, а также точность достигнутая в данной работе позволяет оценить качество и найти ошибки в экспериментах по определённым уровням атомных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурчумелия А. Д., Сафрохова У. И. Современные методы квантовой механики многих тел и теория атома. – Тбилиси, Из-во Тбилисского университета, 1983.
2. Никитин А.А., Рудзикас З.Б. Основы теории спектров атомов и ионов. – Москва, Наука, 1983, 318 с.
3. Ivanova E.P., Ivanov L.N., Gurchumelya A.D., Tsirekidze M.A. Correlation effects in heavy multi-electron ions represented by 4-4 transitions in the Zn-like isoelectronic sequence. //J. Phys. B: Atomic Molec. Phys., 1985, vol.18, pp. 1467-1482.
4. Ivanova E.P., Ivanov L.N., Kramida A.E., Glushkov A.V. High Order Corrections in the Relativistic Perturbation Theory with the Model Zeroth Approximation. Mg-Like and Ne-Like Ions. //Physica Scripta, 1985, vol. 32, pp.513-522.
5. Drueta M. E., Buchet J.P. Beam-foil study of Krypton between 400 and 800. //J. Opt. Soc. Amex, 1976, vol. 66, pp. 433-436.
6. Livingston A. E. et al. New identifications in the spectra of KrIV-KrVII. //J. Phys. B, 1976, vol. 3, pp. 213-219.

SUMMARY

THEORETICAL CALCULATION OF THE TRANSITION ENERGY IN HIGH-CHARGE IONS

Georgian Technical University

Tsirekidze M.A., Bjalava T.N. and Shengelia M.A.

The paper presents the results of theoretical calculation of the spectral characteristic of high-charge ions. It is shown that the consideration of the higher orders of perturbation theory leads to the improvement of the calculation accuracy without complicating the process of calculation. The achieved accuracy of calculation allows to assess the quality and to find errors in the experiments on the certain levels of atomic systems.

Keywords: Dirac equation, perturbation theory, model potential, high-charge ions, polarization effect, overlap of configurations.

**სფერული ზედაპირების რადიუსის გაზომვის ზობიერთი მექანიკური მეთოდის
გამოყენება ოპტიკური ნაკეთობების წარმოების კონტროლისათვის**

ზარდიაშვილი დ.გ., დოლიძე ს.გ., შალამბერიძე დ.მ., კორძაია ი.ი., ავალიანი ი.მ.

სსიპ ინსტიტუტი „ოპტიკა“

ოპტიკური წარმოების ძირითადი ობიექტი არის სფერული ფორმის ზედაპირების მქონე ლინზები. მათი დამუშავების პროცესის ყველა სტადიაზე უმნიშვნელოვანესი პროცედურაა გეომეტრიული ზომების (ლინზის სისქე, ზედაპირების რადიუსი, ზედაპირების ფორმის სფერულობიდან გადახრა) კონტროლი. არსებობს აღნიშნული გაზომვების ბევრი სხვადასხვა მექანიკური თუ ოპტიკური მეთოდი. ზედაპირის რადიუსების დადგენის მექანიკურ მეთოდებს აქვს ნაკლები სიზუსტე, ძირითადად დაყრდნობილია ირიბ გაზომვებზე, მაგრამ წარმოების კონტროლის სხვადასხვა სტადიაზე, სადაც გაზომვის ხანგრძლივობის შემცირებას უფრო მეტი მნიშვნელობა აქვს, ამ მეთოდების გამოყენება მისაღებელი და აუცილებელიცაა. განვიხილოთ ჩვენს მიერ გამოყენებული ზოგიერთი მათგანი.

ლინზის დიამეტრის და სისქის გაზომვის ყველაზე მარტივი მეთოდია პირდაპირი გაზომვა შტანგენფარგლით ან მიკრომეტრით. მექანიკური შტანგენფარგლით გაზომვის სიზუსტე (დამოკიდებულია ადამიანურ ფაქტორზე და ხელსაწყოს ტექნიკურ მდგომარეობაზე) შეადგენს 0,1-დან 0,05 მმ, ელექტრონულის - 0,01 მმ, მიკრომეტრის - 0,005-დან 0,003 მმ-დე (ელექტრონული).

უარყოფითი ზედაპირების მქონე (ჩაზნექილი ლინზა) ლინზის სისქის გაზომვისას გამოიყენება ტარირებული (ცნობილი დიამეტრის მქონე) ლითონის ბურთულები, რომლის დიამეტრიც აკლდება მიღებულ შედეგს (ბურთულის დიამეტრი უნდა იყოს ჩადრმავებაზე მეტი).

ყველაზე სწრაფი და მარტივი მეთოდი სფერული ზედაპირების რადიუსების დადგენისათვის არის გაზომვა სპეციალური რადიუსული თარგების საშუალებით (ნახ. 1), რომელიც გამოიყენება სერიული წარმოებისას.

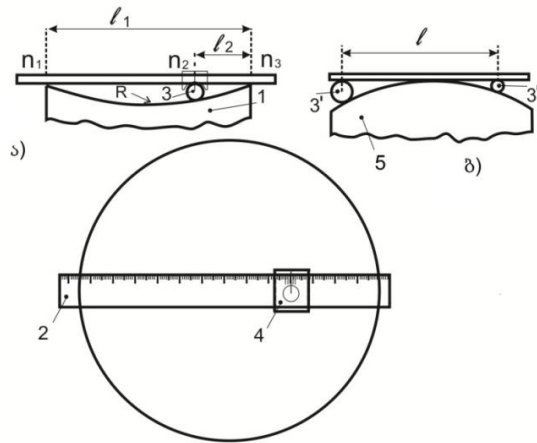


ნახ.1. რადიუსული თარგების ნაკრები

თარგები არსებობს როგორც ამოზნექილი (ა), ასევე ჩაზნექილი (ბ) ზედაპირისათვის. ყოველ თარგს აქვს თავისი ნომერი და დატანებული აქვს რადიუსის ზომა. რადიუსული თარგით გაზომვის დროს თარგსა და მიმდებარე გასაზომ ზედაპირს შორის არ უნდა იყოს ღრეჩო. გაზომვის სიზუსტე დამოკიდებულია არსებული თარგების ზომების სხვაობაზე და მათი დამზადების ხარისხზე.

ნაკლებად ცნობილი მეთოდებიდან ყურადღებას შევაჩერებთ ორ ორიგინალურ მეთოდზე: დიდი რადიუსების მქონე დიდი დიამეტრის ზედაპირების გაზომვის მოწყობილობა და ჩაზნექილი ზედაპირის რადიუსის გაზომვა მგორავი ბურთულით.

პირველი მეთოდის [1] არსი მოყვანილია ნახ.2-ზე.



ნახ.2. დიდი რადიუსების მქონე ზედაპირების გაზომვის მოწყობილობა

ა) ჩაზნექილი ზედაპირისათვის (1) გამოიყენება ერთი ტარირებული ბურთულა (3), რომლის დიამეტრია d და რომელსაც აქვს გასაზომ ზედაპირზე გორვის საშუალება მის ცენტრთან დაკავშირებული ცალუდის (4) საშუალებით. ცალულს აქვს ნიშნული და ნონუსიანი სკალა ანათვლების ასაღებად, ის სრიალებს მილიმეტრიანი დანაყოფების მქონე ხისტ გამჭვირვალე სახაზავზე (2). იძებნება წერტილი n_2 სადაც ბურთულა იჭებება სახაზავსა და გასაზომ ზედაპირს შორის და იღება ანათვლები l_1 და l_2 (n_1 და n_3 სახაზავის შეხების წერტილებია ღიზის ზედაპირთან). გასაზომი ზედაპირის რადიუსი გამოითვლება ფორმულით (1)

$$R = \frac{l_2(l_1 - l_2)}{2d} + \frac{dl_1^2}{8l_2(l_1 - l_2)} \quad (1)$$

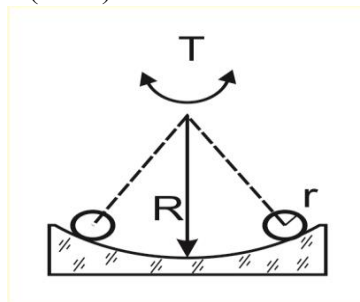
ბ) ამოზნექილი ზედაპირისათვის 5 გამოიყენება ორი ტარირებული ბურთულა 3' და 3". გაზომვის ტექნიკა ანალოგიურია. ამ შემთხვევაში იზომება მხოლოდ ბურთულების შეხების წერტილებს შორის მანძილი l . გასაზომი ზედაპირის რადიუსი გამოითვლება ფორმულით

$$R = \frac{l^2}{2(d_1 + d_2 + 2\sqrt{d_1 d_2})} \quad (2)$$

სხვადასხვა რადიუსების გაზომვებისათვის გამოიყენება სხვადასხვა ზომის ბურთულები რომლების რადიუსები ერთმანეთთან შეეფარდება, როგორც - $1 \div \sqrt{2} \div 2 \div 2\sqrt{2} \dots$

მეთოდის სიზუსტე დამოკიდებულია ანათვლების აღების და ბურთულების გაზომვის სიზუსტეზე და მაღალი რადიუსების (2000 მმ და მეტი) გაზომვებისას შესაძლებელია აღწევდეს 0,03%-ს.

მგორავი ბურთულით ზედაპირის რადიუსების დადგენისას [2] იზომება ამ ბურთულის რხევის პერიოდი (ნახ.3).



ნახ.3. მგორავი ბურთულით ჩაზნექილი ზედაპირის რადიუსის გაზომვა

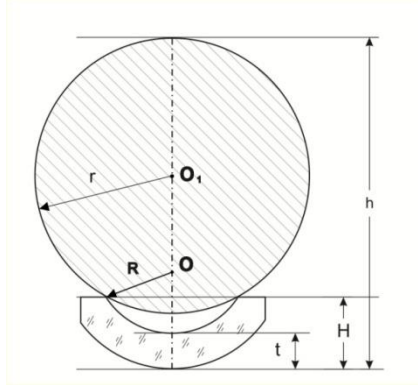
უცნობი ზედაპირის რადიუსი შეადგენს

$$R = \frac{5}{7} g \frac{T^2}{4\pi^2} + r \quad (3)$$

სადაც: g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება; T - ბურთულის რხევის პერიოდი; r - ბურთულის რადიუსი

მეთოდის სიზუსტე დამოკიდებულია ბურთულის რადიუსისა და რხევის პერიოდის გაზომვის სიზუსტისაგან და ხახუნის არსებობისაგან (რაც იწვევს სიზუსტის შემცირებას).

შემდეგი მეთოდი ხშირად გამოიყენება მცირე რადიუსისა და მცირე დიამეტრის ჩახნეკილი ზედაპირის მქონე ლინზების გაზომვისას (ნახ.4).



ნახ.4. ჩახნეკილი ზედაპირის მქონე ლინზების გაზომვა

ლინზის (A) ჩახნეკილი ზედაპირის რადიუსის (R) დასადგენად გამოიყენება მაღალი სიზუსტით დამუშავებული ბურთულა, რომლის რადიუსიც (r) აღემატება ლინზის ზედაპირის რადიუსს. მიკრომეტრის მეშვეობით იზომება ლინზის სისქე (H), ლინზის ცენტრალური სისქე (t), ლინზისა და ბურთულის საერთო სისქე (h).

საპოვნი რადიუსისათვის ვიღებთ ფორმულას:

$$R = \frac{2Hh + 2rh + t^2 - h^2 - 2rH - 2Ht}{2(H - t)}$$

პატარა რადიუსებისათვის (10-20 მმ), ხახოვანი ზომების 0,005 მმ სიზუსტიანი მიკრომეტრით გაზომვისას დასადგენი რადიუსის ცდომილება არ აღემატება 0,2-0,3 %-ს.

ლიტერატურა

1. Патент СССР 34190.
2. Щемелев А.А., Потылицына А.И. К вопросу об измерении радиуса кривизны внутренней поверхности механическим способом. Сибирский федеральный университет. 2013
(conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/thesis/s060/s060-020.pdf)

SUMMARY

APPLICATION OF SOME MECHANICAL METHODS FOR MEASUREMENT OF THE RADII OF SPHERICAL SURFACES TO CONTROL THE PRODUCTION OF OPTICAL COMPONENTS

Zardiashvili D. G., Dolidze S.V., Shalamberidze D.M., Kordzakhia I.I. and Avaliani I. M.

LEPL Institute "Optica"

The paper deals with designing and production of polymer optical components for optical instrumentation at LEPL |Institute "Optica". The paper describes some mechanical methods for measuring the geometric parameters of the surfaces of spherical lenses. These methods are used in the Institute "Optica" to measure the radiuses of curvature of surfaces and the thickness in the production of optical parts, and the analysis of unfamiliar lenses.

Keywords: optics, lenses, polymer materials, polishing

ჰელიოდანადგარის სარკის ვერტიკალური გადაადგილების მექანიზმის ელექტროამძრავის დინამიკური რეჟიმების გამოკვლევა

ტურძელაძე დ.ა., სირაძე ჯ.ს., ლუაშივილი გ.ს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

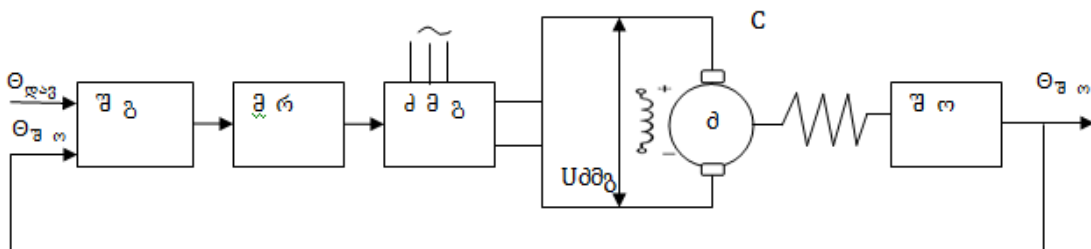
ჰელიოდანადგარების ელექტროამძრავების ამოცანას დანადგარის მზისადმი ზუსტი პოზიციონირების უზრუნველყოფა წარმოადგენს. შესაბამისად მას გააჩნია ურთიერთდამოუკიდებელი მართვის სისტემით აღჭურვილი სამი (სარკის პორიზონტალური, ვერტიკალური გადაადგილების, და ობიექტივის გახსნა-დაკეტვის მექანიზმის მიმყოლი) მიმყოლი ელექტრული ამძრავი [1].

ნაშრომში განხილულია „პარაბოლური თევზის“ ვერტიკალური გადაადგილების მექანიზმის ელექტროამძრავის ძალურ ნაწილსა და მართვის სისტემაში გარეშე აღმაშფოთებელი ფაქტორის შედეგად გამოწვეული ელექტროდინამიკური პროცესები და მათი ოპტიმიზაცია.

ცნობილია, რომ ჰელიოდანადგარების ელექტროამძრავის ელექტრომექანიკურ ნაწილში მიმდინარე ელექტროდინამიკური პროცესები ძირითადად გამოწვეულია დიდი დიამეტრისა და (50-60მ) მასის მქონე „პარაბოლურ თევზზე“ ქარის ზემოქმედებით წარმოქმნილი დატვირთვის მომენტით [2], რომელიც ართულებს თევზის მზესთან დამიზნების სიზუსტის უზრუნველყოფას და მზის ენერჯის ეფექტურ მიღება-გარდაქმნას. უფრო მეტიც, ხშირ შემთხვევაში ელექტრომექანიკურ სისტემაში წარმოიქმნება ჩაუქრობადი ელექტრომექანიკური დინამიკური პროცესები, რომლებიც იწვევენ მექანიკური ნაწილის დროზე ადრე მწყობრიდან გამოსვლას, აუარესებენ ენერგეტიკულ მაჩვენებლებს და ართულებენ მექანიზმის მართვას [3].

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს მიწისზედა ჰელიოდანადგარების პოზიციურ ელექტროამძრავების ელექტრომექანიკურ ნაწილში მიმდინარე პროცესების შესწავლა და მართვის სისტემის ოპტიმიზაცია პოზიციონირების სიზუსტის გაზრდის, დინამიკური მახასიათებლების გაუმჯობესებისა და ენერგეტიკული მაჩვენებლების ამაღლების უზრუნველყოფისათვის.

ელექტროამძრავების სიჩქარის ავტომატური რეგეების პარამეტრების განსაზღვრისათვის გამოყენებულია ელექტრომექანიკაში აპრობირებული „ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდი“ [4]. შესაბამისად, განხილულია მიმყოლი ელექტროამძრავის მუშაობა კოორდინატთა ვერტიკალური დერძის გასწვრივ, რომლის ფუნქციონალური სქემა მოცემულია ნახაზზე.



მიმყოლი ელექტროამძრავის ვერტიკალური გადაადგილების მექანიზმის ფუნქციონალური სქემა

შკ – შემთანხმებელი გადამწოლი; მრ – გარდამსახის ძაბვის მართვადი პროპორციული რეგულატორი; მ – ძრავა; C – სისტემის სიხისტე; $M_{წინ}$ – დანადგარის შემსრულებელი ლიფვის წინააღმდეგობის არაწრფივი მომენტი; შო – შემსრულებელი ორგანო.

სქემის საფუძველზე შედგენილია მიმყოლი ელექტროამძრავის დინამიკური პროცესების განტოლებათა სისტემა:

$$\left. \begin{aligned}
 \theta_{ღვ} - \theta_{შო} &= U_{\delta}; \\
 I_{\delta} &= k_{\delta} k_{ა.რ} k_{დ.მ.გ.} \cdot U_{\delta}; \\
 I_{\delta} - I_{d} &= I_{ღ} R_{ღ} \varepsilon + L_{ღ} \frac{di}{dt}; \\
 M_{\delta} &= y_{\delta} \frac{d\omega}{dt} d; \\
 M_{\delta} &= C_{12}(e_1 - e_2) + \beta(\omega_d - \omega_{შო}); \\
 M_{\delta} - M_{ღ} &= y_{შო} \frac{d\omega}{dt} შო; \\
 \frac{d\theta}{dt} შო &= \omega_{შო}; \\
 M_{\varphi} &= f(\omega_{შო})
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

გამოკვლეულია დანადგარის სიჩქარის ამპლიტუდური მნიშვნელობის დამოკიდებულება მიმყოლი ელექტროამძრავების ძირითადი ავტომატური რხევების რეჟიმი თეფშის პარამეტრებზე. კვლევის პარამეტრად მივიღეთ ძრავას ლილვის ბრუნვის კუთხური სიჩქარის ავტომატური რხევების ამპლიტუდური მნიშვნელობა $y = \omega_{აკვ}$, შესაბამისად, სისტემის ელექტრომექანიკური ნაწილის პარამეტრების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი შეფასების საფუძველზე მიმყოლი ელექტროამძრავების დაბალი სიჩქარის ძირითად პარამეტრებად მიღებულია სისტემის ვარგისიანობა - D_1 , რეზონანსული სიხშირე - $f_{რეზ}$ და დავალების სიგნალი - W_0 , სადაც მისი მნიშვნელობა დღის გამავლობაში იცვლება მზის კუთხური გადაადგილების მიხედვით, ხოლო ექსპერიმენტული კვლევის გეგმისათვის სამივე ფაქტორი ჩავთვალეთ უგანზომილებო კოდირებულ მნიშვნელობებად:

$$X_1 = D_1; \quad X_2 = f_{რეზ}; \quad X_3 = \omega_0;$$

სიჩქარის ავტომატური რხევების ამპლიტუდური ფუნქციონალური დამოკიდებულების მისაღებად მიმყოლი ელექტროამძრავების ცვლად პარამეტრებზე $\omega_0 = F(x_1, x_2, x_3)$ ვისარგებლეთ სრული ფაქტორული ექსპერიმენტით 2^3 . ფაქტორების დიაპაზონად მიღებულია მათი ზღვრული მნიშვნელობები (ცხრ. 1).

ცხრილი 1.

X_i	X_{min} $X_i = -1$	$X_{საშ}$ $X_i = 0$	$X_{მაქს}$ $X_i = +1$
$X_1 (D_1, \nabla\theta^{-1})$	0,41	0,82	1,23
$X_2 (f_{რეზ}, \text{ჰც})$	1	1,8	2,6
$X_3 (W_0, \text{რ/წმ})$	3,2	9,6	16

ექსპერიმენტის შედეგები მოყვანილია ცხრილში 2.

ცხრილი 2.

$\omega_{0,}$ რ/წმ	f = 1 ჰც			$\omega_{აგ}$ რ/წმ			f = 2,6 ჰც		
	$\varphi_{მ-1}$	$\varphi_{მ-1}$	$\varphi_{მ-1}$	$\varphi_{მ-1}$	$\varphi_{მ-1}$	$\varphi_{მ-1}$	$\varphi_{მ-1}$	$\varphi_{მ-1}$	$\varphi_{მ-1}$
	D ₁ =0,41	D ₁ =0,82	D ₁ =1,23	D ₁ =0,41	D ₁ =0,82	D ₁ =1,23	D ₁ =0,41	D ₁ =0,82	D ₁ =1,23
3,2	3,45	4	4,1	2,26	2,26	2,37	2,42	2,64	2,75
6,4	7,68	8,68	10,17	5,88	6,3	6,64	6,29	6,43	6,64
9,6	11,04	12,32	13,08	9,22	9,68	10,21	9,3	10,05	10,43
12,8	13,82	14,78	16,05	12,38	12,86	14,16	12,62	13,18	13,74
16	14,97	18,29	19,49	16,81	17,09	17,74	16,26	17,46	17,74

ცხრ. 2-ის მონაცემების მიხედვით შედგენილია ექსპერიმენტის გეგმა (ცხრ. 3).
ამავე ცხრილში მოცემულია ექსპერიმენტის შედეგები y.

პოლინომინალურ დამოკიდებულებას, რომელიც მიღებულია ჩატარებული მეთოდების ანალიზის საფუძველზე აქვს შემდეგი სახე:

$$\omega_{აგ}=12,21+1,03X_1-0,62X_2-6,31X_3-0,48X_1X_2+0,58X_1X_3+0,48X_2X_3-0,33X_1X_2X_3 \quad (2)$$

მიღებული გამოსახულების სისწორის შესამოწმებლად ჩატარდა დამატებითი ცდა გეგმის ცენტრში (ცხრ. 3, რიგი 9). ცდის შედეგები შედარებულია (2) გამოსახულებით მიღებულ მნიშვნელობებთან. ამავე ცხრილში მოცემულია y^{\wedge} ფუნქციის მნიშვნელობები, რომელიც გამოთვლილია ყველა წერტილისათვის.

ცხრილი 3.

u	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	y	y [^]
1	+	-	-	-	+	+	+	-	3,45	3,45
2	+	+	-	-	-	-	+	+	4,1	4,1
3	+	-	+	-	-	+	-	+	2,42	2,42
4	+	+	+	-	+	-	-	-	2,75	2,75
5	+	-	-	+	+	-	-	+	14,97	14,97
6	+	+	-	+	-	+	-	-	19,49	19,49
7	+	-	+	+	-	-	+	-	16,26	16,26
8	+	+	+	+	+	+	+	+	17,74	17,74
9	+	0	0	+	0	0	0	0	9,68	10,15

მიღებული შედეგებით დასტურდება, რომ შემსრულებელი ლილვის სინქარის ამპლიტუდა დამოკიდებულია მოძრაობის დავალების ტემპის მნიშვნელობაზე, მიმყოლი ელექტროამძრავების ვარგისიანობასა და სისტემის რეზონანსულ სიხშირეზე.

ამრიგად, შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ

1. ჰელიოდანადგარის „პარაბოლური თევზის“ ვერტიკალური გადაადგილების მექანიზმის ელექტროამძრავის ელექტრომექანიკურ სისტემაში მიმდინარე რხევებს განაპირობებს წინააღმდეგობის მომენტი, რომელთა სიხშირე ახლოსაა დანადგარის რეზონანსულ სიხშირესთან;

2. შემსრულებელი ლილვის სინქარის ამპლიტუდა დამოკიდებულია მოძრაობის დავალების ტემპის მნიშვნელობაზე, მიმყოლი ელექტროამძრავების ვარგისიანობასა და სისტემის რეზონანსულ სიხშირეზე;

3. ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდის საშუალებით მიღებული მათემატიკური გამოსახულება, საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ სინქარის ავტომატური რხევების ამპლიტუდური მნიშვნელობა და დანადგარის ელექტროამძრავის პოზიციონირების სიზუსტის ცდომილება სინქარის დავალების, სისტემის ვარგისიანობასა და რეზონანსულ სიხშირის საშუალებით.

ლიტერატურა

1. Костюковский Д.Т. Взаимосвязанный автоматизированный электропривод группы гелиоустановок: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. -Минск : БПИ, 1987, 20 с.
2. Дубилович В.М. О влиянии перекрестного эффекта на динамические свойства автоматической системы управления гелиостатом. //Гелиотехника, 1986, № 4, сс.44-47.
3. Капунцов Ю.Д., Максимляк Л.В., Турдзеладзе Д.А. Двухканальный автоматизированный электропривод как средство повышения технической эффективности солнечных печей. Тр./МЭИ, -М., МЭИ, 1987, вып. 600, сс.32-37.
4. Ивоботенко Б.А., Ильинский Н.Ф., Копилов И. П. Планирование эксперимента в электромеханике. -М. ,Энергия, 1975, 185 с.
5. Ильинский Н. Ф. Элементы теории эксперимента. -М., МЭИ, 1980, 92с.

SUMMARY

STUDY OF DYNAMIC MODES OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE VERTICAL DISPLACEMENT MECHANISM OF THE MIRROR OF A SOLAR POWER PLANT

Turdzelidze D.A., Siradze J.S. and Luashvili G.S.

Georgian Technical University

The dynamic processes proceeding in the electric drive of the vertical displacement mechanism of the mirror of a solar power plant were studied. The results of experimental studies showed that the amplitude of the actuating shift speed depended on the rate of motion and the resonant frequency of the system. There were derived mathematical expressions for the amplitudes of automatic speed fluctuations, which allows determining the amplitude values of fluctuations and positioning accuracy of the electric drive.

Keywords: solar power plant, mirror, vertical displacement, electric drive.

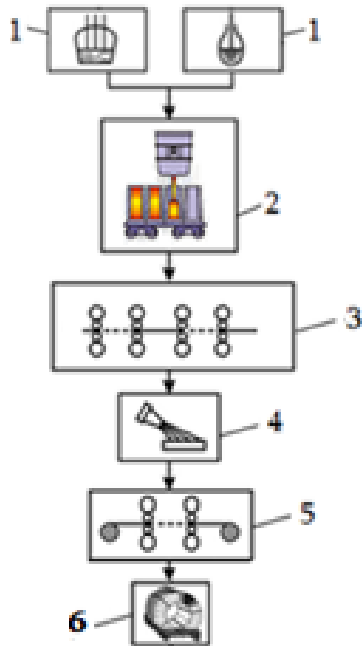
უწყვეტად ჩამოსხმული ფოლადის ფურცლიდან
მიღების წარმოების ინოვაციური კომპლექსის შექმნა

ჯალიაშვილი თ.ი., მიქაბე ო.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დღევანდელი მსოფლიო პრაქტიკით, ფოლადის ნაკერიანი მიღების წარმოება ორ ეტაპად ხორციელდება:

პირველი ეტაპი. ფოლადის გამოდნობა, უწყვეტი ჩამოსხმის დანადგარზე ან საგლინავ საამქროში გლინვით სლიაბის მიღება და ფურცელსაგლინავ საამქროში ფურცლის წარმოება[1].



ნახ. 1. ფოლადის ფურცლის წარმოების ტრადიციული ტექნოლოგიური სქემა

- 1 - ფოლადის დნობა და ღუმელსაგარეთ დამუშავება;
- 2 - ფოლადის ბოყეებში ჩამოსხმა;
- 3 - სხმულიდან სლიაბის ცხლად გლინვა;
- 4 - სლიაბის ცეცხლით გაწმენდა;
- 5 - რულონი.

მეორე ეტაპი. მიღების მწარმოებელ ქარხნებში ფურცლისაგან შედუღების ტექნოლოგიით მრგვალი და პროფილური მიღების წარმოება.



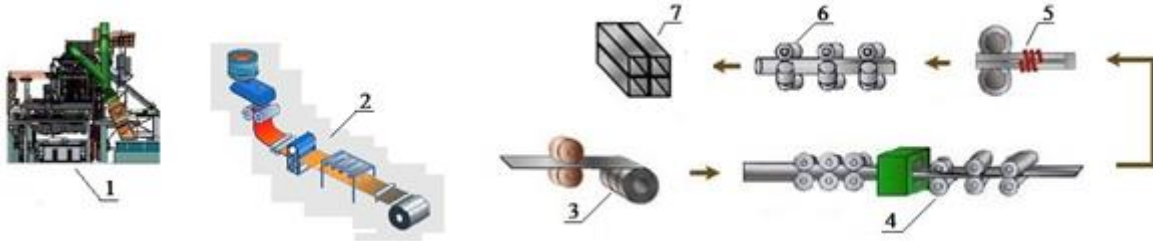
ნახ. 2. ნაკერიანი მიღების წარმოების ტექნოლოგიური სქემა

- 1 - რულონის გრძივად დაჭრა;
- 2 - მილის პროფილის მიღება;
- 3 - მაღალი სიხშირის დენით შედუღება;
- 4 - მიღების დაკალიბრება;
- 5 - მიღების ზომებად დაჭრა და შეფუთვა.

ორივე ეტაპი წარმოადგენს დამოუკიდებელ ტექნოლოგიურ საწარმოო პროცესს. ფოლადის ფურცლის მწარმოებელი ქარხნები სრული ციკლით მომუშავე კომბინატებია, რომლებიც განლაგებული არიან რკინის მადნის საბადოებთან, ხოლო მიღების მწარმოებლები მიღების მომხმარებელ რეგიონებში (ნავთობის და ბუნებრივი აირის მოპოვების რეგიონებთან და მსხვილ სამრეწველო ცენტრებთან), რაც მათი რეალიზაციის პროცესში ლოგისტიკურ სირთულეს წარმოადგენს. ფურცლის

მწარმოებლები უმეტეს შემთხვევებში მიღებს თვითონ არაწარმოებენ, რადგანაც მაღალი წარმადობიდან გამომდინარე მათთვის ფურცლის რეალიზაცია უფრო მოსახერხებელია [2].

ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა ტექნოლოგიური სქემა (ნახ.3), რომელიც ითვალისწინებს ზემოთაღნიშნული ორი ეტაპის ერთი მეტალურგიული კომპლექსის ფარგლებში ფოლადის გამოდნობის, ფურცლის ჩამოსხმისა და მიღების წარმოების ტექნოლოგიური პროცესების ერთ საწარმოო სივრცეში გაერთიანებას, რის ანალოგიც მსოფლიო მეტალურგიულ პრაქტიკაში არ არსებობს.

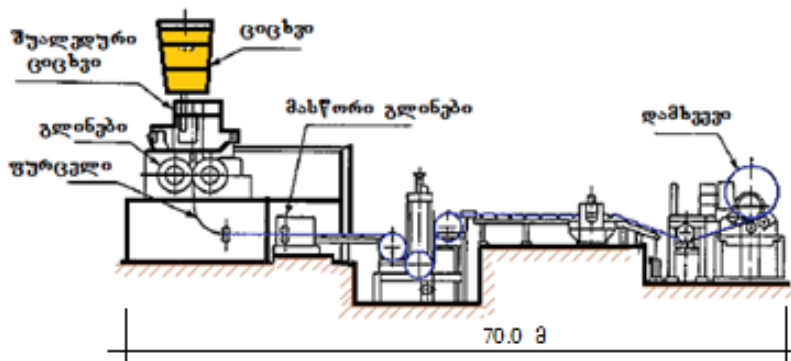


ნახ. 3. თხევადი ფოლადიდან ფურცლის ჩამოსხმისა და მიღების წარმოების ტექნოლოგიის სქემა

ფოლადის ელექტრორკალურ ღუმელში დნობისა და ღუმელსგარეთ დამუშავების შემდეგ ციცხვი გადაეცემა უწყვეტი ჩამოსხმის ორგანიზაციის სადაც მიიღება 1,0-დან 6,0 მმ-მდე სისქის ფოლადის ფურცელი დახვეული რულონებში. შემდგომ რულონები თვითმავალი ურიკის საშუალებით გადაეცემა მიღების წარმოების უბანს, კერძოდ ფურცელის გრძივად დაჭრის განყოფილებას. ხეივებში გრძივად დაჭრილი ფურცელი მიემართება მილის დიამეტრის მაპროფილებელი დგანისაკენ, რის შემდეგაც მაღალი სისქირის დენით შედუღებისა და მაკალიბრებელ დგანში საჭირო დიამეტრის მიღების შემდეგ ზომებად იჭრება და იკვრება.

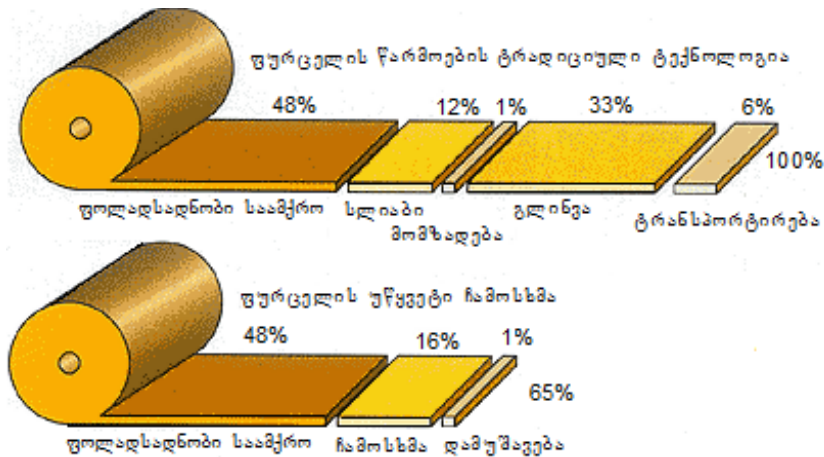
მოცემული ტექნოლოგიური სქემა კარდინალურად ცვლის მიღების წარმოების პროცესს:

1. ფოლადის ფურცლიდან მიღების წარმოებამდე მთელი ტექნოლოგიური ციკლი ერთ სივრცეშია განთავსებული. ერთი განყოფილებიდან მეორეს ლითონი გადაეცემა თვითმავალი ავტომატური მექანიზმებით, რომლებიც გამორიცხავენ შრომისა და დროის უქმე დანაკარგებს.
2. ფურცელის წარმოების ტრადიციული ტექნოლოგიის პირობებში ფურცელსაგლინავი საამქროს სიგრძე 800 – 1000 მეტრია, მაშინ როდესაც ფურცლის უწყვეტი ჩამოსხმის შემთხვევაში ფოლადის გამოდნობა და ფურცლის მიღების პროცესი 70,0 მ სიგრძის შენობაში ეტევა (ნახ. 4).



ნახ. 4. ფოლადის ფურცლის უწყვეტი ჩამოსხმის ინოვაციური აგრეგატი

3. ეს ტექნოლოგიური სქემა და დანადგარების კომპაქტურობა საშუალებას იძლევა მისი განთავსებისა მიტოვებული ქარხნების ინფრასტრუქტურის ადგილზე;
4. ფოლადის ფურცლის წარმოების ტრადიციულ ტექნოლოგიურ სქემასთან შედარებით ჩვენ მიერ შემუშავებული სქემის პირობებში მცირდება ოპერაციების რაოდენობა (ნახ. 5).



ნახ. 5. ფურცლის წარმოების ტრადიციული ტექნოლოგია და უწყვეტი ჩამოსხმა

გარდა იმისა, რომ უწყვეტად ჩამოსხმული ფურცლის ხარისხი ყველა მანქანებით აკმაყოფილებს არსებული სტანდარტების მოთხოვნებს, სპეციალურად უწყვეტად ჩამოსხმული ფურცლისათვის შემუშავებული იქნა სტანდარტი STMA1039/1039M, რომლის მოთხოვნების თანახმადაც მიეწოდება ფოლადის ფურცელი მომხმარებლებს [3]. ამ ტექნოლოგიური სქემაში რეალიზებულია გამჭოლი ტექნოლოგიების და თანამედროვე აგრეგატების ის შესაძლებლობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მაღალ ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, ტრადიციული ტექნოლოგიით მიღებულ პროდუქციასთან შედარებით, კერძოდ:

- ფოლადის გამოდნობიდან მზა მიღების მიღებამდე შეკვეთების უმოკლეს დროში, 5-6 საათში შესრულება;
- ტექნოლოგიური პროცესების შემცირების ხარჯზე პროდუქციის თვითღირებულების შემცირება:
 - ნახშირბადიანი ფოლადების წარმოებისას 20-50 აშშ დოლარით/ტ-ზე;
 - დაბალღირებული ფოლადებისას 40-100 აშშ დოლარით/ტ-ზე;
 - მარტენსიტული კლასის ფოლადებისათვის 80-150 აშშ დოლარით/ტ-ზე;
- მიღწეული იქნა ბუნების დაცვის სტანდარტების მაღალი დონე;
 - მაგნე გამონაბოლქვების შემცირებით (SO₂, CO₂, NO_x) 70-90%-ით[4].
- საწარმოს კომპაქტურობის გამო კაპიტალური დანახარჯების შემცირება:
 - აგრეგატების ღირებულებისა 45%-ით;
 - საწარმოო ფართობის 85%-ით;
 - ენერგომოხმარების რაოდენობისა 80%-ით.
- მსოფლიოში ჯართის რესურსების შემცირების ფონზე, ფურცლის ჩამოსხმის ტექნოლოგია უზრუნველყოფს ფერადი ლითონებით დანაგვიანებული ჯართის გამოყენების შესაძლებლობას. ეს საკითხი განსაკუთრებით აქტუალურია მსოფლიოში გაბარიტული-მაღალი ხვედრითი წონის ხარისხიანი ჯართის შემცირების გამო [5].

ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორები მეტყველებს შემუშავებული ტექნოლოგიური სქემის ტექნიკურ-ეკონომიკურ აქტუალობაზე და როგორც ჩვენი ქვეყნის ასევე სხვა რეგიონებში საწარმოო ინფრასტრუქტურის გამოყენების პერსპექტივებზე. ასეთი

კომპლექსების განთავსება აქტუალურია გაჩერებული საწარმოების ინფრასტრუქტურის ადგილზე, რეგიონებში სადაც მოთხოვნაა ფოლადის ფურცელზე და მილებზე.

ლიტერატურა

1. Минаев А. А. Совмещенные металлургические процессы. – Донецк :ТехнопаркДон НТУ УНИТЕХ, 2008, 522с.
2. Е.А. Коршунов, А.Г. Коробов, Б.М. Мельников, В.М. Кавтрев, М.И. Федоров, В.П. Костров, Ю.А. Коротков. Способ прокатки непрерывно отливаемой заготовки: А.с. 1235053 СССР, №38217003/02; Заявл. 20.12.1984Опубл. 20.02.1996. Бюл. №5. 4 с.
3. М. Вальтер, В. Манкау, Х.-Ю. Фигтс и др. EUROSTRIP – способ литья полосы на заводе фирмы «KruppThyssenNirosta GMBL». - М., Чёрныеметаллы, 2001, сс. 55–59.
4. Ю.В.Коновалов,А.А.Троянский,С.Н.Тимошенко. Металлургия, учебное пособие в 3 кн. К. 1. Производство чугуна, железа, стали ферросплавов. –Донецк: ГБУЗ «ДонНТУ», 2011, 431с.
5. D.G. Edelman, P. C. Campbell, C. R. Killmore et al. Recent Developments With Ultrathin Cast Strip Products Produced by the Castrip Process. Iron and Steel Technology, 2009, № 10, pp. 47–58.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE COMPLEX FOR PRODUCTION OF PIPES FROM CONTINUOUSLY CAST STEEL SHEETS

Jaliashvili T.I. and Mikadze O.Sh.

Georgian Technical University

Currently, in world practice, the production of steel pipes suture consists of two stages: steel smelting, manufacture of steel sheets and production of pipes from steel sheets. We have developed the technological scheme providing for the integration of the two stages within a single metallurgical complex. The enterprise of this type will guarantee 1) fulfillment of orders in the shortest possible time; 2) reduction of production costs; 3) reduction in capital construction costs due to compactness; 4) high quality of environmental protection.

Keywords: steel sheet, pipes, continuous casting, metallurgical complex.

ანაკლიის პორტის მშენებლობის პერსპექტივა

მარგალიტაძე ი.ნ., გაბიაშვილი ლ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
მაასტრიხტის უნივერსიტეტი, პოლანდია

ამჟამად მსოფლიო ოკეანის 50 კმ-იანი სიგანის სანაპირო ზოლში პლანეტის მოსახლეობის 27% -ზე მეტი და კოლოსალური ეკონომიკური პოტენციალია თავმოყრილი. საერთაშორისო სავაჭრო ბრუნვის 90% სწორედ ზღვებისა და ოკეანეების გავლით ხორციელდება. სავაჭრო ფლოტში კი 35 ათასზე მეტი ხომალდია. მათ შორის სუპერტანკერების ტვირთამწეობა 0,5 – 1,0 მლნ. ტონას აღწევს. ყოველი მათგანის გზა ზღვის ნაპირზე იწყება და ნაპირზევე მთავრდება.

აქედან გამომდინარე, ცხადია ზღვის სანაპირო ზონა თავისი ბუნებრივი განვითარებისას თანამედროვე ეპოქაში უზარმაზარ ანთროპოგენურ დატვირთვას განიცდის, განსაკუთრებით კი - პორტების მშენებლობისას, რომელიც ხშირად დაკავშირებულია ზღვის ფართო აკვატორიის დაკავებასთან, მოლოებისა და ტალღ-სატყეხების აგებასთან, რაც სანაპირო ზონის რეჟიმის დარღვევას იწვევს და ნეგატიურ შედეგს იძლევა. მაგ. მოსილვისა და პორტის აკვატორიის გათავთხელებას, მიმდინარე უბნებზე ნატანის დეფიციტის შექმნას, ქვედა წარეცხვების (ხმელეთის მიმდებარე ზღვის ფსკერის ეროზია) გააქტიურებას. როგორც შედეგი, მას მოყვება ძირითადი ნაპირების ნგრევა და დეგრადაცია. ამ ბუნებრივ პროცესში ადამიანის არაგონივრული ჩარევით გამოწვეული უარყოფითი შედეგების წინააღმდეგ მიმართული ნაპირდაცვითი საქმიანობის ჩატარება მეტად ძვირია. ამასთან ის ამცირებს სანაპირო ზოლის ატრაქციულობასა და მის საკურორტო-რეკრეაციულ პოტენციალს.

საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო ზოლი საზღვაო პორტების აშენების მიზნით მოხერხებული არ არის. ამის მთავარი მიზეზი ზღვის სანაპიროს გეომორფოლოგიური ნიშნებისა და გეოლოგიური აგებულების განსაკუთრებული თავისებურებებია: ზღვისპირა ხმელეთი ნაკლებადაა დანაწევრებული და მდინარეების მიერ შემოტანილი ნაშალი მასალის დაღეჭვის შედეგადაა ჩამოყალიბებული. სანაპიროც, ძირითადად, აკუმულაციური ხასიათისაა. ამიტომ მთელ პერიმეტრზე ხმელეთში ბუნებრივად შეჭრილი და მნიშვნელოვანი სიღრმის ზღვის ყურეები ფაქტიურად არ გვაქვს. სამაგიეროდ ხმელეთის მიმდებარე ზღვის ფსკერი საკმაოდ რთული რელიეფით ხასიათდება და ზღვის შეღწევაში (არც თუ იშვიათად), სანაპირო ზოლში შეჭრილი ე. წ. წყალქვეშა კანიონების სიმრავლით გამოირჩევა.

სწორედ ეს გარემოება განაპირობებს სანაპიროს ზოგიერთ მონაკვეთზე საპორტო მშენებლობისთვის შედარებით ხელსაყრელ პირობებს. ამის მიუხედავად, ზემოაღნიშნული მხოლოდ ნაწილობრივი პირობაა სრულფასოვანი პორტის მშენებლობისთვის. ამიტომ მსოფლიოს დიდი საზღვაო პორტები ბუნებრივ, ღრმა დელ-ვისგან დაცულ ყურეებშია განლაგებული.

საქართველოს ვერც ერთი საზღვაო პორტი ზემოთ ჩამოთვლილ ფაქტორებს სრულად ვერ აკმაყოფილებს. ეს გარემოება გაითვალისწინეს და კარგადაც გააანალიზეს ჯერ კიდევ მეფის რუსეთის დროს სანაპიროს შესასწავლად მოვლენილმა სამხედრო ინჟინრებმა - შავროვმა და ჟარინცევმა, რომელთა ხელმძღვანელობითაც აშენდა რთული ბუნებრივი პირობების მქონე ფოთის და ბათუმის პორტები.

ცხადია, რომ საქართველოში სრულფასოვანი საზღვაო პორტის მოწყობისთვის საჭიროა ვრცელი, ტალღებისგან დაცული ღრმა აკვატორიის და ზღვის დიდი სიღრმეებიდან ხმელეთამდე მისასვლელი ღრმა ბუნებრივი „არხის“ მქონე პორტი-ყურესათვის სათანადო პირობების შექმნა (ნაწილობრივ მაინც).

საქართველოში შავი ზღვის სანაპიროზე ასეთი ხელსაყრელი პირობები რამოდენიმე ადგილზე გვაქვს. ერთ ერთი ხელსაყრელი ადგილი მდინარე ენგურის ძველი შესართავია, სადაც წყალქვეშა კანიონის სათავეები სანაპირო ხაზთან ძალიან ახლოსაა (ნაპირიდან 150-200 მ) შემოჭრილი. ამასთან ვრცელი აკვატორიის შექმნა შედარებით მარტივად სწორედ აქაა შესაძლებელი. პორტის აკვატორიასა და ზღვის

დიდ სიღრმეებს შორის მოქცეული წყალმარხი ზოლის სიგანე მცირეა. ამ ფაქტორს დიდი მნიშვნელობა აქვს პორტის ღირებულებისა და მოძრაობის შემაფერხებელი ლითონდინამიკური პროცესების რეგულირების თვალსაზრისით.

დარგის სპეციალისტებისთვის კარგადაა ცნობილი, რომ საპორტო და ჰიდროტექნიკური ნაგებობების ფუნქციონირებისთვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს რელიეფსა და სანაპირო პროცესებს. ჩვენ ზემოთ ვახსენეთ აკუმულაციური მასალის უარყოფითი გავლენა პორტების ფუნქციონირების საქმეში. ამ თვალსაზრისით, ენგურის ზღვის შესართავი მომგებიანია, რადგან მდინარე ენგურის მაღლივი კაშხალის აშენების შემდეგ მისი თხევადი ჩამონადენი მდინარე ერისწყალში იქნა გადაგდებული და მყარი ნატანიც თითქმის 4-ჯერ შემცირდა.

ამიტომ, ენგურის შესართავში პორტის მშენებლობა და მასთან დაკავშირებული საქართველოს ეკონომიკური აღორძინების იდეა, ბუნებრივ-ეკონომიკური თვალსაზრისით მიზანშეწონილი, სოციალურად გამართლებული და ეკონომიკურად ეფექტიანია. ექსპერტთა აზრით, ის შეიძლება გახდეს საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მამოძრავებელი დერძი [1-3].

ამასთან დგება პრობლემა, როგორი უნდა იყოს პორტის დიზაინი და განლაგება, რათა მისი ფუნქციონირება ეფექტიანი იყოს და ბუნებას მნიშვნელოვანი ზარალი არ მიაღვს. ამ პრობლემას ნათლად აჩვენებს ფოთის და ყულევის პორტების ფუნქციონირებისას შექმნილი ახალი პრობლემები.

რადგან ეს პორტი ქვეყნის სასარგებლოდ უნდა აშენდეს, ასეთი პროექტი დეტალურად უნდა გაანალიზდეს. უნდა გვახსოვდეს უბრალო ჭეშმარიტება, რომ ჩვენ ვერ შევცვლით ბუნების კანონზომიერებას.

ყულევთან მიმდებარე წყალქვეშა რელიეფი და ლითონდინამიკა უადრესად არახელსაყრელია ღრმაწყლიანი პორტის ფუნქციონირებისთვის. ამის მიზეზი წყალმარხი ფსკერი და არაკონსოლიდირებული ფსკერული ნალექებია, თუმცა ყულევში მაინც აშენდება პორტი-ტერმინალი.

2001 წელს სპეციალისტების მიერ დაწერილ რეცენზიაში ამ პორტის ასაშენებლად წარმოდგენილი პროექტი უარყოფითად შეფასდა და პორტის მშენებლობის დაწყებამდე კვლევების ჩატარებაც მოითხოვეს. თავიდანვე ეჭვი გამოითქვა ასეთი წყალმარხი ფსკერის პირობებში პორტის და ე. წ. მისასვლელი არხის მშენებლობის მიზანშეწონილობაზე.

მოცემულ პირობებში, პორტის მშენებლობა მოითხოვდა წყალმარხ ფსკერზე ღრმა ჯდომის ხომალდებისთვის ე. წ. პორტის მისასვლელი არხის გათხრამშენებლობას, რომელიც გულისხმობს პორტის აკვატორიაში შესასვლელი ზღვის ფსკერის დაღრმავებას. რეკომენდაციით, თუკი პორტის მშენებლობას მაინც დაიწყებდნენ, მისი აკვატორიის შტორმული ტალღების, არხის მოსიღვისგან დაცვისა და მიმდებარე ნაპირების შენარჩუნების მიზნით დამცავი მოლოები მაინც უნდა აგებულიყო.

გარდა ამისა, წარმოიქმნებოდა სხვა თანამდევ პრობლემებიც: კერძოდ, მკვეთრად დაირღვეოდა სანაპირო ნატანის ბალანსი და საჭირო გახდებოდა დროდადრო მოლოებთან აკუმულირებული ნატანის ზღვის გასწვრივ გადანაწილება, ანუ ბაიპასინგის (bypassing - ტექნიკური ჰიდრაულიკური მოწყობილობის საშუალებით მასალის შემოვლითი გზით ტრანსპორტირება) პრაქტიკის განხორციელება. მოლოების აუშენებლობის შემთხვევაში წინასწარვე ივარაუდეს პორტის აკვატორიაში ძლიერი და წელვადი ტალღების შეღწევა. რომელიც აზიანებს აკვატორიაში მყოფ გემებს, პორტის მიმდებარე ნაპირების ძლიერი წარეცხვა, ე. წ. მისასვლელი არხის ინტენსიური მოსიღვა, მისი პერიოდული რესტავრაციის აუცილებლობა და სხვა.

პროექტი დაპროექტებულია მდ. ენგურის კალაპოტში და გადადის მის მარჯვენა ნაპირზე - ზუგდიდის რაიონის (ს. განმუხურის) ტერიტორიაზე, საიდანაც ჩრდილოეთ მიმართულებით თითქმის 3 კმ-ზე, სამეგრელო-აფხაზეთის ადმინისტრაციულ საზღვრამდე ვრცელდება და ამიტომ პორტი ებჯინება გალის რაიონის საზღვარს. აღსანიშნავია, რომ ენგურის საზღვაო პორტის მნიშვნელობის შესახებ ორი საპირისპირო მოსაზრება არსებობს, პირველის მიხედვით, პორტის უშუალოდ

საოკუპაციო ზოლთან აშენება მეტად სარისკოა, ხოლო მეორეს თვალსაზრისით, მას დადებითი როლი აკისრია, რადგან არ არის გამორიცხული, ეკონომიკური ეფექტიანობით აფხაზეთის მესვეურების დაინტერესება გამოიწვიოს და სასიკეთო აღმოჩნდეს კონფლიქტის მოგვარების საქმეში.

ამ გეგმის მიხედვით იქ, ძირითადად თავისუფალ მიწებზე, ახალი საპორტო დასახლებების გაშენებაა გათვალისწინებული და არა გადასახლება. მაგრამ, ამგვარი მასშტაბის ობიექტის მშენებლობისას ვერ ავცდებით გარკვეული რაოდენობის მოსახლეების სხვა ადგილზე გადაყვანას და მათთვის კომპენსაციის მიცემას, რაც ცალკე გადაწყვეტას საჭიროებს.

პორტის პროექტის სრულფასოვანი შედგენისთვის ჩატარდა წინასწარი კვლევები. საქართველოს შავი ზღვისპირეთი ქვეყნის ბუნებრივი სიმდიდრეა და მას მოვლა-პატრონობა სჭირდება. ნებისმიერი ასეთი მასშტაბის პროექტის მომზადებისას საჭიროა მისი ყოველმხრივი შესწავლა სპეციალისტთა ფართო წრის მიერ. მხოლოდ ასეთი კომპლექსური მიდგომა აგვაცილებს დიდ ეკოლოგიურ და ეკონომიკურ ზარალს. ვითარება ადეკვატურად იქნება შეფასებული და მიღებული იქნება ანაკლიის პორტის მშენებლობის ისეთი ვარიანტი, რომელიც ქვეყნისთვის სასარგებლოც იქნება და რაციონალურიც.

ანაკლიის ღრმაწყლოვან პორტს „ანაკლიის განვითარების კონსორციუმი“ ააშენებს. „ანაკლიის განვითარების კონსორციუმი“ „TBC ჰოლდინგისა“ და ამერიკული კომპანია „კონტი ინტერნეშენალის“ მიერ ერთობლივად დაფუძნებული კომპანიაა, რომელსაც 49 წლით და მართვის უფლებით გადაეცემა ანაკლიის მომავალი პორტისა და თავისუფალი ეკონომიკური ზონის ტერიტორია. პროექტის ღირებულება 2,5 მილიარდი ამერიკული დოლარია.

ნავსადგური 400 ჰექტარზე განთავსდება და უზრუნველყოფს დიდი ზომის გემების მომსახურებას, რაც მნიშვნელოვნად წინგადადგმული ნაბიჯი იქნება ქართული ეკონომიკისა და ზოგადად, სახელმწიფოს სტრატეგიული მნიშვნელობის გაძლიერებისთვის. გეგმის მიხედვით იგი იქნება ყველაზე დიდი პორტი საქართველოში, რომელიც შეძლებს ე.წ. პანამაქსისა და პოსტპანამაქსის ტიპის გემების (უმსხვილესი, 40 000 ტ-მდე ტვირთამწეობის გემი, რომელსაც არხში გავლა შეუძლია) მიღებას. პორტში განეჭობას შეძლებენ 10 000 კონტეინერის ტევადობის და 50-დან 150 ათას ტონამდე დედვეიტის მქონე ხომალდები, რომელთა მოძრაობა ბათუმისა და ფოთის პორტებში პრობლემატური იყო. ცნობისთვის ანაკლიის პორტის სიღრმე 20,5 მეტრია, ბათუმის პორტის - 14მ, ფოთის კი სულ - 8,5 მეტრი.

კონტრაქტის შესაბამისად ნავსადგური აშენდება 9 ფაზად და საბოლოო ჯამში, მისი წლიური გამტარუნარიანობა შეადგენს 100 მლნ ტონა ტვირთს. პორტი ოპერირებას დაიწყებს მშენებლობიდან 3 წელიწადში, როცა მისი გამტარუნარიანობა წელიწადში 7 მილიონ ტონას მიაღწევს. ახალი ნავსადგური დაახლოებით ორი კვირით შეამცირებს ტვირთების გადაზიდვის ხანგრძლიობას ჩინეთიდან და აღმოსავლეთის სხვა ქვეყნებიდან ევროპამდე.

პორტის მშენებლობასთან დაკავშირებით იგეგმება ადგილობრივი მოსახლეობისთვის ტრენინგების პროგრამის განხორციელება. ანაკლიის პორტის პროექტი ათასობით სამუშაო ადგილს შექმნის. მის მშენებლობაზე 3400 ადამიანი დასაქმდება. მშენებლობის დასრულების შემდეგ პორტში 6400 ადამიანი იმუშავებს, რომელთა 90% საქართველოს მოქალაქე იქნება. რამოდენიმე ასეული ადამიანის დასაქმებაა გათვალისწინებული პროექტის საწყის – სამშენებლო სამუშაოების ეტაპზე, რომელთა დაწყება 2017 წლის ზაფხულისთვისაა დაგეგმილი, ნავსადგური კი 2020 წელს გაიხსნება.

ეს პროექტი მსოფლიო მასშტაბის პროექტია.

ამ პროექტით ტრანსნაციონალური კომპანიები დაინტერესდნენ. ეს დაინტერესება „ანაკლიის განვითარების კონსორციუმის“ ჩინეთში ვიზიტს მოყვა. ჩინური კომპანიები პორტის მშენებლობის საკითხში აღნიშნული კონსორციუმის პოტენციურ პარტნიორებად მოიაზრება. მისი კონტრაქტორები არიან ასევე საზღვაო პორტების ცნობილი სადიზაინერო კომპანია „offat & Nichol“ და წამყვანი პოლანდიური საკონსულტაციო კომპანია „Maritime & Transport Business Solutions“-ი.

პორტის მშენებლობის დასრულების შემდეგ ეს იქნება სრულიად ახალი შესაძლებლობები საქართველოსთვის, რათა „აბრეშუმის გზის“ კონცეფცია სრულმასშტაბიანად ამოქმედდეს საქართველოში და სამხრეთ კავკასიის სატრანსპორტო კორიდორი გახდეს ტიპობრივად ახალი გამტარუნარიანობის და შესაძლებლობების. ასევე პორტის გარშემო გათვალისწინებულია თავისუფალი ინდუსტრიული ზონის შექმნა, რომელიც კიდევ უფრო შეუწყობს ხელს ეკონომიკის განვითარებას. პორტისგან მიღებული შემოსავლები მნიშვნელოვანი იქნება ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისთვის.

საქართველოს პორტები გასასვლელს ზღვაზე რვა სახელმწიფოსთვის უზრუნველყოფენ. მათი ერთ-ერთი ძირითადი დანიშნულება სწორედ ევროპა-კავკასია-აზიის დერეფნის შექმნაა. ბათუმის, ფოთის და ყუღევის პორტები ადგილობრივ და უცხოელ პარტნიორებს მრავალფეროვან მომსახურებას სთავაზობს. რაც შეეხება ანაკლიის ღრმაწყლოვანი პორტს, მისი მშენებლობა უახლოეს მომავალში ევროპასა და აზიას შორის თავისუფალი ვაჭრობის გაფართოების შესაძლებლობებს გაზრდის. ეს ხელს შეუწყობს სატრანზიტო და ლოგისტიკური პოტენციალის განვითარებას და მნიშვნელოვნად გაზრდის როგორც ტრანზიტული, ასევე სავაჭრო-ეკონომიკური თვალსაზრისით, საქართველოს, სტრატეგიული სახელმწიფოს მნიშვნელობას.

ლიტერატურა

1. საქართველოს მთავრობა „ქვეყნის ძირითადი მონაცემები და მიმართულებები 2012-2015 წლებისთვის“, (გადამუშავებული ვარიანტი), თბილისი, 2011, გვ. 23.
2. ო. გელაშვილი, მ. ბარბაქაძე და სხვ. საზღვაო პორტები და მათი მექანიკური აღჭურვილობა. – თბილისი, 2013.
3. ი. მარგალიტაძე, ე. გეგეშიძე სატრანსპორტო პოლიტიკის კონცეფციები და საზღვაო საქმე. – თბილისი, 2017.

SUMMARY

PROSPECTS FOR CONSTRUCTION OF THE ANAKLIA PORT

Margalitzadze I.N. and Gabidzashvili L.G.

Georgian Technical University

Maastricht University, the Netherlands

The construction of Anaklia Deep-Sea Port at the Inguri River mouth could become the key point in economic development of Georgia. Completion of construction of this global project will open new opportunities to launch fully the Silk Road idea in Georgia and South Caucasus transport route, and gain new possibilities to increase the turnover of goods. Anaklia Deep-Sea Port will increase trade between Europe and Asia.

Keywords: deep-sea port, Anaklia, construction, transport route, port capacity.

DEVELOPMENT OF A METHOD AND A DEVICE FOR IMPROVEMENT OF ECOLOGICAL PROPERTIES OF LIQUID HYDROCARBON FUEL

Akhvlediani Z.G., Gelashvili G.V., Gongadze A.D., Kiladze A.A., Rekhviashvili A.G. and Sokhadze V.M.

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

Abstract. The method and the device providing an improvement of the quality of automobile fuel are presented. The proposed device makes it possible to remove compounds that produce toxic components during the combustion process in the engine from automobile fuel. The use of the described method and of device promotes the establishment of the rational regime of fuel combustion in the engine fuel economy, and significantly decreases the harmful influence of the exhausted gases on the environment.

Keywords: automobile fuel, exhaust gases, method, device, ecology.

The scientific-technical progress being the objective and irreversible factor of the development of mankind requires the increase of energy consumptions. The main source of energy is the hydrocarbon fuel which is burnt in a great amount. As a result, million tons of combustion products containing toxic (CO , NO_x , C_mH_n , soot, etc) and carcinogenic (benzopyrene) substances, as well as greenhouse gases (CO_2 , CH_4 , NO_2 , etc) is emitted into the atmosphere. These products pollute the environment, bring about the growth of greenhouse effect and the origination of different dangerous diseases (cancer, cardiovascular pathologies, asthma, etc.). Recent events give the conclusive evidence that the world faces the threat of an ecological catastrophe.

Motor transport is the main source of environmental pollution and of the adverse impact on human health. It is known that more than 80% of air pollution is due to the exhaust gases of motor vehicles. Since the number of automobiles rapidly increases almost in all countries of the world, in parallel, their adverse impact both on the human organism and on the environment also increases, which is a global ecological problem.

Nowadays the total annual consumption of fuel throughout the world is 1.8 billion tons and more than 800 million tons accounts for automobile fuel. According to the available data, during the next few decades, liquid oil fuel will still be one of the main sources of energy, as, because of technical and economic problems, the use of alternative sources of energy does not progress at a desired rate. Therefore, the requirements imposed on petrol and diesel fuel are getting stricter every year.

It should be noted that the energy supply of the means of transport in our country depends entirely on the imported fuel. Thorough control of its quality and, even more, the ecological properties of petrol and diesel fuel is a rather difficult problem. Meanwhile, just their ecological properties have a great impact on the formation of toxic, carcinogenic substances and of greenhouse gases in the internal combustion engine. The better is the ecological property of automobile fuel, the higher is the degree of complete combustion of the fuel-air mixture and less is the formation of the mentioned noxious components of automobile exhaust gases. Therefore, the requirements imposed on automobile exhaust with due account of minimization are permanently getting tougher, as it is seen well from Table 1 [1].

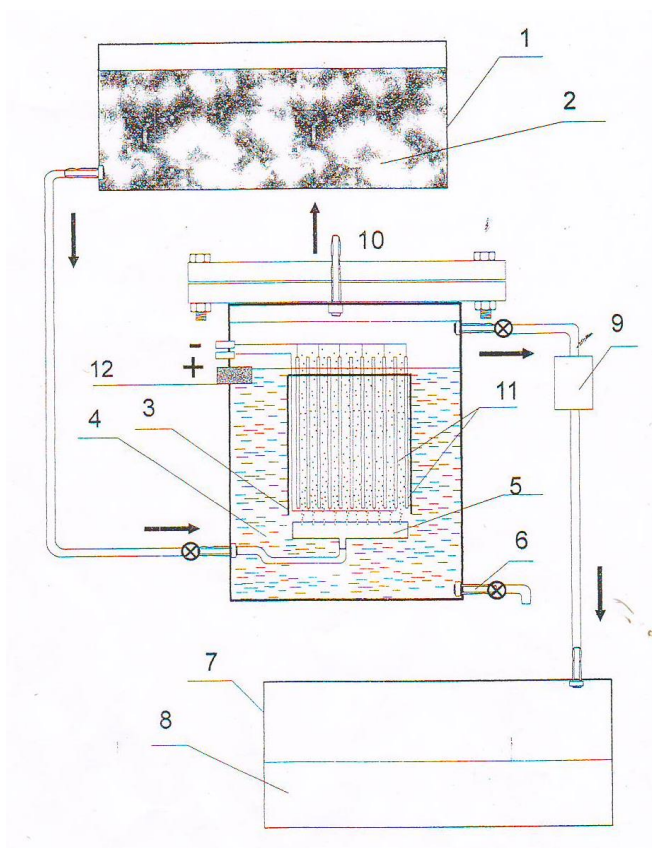
Table 1. The requirements for the content of noxious components in automobile exhaust gases

Requirements	Petrol engines, g/km			Diesel engines, g/km		
	CO	C_mH_n	NO_x	CO	$\text{C}_m\text{H}_n+\text{NO}_x$	Soot
Euro-2 (1996)	2.2	0,5 (total)		1.0	0.7	0.08
Euro-3 (2000)	2.3	0.2	0.15	0.64	0.56	0.05
Euro-4 (2005)	1.0	0.1	0.08	0.5	0.3	0.025
Euro-5 (2010)	1.0	0.1	0.06	0.5	0.23	0.005

In this regard, our aim is to achieve the simultaneous reduction of the noxious and greenhouse gases in the exhaust of automobiles. Currently it is possible only by purposeful constructive solutions concerning the engine and to the optimization of fuel composition. Hence the urgent scientific problem is the development of a method or a device allowing to obtain such petrol composition that would meet the above-mentioned requirements - simultaneous minimization of the content of non-ecological components (CO, NO_x, SO₂, soot and CO₂ in automobile exhaust).

We took into consideration the above-mentioned requirements for the optimization of petrol content when developing the device for purification and enrichment of hydrocarbons [2]. The so-called "closed" system is mounted directly in the automobile and, according to the first experimental data, it showed significant economy of fuel consumption and a total decrease in the content of non-ecological components (CO, C_mH_n, NO_x, soot).

Besides the above-mentioned system, we designed and studied its prototype - a so-called "open" system (Fig.1). The petrol purified in this device is collected in a special pool and then is used.



Schematic of the device for improvement of ecological properties of hydrocarbon fuels (The volume of electrolyte tap water 40 l, pH= 7.5-7.8 , voltage 12 V, current 17A).

The device consists of a body with a settling bowl, a power supply unit connected to the packet of plate electrodes (the number and the area of which depend on the amount and the quality of the material under purification), a bubbler located under the electrodes. The body contains an electrolyte level regulator.

Commercial petrol of any grade (2) under pressure passes from reservoir (1) to bubbler (5), where it is atomized into small vesicles (balls). Due to the difference in the specific weight of petrol (2) and electrolyte (4), these vesicles rise to the surface passing through the electrolyte and interacting with the assembly of plate electrodes (11) to which dc voltage of 6-20 V is applied as required. The assembly of plate electrodes is located in dielectric cup (3), and the process of electrolyze takes place. Through filter (9), which prevents passing of the waste accumulated in the result of

purification, the purified petrol comes to reservoir (7) and is collected in tank (8). Valve (6) is designed for draining the waste settled gradually onto the bottom of the device. The level of electrolyte is maintained by a special device (12). The frequency of changing the spent electrolyte depends on the parameters of the special device. Through pipe union (10), the gases formed as a result of device operation are emitted in the atmosphere. The process takes place under the conditions of normal temperature and pressure without using the expensive catalysts and at the minimum consumption of electric power (200 – 300 W·h).

Testing of the pilot device was performed. In the test, for choosing the optimal mode, the minimum CO factor was used in the exhaust of the engine of automobile Opel (Table 2). As an operation current, the value of 17 A was chosen, which corresponds to the voltage of 12 V (the voltage of automobile accumulator).

Table 2

Amperage	0 (untreated petrol)	5	10	15	17
CO mg/m ³	250	180	150	100	85

Investigation was also carried out on the influence of petrol treatment of Euro-Regular grade on fuel parameters, as well as on the octane number, on the operation of internal combustion engine and on the mileage of the automobile OPEL, equipped with a standard-type catalyst.

Table 3. Testing results for OPEL

	carbon monoxide, CO mg/m ³		Soot, mg/m ³
	Slow rotation	Fast rotation	
Non-purified petrol	25	15	25
Purified petrol	5.0	0.5	2.0

From Table 3 it is seen that, when the treated petrol was used, the content of CO in the exhaust decreased at least by a factor of 5, and the content of soot - by a factor of 10. All the measured parameters of the “purified petrol” meet the requirements of the Georgian standard on petrol. The octane numbers of “non-purified” and “purified” petrol are 92.9 and 93.4, respectively, and the specific heat of hydrocarbon fuel combustion increases by 38% for purified Euro Regular. Compression of engine cylinders was 13 atm. both before and after 1,000km mileage of the automobile with purified and non-purified petrol. Consumption of Euro-Regular petrol after running 100 km made up 91, while for the purified petrol, the consumption was 81, i.e. the economy of petrol made up 11%.

The experiments on the exhausted gases at the treatment of petrol on the pilot device (the analysis of gases was carried out using Gas –Chromo 3101 with argon at room temperature).

Table 4

	Components	Content in %
1.	Oxygen	43.5
2.	Hydrogen	36.4
3.	Air on nitrogen	12.1
4.	Petrol vapor	5.8
5.	Watervapor	2.2

As is seen from Table 4, oxygen and hydrogen are mainly released. From the above-stated, it can be concluded that the standard petrol treated with the pilot device has ecological properties meeting in future the requirements for decreasing the noxious exhausts into the atmosphere, accepted by the leading countries of the world [3].

The efficiency of the given pilot device was also checked with diesel fuel – Wissol Standard. Testing of purified and non-purified fuel was carried out with the diesel-generator of 4 kW power. With the purified fuel, it was observed that the content of soot in exhaust gases decreased by half.

The subsequent experiments for selecting the electrolyte for the device for purification and enrichment of hydrocarbon fuel showed that KOH and NaOH solutions prepared with distilled water must be used as electrolytes. It should be mentioned that operation of the device on the KOH solution decreases the amount of sediment decreased by a factor of 8-10, while that on the NaOH solution – by a factor of 3-4.

The proposed device is cheap, simple in design and economical, it does not require reorganization of the existing power. The term of its operation without changing the complete set is 3 years [4].

The consumers of the given technology could be oil-processing enterprises, fuel stations, companies with a great fleet of motor transport, private motor transport, boilers, etc. All the above-said gives the proposed technology competitive advantages on the market.

The estimation of the efficiency of purified and non-purified fuel was performed at the following laboratories:

- Laboratory of the Department of Monitoring and Forecasting of Natural Pollution of the Institute of Hydrometeorology (determination of the content of toxic substances in exhaust gases of the internal-combustion engine as well as the analysis of released gases with the operation of the pilot device;

- Laboratory of petrol and oil products Georgia Association Imedi 2005, code 205044236. (Octane numbers and petrol standards according to GOST);

- laboratory of oil products control, Levan Samkharauli National Expertise Bureau (Petrol standards according to GOST);

- Ltd. Autohouse, code 204967991 (analysis of the compression of auto-engine);

- Automobile service “Tegeta Motors”, Tbilisi, Georgia (investigation of diesel fuel);

- Laboratory of Israel at the Centre of Laboratory Investigations, the document of analysis No.2217/10 (investigation of the specific heat of combustion of purified and non-purified petrol).

REFERENCES

1. C.Podgurski. The Standards of the European Union on the toxicity of spent gases of light trucks.//Main Means. 2008, No. 3, pp.18-21.
2. Patent GEP – 4631, 2009.
3. Kyoto Protocol to the UN Framework Convention on Climate Change, 1998(11 December, 1997).
4. A.Kiladze, V.Sokhadze, A.Rekhviashvili. Procedure and device for cleaning of burning products from detrimental components. In: Science Opportunities in Georgia. – Tbilisi, 2009, 26 p.

РЕЗЮМЕ

РАЗРАБОТКА МЕТОДА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

Ахвледиани З.Г., Гелашвили Г.В., Гонгадзе А.Д., Киладзе А.А., Рехвиашвили А.Г., Сохадзе В.М.
Институт физики им. Э. Андроникашвили, Тбилисский государственный университет
им. Ив. Джавахишвили

В работе приводится описание метода и устройства для улучшения качества автомобильного топлива. Предлагаемое устройство обеспечивает комплексное удаление из топлива большинства веществ, являющихся причиной возникновения токсичных компонентов при сгорании. Применение данного устройства способствует созданию рационального режима сгорания топлива в двигателе, экономии топлива и во много раз уменьшает экологическую нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова: автомобильное топливо, выхлопные газы, метод, устройство, экология.

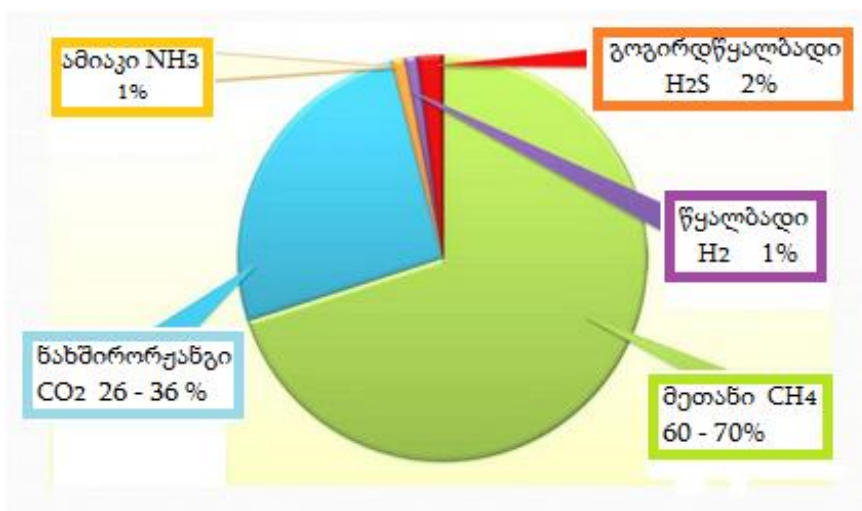
ბიოგაზის დანადგარის ბამოყენება სოფლის კერძო და ფერმერულ მეურნეობაში

მეგრელიშვილი ზ.ნ., ლორია მ. დ., ჩხაიძე დ.ტ., გობაძე ლ.ნ., ხუციშვილი ბ.გ.

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საქართველოში აგრარული სექტორის განვითარება ქვეყნისათვის სტრატეგიული მნიშვნელობის საკითხია. აღნიშნული სექტორის განვითარების ხელშეწყობისათვის სხვადასხვა დარგებთან ერთად, ერთ-ერთი პრიორიტეტულია ბიოტექნოლოგიების, კერძოდ კი ბიოგაზის დანადგარების დანერგვა-გავრცელება.

ბიოგაზი ეკოლოგიურად სუფთა ბიოსაწვავია, რომელიც შეიძლება ვაწარმოოთ ჩვენი ხელით. ის ბუნებრივი აირის მსგავსია. აირი მიიღება ნარჩენების ანაერობული ბაქტერიების მიერ გადამუშავების გზით. დუღილი მიმდინარეობს მოცულობის უჟანგბადო სივრცეში, რომელსაც ბიორეაქტორს უწოდებენ. ბიოგაზის გამომუშავების სინქარე დამოკიდებულია ბიორეაქტორში ჩატვირთული ნარჩენების რაოდენობაზე. ბაქტერიების გავლენის შედეგად ნედლეულიდან (ნარჩენებიდან) გამოიყოფა მეთანისა და ნახშირორჟანგის ნარევი სხვა აიროვან მინარევებთან ერთად (ნახ. 1) [1]. წარმოშობილი აირი გაიყვანება ბიორეაქტორიდან, გაიწმინდება და შეიძლება გამოყენებული იყოს საკუთარი საჭიროებისათვის.



ნახ.1. ბიოგაზის საორიენტაციო შემადგენლობა. შემადგენელი ნივთიერების კონცენტრაცია დამოკიდებულია გამოყენებულ ნედლეულზე და ტექნოლოგიაზე

ბიოგაზის დანადგარის მუშაობის შედეგად მიიღება მაღალი ხარისხის ეკოლოგიურად სუფთა სასუქი, რომელიც შეიცავს ყველა საჭირო კომპონენტს - აზოტს, ფოსფატს, კალიუმს, მიკრო და მაკრო ელემენტებს. არ შეიცავს პათოგენურ მიკროფლორას, გელმიტების კვერცხებს, სარვეველა მცენარეების თესლს, ნიტრიტებს და ნიტრატებს, სპეციფიკურ ფეკალურ სუნს. ასეთი თხევადი სასუქები უზრუნველყოფენ მოსავლიანობის გაზრდას 2-3 ჯერ, კულტურის სახის მიხედვით, აუმჯობესებს ნიადაგის მდგომარეობას, მოქმედებს მცენარეებზე გამოყენებისთანავე, ამცირებს ნიადაგის მჟავიანობას, ზრდის მცენარეების მდგრადობას გარემოს გავლენის მიმართ, განსაკუთრებით გვალვის დროს. მათი გამოყენება შესაძლებელია ნებისმიერ კლიმატურ ზონაში ყველა სახის ნიადაგისათვის [2].

ბაქტერიები, რომლებიც გამოყოფენ მეთანს, მიძინებულ მდგომარეობაში იმყოფებიან უშუალოდ ნედლეულში. მათი აქტიურობა იზრდება გარკვეული ტემპერატურის დროს. ტემპერატურული რეჟიმი, რომლის დროს მიმდინარეობს მეთანური დუღილი, დაყოფილია სამ ტიპად. ფსიქოტროპული ტემპერატურული რეჟიმი ხორციელდება დიაპაზონში 20 დან 25°C-მდე, მეზოფილური - 25 დან 40°C-მდე, თერმოფილური 40°C-ზე მეტი ტემპერატურის დროს. ფსიქოტროპული რეჟიმი არ მოითხოვს დამატებით შეთბობას, მიმდინარეობს დამატებითი ტემპერატურული კონტროლის გარეშე და გამოიყენება შესაბამის კლიმატურ ზონებში, სადაც საშუალო წლიური ტემპერატურა შეადგენს არა ნაკლებ 18-20°C. მეზოფილური და თერმოფილური პროცესები მოითხოვენ გარე სითბოს წყაროს არსებობას და ტემპერატურის კონტროლს. რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა მით უფრო მეტი წარმადობით მიმდინარეობს ბიოგაზის წარმოშობა. მაგრამ მაღალი ტემპერატურის დროს მეთანის შემცველობის პროცენტი ბიოგაზში შეიძლება შემცირდეს. ამის გარდა გადამუშავებულ პროდუქტში ნაკლები იქნება აზოტის შემცველობა. თერმოფილური რეჟიმის გამოყენებისას ნარჩენებისა და ფეკალური მასების გაუვნებლობა მიმდინარეობს უკეთესი ხარისხით, ვიდრე მეზოფილური რეჟიმის დროს. ამიტომ მიზანშეწონილია ის გამოვიყენოთ იმ შემთხვევაში, როცა უმთავრესია სანიტარული დამუშავების უზრუნველყოფა. ამიტომ პრაქტიკაში ძირითადად გამოიყენება ბიოგაზის მიღების მეზოფილური რეჟიმი [3].

სოფლის კერძო და ფერმერული მეურნეობების ხელშეწყობისათვის აჭარის რეგიონში განხორციელდა პროექტი „ახალი სასოფლო-სამეურნეო ტექნოლოგიები აჭარის მაღალმთიანეთში“. პროექტი განხორციელდა ახალგაზრდა მეცნიერთა კავშირის მიერ აშშ საელჩოს დემოკრატიის კომისიის ფინანსური მხარდაჭერით. პროექტის ძირითადი მიზანი იყო მაღალმთიანი მუნიციპალიტეტის თემების მოსახლეობის ეკონომიკური შესაძლებლობების გაზრდა ახალი სასოფლო-სამეურნეო ტექნოლოგიების დანერგვის საშუალებით. პროექტი განხორციელდა ქედის მუნიციპალიტეტში სადაც, ოთხ თემში (დაბა ქედის თემის სოფელი კორმოხედი; მერისის თემი სოფელი მერისი; ცხმორისისთემი სოფელი კოკოტაური; პირველი მაისის თემი სოფელი კოლოტაური) აშენდა საცდელ-სადემონსტრაციო სათბური და ბიოგაზის მისაღები დანადგარი (ნახ. 2) [4].



ნახ.2. ბიოგაზის დანადგარი ქედის მუნიციპალიტეტში

ნაკელის ის რაოდენობა, რომელიც მიიღება საძოვრებზე გასულ ერთ სულ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვისაგან იანგარიშება ფორმულით [5]:

$$H = \left[(C_{\text{არა}} - A) \cdot \frac{100 - k}{100} + A \right] \cdot 10 + P$$

სადაც $C_{ფარ}$ - პირუტყვის რაციონში მშრალი ნივთიერების რაოდენობა, ტ; A - საკვების მშრალი ნივთიერების დანაკარგები, რომელიც გადადის ნაკელში, ტ; k - რაციონის მშრალი ნივთიერების გადამუშავების კოეფიციენტი (მსხვილი რქოსანი პირუტყვისათვის 55%); P - პირუტყვის საფენის რაოდენობა, ტ.

ზამთრის პერიოდში, სადგომში მდგარ პირუტყვისათვის ნაკელის რაოდენობა იანგარიშება ფორმულით:

$$H = 4 \left(\frac{K_{ფარ}}{2} + P \right)$$

სადაც $K_{ფარ}$ - რაციონის მშრალი ნივთიერების რაოდენობა, კგ.

კერძო სასოფლო მეურნეობაში (თუ ეს არ ეხება მსხვილ და საშუალო სიდიდის ფერმებს) ასეთი ფორმულებით ნაკელის რაოდენობის გაანგარიშება გარკვეულ სირთულეს წარმოადგენს ფერმერისათვის. მხედველობაში მისაღება ისიც, რომ ფორმულებში შემავალი სიდიდეები განსხვავდებიან იმისდამხედვეთ, თუ როგორია პირუტყვის შენახვის პირობები და მათი რაციონი. ამიტომ მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ნაკელის რაოდენობის გაანგარიშებისათვის ვისარგებლოთ ნორმატიული დოკუმენტებით (ცხრ. 1) [6].

ცხრილი 1. ნაკელის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლები

პირუტყვის ჯგუფი	მაჩვენებლები	ექსკრემენტის შემადგენლობა		
		ექსკრემენტი	მათ შორის	
			განავალი	შარდი
ხარი	მასა, კგ	40,0	30,0	10,0
	ტენიანობა, %	86,0	83,0	95,0
მეწველი ძროხა	მასა, კგ	55,0	35,0	20,0
	ტენიანობა, %	88,4	85,2	94,1
სბო				
3 თვემდე	მასა, კგ	4,5	1,0	3,5
	ტენიანობა, %	91,8	80,0	95,1
სახორცე გამოკვებამდე 4 თვემდე	მასა, კგ	7,5	5,0	2,5
	ტენიანობა, %	87,4	83,0	96,2
სახორცე გამოკვებამდე 4 დან 6 თვემდე	მასა, კგ	14,0	10,0	4,0
	ტენიანობა, %	87,2	83,5	96,5
ნაზარდი				
6-12 თვე	მასა, კგ	14,0	10,0	4,0
	ტენიანობა, %	87,2	83,5	96,5
12-18 თვე	მასა, კგ	27,0	20,0	7,0
	ტენიანობა, %	86,7	83,5	96,0
გამოკვებაზე:				
6-12 თვე	მასა, კგ	26,0	14,0	12,0
	ტენიანობა, %	86,2	79,5	94,1
12 თვეზე მეტი	მასა, კგ	35,0	23,0	12,0
	ტენიანობა, %	84,9	80,1	94,2
შენიშვნა: ექსკრემენტების მშრალი ნივთიერების სიმკრივე მიიღება 1250 კგ/მ ³ , მშრალი ნივთიერების ნაცრიანობა - 16%				

მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის 100 კგ მშრალი ნივთიერება იძლევა 2,5-5,0 მ³ ბიოგაზს. 6 - 10 სული მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვისაგან დღე-ღამეში საშუალოდ ვლებულობთ 75 - 125 კგ ნაკელს, რაც გვაძლევს 3,0 - 5,0 მ³ ბიოგაზს. სხვა საქონლის ექსკრემენტების გამოყენებისათვის ცხრილში 2 მოყვანილია ბიოგაზის გამოსავლიანობა კილოგრამ მშრალ ნივთიერებაზე [4]. როგორც ცხრილი 2-ის მონაცემებიდან ჩანს მერძევე ძროხა იძლევა 88,4% ტენიანობის 55 კგ ექსკრემენტს. ეს კი შეესაბამება 12,5 კგ 20% მშრალ ნაკელს.

ცხრილი 2. ბიოგაზის გამოსავლიანობა კილოგრამ მშრალ ნარჩენებიდან

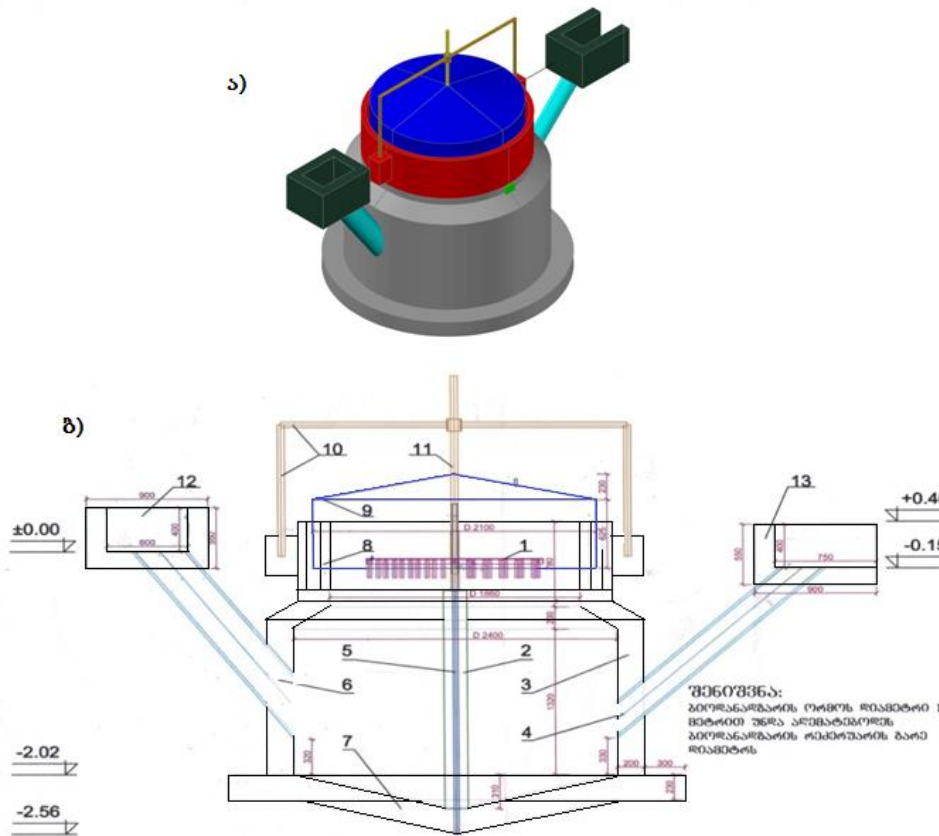
საქონელი	გაზის გამოსავლიანობა ლ/კგ-მშრ. ნივთიერება
ღორი	340-550
მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვი	90-310
ქათამი	310-620
ცხენი	310-620
ცხვარი	90-310

მიღებული 2/3 მეთანის შემცველობის გაზის კალორიულობა შეადგენს 4500 - 6000 კკალ/მ³. ოჯახში რვა მერძევე ძროხის ყოლის შემთხვევაში დღე-ღამეში მივიღებთ საშუალოდ 100 კგ ნაკელს ან 3,0 -5,0 მ³ ბიოგაზს. ეს კი შეადგენს 30 000 კკალ/დ.დ. ან 1,45 კვტ/სთ. ასეთი რაოდენობის ენერგია სავსებით საკმარისია ოჯახის ენერგეტიკული უზრუნველყოფისათვის. ცხრილი 1-ის მონაცემების გათვალისწინებით (ბიომასის დუდილის ტემპერატურა - 30 - 35°C.) რვა პირუტყვი 45 დღეში მოგვცემს 16 მ³ ბიოგაზს. ბიოგაზის დანადგარის მოცულობები საქონლის რაოდენობის მიხედვით მოცემულია ცხრილში 3.

ცხრილი 3. ბიოდანადგარის მოცულობა და საქონლის რაოდენობის ფარდობითობა

შინაური ცხოველები	4,6 მ ³	8 მ ³	12 მ ³	16 მ ³
მერძევე ძროხა	2	3	5	8
მეხორცული ძროხა	3	6	12	18
ხარი	2	3	8	13
ღორი	10	15	25	38

ბიოდანადგარები წარმოადგენს საკმაოდ მარტივ ბეტონის კონსტრუქციას, დახურულს ლითონის ზარხუფით (სურ. 3). ტიხრის ქვედა ნაწილში დატოვებულია ნახვრეტი ფართობით 0,5მ². კონსტრუქციის ორივე მხრიდან მიერთებულია მილი. პირველი – ბიოდანადგარში საქონლის ექსკრემენტების მისაწოდებლად, მეორე - გადამუშავებული ნაკელის ბუნკერში მისაწოდებლად.



ნახ. 3. 12 მ³ ბიოღანაღგარი

- ა) ზოგადი ხედი იზომეტრიაში; ბ) სქემა: 1 - შემრევი; 2 - გამყოფი კედელი; 3 - ბიოღანაღგარის კედელი; 4 - გამყვანი მილი; 5 - შემრევის ღერძი; 6 - მიმწოდებელი მილი; 7 - ბიოღანაღგარის ძირი; 8 - ჰიდროჩამკეტე; 9 - ზარხუფი; 10 - ზარხუფის შემზღუდავი; 11 - შემზღუდავის ღერძი; 12 - მიმღები ბუნკერი; 13 - გადამუშავებული ნაკელის ბუნკერი.

კონსტრუქციული ელემენტების ზომების გათვალისწინებით ბიოგაზის დანაღგარის ზომები და მოცულობა შეიძლება მიღებული იყოს შემდეგი თანაფარდობის მიხედვით (ცხრ.4). დანაღგარის ირგვლივ სასურველია თიხის 150 – 200 მმ გარსაცმის (ფენის) მოწყობა.

ცხრილი 4. ბიოგაზის დანაღგარის საორიენტაციო ზომები

სიმაღლე, მ	შიდა რადიუსი, მ	გარე რადიუსი, მ	ბიოგაზის დანაღგარის მოცულობა, მ ³
2,1	1,15	1,45	4,6
2,3	1,46	1,76	8,0
2,42	1,70	1,99	12,0
2,46	1,94	2,24	16,0
2,72	2,43	2,73	30,0

მოყვანილი რეკომენდაციების და მონაცემების მიხედვით კერძო პირს შეუძლია დამოუკიდებლად აავსოს ბიოგაზის დანაღგარი მსხვილი რქოსანი პირუტყვის (ან სხვა საქონლის) რაოდენობის მიხედვით და მიიღოს როგორც ბიოგაზი ასევე მაღალი ხარისხის ორგანული სასუქი.

ლიტერატურა

1. Биогазовая установка своими руками. Интернет мифы и сельская реальность. <http://econet.ru/articles/132683-biogazovaya-ustanovka-svoimi-rukami-internet-mify-i-selskaya-realnost>.
2. Альтернативный источник экологически чистой энергии - биогаз. <http://www.myshared.ru/slide/1015785>.
3. Температурные режимы обработки отходов при получении биотоплива https://nomitech.ru/articles-and-blog/temperaturnye_rezhimy_obrabotki_otkhodov_pri_poluchenii_biotopliva/.
4. თანამედროვე სასოფლო-სამეურნეო ტექნოლოგიები აჭარის მაღალმთიანეთში. აშშ საელჩოს საქართველოში გრანტის მასალები 25.09.2009 – 24.09.2010 წწ.
5. Брюханов А.Ю., Шалавина Е.В., Васильев Э.В. Методика укрупненной оценки суточного и годового выхода навоза/помета. //Молочнохозяйственный вестник, №1 (13), 2014, сс. 78-84.
6. Нормы технологического проектирования ситем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. НТП 17-99*. Министерство сельского хозяйства РФ. Москва, 2001.

SUMMARY

BIOGAS PLANTS DESIGNED FOR INDIVIDUAL FARMS

Megrelishvili Z.N., Loria M.D., Chkhaidze D.T., Gobadze L.N. and Khutsishvili B.G.

Shota Rustaveli State University, Batumi

The paper deals with biogas plants for application on farming economies. It is possible to produce a high-quality organic fertilizer along with biogas. The fertilizer can also be used on individual farms. There are given recommendations on building of individual biogas plants.

Keywords: biogas, biogas plant, farm.

ალაზნის ველის ნიადაგების და ხელოვნური წყალსაცავების ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება

ბაქრაძე ე.მ, შავლიაშვილი ლ.უ., კუჭავა გ.პ., ხმიადაშვილი ს.ა.

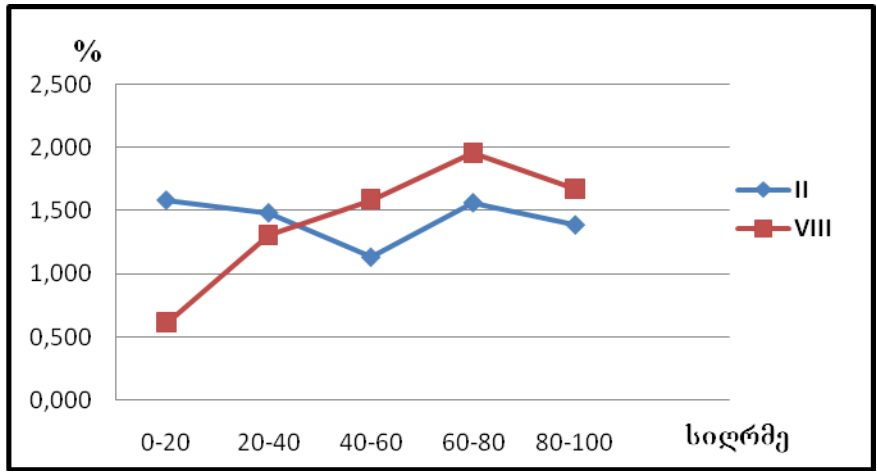
საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს
გარემოსეროვნული სააგენტო
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

თანამედროვე მსოფლიოში შეზღუდული რესურსების, კერძოდ კი, საკვები რესურსების შემცირების პრობლემა სულ უფრო მწვავედება. პირველ რიგში ეს ეხება მიწას და განსაკუთრებით სოფლის მეურნეობის სავარგულებს, რადგან ეს უკანასკნელი, ანთროპოგენული ზემოქმედების გამო სულ უფრო მცირდება. თანაც ეს ხდება პლანეტის მოსახლეობის სწრაფი ზრდის ფონზე. ანალოგიური მდგომარეობაა საქართველოში, კახეთის რეგიონში, ალაზნის ველის დამლაშებულ და ბიცობიან ნიადაგებზე, რომლებიც დეგრადირებული ნიადაგების ერთ-ერთი გამოხატულებაა, სადაც განთავსებულია ხელოვნური წყალსაცავების ჭარბი რაოდენობა.

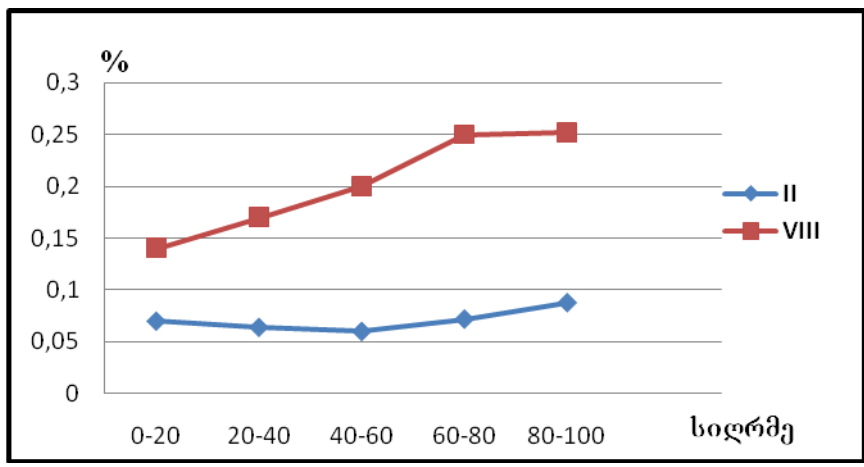
თანამედროვე მსოფლიოში შეზღუდული რესურსების, კერძოდ კი, საკვები რესურსების შემცირების პრობლემა სულ უფრო მწვავედება. პირველ რიგში ეს ეხება მიწას და განსაკუთრებით სოფლის მეურნეობის სავარგულებს, რადგან ეს უკანასკნელი, ანთროპოგენული ზემოქმედების გამო სულ უფრო მცირდება. თანაც ეს ხდება პლანეტის მოსახლეობის სწრაფი ზრდის ფონზე. ანალოგიური მდგომარეობაა საქართველოში, კახეთის რეგიონში, ალაზნის ველის დამლაშებულ და ბიცობიან ნიადაგებზე, რომლებიც დეგრადირებული ნიადაგების ერთ-ერთი გამოხატულებაა, სადაც მიუხედავად მოსახლეობისათვის კეთილსასურველი ეფექტისა (თევზის მოშენება სარეალიზაციოდ, რაც იწვევს მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობის გაუმჯობესებას) ხელოვნური წყალსაცავები უარყოფით ეფექტსაც იძლევა. ასეთ ეფექტა რიცხვს მიეკუთვნება სახნავი მიწების განადგურება, მათი დაჭაობება და სხვა. ხელოვნური წყალსაცავების ექსპლუატაციის პირობებში მოსალოდნელია დაჭაობების პროცესების გაძლიერება, ჰიდროლოგიური პროცესების გარდაქმნა და სხვა. მით უმეტეს ალაზნის ველის დამლაშებულ ნიადაგებზე, რომლებიც ხასიათდება მძიმე მექანიკური შედგენილობით. ამ ნიადაგების ცუდი წყალგამტარობა და გრუნტის წყლის სიახლოვე (1,5-3 მ) იწვევს ნიადაგის ჭარბტენიანობას [1], რის გამოც ისედაც დამლაშებული ნიადაგები გარდაიქმნებიან მლაშობებად და ჭაობებად. მათზე ხელოვნური წყალსაცავების დაშრობის (გაუქმების) შემდეგაც კი გართულებული იქნება მელიორაციული ღონისძიებების ჩატარება. ამრიგად, ისედაც მცირემიწიანი საქართველოსათვის კიდევ უფრო შემცირდება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები. განთავსებულია ხელოვნური წყალსაცავების ჭარბი რაოდენობა.

ჩვენი კვლევის მიზანს შეადგენს ალაზნის ველზე განთავსებული ხელოვნური წყალსაცავების ქიმიური და მიკრობიოლოგიური შედგენილობის კვლევა (ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქციის უზრუნველსაყოფად), აგრეთვე მათი მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგების ინტეგრირებული შესწავლა, რადგან იგი ერთ-ერთი გადაუდებელი ქმედებაა ანთროპოგენული არასასურველი მოქმედების შესარბილებლად და/ან აღსაკვეთად. ხელოვნური წყალსაცავები მარაგდება ქვემო ალაზნის სარწყავი არხის წყლით, რომელიც იკვებება მდ. ალაზნის წყლით. აქ მოშენებულია ბრტყელშუბლა, კარპი, ალაზნის ლოქო და სხვა ჯიშის თევზები. წყლის სინჯების აღება მოხდა 2016 წელს კვარტალში ერთხელ, რომელშიც განისაზღვრა ქიმიური [2] და მიკრობიოლოგიური კომპონენტები [3], ხოლო ნიადაგის ნიმუშებში - 6 თვეში ერთხელ, რომელშიც განისაზღვრა pH, მშრალი ნაშთი, შთანთქმული ფუძეები და სხვა [4]. კვლევები გაგრძელდება 2017 წელსაც. ნახ.1 და 2-ში მოყვანილია 2016 წ-ს სოფ. ძველი ანაგის და გურჯაანის ნიადაგების მარილიანობის (მშრალი ნაშთის) შედეგები ბალახის ქვეშ, რომელიც მდებარეობს ხელოვნური წყალსაცავების მიმდებარე ტერიტორიაზე 20 მ-ის დაცილებით. დაკვირვებები ტარდებოდა ზამთრისა

და ზაფხულის სეზონებში. როგორც ნახაზიდან ჩანს, სიღნაღის მუნიციპალიტეტის სოფ. ძველი ანაგის ნიადაგებში თებერვლის თვეში მშრალი ნაშთი მერყეობს 0,610-1,956 %-ის ფარგლებში. 0-20 სმ სიღრმეში მისი შემცველობა შეადგენს 0,610 %-ს და მაქსიმუმს აღწევს 60-80 სმ სიღრმეზე. ეს ნიადაგი ეკუთვნის საშუალოდ და სიღრმეში ძლიერ და მეტად ძლიერი დამლაშებული ნიადაგების კატეგორიას, ხოლო გურჯაანის მუნიციპალიტეტის სოფ. ახაშნის ნიადაგებში მშრალი ნაშთი მერყეობს 0,060-0,088 %-მდე. ნიადაგი, რომლის მშრალი ნაშთი ნაკლებია 0,3 %-ზე ეკუთვნის დაუმლაშებელი ნიადაგების კატეგორიას, რასაც მიეკუთვნება ჩვენი საკვლევი გურჯაანის ნიადაგები. როგორც ზაფხულის (აგვისტო) დაკვირვებიდან ჩანს, ძველი ანაგის ნიადაგებში აღინიშნება მშრალი ნაშთის მატება (0,610-1,956%). აგვისტოს თვეში კვლავ მოხდა მარილების ამოსვლა ნიადაგის პროფილში და მათი მაქსიმალური რაოდენობა შეადგენდა 1,956% 60-80 სმ სიღრმეზე. ამ პერიოდში მარილთა გადაადგილება აღინიშნება ნიადაგის ზედა ფენებში, რაც განპირობებულია ისეთი გაერთიანებული ფაქტორების მოქმედებით, როგორცაა ნიადაგის მაღალი ტენიანობა, ჰაერის ტემპერატურის აწევა, ნიადაგის გამოშრობა, ნალექების ინტენსიური აორთქლება ნიადაგის ზედაპირიდან.

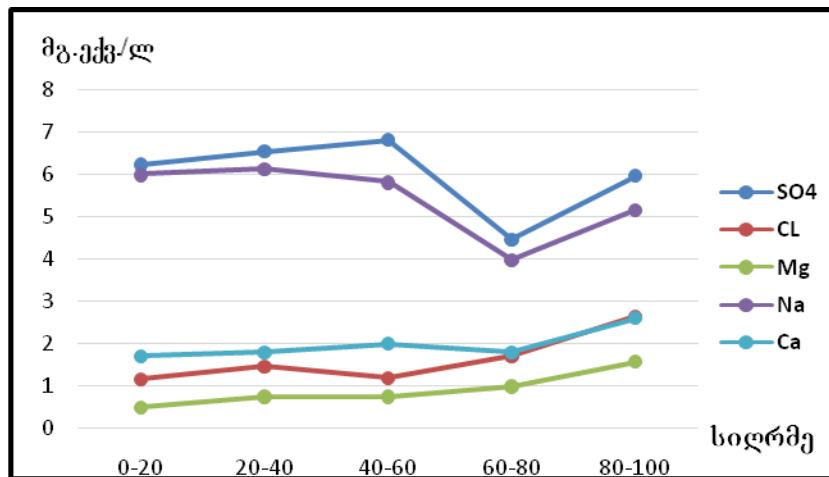


ნახ. 1. მშრალი ნაშთის შემცველობა, % (ძველი ანაგა, ბალახი), II, VIII 2016



ნახ. 2. მშრალი ნაშთის შემცველობა, % (გურჯაანი, ბალახი), II, VIII, X 2016

ამ ფაქტორებს ემატება გრუნტის წყლები, რომლებიც ახლოს მდებარეობენ ზედაპირიდან, რის შედეგადაც ხდება კაპილარულ-გრუნტული და ტენიანება, რომლის დროსაც ნიადაგში ადგილი აქვს ტენის აღმავალ დინებას. ამის გამო გვაღვიან და მშრალ პერიოდში ნიადაგ გრუნტის წყლის უშუალო აორთქლებას თან სდევს ნიადაგის ზედა ფენებში მარილების დაგროვება და დამლაშების პროცესის გაძლიერება. ანალიზებზე დაყრდნობით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ბუნებრივი ბალახის ნიადაგებისათვის დამახასიათებელია - ნიადაგში მარილების გადაადგილება და განაწილება. კლიმატური და ჰიდროგეოლოგიური ფაქტორების პირობებში პროფილის სხვადასხვა ნაწილებში ხდება მორიგეობითი დამლაშება და განმლაშება. ამავე დროს მარილების შემადგენლობა ძირითადად იცვლება 40-80 სმ-ის ფენაში. როგორც ნახ.3-დან ჩანს ანიონების მიხედვით ქლორის იონების შეფარდება სულფატებთან გაცილებით ნაკლებია და ბუნებრივი ბალახის ქვეშ დამლაშება ეკუთვნის სულფატური ტიპის დამლაშებას. ამ ტიპის ნიადაგებში დამლაშება გამოწვეულია კლიმატური ფაქტორების გავლენით, განსაკუთრებით ნალექებით და აორთქლებით, რადგან ამ ნიადაგების დამლაშება არ ექვემდებარება ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედებას (დამუშავება, მორწყვა და სხვ.).



ნახ. 3. იონების შემცველობა (ძველი ანაგა-ბალახი), 02.2016წ.

კათიონების მიხედვით დამლაშების ხარისხი შეიძლება განისაზღვროს როგორც ტუტე-ნატრიუმიანი, სადაც ნატრიუმის და კალციუმის იონები აღემატებიან მაგნიუმის იონებს. ნატრიუმის და კალციუმის იონები ამ ნიადაგებში არიან თანაბარი შეფარდებით, მაგრამ მათი გავრცელება პროფილში სხვადასხვანაირია: პროფილის ზედა პირველ მეტრში ჭარბობენ ნატრიუმის კათიონები, ხოლო პროფილის სიღრმეში კალციუმის კათიონები. რადგან ნატრიუმის სულფატი (Na_2SO_4) ეკუთვნის ძალიან ადვილად ხსნადი მარილების ჯგუფს, ხოლო კალციუმის სულფატი (CaSO_4) საშუალოდ ხსნად მარილების ჯგუფს. შესაბამისად, მიმდინარეობს ადვილად ხსნადი მარილების აწევა. ამრიგად, დამლაშებულ ნიადაგებში მორიგეობით მონაცვლეობით მიმდინარე დამლაშების და განმლაშების პროცესების დროს, ჭარბობს დამლაშების პროცესი, რადგან ნიადაგის ბუნებრივი გამორეცხვა არ წარმოებს, რასაც პირველ რიგში განაპირობებს მასივის ბუნებრივი არადრენირება. ცხრ.1-ში მოცემულია წყალსაცავებში ჩატარებული ანალიზის შედეგები.

ცხრილი 1. ალაზნის ველის წყალსაცავების ფიზიკურ-ქიმიური და ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები

	გაზომილი პარამეტრები	სიღნაღი, ძველი ანაგა					
		ახალი წყალსაცავი	ძველი წყალსაცავი	ახალი წყალსაცავი	ძველი წყალსაცავი	ახალი წყალსაცავი	ძველი წყალსაცავი
		თებერვალი		მაისი		ოქტომბერი	
1	ტემპერატურა, °C	6,2	6,3	12,4	12,3	11,8	11,5
2	სუნი, ბალი	0	0	0	0	0	0
3	გამჭირვალობა, სმ	11	10	9	7	9	10
4	pH	8,22	8,21	7,64	7,41	7,84	7,97
5	კარბონატი, მგ/ლ	3,0	3,3	-	-	-	-
6	ნახშირორჟანგი, მგ/ლ	-	-	2,0	2,7	1,58	1,23
7	ჰიდროკარბონატი, მგ/ლ	217,16	146,40	124,44	170,8	146,44	183,0
8	სიხისტე, მგქმ/ლ	3,92	4,22	2,47	4,20	3,77	5,04
9	ამონიუმი, მგN/ლ	0,562	0,684	0,569	0,685	0,342	0,677
10	კალციუმი, მგ/ლ	55,78	55,40	31,10	54,02	46,53	65,16
11	მაგნიუმი, მგ/ლ	13,78	17,69	11,22	18,27	17,57	21,75
12	ელექტროგამტარობა, $\mu\text{sms/cm}$	999	887	289	486	315	548
13	გახსნილიჟანგბადი, მგ/ლ	6,95	6,01				
14	ჟბმ5, მგ/ლ	4,25	5,75				
15	ნიტრატი, მგ/ლ	<0,001	<0,001	0,715	0,003	0,169	0,147
16	ნიტრიტი, მგ/ლ	0,003	0,006	0,424	0,006	0,008	0,329
17	ფოსფატი, მგ/ლ	0,063	0,020	0,160	0,022	0,485	0,194
18	ფტორი, მგ/ლ	0,107	0,133	0,138	0,192	0,140	0,155
19	სულფატები, მგ/ლ	396,26	606,59	75,18	237,40	80,62	153,47
20	ქლორიდები, მგ/ლ	41,95	40,83	5,82	37,33	7,14	53,31
21	ნატრიუმი, მგ/ლ	64,0	280,0	11,5	42,5	14,5	65,5
22	კალიუმი, მგ/ლ	2,6	4,5	0,9	2,2	1,0	2,0
23	მინერალიზაცია, მგ/ლ	791,55	1051,2	284,72	502,36	315,39	546,13
24	სპილენძი, მგ/ლ	0,0058	0,0044	0,0043	0,0048	0,0029	0,0031
25	ტყეია, მგ/ლ	0,0016	0,0036	0,0016	0,0012	0,0009	0,0019
26	ვერცხლი, მგ/ლ	0,0006	0,0006	0,0002	0,0002	0,0004	0,0018

როგორც ჩატარებული ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს წყალსაცავების pH მერყეობს 8,21 - 8,22-ს ფარგლებში, ე.ი. არის რეაქცია გადახრილია ტუტე მიმართულებით. წყლის pH განსაზღვრავს ჟანგვა-აღდგენით პოტენციალს და მასზეა დამოკიდებული წყლის თვითგაწმენდის უნარი. კათიონებიდან ჭარბობს Ca^{++} -ის, Mg^{++} -ის და Na^{+} -ის იონები ($\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^{+}$) რომლებიც შესაბამისად მერყეობენ: Ca^{++} - 55,40 - 55,78, Mg^{++} - 17,69 - 21,60, ხოლო Na^{+} - 18,5 - 42,5 მგ/ლ-ის ფარგლებში. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ კათიონების შემცველობა ზამთრის თვეებში (თებერვალი) მაღალია, რაც ჩვენი მოსაზრებით განპირობებულია იმით, რომ წლის ცივ პერიოდში ქვემოალაზნის არხის წყალი იკეტება და წყლის რაოდენობა წყალსაცავებში საგრძნობლად შემცირებულია. ანიონებიდან აღსანიშნავია ჰიდროკარბონატების შედარებით მაღალი შემცველობა 146,40 - 217,16 მგ/ლ-მდე. ქლორის იონების შემცველობა მერყეობს 40,83 - 41,95 მგ/ლ-ს ფარგლებში. მაღალია სულფატების შემცველობაც (396,26 - 606,59 მგ/ლ). შესაბამისად მაღალია მინერალიზაცია და შეადგენს 791,55 - 1051,2 მგ/ლ. ხელოვნური წყალსაცავების წყალი მიეკუთვნება ზომიერი მინერალიზაციის (500-1000 მგ/ლ)

მქონე წყლებს [5]. უნდა აღინიშნოს, რომ ახალი წყალსაცავის წყალს ცოტა უკლია რათა ის მივაკუთნოთ მაღალი მინერალიზაციის (>1000 მგ/ლ) მქონე წყლებს, ხოლო ძველი წყალსაცავის მინერალიზაცია აღემატება 1000 მგ/ლ-ს, ამიტომ ის შეიძლება მივაკუთნოთ მაღალი მინერალიზაციის მქონე წყალსაცავების კატეგორიას. ეს განპირობებულია იმით, რომ აღნიშნული წყალსაცავები განთავსებულია მლაშე ნიადაგებზე, სადაც გრუნტის წყლის მინერალიზაცია შეადგენს 5212 3 მგ/ლ და მეტსაც, შესაძლებელია მათი შედინება წყალსაცავის წყლებში.

მნიშვნელოვან კომპონენტებს წარმოადგენენ ბიოგენური ელემენტები (აზოტი, ფოსფორი), რომლებიც ასახავენ ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხს და არიან ანთროპოგენული დატვირთვის ინდიკატორები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მათი ცალკეული ფორმების (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}) შემცველობების კონტროლი წყალში, რომლებიც ასახავენ ისეთი პროცესების გაძლიერებას, როგორცაა ფეკალური დაბინძურება, ევტროფიკაცია, გამოწვეული კომუნალური და სასოფლო-სამეურნეო ჩამდინარე წყლების ჩაშვებით მდინარეში. მიღებული ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, რომ ხელოვნური წყალსაცავის წყლებში აზოტის მინერალური ფორმებიდან (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+) განსაკუთრებით გამოირჩევა ამონიუმის იონები (0,562 - 0,684 მგN/ლ), რომელთა შემცველობა თებერვლის თვეში აჭარბებს ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას. ნიტრიტების, ნიტრატების და ფოსფატების კონცენტრაციები არ აღემატება შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს. მძიმე ლითონების (Cu, Pb, Ag) შემცველობა ხელოვნური წყალსაცავების წყალში ნორმის ფარგლებშია. თევზები ადამიანთან და თბილსისხლიან ცხოველებთან შედარებით უფრო მეტად მგრძობიარენი არიან ტოქსიკური ნივთიერებების მიმართ. ლაყუნების საშუალებით მათ ორგანიზმში ხვდება უფრო მეტი ტოქსიკური ნივთიერება, ვიდრე ადამიანი ან თბილსისხლიანი ცხოველი დებულობს ჰაერიდან სუნთქვის დროს [6]. როგორც ცნობილია, დამლაშებულ ნიადაგებში დიდი რაოდენობით გვხვდება ტოქსიკური მარილები, როგორც ნიადაგში, ასევე გრუნტის წყლებში. ასეთებია: მარილმუცა და ნახშირმუცა ნატრიუმის მარილები - NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 , Na_2CO_3 , NaHCO_3 , Na_2SO_4 და MgSO_4 , რომელთა შორის ყველაზე მაღალი ტოქსიკურობა სოდას ასახაიანებს, ხოლო ყველაზე ნაკლები - სულფატებს. მათ შორის გარდამავალი ადგილი უკავიათ ქლორიდებს. ბუნებრივია, ეს ტოქსიკური მარილები ადვილად ხვდებიან ნიადაგიდან და გრუნტის წყლებიდან ხელოვნურ წყალსაცავებში და იწვევენ მათ დაბინძურებას, რაც მეტად ყურადსაღები ფაქტორია, როგორც ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქციის წარმოებისათვის, ასევე ეკონომიკური თვალსაზრისითაც [7]. ცხრ.2-ში მოცემულია ხელოვნური წყალსაცავების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები.

ცხრილი 2. ალაზნის ველის ხელოვნური წყალსაცავების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები, 02.2016

განსაზღვრული ინგრედიენტები	ერთეული	სიღნაღი, სოფ.ძველი ანაგა	
		ახალი წყალსაცავი	ძველი წყალსაცავი
ტოტალური კოლიფორმები	1 ღმ ³ -ში	8 000	9 000
1 ღმ ³ -ში	1 ღმ ³ -ში	5 000	7 000
ფეკალური სტრეპტოკოკები	1 ღმ ³ -ში	600	750

წყლის დაბინძურების შედეგად იცვლება როგორც მისი ფიზიკური თვისებები (ფერი, სუნი, სიმღვრივე), ასევე ქიმიური შედგენილობა (ორგანული, ბიოგენური ნივთიერებები, მძიმე ლითონები და სხვ.) და მიკროფლორა. წყლის ბაქტერიოლოგიურ

სისუფთავეს აფასებენ ნაწლავის ჩხირების (E-coli) რაოდენობით 1 ლ წყალში (კოლიინდექსი). კოლიინდექსის მაღალი მნიშვნელობა წყლის ფეკალური დაბინძურების მაჩვენებელია, რაც ჩვენი ჩატარებული ანალიზის შედეგებიდანაც ნათლად ჩანს (ზღვრულად დასაშვები რაოდენობა 5000 1დმ³-ში). ჩვენ მიერ მიღებული შედეგების საფუძველზე შემუშავებული რეკომენდაციები გადაეცემა შესწავლილი წყალსაცავების მეპატრონე ფერმერებს ქმედითი ღონისძიებების გასატარებლად, რაც ხელს შეუწყობს როგორც ეკოლოგურად სუფთა პროდუქციის წარმოებას, ისე თავიდან იქნება აცილებული სხვა ნეგატიური ქმედებები.

პროექტი ხორციელდება სსიპ - შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ხელშეწყობით, გრანტი N YS15_1.2.1.5._57.

ლიტერატურა

1. მ. საბაშვილი. ნიადაგმცოდნეობა. -თბილისი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1970, 354 გვ.
2. Фомин Г.С., Фомин А.Г. Вода. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. Справочник. -Москва, 2001.
3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. - Ленинград, Гидрометеиздат, 1983, 240 с.
4. Фомин Г.С. Фомин А.Г. Почва, контроль качества и экологические безопасности по международным стандартам. – Москва, ВНИИ, Стандарт, 2001, 300 с.
5. გ. სუპატაშვილი. გარემოს ქიმია. -თბილისი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2009, 186 გვ.
6. კ. ბილაშვილი, მ. ელიზბარაშვილი, ნ. წიგწივაძე. ზღვის ეკოლოგია. -თბილისი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2009, 238 გვ.
7. ლ. შავლიაშვილი, გ. კორძახია, ე. ელიზბარაშვილი, გ. კუჭავა, ნ. ტულუში. კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე ალაზნის ველის დამლაშებული ნიადაგების დეგრადაცია. - თბილისი, უნივერსალი, 2014, 182 გვ.

SUMMARY

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF SOIL AND ARTIFICIAL RESERVOIRS IN THE ALAZANI VALLEY

Bakradze E.M., Shavliashvili, L.U., Kuchava G.P. and Khmiadashvili S.A.

National Environmental Agency of the Ministry of Environment and National Resources Protection of Georgia

Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University

The paper deals with the assessment of the ecological state of artificial reservoirs, located on saline soil, and the soil of adjoining territories in the Alazani Valley, Georgia. The impact of saline soil and groundwater on the chemical composition of the water of artificial reservoirs was studied. It was revealed that the concentration of some elements was higher than maximum allowable concentrations, while the concentration of heavy metals (Cu, Pb, Ag, etc.) was within the permissible limits. Saline massif soils that are not subject to anthropogenic influence are affected by groundwater and undergo capillary moistening. The climate factor also plays an important role. The soil is subjected to alternating salination and desalination. The composition of salts generally varies in the upper half-meter soil profile. The process of salination prevails, because there does occur flushing of soil due to the fact that the massif has no natural draining.

Keywords: ecological state, artificial reservoir, saline soil, groundwater, salination, desalination.

სოფლის მეურნეობის პროდუქტებში ნიტრატების ბანსაზღვრის ახალი ანალიზური ხელსაწყო

იაშვილი ნ.გ., მახაშვილი ქ.ა., ტყემალაძე გ.შ., ქვარცხავა გ.რ., ფადიურაშვილი ვ.ნ., ჯონხარიძე ზ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სოფლის მეურნეობის პროდუქტთა ხარისხის კონტროლი თანამედროვეობის აქტუალური პრობლემაა. ერთ-ერთ ასპექტს წარმოადგენს პროდუქტებში ტოქსიკური ნიტრატული აზოტის დაგროვებისა და ადამიანზე მავნე ზემოქმედების შესწავლა. ჩვენი ამოცანა იყო, შეგვექმნა სოფლის მეურნეობის პროდუქტებში ნიტრატების განსაზღვრის ახალი ხელსაწყო.

ადამიანის ორგანიზმში ნიტრატების ძირითადი მასა ბოსტნეულის, ხილისა და კონსერვების საშუალებით, ნაწილი – სასმელ წყალთან, ხოლო უმნიშვნელო რაოდენობა – რძისა და პურ-ფუნთუშეული პროდუქტების სახით ხვდება. ნიტრატებს, მცირე რაოდენობით, ცხოველური საკვებიც (ხორცი, თევზი) შეიცავს.

ნიტრატების მავნებლობაზე ყურადღება გამახვილდა გასული საუკუნის 70-იან წლებში, როდესაც დაფიქსირდა საზამთროთი ადამიანთა მოწამვლის მრავალი შემთხვევა. ადამიანის ორგანიზმისათვის ნიტრატები, ზოგადად, უსაფრთხოა, მაგრამ პირის ღრუში მოხვედრისას ნიტრატები გარდაიქმნება ნიტრიტებად, რომლებიც ხელს უშლის ქსოვილთა სუნთქვას. ამ დროს მკვეთრად იზრდება ქოლესტეროლისა და რძის მჟავების შემცველობა. იმავდროულად მცირდება ცილების რაოდენობა. ნიტრატები აძლიერებს კუჭნაწლავის ტრაქტში ავთვისებიანი სიმსივნეების წარმოქმნას [1]. ზოგიერთ ბოსტნეულსა და ხილში ნიტრატების შემცველობა მოტანილია ცხრილში.

ზოგიერთ ბოსტნეულსა და ხილში ნიტრატების შემცველობა

№	პროდუქციის სახე	ნიტრატების შემცველობა, მგ/კგ	
		ღია გრუნტში	დახურულ გრუნტში
1	კარტოფილი	250	-
2	კომბოსტო (საადრეო)	900	-
3	კომბოსტო (საგვიანო)	500	-
4	სტაფილო (საადრეო)	400	-
5	სტაფილო (საგვიანო)	250	-
6	პომიდორი	150	300
7	კიტრი	150	400
8	ჭარხალი	1400	-
9	ხახვი (თავიანი)	80	-
10	ხახვი (მწვანე)	600	800
11	ფოთლოვანი ბოსტნეული (ისპანახი, ოსრახუმი, ნიახური, ქინძი, კამა და სხვ.)	2000	3000
12	ნესვი	90	-
13	საზამთრო	60	-
14	წიწაკა (ტკბილი)	200	400
15	ყაბაყი	400	400
16	ყურძენი (სუფრის)	60	-
17	ვაშლი	60	-
18	მსხალი	60	-

სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებში ნიტრატული აზოტის დაგროვება და ადამიანზე ზემოქმედება ერთ-ერთი აქტუალური და მწვავე პრობლემაა. ამ საკითხზე მუშაობს მსოფლიოს მთელი რიგი სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულება. მიუხედავად ამისა, პრობლემის გადაჭრის რადიკალური გზა ჯერ მონახული არ არის.

ნიტრატები აზოტმჟავას მარილებია, რომლებიც ბუნებაში გარკვეული რაოდენობით არსებობს და მცენარისათვის აუცილებელ საკვებს წარმოადგენს. ინტენსიურ-მა სოფლის მეურნეობამ გამოიწვია ნიადაგი და საჭირო გახდა ხელოვნური სასუქების შეტანა. თუმცა, ამ უკანასკნელთა მავნე მოქმედება სათანადოდ არ იყო შეფასე-

ბული. მცენარეები სხვადასხვა რაოდენობით აგროვებს ნიტრატებს – ბოსტნეული ბევრად მეტს, ვიდრე ხილი და მარცვლეული. როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს ბოსტნეულიდან ნიტრატების შემცველობით გამოირჩევა ჭარხალი, შემდეგ: კომბოსტო, სტაფილო, კარტოფილი და მწვანე ხახვი.

მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მონაცემებით, ნიტრატების მიღების დღიური ნორმა ადამიანის წონის ყოველ კილოგრამზე შეადგენს 5 მგ-ს. ახალშობილისათვის - 10 მგ მომწამვლელია, ხოლო ნიტრატების მცირე დოზაც კი მეტად საშიშია მეძუძური ქალებისთვის [2-4].

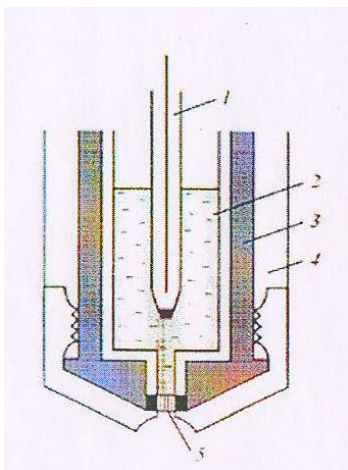
ეკოლოგიურად და ბიოლოგიურად სუფთა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების წარმოებისათვის აუცილებელია მწარმოებელს ჰქონდეს ზუსტი ინფორმაცია ნიადაგის მდგომარეობის, სარწყავი წყლის ხარისხის და მოყვანილ პროდუქტში მომწამვლავი ნივთიერებების არსებობის შესახებ. ნიტრატების დონე დამოკიდებულია ნიადაგის თვისებებსა და მინერალური კვების რეჟიმზე. ქიმიური სასუქების არარაციონალური, გაზრდილი და უპასუხისმგებლო გამოყენება იწვევს ნიტრატების შემცველობის ზრდას.

ნიტრატების შემცველობაზე უარყოფითად მოქმედებს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მოყვანისა და შენახვის აგრონომების დაუცველობა. ნიტრატებით განსაკუთრებით დასნეულებულია სათბურებში მოყვანილი ბოსტნეული და ხილი, ადრეული და დაუმწიფებელი მოსავალი.

აღნიშნულიდან გამომდინარე აუცილებელია, სოფლის მეურნეობის პროდუქტის მწარმოებელმა, ასევე მომხმარებელმა და მაკონტროლებელმა ორგანოებმა გარკვეული პერიოდულობით შეამოწმონ საკვები პროდუქტის ვარგისიანობა, ტოქსიკურობის დონის განსაზღვრის ტექნიკური საშუალებით.

ბოსტნეულსა და ხილში ნიტრატების შემცველობის განსაზღვრა მათი გარეგნული დათვალიერებით შეუძლებელია. ანალიზურ ქიმიში ცნობილია ნიტრატების (და ნიტრიტების) განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი [4,5]. ფართოდ გავრცელებულია პოტენციომეტრული მეთოდი, რომელიც ეფუძნება ნიტრატ სელექციური ელექტროდების გამოყენებას, რაც საშუალებას იძლევა სწრაფად და ზუსტად ჩატარდეს ანალიზები.

ნიტრატ სელექციური ელექტროდები მიეკუთვნებიან იონსელექციურ ელექტროდებს - თხევადი მემბრანით. განსაზღვრული ტიპის იონების მიმართ ასეთ მემბრანას შედწვეადობისა და მაღალი შერჩევითობის უნარი გააჩნია. ერთ-ერთი ტიპის სელექციური ელექტროდის კონსტრუქცია ნაჩვენებია ნახ. 1.

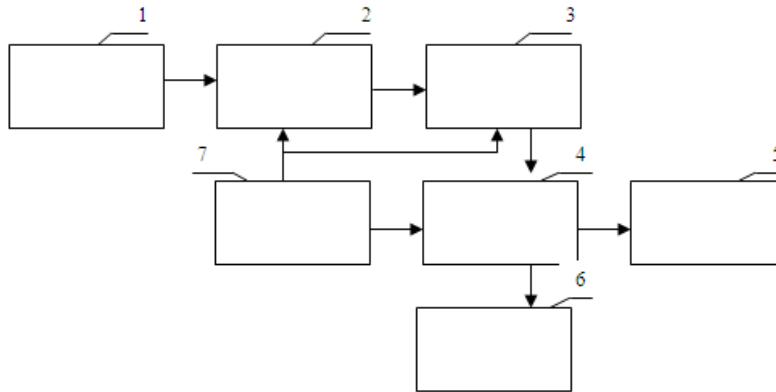


ნახ. 1. იონსელექციური ელექტროდის კონსტრუქცია
1.შედარების ელექტროდი; 2. საკვლევი სითხე; 3. იონგაცვლითი ხსნარი; 4. კორპუსი; 5. თხევადი მემბრანა

ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ნიტრატების რაოდენობის განსაზღვრის მიზნით შეიქმნა სხვადასხვა სახის ავტომატური ხელსაწყო. არსებობს ლაბორატორიული და საწარმოო დანიშნულების ნიტრატმომები. მომხმარებელს მიეწოდა საყოფაცოვრებო დანიშნულების მოწყობილობებიც. აღნიშნული აპარატურა ეფუძნება თანამედროვე ციფრულ ტექნოლოგიებსა და პროგრამირებად მიკროკონტროლერებს, ასეთი ხელსაწყოების გამოყენება არავითარ სიძნელეს არ წარმოადგენს,

ხოლო მათი გაბარიტული ზომები და წონა შესაძლებლობას იძლევა მომხმარებელმა ხელსაწყო თან იქონიოს [1,2,4].

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მეცნიერთა ჯგუფმა დაიწყო მუშაობა საყოფაცხოვრებო დანიშნულების პორტატული ნიტრატმზომის შექმნაზე. დამუშავებულია ხელსაწყოს სტრუქტურული და ფუნქციური სქემები. დამზადებულ იქნა ხელსაწყოს ორი სხვადასხვა საცდელი ნიმუში, რომლებიც გაივლის წინასწარ ლაბორატორიულ გამოცდებს. ნიტრატების განსაზღვრის ანალიზური ხელსაწყოს სტრუქტურის ზოგადი ბლოკ-სქემა ნახ.2-ზე.



ნახ.2. ნიტრატების განსაზღვრის ანალიზური ხელსაწყოს სტრუქტურის ბლოკ-სქემა

1. გადამწოდი (ზონდი); 2. მაძლიერებელი; 3. ანალოგ-ციფრული გარდამქმნელი (აცგ);
4. მიკროკონტროლიორი; 5. ინდიკაციის ტაბლო; 6. კომპიუტერთან კავშირის ინტერფეისი;
7. კვების ბლოკი.



ნახ. 3. ნიტრატების განსაზღვრის საცდელი ხელსაწყო

ნიტრატების განსაზღვრის ანალიტიკური, ჩვენ მიერ დამზადებული, ხელსაწყოს საცდელი ნიმუშის გარეგნული სახე მოცემულია ნახ. 3-ზე.

შემოთავაზებული ხელსაწყო განკუთვნილია არა მარტო სოფლის მეურნეობის პროდუქტებში ნიტრატების აღმოსაჩენად, არამედ სასმელ წყალსა და ნიადაგებში ნიტრატების კონცენტრაციის ექსპრეს ანალიზისათვის. სოფლის მეურნეობის პროდუქტებში ნიტრატების კონცენტრაციის განსაზღვრის დიაპაზონი 10-დან 999 მგ/კგ-ის ფარგლებში მერყეობს, ფარდობითი ცდომილება არ აღემატება 3%-ს. ხელსაწყოს კვება შესაძლებელია, როგორც ქსელიდან, ასევე აკუმულიატორის გამოყენებით.

ზოგადად, ხელსაწყო წარმოადგენს პლასტმასის პორტატულ კორპუსში განთავსებულ ელექტრონულ-გამზომ ბლოკს და პირველად გადამწოდს. ეს უკანასკნელი შესრულებულია მეტალის ელექტროდის – ზონდის სახით. იმისათვის, რომ განისაზღვროს ამა თუ იმ პროდუქტში ნიტრატების რაოდენობა, საკმარისია ხელსაწყოს ელექტროდი-ზონდი ჩავარჭოთ პროდუქტში და ხელსაწყოს ეკრანზე გამოისახება ნიტრატების კონცენტრაცია.

ხელსაწყოს საცდელ ნიმუშში წარმოდგენილია გამარტივებული სქემა, სადაც პროდუქტში ნიტრატების კონცენტრაცია არ გამოისახება ციფრებით, არამედ აინთება

ორი სხვადასხვა ფერის ნათურა (შუქდიოდი). მწვანე ფერის შუქდიოდი მიუთითებს, რომ პროდუქტში ნიტრატების რაოდენობა დასაშვებ ფარგლებშია, ხოლო წითელი ფერის ნათურა გვიჩვენებს, რომ ამ პროდუქტში ნიტრატების ჭარბი შემცველობაა, ე.ი. ნიტრატები დასაშვებ ნორმაზე მეტია.

ხელსაწყოს გამოცდის შედეგების გათვალისწინებით მოხდება ელექტრული სქემების კორექტირება და, შესაბამისად, ხელსაწყოს ახალი ეგზემპლარის დამზადება. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ხელსაწყოზე მუშაობისას გამოიკვეთა ნიტრატ-მზომის აგების სხვა მიდგომაც, რომელიც განხილული იქნება შემდეგში.

ლიტერატურა

1. ნ. იაშვილი, ვ. ფადიურაშვილი, თ. ძაგანია. სოფლის მეურნეობის პროდუქტებში ნიტრატების განსაზღვრის ხელსაწყოს დამუშავება და დამზადება. /სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტების საერთაშორისო წარმოების თანამედროვე ტექნოლოგიები სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარებისათვის“, თბილისი. 2016, 28-30 სექტემბერი.
2. ზ. ჩაქსელიანი. სოფლის მეურნეობის პროდუქტებში ნიტრატების განსაზღვრის ხელსაწყოს დამუშავება და დამზადება. /სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტების საერთაშორისო წარმოების თანამედროვე ტექნოლოგიები სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარებისათვის“, თბილისი. 2016, 28-30 სექტემბერი.
3. Инструкция Нитратомера NUC-019-1. Москва, 2007.
4. Донченко О.В. Безопасность пищевой продукции. –М., Пищепромиздат, 2001
5. ГОСТ 8.626-2013. Приборы для определения содержания нитритов и нитратов в продуктах питания. Методы поверки. –М., Стандартинформ, 2014.

SUMMARY

ON THE DEVELOPMENT OF AN ANALYTICAL DEVICE FOR MEASURING NITRATES IN AGRICULTURAL PRODUCTS

Iashvili N.G., Makhashvili K.A., Tkemaladze G.Sh., Kvartskhava G.R., Padiurashvili V.N. and Jokharidze Z.G.

Georgian Technical University

The paper deals with the issues of development of an analytical device for measuring nitrates in agricultural products. The device is designed not only for detection of nitrates in agricultural products, but also for express analysis of the concentration of nitrates in potable water and soil. The measurement range is from 10 to 999 mg/kg; relative error – no more than 3%. Power supply: mains or battery.

Keywords: analytical device, nitrates, agricultural products, express water analysis.

ბინარული ხსნარების მულტიტალღური სპექტრული ანალიზის შედეგების
სისტემატიურ ცდომილებათა სიდიდზე ადითიურობისაგან შესაძლო გადახრის
ზეგავლენის შეფასება და პროგნოზირება

მახვილაძე მ.გ., ჯინჭარაძე დ.გ., ამაშუკელი ნ.ზ., კარგარეთელი გ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბინარული, ანუ ორი საკვლევი კომპონენტის შემცველი ხსნარების მულტიტალღური სპექტრული ანალიზის შედეგებში შესაძლოა აღინიშნოს მეტ-ნაკლებად მნიშვნელოვანი სიდიდის მქონე სისტემატიური ცდომილებების არსებობა. ამის მიზეზს წარმოადგენს ზოგიერთი ნარევის შუქშთანთქმის არაადითიურობა. ადითიურობისაგან გადახრის (აგ) სიდიდე (ΔD) პირველ რიგში დამოკიდებულია ანალიზის ჩატარების პირობებზე და აქ მთავარია ტალღების ანალიზური სიგრძეების (ტან) ის დიაპაზონი, რომელიც გამოიყენება ოპტიკური სიმკვრივის გასაზომად.

ჩვეულებრივ აგ-ს, ანუ $D_{\Sigma} \neq \sum D$ უტოლობის მიზეზად მიაჩნიათ ფოტომეტრიული გაზომვების შემთხვევითი ცდომილებები. ამავდროულად ცნობილია, რომ ΔD -ს მნიშვნელობები, ხშირ შემთხვევაში სტატისტიკურად ნიშნადია და ხასიათდება საკმაოდ მაღალი აღწარმადობით, რაც სისტემატიური ცდომილებების ხელწერაა. ნებისმიერ შემთხვევაში, რა მიზეზიც არ უნდა ჰქონდეს ამდგვარი გადახრების წარმოქმნას, შესაბამისი ნარევის ანალიზის დროს მულტიტალღური სპექტრული ანალიზის გამოყენებისას გარდაუვალია ანალიზის შედეგების გარკვეული უზუსტობა [1-5].

კვლევის ფარგლებში შესწავლილ იქნა დამოკიდებულება ადითიურობისაგან გადახრების სიდიდეთა და მათ მიერ გამოწვეული ანალიზის შედეგების აბსოლუტურ (ΔC) და ფარდობით (δC) ცდომილებათა შორის. აგრეთვე, შექმნილი მათემატიკური მოდელის მეშვეობით განხორციელდა ამ ცდომილებათა სიდიდის პროგნოზირება, ანალიზის კონკრეტული მეთოდის, სიხუსტისადმი წაყენებულ მოთხოვნებთან შესაბამისობის შესაფასებლად.

ბინარული ნარევის მულტიტალღური ფოტომეტრიული ანალიზის შედეგების დამუშავება პირველ რიგში ტარდება წრფივი განტოლებების სისტემის ამოხსნით:

$$\begin{cases} D_1 = \varepsilon_1^M \cdot h \cdot C_M + \varepsilon_1^N \cdot h \cdot C_N \\ D_2 = \varepsilon_2^M \cdot h \cdot C_M + \varepsilon_2^N \cdot h \cdot C_N \end{cases} \quad (1)$$

აქ და შემდგომში $\varepsilon_1^M, \varepsilon_2^M, \varepsilon_1^N, \varepsilon_2^N$ - M და N ნივთიერებების შთანთქმის მოლური კოეფიციენტებია, შესაბამისად λ_1 და λ_2 (ნმ) ტალღების სიგრძეებზე, C_M და C_N - ნარევი M და N კომპონენტების მოლური კონცენტრაციები (მოლი/ლ), h - მშთანთქავი ფენის სისქე, D_1 და D_2 ნარევის ოპტიკური სიმკვრივეები, შესაბამისად λ_1 და λ_2 ტალღების სიგრძეებზე. განტოლებათა სისტემის ამოხსნა კრამერის მეთოდით ზოგადი სახით იძლევა [6,7]:

$$C_M = \frac{(\varepsilon_1^N \cdot D_2 - \varepsilon_2^N \cdot D_1)}{\det} \quad (2)$$

$$C_N = \frac{(\varepsilon_2^M \cdot D_1 - \varepsilon_1^M \cdot D_2)}{\det} \quad (3)$$

სადაც $\det = h \cdot (\varepsilon_2^M \varepsilon_1^N - \varepsilon_1^M \varepsilon_2^N)$ - მატრიცის მსახდვრელია (შეკვეცის შემდეგ) და კონკრეტული ექსპერიმენტისათვის (ტალღათა სიგრძეების კონკრეტული წყვილისათვის)

მუდმივას წარმოადგენს; აღსანიშნავია, რომ შთანთქმის მოლური კოეფიციენტების ნუმერაცია შეირჩა ისე, რომ შესრულებულიყო პირობა $\det > 0$, ანუ $\varepsilon_2^M \varepsilon_1^N > \varepsilon_1^M \varepsilon_2^N$.

არაადიტიურობის შემთხვევაში, შუქშთანთქმის გაზომილი შედეგები ($D_1^{ad} = D_1 + \Delta D_1$) და ($D_2^{ad} = D_2 + \Delta D_2$) იძლევა საკვლევ კონცენტრაციათა არასწორ მონაცემებს C_M^{ad} და C_N^{ad} ($C_M^{ad} = C_M + \Delta C_M$ და $C_N^{ad} = C_N + \Delta C_N$). ცხადია, რომ სისტემატიურ ცდომილებებს ΔC_M და ΔC_N შეიძლება ჰქონდეთ როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი მნიშვნელობები.

ზოგადად, არაადიტიური ნარევის შუქშთანთქმა შეიძლება აღიწეროს განტოლებათა შემდეგი სისტემით:

$$\begin{cases} D_1^{ad} = \varepsilon_1^M \cdot h \cdot C_M^{ad} + \varepsilon_1^N \cdot h \cdot C_N^{ad} \\ D_2^{ad} = \varepsilon_2^M \cdot h \cdot C_M^{ad} + \varepsilon_2^N \cdot h \cdot C_N^{ad} \end{cases} \quad (4)$$

ამ განტოლებათა სისტემის ამოხსნა კრამერის მეთოდით იძლევა ნარევი M და N კომპონენტების კონცენტრაციების შემდეგ სიდიდეებს:

$$C_M^{ad} = \frac{(\varepsilon_1^N \cdot D_2^{ad} - \varepsilon_2^N \cdot D_1^{ad})}{\det} \quad (5)$$

$$C_N^{ad} = \frac{(\varepsilon_2^M \cdot D_1^{ad} - \varepsilon_1^M \cdot D_2^{ad})}{\det} \quad (6)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $\Delta C_M = C_M^{ad} - C_M$ და $\Delta C_N = C_N^{ad} - C_N$, მათში ჩავსვამთ შესაბამისად (2), (5) და (3), (6) განტოლებათა მნიშვნელობებს, შევძლებთ საბოლოოდ გამოვსახოთ ანალიზის აბსოლუტური ცდომილებების სიდიდეთა დამოკიდებულება ადიტიურობისაგან გადახრების სიდიდეზე:

$$\Delta C_M = \frac{(\varepsilon_1^N \cdot \Delta D_2 - \varepsilon_2^N \cdot \Delta D_1)}{\det} \quad (7)$$

$$\Delta C_N = \frac{(\varepsilon_1^M \cdot \Delta D_1 - \varepsilon_2^M \cdot \Delta D_2)}{\det} \quad (8)$$

გამოყვანილი ფორმულებიდან გამომდინარეობს:

1) იმ შემთხვევებშიც კი, როდესაც ადიტიურობისაგან გადახრა აღინიშნება მხოლოდ ერთ ტას შემთხვევაში, სისტემატიური ცდომილებები ექნება ორივე კომპონენტის ანალიზის შედეგებს.

2) ანალიზის ცდომილებები იქნება უფრო დიდი (მოდულის მიხედვით), თუ გადახრებს სხვადასხვა ტას-ის დროს აქვთ სხვადასხვა ნიშნები.

3) ΔD -ს უცვლელი სიდიდის შემთხვევაში, ანალიზის აბსოლუტური ცდომილებები ΔC_M და ΔC_N იქნება მით უფრო დიდი (მოდულით), რაც უფრო მცირეა მუდმივა $\det(h \cdot (\varepsilon_2^M \varepsilon_1^N - \varepsilon_1^M \varepsilon_2^N))$.

წარმოდგენილი დასკვნები სრულ თანხვედრაშია ლიტერატურაში განხილულ, ტას შერჩევის თეორიულ რეკომენდაციებთან [8], თუმცა აღნიშნულ ლიტერატურაში რეკომენდაციების მათემატიკური დასაბუთება მოყვანილი არ ყოფილა და სავარაუდოდ მოპოვებული იყო ემპირიულად.

რადგანაც ზოგადად, ქიმიური ანალიზის შედეგების სიზუსტის მიმართ მოთხოვნებს გამოხატავენ ცდომილებების ფარდობითი (და არა აბსოლუტური) ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობების სახით, შესაძლოა (7), (8) განტოლებების გარდაქმნა და საანალიზო კომპონენტების კონცენტრაციათა ფარდობითი სიდიდეების გამოსახვა შემდეგნაირად:

$$\delta C_x = \frac{\delta A_2 \cdot A_2 \cdot b_1 - \delta A_1 \cdot A_1 \cdot b_2}{b_1 \cdot A_2 - b_2 \cdot A_1} \quad (9)$$

$$\delta C_y = \frac{\delta A_1 \cdot A_1 \cdot a_2 - \delta A_2 \cdot A_2 \cdot a_1}{a_2 \cdot A_1 - a_1 \cdot A_2} \quad (10)$$

განტოლებები (9) და (10) იძლევა სრულ შესაძლებლობას განხორციელებს კონკრეტული ბინარული სისტემის, კონკრეტულ λ_1 და λ_2 ტალღების სიგრძეებზე ადიტიურობისაგან გადახრების შედეგად გამოწვეული ფარდობითი სისტემატიური ცდომილებების სიდიდეთა შეფასება. ხოლო აქედან გამომდინარე, დადგინდეს კონკრეტული მეთოდის შესაბამისობა ქიმიური ანალიზის შედეგების სიზუსტის მოთხოვნებისადმი.

ლიტერატურა

1. Антонова Т.В., Вершинин В.И., Дедков Ю.М. Трифенилметановые красители как аналитические реагенты для фотометрического определения полимерных флокулянтов. //Журнал аналит. химии, 2005, Т.60, №3, сс. 278-283.
2. Антонова Т.В., Вершинин В.И., Дедков Ю.М. Влияние катионов металлов на определение полимерных флокулянтов с применением трифенилметановых красителей. //Журнал аналит. химии, 2006, Т.61, №5, сс. 506-509.
3. Сергеев А.Г. Крохин В.В. Метрология. -М.: Логос, 2001, 407с.
4. Гудым В.К., Воробьева Г.А. Теоретическая оценка точности спектрофотометрического анализа многокомпонентных смесей. // Заводск. лаборатория, 1972, №7, сс.778-781.
5. Пилипенко А.Т., Савранский Л.И., Масько А.Н. Уточнение выбора аналитических длин волн методами планирования эксперимента при фотометрическом анализе многокомпонентных систем //Журнал аналит. химии, 1985, Т.40, №2, сс. 232 - 236.
6. http://mathprofi.net/linear_equations/cramer (xelmisawvdomia 05.05.2017).
7. Joan Lambert, MOS 2010 Study Guide for Microsoft Word, Excel, PowerPoint, and Outlook, Microsoft press, 2013, 736 pages.
8. Берштейн И.Я., Каминский Ю.А. Спектрофотометрический анализ в органической химии. -Л., Химия, 1986, 200с.

SUMMARY

ESTIMATION AND PREDICTION OF THE IMPACT OF POSSIBLE ADDITIVITY DEVIATION ON THE VALUE OF SYSTEMATIC ERRORS IN THE MULTI-WAVE SPECTRAL ANALYSIS OF BINARY MIXTURES

Makhviladze M.G., Jincharadze D.G., Amashukeli N.Z. and Kargareli G.T.

Georgian Technical University

The research is related to the impact of nonadditivity of binary mixtures on the results of multiwave spectral analysis. The derived formulas provide optimal selection of analytical wavelengths and can be used for prediction of absolute and relative systematic errors based on the value of molar absorption coefficients of mixture components.

Keywords: multiwave spectrometry, binary, additivity mixtures, systematic errors.

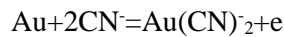
ოქროშემცველი მედეგი სულფიდური მადნების ფლოტაციის კულების
ბაღამუშავებისას ბიო- და ელექტროქიმიური გამოტუტვის მეთოდების
გამოყენების პერსპექტივები

ლომიძე ნ.ნ., არაბიძე ზ.დ., კაკულია ჯ.გ., კანდელაკი მ.შ.

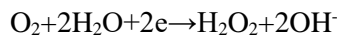
სსიპ თსუ კავკასიის ალექსანდრე თვალჭრელიძის მინერალური
ნედლეულის ინსტიტუტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ოქროს ამოღება მედეგი სულფიდური მადნებიდან საკმაოდ რთულად მიმდინარეობს, რადგანაც ასეთი ტიპის მადნებში ოქრო წვრილდისპერსიული სახით ინკაფსულირებულია სულფიდურ მინერალებში, განსაკუთრებით პირიტში.

დღემდე ოქროს ამოსაღებად მადნებიდან იყენებენ ტუტე ლითონების ციანიდებს. ციანიდებით ოქროს გახსნას საფუძვლად უდევს ელექტროქიმიური მექანიზმი, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში, ოქროს და პირიტის ურთიერთშეზრდილ ნაწილაკებს შორის წარმოიქმნება ელექტროტენციალთა სხვაობა – ოქროს ზედაპირზე წარმოიქმნება ანოდური უბანი, სადაც წარმოებს ოქროს გახსნა შემდეგი რეაქციით:



ხოლო კათოდურ უბანს წარმოადგენს პირიტის ზედაპირის უბანი, რომელზეც ხდება ხსნარში გახსნილი ჟანგბადის აღდგენა



ამ ელექტროქიმიური რეაქციების ინტენსიურობას განსაზღვრავს CN^- იონების შეღწევის სიჩქარე ოქროს ზედაპირზე. ამისათვის აუცილებელია, რომ პირიტში ჩაწინწკლული ოქროს ზედაპირის ნაწილი მაინც გაშიშვლებული იყოს, რათა მოხდეს გამხსნელთან მისი უშუალო კონტაქტი [1-3]. ციანიდების წინ სულფიდების დესტრუქციის მიზნით პრაქტიკაში გამოიყენებენ სხვადასხვა დამჟანგველ პროცესებს: დამჟანგველი გამოწვა, გამოტუტვა მაღალი წნევის და ტემპერატურის პირობებში (ავტოკლავეური გამოტუტვა), ბაქტერიული დაჟანგვა-გამოტუტვა, ელექტროგამოტუტვა და სხვ. [4,5].

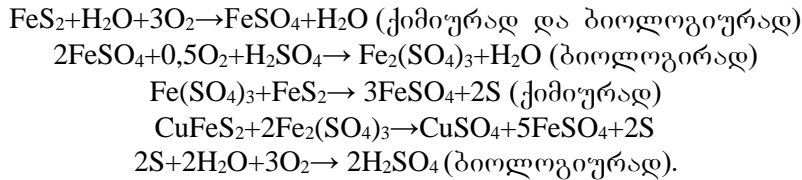
პერსპექტიული და ეკოლოგიურად გამართლებულია ბიოდაჟანგვის და ელექტროქიმიური პროცესების გამოყენება ამ მიზნისათვის, რადგანაც ისინი გამორიცხავენ გარემოს დაბინძურებას მავნე აირებით [2,5].

კვლევების მიზანს წარმოადგენდა მადნეულის სპილენძ-კოლჩედანური მადნების ფლოტაციის კულებიდან მასში არსებული ოქროს და სპილენძის ამოღება.

ამ მიზნით ციანიდების პროცესის წინ სულფიდების დესტრუქციისათვის გამოვიყენეთ ორივე მეთოდი ცალ-ცალკე.

ბიოდაჟანგვა (ბაქტერიული გამოტუტვა) გულისხმობს მეტალების დაჩქარებული გამოტუტვის პროცესს მადნებიდან ბაქტერიების აქტივობის მეშვეობით, რომელსაც საფუძვლად უდევს ბაქტერიებით პირიტის და სხვა სულფიდების დაჟანგვისას წარმოქმნილი სამვალენტო რკინის სულფატის $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -ის, როგორც ძლიერი დამჟანგველის ურთიერთქმედება ლითონთა სულფიდებთან.

სულფიდების დაჟანგვის პროცესი პირიტის თანაობისას თიობაქტერიების - *A.thiobacillusferrooxidans* და *A.thiobacillusthiooxidans* მონაწილეობით შეიძლება გამოსახული იქნას შემდეგი რეაქციებით:



დადგენილია, რომ ბიოდაჟანგვის შედეგად მიღებული $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ უფრო ძლიერი დამჟანგველია, ვიდრე ქიმიური რეაქტივის $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -ის ხსნარი [2-5].

pH და Eh კოორდინატებში აკებული პურბეს დიაგრამის გამოყენებით შესაძლებელია პირიტის დესტრუქციის თეორიული გზების დასახვა. პირიტის სუსპენზიის ელექტროლიტური დამუშავებით ტუტე ალდგენით გარემოში მიიღება სულფიდის დაშლის პროდუქტი რკინის ჰიდროქსიდი, მაგნეტიტი, ჰემატიტი (მყარ მდგომარეობაში) და სულფატები (ხსნარში).

სულფიდების ელექტროქიმიური დამუშავება შესაძლებელია სულფიდების სუსპენზიაში ნატრიუმის ქლორიდის დამატებით. სამთამადნო მრეწველობაში ელექტროქიმიური პროცესების გამოყენებისათვის მრავალი კვლევაა ჩატარებული, თუმცა წარმოებაში მათი დანერგვის მასშტაბები მცირეა. ამ მეთოდის გამოყენებას მედეგი სულფიდური მადნების გადამუშავების პროცესში აქვს გარკვეული უპირატესობები ქიმიურ და თერმულ მეთოდებთან შედარებით. ცნობილია, რომ მადნების და კონცენტრატების ქიმიური გადამუშავებისას რეაგენტების ღირებულება შეადგენს დანახარჯების 20-25%-ს. ელექტროქიმიური გამოტუტვის ტექნოლოგიის გამოყენების პროცესში შესაძლებელია ნახშირი ელექტროლიტების რეგენერაცია და კვლავ პროცესში დაბრუნება. დადებითი მხარეა პროცესის მართვის სიმარტივე, ტექნოლოგიური ეფექტურობა და ეკოლოგიური სისუფთავე. ნაკლად შეიძლება ჩაითვალოს ელექტროენერჯის დიდი ხარჯი და დეფიციტური მასალების გამოყენების აუცილებლობა. ბიოლოგიური და ელექტროქიმიური ტექნოლოგიების გამოყენების გარეშე ძნელად გადასაწყვეტია მადნეულის ოქროშემცველი მედეგი სულფიდური მადნების გადამუშავების პრობლემა [6].

მსოფლიოში სამეცნიერო-ტექნიკურ ლიტერატურაში არსებული მონაცემების ანალიზის (რომელიც ეხებოდა მედეგი სულფიდური მადნების და კონცენტრატების მიკროორგანიზმებით დაჟანგვას) საფუძველზე შემუშავებული იქნა ექსპერიმენტის ჩატარების შემდეგი სქემა: კოლექტიური სულფიდური ფლოტაცია, ფლოტოკონცენტრატის ბაქტერიული დაჟანგვა-გამოტუტვა, ფლოტოკონცენტრატის ციანირება და ბაქტერიული ნარჩენების ციანირება. ფლოტაციით მიღებული იქნა შემდეგი შემადგენლობის კოლექტიური სულფიდური ფლოტოკონცენტრატი Cu-1,02%; Au-1,9 გ/ტ (საწყისი Cu-0,29%; Au-0,6 გ/ტ).

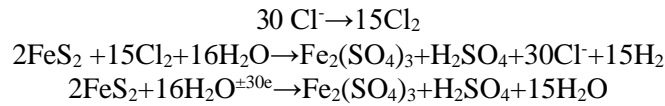
ბაქტერიული დაჟანგვა-გამოტუტვის პროცესის ჩატარების მიზნით აწყობილი იქნა ლაბორატორიული დანადგარი, რომელიც შედგებოდა 2 ლ ტევადობის მინის ცილინდრის, მიკროკომპრესორის; ელექტროსარეველას და თერმოსტატისაგან. ცდები ტარდებოდა მუდმივი მორევის, აერაციის და ტემპერატურის პირობებში. კვლევის პროცესში გამოყენებული იქნა მადნეულის კარიერის მუავე წყლებიდან გამოყოფილი თიობაქტერიების *A.thiobacillus ferrooxidans* და *A.thiobacillus thiooxidans* ბინარული კულტურის შტამი, რომელიც წინასწარ შეგუებული იქნა გამოსატუტ ობიექტთან მრავალჯერადი გადათესვის შედეგად. კულტივირებისას გამოყენებული იქნა საკვები არე 9K რკინის გარეშე. პროცესის კონტროლის და რეგულირების მიზნით ხდებოდა ხსნარის pH-ის, Eh-ის, ორვალენტიანი და სამვალენტიანი რკინის კონცენტრაციის, ბაქტერიის ტიტრის განსახლვრა. ცდების სერიის შედეგად დადგინდა პროცესის ოპტიმალური პარამეტრები: მყარის და თხევადის ფარდობა 1:5; $t^{\circ}\text{C}=28-30$; $\text{pH}=1,8-2$; $\text{Eh}=620-700$ მ.ვ.;

T=96 სთ; ნაწილაკების სისხო 80-85%, კლასი – 0,074 მმ; ბაქტერიული ტიტრი – 10^{-7} უჯ/მლ. სპილენძის კონცენტრაცია ხსნარში პროცესის დასრულების შემდეგ შეადგენს 1,73 გ/ლ, რაც კონცენტრატში არსებული სპილენძის 81,0% შეადგენს.

ბიოკეის ქიმიური ანალიზით ნაჩვენებები იქნა, რომ დაიჟანგა კონცენტრატში არსებული სულფიდების 72,5%.

აღნიშნული კონცენტრატის ნატრიუმის ქლორიდის არეში ელექტროქიმიური დაჟანგვის პროცესის შესწავლის მიზნით აწყობილი დანადგარი შედგებოდა დენის გამმართველი BC-5-ის, ორგანული მინისაგან დამზადებული 900 მლ მოცულობის ელექტროლიზიორის, ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრისაგან. ელექტროდებად შერჩეული იქნა 20x20 სმ ზომის გრაფიტის ფირფიტები. ელექტროდებს შორის მანძილი 40 მმ. სულფიდების სუსპენზიის მოცულობა 500 მლ, რომელშიც მყარი სულფიდური მასა 100 გ ტოლია. კვლევის პროცესში იცვლებოდა ანოდური და კათოდური დენის სიმკვრივე, ძაბვის სიდიდე, მყარის და თხევადის შეფარდება, ნატრიუმის ქლორიდის კონცენტრაცია, დამუშავების დრო.

სულფიდების ელექტროლიტური დაჟანგვა ნატრიუმის ქლორიდის არეში მიმდინარეობს შემდეგი რეაქციების თანახმად:



ანოდზე წარმოქმნილი ქლორი იხსნება ელექტროდთან არსებული შემჯავებული სითხის ვიწრო ფენაში, რკინის მარილების, გოგირდმჟავას წარმოქმნით. ქლორი ამ რეაქციებში აღდგება ქლორის იონადე Cl^- და კვლავ იჟანგება ანოდზე, ე.ი. წარმოებს დამჟანგველის უწყვეტი რეგენერაცია.

როგორც ცდების შედეგებმა გვიჩვენა, მუშა ელექტროდზე (ანოდი) დენის ოპტიმალური სიმკვრივეა 16 ამპ/დმ², ხოლო ნატრიუმის ქლორიდის კონცენტრაცია - 100 გ/ლ.

ნატრიუმის ქლორიდის ძლიერ მჟავა გარემოში ელექტროლიზის დროს ქლორი ძირითადად წარმოდგენილია მოლეკულური სახით. pH-ის გაზრდით ნეიტრალურ რეაქციამდე მატულობს ქლორის მჟავას კონცენტრაცია ამგვარ გარემოში არსებობს სამივე ნაერთი. მათი ჟანგვითი პოტენციალი საკმაოდ მაღალია: ქლორისთვის - 1,39 ვ; ქლოროვანმჟავასთვის - 1,5 ვ; ქლორის ჯავასთვის - 0,9 ვ [5].

ელექტროლიზის პროცესში დაჟანგული სულფიდების რაოდენობის შეფასებისათვის ხდებოდა ელექტროლიტის ხსნარში SO_4^{2-} იონების კონცენტრაციის განსაზღვრა ელექტროლიზის ხანგრძლივობის მიხედვით (ცხრ.1).

ცხრილი 1. SO_4^{2-} იონების კონცენტრაციის ცვლილება ხსნარში პირიტის ელექტროქიმიური დამუშავების დროის მიხედვით

ელექტროლიზის დრო (სთ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SO_4^{2-} კონცენტრ. გ/ლ	5,20	7,25	11,2	15,14	19,17	21,4	25,4	28,3	30,2	33,8

ოქროს ზედაპირის ნაწილობრივი გაშიშვლებისთვის საკმარისია სულფიდური მასის 10 - 15%-ის დაშლა. 3,5 - 4 სთ-ის შემდეგ ეს შედეგი დგება. ამ დროში ჰიდროციკლონის მეშვეობით ძირითადი მასისაგან გამოყოფილი ამორფული მასის რაოდენობამ შეადგინა 15 - 18%. სულფიდების დესტრუქციის იდენტური ხარისხი დადასტურებული იქნება რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის შედეგადაც. პროცესის დროს ხსნარში სპილენძის რაოდენობამ შეადგინა 1,75 გ/ლ, რაც შეადგენს გამოტუტული სპილენძის 71,00%.

უღიაფრაგმო ელექტროლიზორში წარმოებს ანოდთან შემჯავებული ხსნარის (ელექტროლიტის მიმდებარე ფენაში pH=1,5 - 2) და კათოდთან წარმოქმნილი ტუტე რეაქციის ხსნარის (pH=9 - 10) შრეების შერევა, რის გამოც ელექტროლიზიორის

ცენტრალურ ნაწილში ხსნარის მჟავიანობა 6,0 - 6,5-ის ტოლია. ამ გარემოში რკინა გადადის უხსნად ჰიდროქსიდებში. 4 სთ-იანი ელექტროქიმიურად დამუშავებული მყარი ფაზეს რენტგენოსტრუქტურული ანალიზიდან ჩანს პირიტის მასის 15% ამორფულია. ნაწილობრივ დაშლილი სულფიდური მასა მომზადებულია ციანირების პროცესისათვის.

1 ტ სულფიდური კონცენტრატის სრული დაშლისთვის საჭიროა 2000 - 2500 კვტ/სთ ელექტროენერგია. თუ ელექტროლიტურად დაიჟანგება სულფიდების 10 - 15%, მაშინ ელექტროენერგიის ხარჯი შემცირდება 300-375 კვტ/სთ-მდე. თუმცა ელექტროენერგიის უფრო ეფექტური გამოყენება შესაძლებელია კათოდური პროცესის მუშა პროცესად გადაქცევისგ ზით.

ბიოდაჟანგვა-გამოტუტვის და ელექტროქიმიური გამოტუტვის პროცესების ჩატარების შემდეგ ჩატარდა მყარი მასის ციანირება, ასევე ჩავატარეთ ციანირება და უჟანგავი კონცენტრატის თანაბარ პირობებში. ციანირების პროცესი ჩატარდა სტანდარტული მეთოდიკით ($C_{NaCN}=0,3$ გ/ლ; მყ:თხ=1:2; pH=10,5-11,5, CaO – 0,5 გ; დრო 24 სთ).

ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 2. საწყისი ფლოტოკონცენტრატის, ბიო- და ელექტროქიმიურად დაჟანგული ფლოტოკონცენტრატების ციანირების შედეგები

№	პროდუქტი	გამოსავალი, %	შემცველობა, Au %	ხსნარში გადასული Cu%
1	ოქროშემცველი ციანის ხსნარი	-	0,57	30,00
	ციანირების ნარჩენი	100,00	1,33	70,00
	ფლოტოკონცენტრატი	100,00	1,90	100,00
2	ოქროშემცველი ციანის ხსნარი	-	1,98	85,80
	ციანირების ნარჩენი	82,00	0,32	14,20
	ბაქტერიული გამოტუტვის კეკი	100,00	2,30	100,00
3	ოქროშემცველი ციანის ხსნარი	-	1,70	81,00
	ციანირების ნარჩენი	90,00	0,40	19,00
	ელექტროქიმიური გამოტუტვის კეკი	100,00	2,10	100,00

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ელექტროქიმიურად გამოტუტული ნარჩენიდან ციანირებით ხსნარში გადასული ოქროს რაოდენობა (79%) ნაკლებია ბაქტერიულად დაჟანგული ნარჩენის ციანირებისას ხსნარში გადასულ ოქროზე 85,8%. მაგრამ, თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ ამ დროს ხსნარში გადასული სპილენძის კონცენტრაცია (1,58 გ/ლ) ნაკლებია ბაქტერიული გამოტუტვის დროს ხსნარში გადასული სპილენძის რაოდენობაზე (1,73 გ/ლ). შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ელექტროქიმიური გამოტუტვის დრო – 4 სთ, არ არის საკმარისი და საჭიროა გამოტუტვის დროის გაზრდა. 5 სთ-იანი ელექტროქიმიური გამოტუტვის შემდეგ სპილენძის კონცენტრაციამ შეადგინა 1,81 გ/ლ ნარჩენის ციანირებით ხსნარში გადავიდა 84,4% ოქრო.

ამრიგად, ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მადნეულის სპილენძ-კოლჩედანური მადნების ფლოტაციის კუდების წინასწარი ბიო- ან ელექტროქიმიური დაჟანგვის მეთოდების გამოყენებით შესაძლებელია ოქროს და სპილენძის დამატებით ამოკრება.

ჩატარებული კვლევები საძიებო ხასიათისაა და მისი მასშტაბების გაფართოება საშუალებას მოგვცემს უფრო სრულყოფილად შევაფასოთ მედები სულფიდური მადნების გამდიდრების პროდუქტების გადამუშავების პროცესებში ბიო- და ელექტროქიმიური გამოტუტვის მეთოდების გამოყენების პერსპექტივები.

ლიტერატურა

1. Зеленев В.Н. Методика исследования золото- и серебросодержащих руд. -М., Недра, 1989.
2. Каравайко Г.Н. и др. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. -М., Наука, 1972.
3. Лодейщиков В.В. Извлечение золота из упорных руд и концентратов. -М., Наука, 1968.
4. Ласкорин Б.Н. и др. Гидрометаллургия золота. -М., Наука, 1980.
5. Чантурия В.А. Электрохимия сульфидов. Теория и практика флотаций. -М., Наука, 1993.
6. რ. კვატაშიძე, ნ. ლომიძე და სხვ. ოქროშემცველი მედეგი სულფიდური მადნების ბიო-ჰიდრომეტალურგიული გადამუშავება. //მეცნიერება და ტექნოლოგიები, 2012, № 1-3, გვ. 83-88.

SUMMARY

PROSPECTS FOR APPLICATION OF BIO- AND ELECTROCHEMICAL METHODS TO LEACHING OF FLOTATION TAILS OF GOLD-BEARING REFRACTORY SULFIDE ORES

Lomidze N.N., Arabidze Z.D., Kakulia J.V. and Kandelaki M.Sh.

Georgian Technical University

The collective sulfide concentrate obtained from stocked copper tails from the Madneuli deposit were processed by using bacterial chemical and electrochemical leaching methods. By a series of experiments, optimal parameters of the processes were established. Both bacterial chemical and electrochemical leaching led to effective decomposition of sulfide minerals. In the result, copper passed into solution (copper concentration in the solution made up 1.73 and 1.81 g/l, respectively), while residues were enriched with liberated gold and prepared for cyanidation. The concentration of gold passed into solution in the result of cyanidation of bioleaching residues made up of 85.8% and of electrochemical leaching – 84.4%, whereas the concentration of gold passed into solution from unoxidized concentrate made up 30.0%. This clearly indicates the efficiency of using the described methods.

Keywords: gold, bacterial chemical leaching, electrochemical leaching, thiobacteria, oxidation of sulfides, cyanidation.

ტყიბულ-შაორის საბადოს ნახშირების წვრილმარცვლოვანი შლამების
გამდიდრების და გაუწყლოების ზობიერთი საკითხი

აბშილაგა ა.გ., დოლიძე ნ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ტყიბულ-შაორის საბადოს ქვანახშირის მოპოვების და გადამუშავების პროცესში წარმოშობილი წვრილმარცვლოვანი მასალიდან სასაქონლო პროდუქციის მიღების პერსპექტივები. ამასთან მოცემულია აღნიშნული მასალიდან მიღებული პროდუქტების გაუწყლოების და დაბრიკეტების საკითხები, რომელიც საშუალებას იძლევა პროდუქტები გამოყენებული იქნას საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის. წვრილმარცვლოვანი ნახშირის მარაგების ათვისება დადებითად იმოქმედებს გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებაზე.

ტყიბულის მამდიდრებელი ფაბრიკიდან დღეს არსებული ტექნოლოგიის განხორციელებით წელიწადში მიიღება 15000 ტნ-მდე 0,15-0 მმ სისხოს წვრილმარცვლოვანი მასალა რაც ფაქტობრივად გამოუყენებელია. გარდა ამისა ქვანახშირის მოპოვების პროცესში წარმოშობილი წვრილმარცვლოვანი ნახშირის შლამების რაოდენობა რომელიც შემდგომ წყალსაცავში ჩაედინება რამდენიმე ათეულ მილიონ ტონას აღემატება. გარდა ამისა მამდიდრებელი ფაბრიკის საღებავებში ყოველწლიურად დაახლოებით 30000 ტნ-მდე შლამი იღეკება. ბუნებრივია ასეთი მასალისაგან სასაქონლო პროდუქციის მიღების შესაძლებლობა საწარმოს ეკონომიკას მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს და დადებითად იმოქმედებს რეგიონის ეკოლოგიურ გარემოზე. ამდენად წვრილმარცვლოვანი ნახშირის შემდგომი გამოყენების პერსპექტივა აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს [1,2].

აღნიშნული მიზნით ჩატარებული იქნა კვლევები, რომელიც ითვალისწინებს წვრილმარცვლოვანი შლამებიდან ენერგეტიკული მიზნებისათვის გამოსაყენებელი სასაქონლო პროდუქციის მიღებას. აგრეთვე სხვადასხვა პროცესიდან მიღებული შლამების გაუწყლოებას და დაბრიკეტებას მისი შემდგომი საყოფაცხოვრებო გამოყენებას მიზნით.

ცნობილია, რომ მაღალი ნაცრიანობის გამო წვრილმარცვლოვანი მასალის საწვავად გამოყენება მეტად პრობლემატურ საკითხს წარმოადგენს. ჩვენს მიერ განხილულია წამყვან ნახშირმომპოვებელ ქვეყნებში არსებული გამდიდრების თანამედროვე ტექნოლოგიების ანალიზი, რომელიც შესაძლებელს ხდის აღნიშნული მასალის ენერგეტიკული მიზნებისათვის გამოყენებას.

დღეისათვის ახალი სამომხმარებლო თვისებების მქონე პროდუქციად შეიძლება ჩაითვალოს დანატროფებული საწვავის წარმოება, რომელიც შესაძლებელია განხორციელდეს თერმობაბრიკეტებით და გრანულირებით.

ტყიბულ-შაორის ნახშირები მიეკუთვნება Γ და Δ ტიპის ნახშირებს, რომლებიც კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო საწვავად ნაკლებად ეფექტურად გამოიყენება, რადგან ხასიათდებიან შემდეგი მაჩვენებლებით:

- მაღალი ნაცრიანობა ($A^C=30\div 40\%$) და დაბალი წვის ტემპერატურით (4500-3500 კკალ/კგ);

- წვრილი მარცვლების შედარებით დიდი რაოდენობა (10-0 მმ) ამცირებს ნახშირის გამოყენების კოეფიციენტს მექანიკური არასრული წვის გამო.

საერთაშორისო და ჩვენს ქვეყანაში ჩატარებული კვლევები გვაძლევს საშუალებას, რათა წვრილ მარცვლოვანი ენერგეტიკული ნახშირების გადამუშავების ხარჯზე მივიღოთ უკუამლო (ან მცირეუკუამლიანი) საწვავი სხვადასხვა მეთოდებით.

ნახშირების გრანულირება.

გრანულირება ეს არის ფიზიკურ-ქიმიური და ფიზიკურ-მექანიკური პროცესების ერთობლიობა, რომელიც უზრუნველყოფს ნაწილაკების გარკვეული ფორმებს, ზომებს, სტრუქტურას, ფიზიკური თვისებების ჩამოყალიბებას. ძირითადი ფაქტორები რომლის წინასწარ უზრუნველყოფენ გრანულირების მექანიზმს. ესაა: შინაგანი

ხახუნი, ადგეზიური თვისება და მასალის დასველებადობა (დატენიანება). იმის გამო, რომ ჩამოყალიბების პროცესს თან ახლავს შედარებით მკვრივი სტრუქტურის შექმნა, ერთ-ერთ თვისებად ითვლება მისი შეკვრის უნარი და წნევის ზეგავლენით გარკვეული ფორმის მიღება რომელიც იქმნება გადაგორებით და ადგეზიური ძალების ზეგავლენით ნახშირის ნაწილაკებზე, გამოყენებული შემკვრელების მეშვეობით.

ჩვენ მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა გრანულირების მეთოდით ტყიბულის წვრილმარცვლოვანი ნახშირების კონდენციური საყოფაცხოვრებო საწვავის წარმოების პერსპექტიულობა.

კვლევებისას ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა ტყიბულის გამამდიდრებელი ფაბრიკის რიგით ნახშირი, რომლის ტენიანობა შეადგენს 7,1%; ნაცრიანობა 53,3%; აქროლადების გამოსავლიანობა 52 %.

შემკვრელად გამოყენებული იქნა ტექნიკური ლინგოსულფატის წყლიანი ხსნარი, რომელიც წარმოადგენს ცელულოზა-ქადალდის წარმოების პროდუქტს.

ტექნიკური ლინგოსულფატის სასაქონლო, პროდუქტი წარმოადგენს 53 % - წყლიან ხსნარს, სიმკვრივით 1,28% გრ/სმ³; ნაცრიანობა 15%; გოგირდის შემცველობა -6,5%; აქროლადების გამოსავლიანობა ცხელ მასაზე - 65 %, წვის ტემპერატურა 4420 კკალ/კგ.

გრანულირება ხორციელდება, ექსპერიმენტალურ თეფშისმაგვარ გრანულატორზე დიამეტრით 0,5 მ.

გრანულატორზე მიწოდების წინ რიგითი ნახშირი შრებოდა და ქუცმაცდებოდა 0-1 მმ სისხომდე. ქვემოთ მოცემულია დაქუცმაცებული ნახშირების ცხრილური მაჩვენებლები:

მარცვლების ზომები: მმ	+1,0	1-0,63	0,63-0,4	-0,4
გამოსავლიანობა	0,6	23,8	32,5	43,1

შესაბამისი ტენიანობის და სისხოს დამუშავებული ნახშირი მიეწოდებოდა ლაბორატორიულ თეფშურ გრანულიატორს, სადაც ნახშირთან ერთად ერთდროულად თანაბრად მიეწოდებოდა 12,5%-იანი ტექნიკური ლინგოსულფატი 70-80°C ტემპერატურით.

გრანულირების ტექნოლოგია ხასიათდებოდა შემდეგი პარამეტრებით:

გრანულატორის თეფშის დახრის კუთხე - 45°.

თეფშის ბრუნვის სიჩქარე - 12 ბრ/წთ.

მშრალი ტექნიკური ლინგოსულფონატის ხარჯის სიდიდე 3,5%.

მიღებულ გრანულებს უკეთდებოდათ ტექნიკური ანალიზი და მოწმდებოდა მექანიკურ სიმტკიცეზე.

სიღრმისეული კვლევის შედეგების მტკიცებისათვის მიღებულ გრანულებს ვამუშავებდით 700 ° C -ზე გახურებით, რომლის დროსაც გახურების წინ ღუმელში ვაბნევდით მდინარის ქვიშას. გახურების სიჩქარე შეადგენდა 30 წთ-ში.

ქვემოთ მოყვანილია სველი და თერმოდამუშავებული გრანულების ხარისხობრივი დახასიათება.

გრანულების სახეობები	ტენიანობა, %	ნაცრიანობა, %	აქროლადი ნივთიერებების გამოსავალი	გოგირდი, %	სიმკვრივე გრ/სმ ³	ფორიანობა, %	მექანიკური სიმტკიცე, კგ/გრანულები
„ნედლი“	14,0	48	52,0	2,3	1,4	2,8	3,5
თერმოდამუშავებით	-	59,0	24,0	1,8	1,52	5,9	2

ამრიგად, ცდების შედეგად დადგინდა იქნა, რომ ტყიბულის ნახშირების დანატროვნება ლაბორატორიულ გრანულიატორზე წარმოადგენს მექანიკურად მტკიცე და თერმოდგარ საყოფაცხოვრებო საწვავის მიღების საშუალებას.

თერმული დამუშავების შემდეგ გრანულები არიან წყალმდევი და იწვიან ნათელი უკვამლო ალით.

კონდიციური საწვავის მისაღებად აუცილებელია ნახშირების გამდიდრება რათა მიღებული იქნეს კონცენტრატი 15-20 % ნაცრიანობით.

რეკომენდირებული ტექნოლოგიური სქემა რომელიც ითვალისწინებს წინასწარ გამომშრალ და 0-1 მმ-მდე დაქუცმაცებული ნახშირის მიწოდებას გრანულირების მბრუნავ თევზზე ტექნიკური ლინგოსულფატის ხსნართან ერთად, რომლის დროსაც გრანულები იფორება ლინგოსულფატის ხსნართან ერთად, რომლის დროსაც გრანულები იფორება წყალ-მაზუთის ემულსიით წყალმდევობის გასაუმჯობესებლად. გამოირჩევა პროცესის მართვის სიმარტივით, მიიღება ოპტიმალური ზომის სფერული ფორმის გრანულები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჩალაგების მაღალ ხარისხს და ამავე დროს თანაბარი სტრუქტურით წვის დროს კარგად ატარებს გაზებს რაც აუცილებელია საწვავის წვის დროს.

ამრიგად, ტყიბულის წვრილი ფრაქციის ნახშირებისაგან მიღებული გრანულები საშუალებას მოგვცემს მოვახდინოთ საწვავის გაკეთილშობილება, რომელიც წარმატებით შეიძლება გამოყენებული იქნას კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო სექტორში. იგი საგრძნობლად გააუმჯობესებს მოხმარების სანიტარულ-ჰიგიენურ პირობებს და შეამცირებს მავნე გამონაბოლქვებს გარემოში.

საბოლოოდ შეიძლება დავასკვნათ, რომ ტყიბულ-შაორის საბადოს ქვანახშირის გადამუშავების ტექნოლოგია უფრო ეფექტურ უკვამლო და მცირე კვამლიან საწვავად შეიძლება განხორციელდეს, როგორც თერმობრიკეტირებით ასევე გრანულირებით, მისი აუცილებელი გამდიდრებით ნაცრიანობის 15-20%-მდე შემცირების მიზნით (კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ბრიკეტული საწვავის პრეისკურანტული მოთხოვნა) რაც უზრუნველყოფს მიღებული საწვავის თბოუნარიანობას არა ნაკლებ 6500 კკალ/კგ.

ლიტერატურა

1. ზარაბიძე, ა. აბშილავა, ნ. დოლიძე. ტყიბულ-შაორის საბადოს ნახშირების წვრილმარცვლოვანი შლამების გამოყენების პერსპექტივები. //საქართველოს ნავთობი და გაზი, №28, 2013.
2. ნ. გომელაური. სასარგებლო წიაღისეულის გამდიდრება. -თბილისი, განათლება, 1966.

SUMMARY

SOME ISSUES OF DRESSING AND DEWATERING OF FINE-GRAINED COAL SLUDGE FROM TKIBULI-SHAORI DEPOSIT

Abshilava A.V. and Dolidze N.R.

Georgian Technical University

The paper considers the prospects for production of commercial products from the fine-grained waste of coal mining and processing at Tkibuli-Shaori Deposit. There are discussed the issues of dewatering and briquetting of the obtained products, which makes them suitable for using for household purposes. Development of fine-grained coal stocks will improve the ecological state of the environment.

Keywords: fine-grained coal, waste, dewatering, briquetting.

სილიკატების ზედაპირზე იმობილიზებული აზოსაღებრების სინთეზი

გოგალაძე ხ.ვ., ქარქუსაშვილი თ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

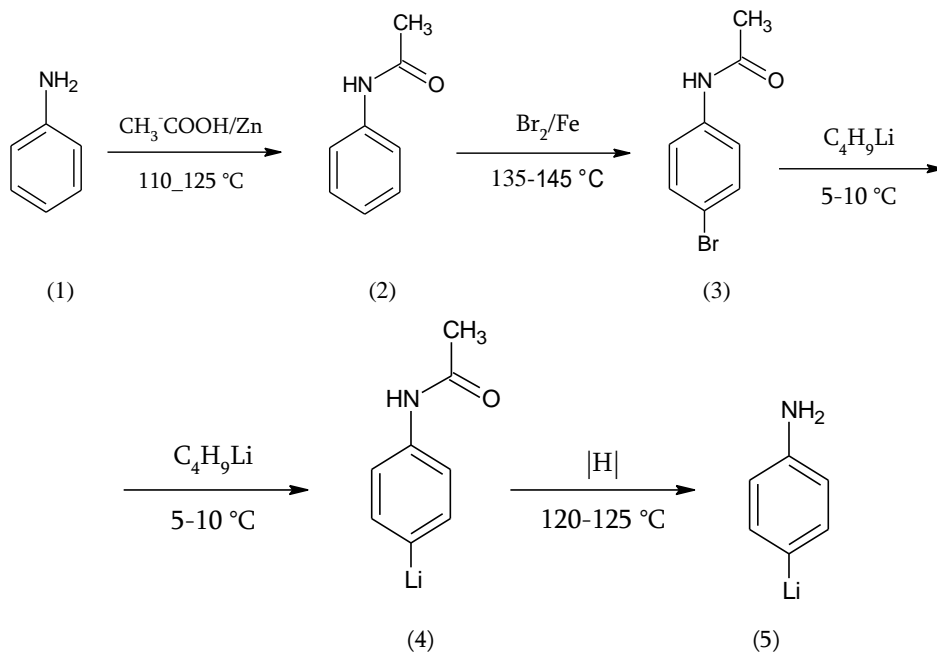
აზოსაღებრების დიდი გავრცელება განპირობებულია მთელი რიგი ფაქტორებით, რომელთა შორის უნდა აღინიშნოს მიღების მარტივი მეთოდები, მოქნილი ტექნოლოგიური ხაზები, ქიმიური და ტექნიკური თვისებების ფართო სპექტრი. აზოსაღებრების სინთეზი დაფუძნებულია პ. გრისის მიერ აღმოჩენილ დიაზო-ტირებისა და აზოშეუღლების რეაქციაზე. დიაზო- და აზო კომპონენტების მარტივი ვარიანტები საშუალებას იძლევა ერთი და იმავე ტექნოლოგიური ხაზის საშუალებით წარმოებულ იქნას სხვადასხვა ფერის (დია ყვითელიდან შავ ფერამდე), სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიური და განსაკუთრებით ტექნიკური თვისებების (პირდაპირი, მუავური, დისპერსული, კატიონური, კუბური და სხვა) მქონე საღებრები [1,2].

მასალის შესაღებად ხშირად გამოიყენება არა უშუალოდ საღებრის „მიშველი“ მოლეკულა, არამედ ინერტულ მასალაზე იმობილიზებული სინთეზური საღებარი [3].

ორგანული და არაორგანული მასალების მოდიფიცირება საინტერესოა როგორც სამეცნიერო, ისე პრაქტიკული მიზნებისათვის, რადგან ისინი ხასიათდებიან უნიკალური თვისებების კომპლექსით, რომელიც მოიცავს მყარი ტანისა და დამყნობილი ნაერთის ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებს [4,5].

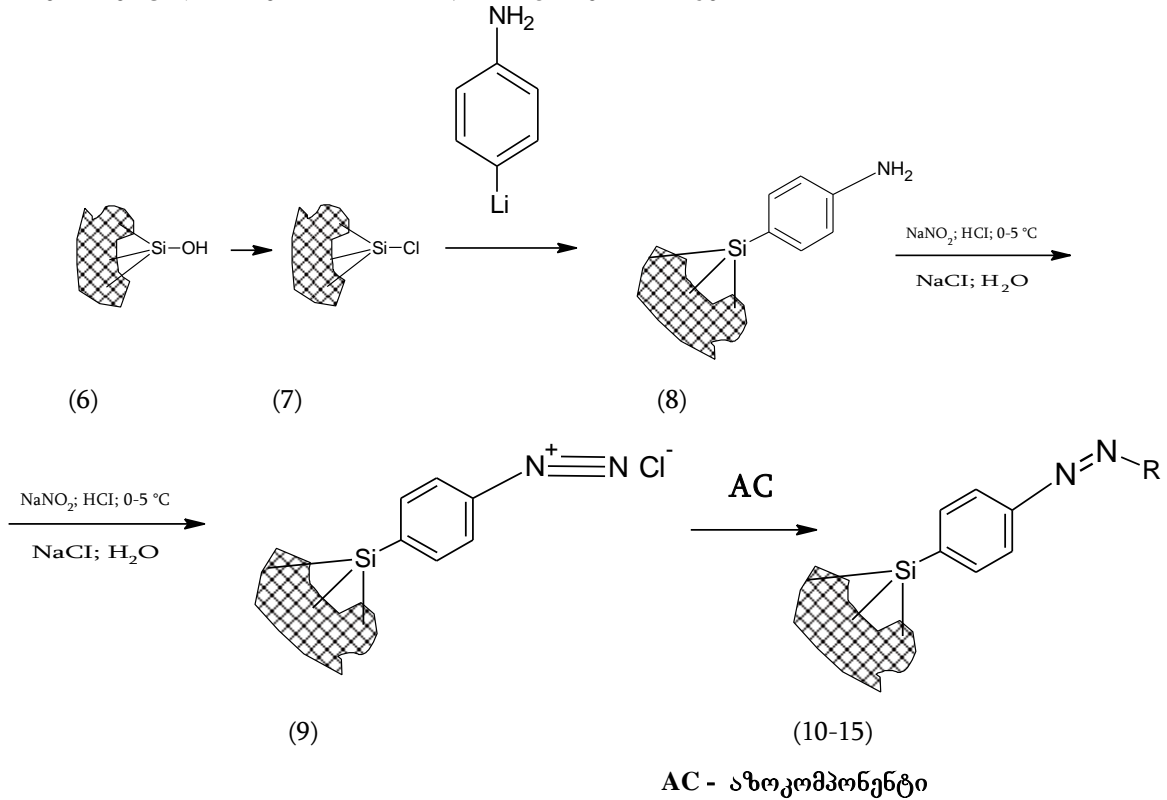
დღეისათვის მოდიფიცირებული ზედაპირის მქონე არაორგანული და ორგანული მატრიცები გამოიყენება ისეთ სფეროებში, როგორცაა მაღალეფექტური თხევადი ქრომატოგრაფია, ჰეტეროგენული კატალიზი, მედიცინა, პლასტიკური ქირურგია, ელექტრონიკა, მშენებლობა და ხელოვნება [6,7].

მიზნობრივი სილიკატების ზედაპირზე იმობილიზებული არომატული სისტემის შემცველი ამინების სინთეზი განხორციელდა სქემა 1-ის მიხედვით. სქემა 1-ზე ამოსავალ ნივთიერებას წარმოადგენს ანილინი და სილიკატული მარკით L100/250. ანილინის აცილირება და შემდგომი ბრომირება იძლევა 4-ბრომაცეტანილიდს [3], ამ უკანასკნელის ლითიუმირებით მიიღება 4-ლითიუმაცეტანილიდი [4], ხოლო შემდგომი აღდგენა კი გვაძლევს 1-ამინო-4-ლითიუმბენზოლს [5].



სქემა 1. მიზნობრივი სილიკატების ზედაპირზე იმობილიზებული არომატული სისტემის შემცველი ამინების სინთეზი, პ-ლითიუმანილინი

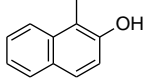
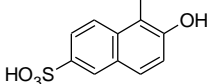
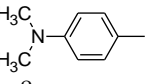
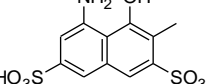
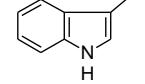
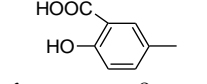
1-ამინო-4-ლითიუმბენზოლის ურთიერთქმედება წინასწარ ქლორირებულ სილიკაგელთან უზრუნველყოფს იმობილიზაციის პროცესის წარმართვას, რის შედეგადაც მიიღება არაორგანულ მატრიცაზე პარამდებარეობით იმობილიზებული ანილინი. სილიკაგელის ზედაპირზე იმობილიზებული აზოსაღებრების (1-6) დიაზოკომპონენტი სინთეზირებულია ნაერთი (8)-ის დიაზოტირებით (სქემა 2).



სქემა 2. 3-ლითიუმანილინის იმობილიზაცია წინასწარ ქლორირებულ სილიკაგელზე

სქემა 2-ის მიხედვით იმობილიზებულ აზოსაღებარებში (10-15) R-ის შესაბამისი მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. R-ის შესაბამისი მნიშვნელობები

საღებარი	R	საღებარი	R
10	 2-ნაფტოლი	13	 2-ნაფთოლ-6-სულფომჟავა
11	 N,N-დიმეთილანინი	14	 2-ნაფტოლ-8-ამინო-3,6-დისულფომჟავა
12	 ინდოლი	15	 სალიცილმჟავა

ცხრილი 2. აზოპიგმენტების მახასიათებლები

№	აზოპიგმენტი	რეაქციის დრო, სთ	λ _{აქს.} , ნმ	კრისტალის ფერი
1	10	2	487	ნარინჯისფერი
2	11	2	600	მომწვანო-ლურჯი
3	12	2	455	ღრმა ყვითელი
4	13	3	490	ღია წითელი
5	14	2	540	მეწამული
6	15	2,5	435	ღია ყვითელი

ამრიგად დადგინდა, რომ შედეგილი არაორგანული მატრიცები ხასიათდებიან ფერთა ფართო სპექტრით, მაღალი შუქმდევობითა და კარგი მდგრადობით სხვადასხვა სველი დამუშავების (ტენი, ოფლი, ტუტე, მუავა, ორგანული გამსხნელები, სინთეზური სარეცხი საშუალებების ხსნარი და სხვ.) მიმართ.

ლიტერატურა

1. Введение в химию и технологию органических красителей. Степанов Б.И.-3-е изд., перераб. и доп. -М.: Химия, 1984, сс.334-425.
2. Основы синтеза промежуточных продуктов и красителей. Ворожцов Н.Н. -М.: ГНТИ, хим. лит., 1955, сс..431-458.
3. Schwander H.R. Heterocyclic azo coupling components. Dyes and Pigments. 1982, v. 3, Is. 2-3, p. 133-160.
4. Abd El Azim W.M. Application of azo disperse dyes on protein fibres. The indian textile journal, 1989, February, p. 114-117.
5. John S.A., Ramaraj R. Electrochemical and stereo electrochemical studies of phenothiazine dyes immobilized in nafilon film. Longmuir., 1996, v. 23, No. 12, p. 5689-5695.
6. Чиракадзе Г.Г., Сагинашвили Л., Хомасуридзе. Синтез азопигментов на поверхности кремне-содержащих соединениях. /Известия АН ГССР, сер. хим., 1986, т.12, с.
7. გოგალაძე ხ., შენგელია თ., გოგონაია ი., ქარქუსაშვილი თ. არაორგანულ მატრიცაზე იმობილიზებული აზოტშემცველი აზოსაღებრების სინთეზი. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია თანამედროვე საინჟინრო ტექნოლოგიები და გარემოს დაცვა. ქ. ქუთაისი შრომების კრებული, 2016, I ნაწ. 133-135 გვ.

SUMMARY

SYNTHESIS OF AZO DYES IMMOBILIZED ON THE SILICA GEL SURFACE

Gogaladze Kh.V. and Karkusashvili T.G.

Georgian Technical University

The paper deals with the production of composites, the study of their spectral, technological, physical and chemical properties, and their application to art paints technology. When fabricating the composites, silica gel was used as an art paint base and azo dyes with different substitutes - as surface modifiers. We synthesized benzene-containing silica gels by interaction of thionyl chloride with activated silica gels and lithiated aniline. We elaborated the preparation methods of diazotization and azo coupling of amino groups in the organic fragments immobilized on the inorganic matrix. Six new pigments were synthesized by the method developed.

Keywords: immobilization, azo dyes, azo pigment, composites, inert materials

არაორბანულ მატრიცაზე იმობილიზებული ბენზიდიინური აზოსაღებრების სინთეზი

გოგალაძე ხ.გ., შენგელია თ.ა., ქარქუსაშვილი თ.გ., გელიაშვილი ზ.ე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

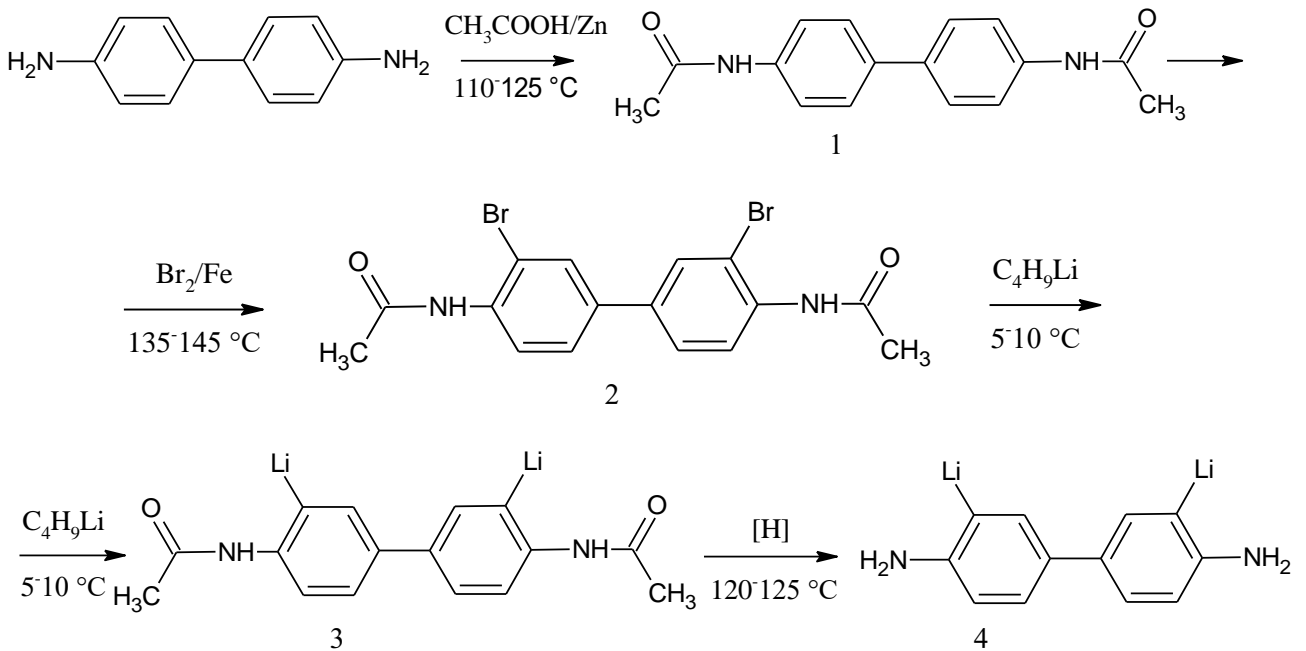
ცნება „მღებავი ნივთიერებები“ გულისხმობს შესაძლებლობას შეღებოს ნებისმიერი სუბსტრატი და საღებარი იყოს სტაბილური. იდეალურ შემთხვევაში ჩვენ გვინდა, შეღებილმა მასალამ შეინარჩუნოს თავისი ფერი, სანამ ის იარსებებს.

საღებარი ნივთიერებაა, რომელიც დამუშავების გარკვეულ ეტაპზე შინაგანად ფლობს შესაღებ მასალას, ე.ი. მაგრდება მასზე. ღებვის პროცესის გარკვეულ სტადიაზე საღებარი გახსნილია მღებავ არეში, ის აღწევს მასალის შიგნით და წარმოქმნის მტკიცე ქიმიურ ბმას. ყველა საფეიქრო საღებარი ორგანული ნივთიერებაა.

საღებრების მოლეკულებში არსებობს სხვადასხვაგვარი სტრუქტურული ჯგუფები. არსებული საღებრებიდან ნახევარზე მეტის კლასიფიცირება შეიძლება როგორც აზოსაღებარი ან ანთრაქინონური.

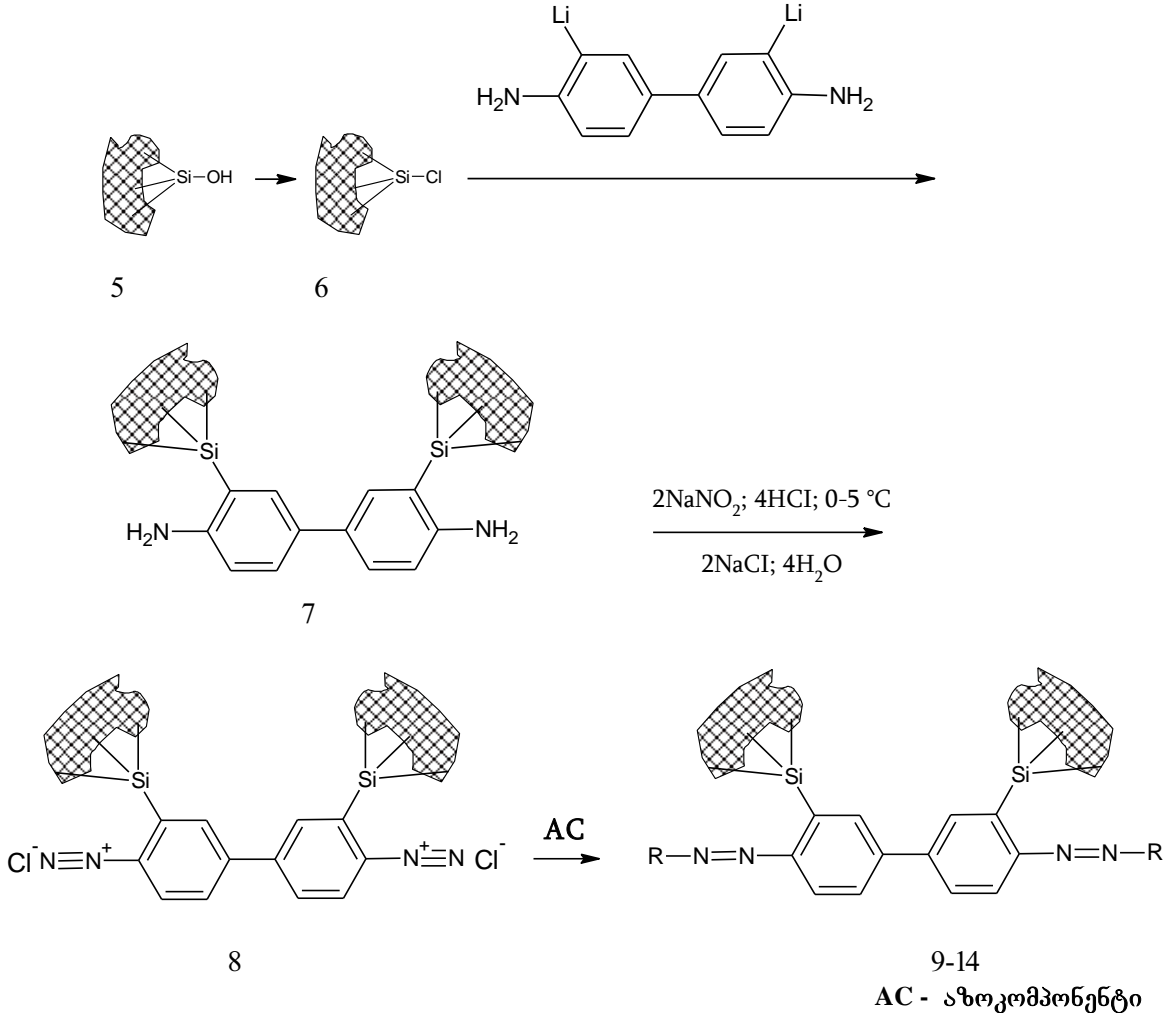
აზოჯგუფი -N=N- წარმოადგენს ძლიერ ქრომოგენს (ფერის წყარო), და ამიტომ აზოსაღებრები გამოირჩევა მაღალი ღებვის უნარით. მათი მოლეკულები შეიძლება შეიცავდეს ერთიდან ოთხამდე, ან ზოგჯერ მეტ აზოჯგუფს. ყველა აზოსაღებარი სინთეზური ნაერთია და ნატურალური ანალოგი არ მოეძებნება. თეორიულად შესაძლებელი აზოჯგუფების შემცველი მოლეკულების რიცხვი ანუსაზღვრელად დიდია [1,2].

სილიკაგელის ზედაპირზე იმობილიზებული არომატული სისტემის შემცველი ამინების სინთეზი განხორციელდა სქემა 1-ის მიხედვით. ამოსავალ ნაერთს წარმოადგენს ბენზიდიინი და სილიკაგელი მარკით 100/250. ბენზიდიინის აცილირება, ბრომირება, ლითიუმირება და შემდგომი აღდგენა იძლევა 3,3'-დილითიუმ ბენზიდიინს (4).



სქემა 1. სილიკაგელის ზედაპირზე იმობილიზებული მიზნობრივი არომატული სისტემის შემცველი ამინების სინთეზი

ლითიუმირებული ბენზიდინის (4) ურთიერთქმედება წინასწარ ქლორირებულ სილიკაგელთან უზრუნველყოფს იმობილიზაციის პროცესის წარმართვას, რის შედეგადაც მიიღება არაორგანულ მატრიცაზე იმობილიზებული ბენზიდინი (7). სილიკაგელის ზედაპირზე იმობილიზებული აზოსაღებრების [1(9¹)-6(9⁶)] დი აზო-კომპონენტი (8) სინთეზირებულია ნაერთი (7)-ის დიაზოტირებით.

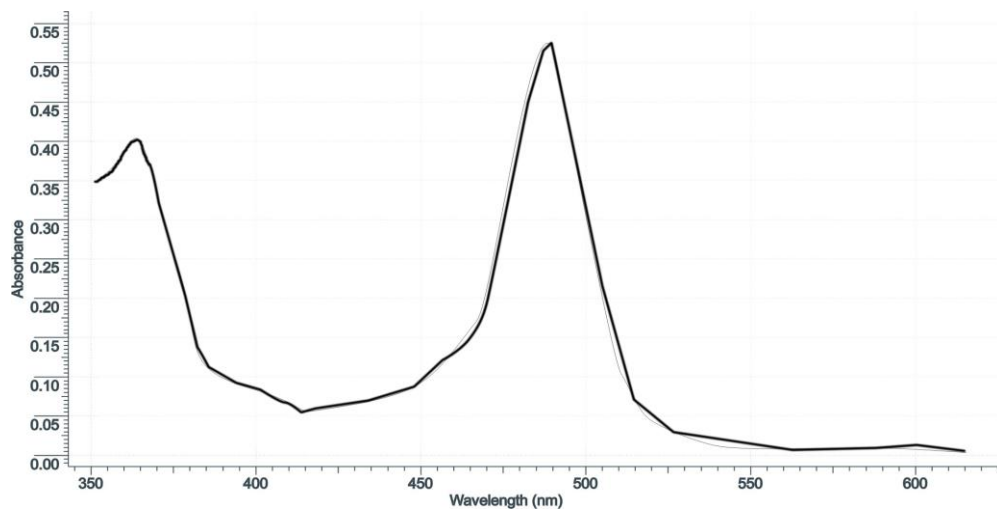


სქემა 2. სილიკაგელის ზედაპირზე იმობილიზებული აზოსაღებრები

აზოკომპონენტად გამოყენებულია 2-ნაფთოლი (9); N,N-დიმეთილანილინი (10), 2-ნაფთოლ-3,6-დისულფომჟავა (11); 2-ნაფთოლ-6-სულფომჟავა (12); 2-ნაფთოლ-8-ამინო-3,6-დისულფომჟავა (13); სალიცილმჟავა (14).

შედეგილი სილიკაგელები შესწავლილ იქნა ელექტრონული სპექტრომეტრის საშუალებით. სპექტრები ჩაწერილ იქნა სპექტროფოტომეტრზე CF-26. სპექტრის ჩაწერისათვის გამოყენებული იქნა სპეციალური ტექნიკა [4]. ვინაიდან სილიკაგელის ზედაპირზე იმობილიზებული მასალები უხსნადნი არიან და გამხსნელში შეტანისას ადგილი აქვს სედიმენტაციას, ამიტომ სტანდარტულ პირობებში სპექტრის ჩაწერა შეუძლებელია. წარმოდგენილ ნაშრომში სპექტრის ჩაწერისათვის დისპერსულ გარემოდ გამოყენებული იქნა სპექტროსკოპული სისუფთავის გლიცერინი. მისი სიბლანტის მაღალი მნიშვნელობის ($\mu=0,01$ სმ) გამო სედიმენტაციის პროცესი იმდენად შენელებულია, რომ სპექტრის ჩაწერისას შეიძლება უგულებელყოფილ იქნას კონცენტრაციული ცვლილება კიუვეტის სიმაღლის მიხედვით. გლიცერინის შერჩევა დისპერსულ გარემოდ განპირობებულია იმ ფაქტორითაც, რომ მისი გარდატეხის

მაჩვენებელი ($n_D^{20} = 1,474$) ახლოა სხვადასხვა ფორმის SiO_2 -ის გარდატეხის მაჩვენებელთან ($n_D^{20} = 1,41-1,55$).



აზოპიგმენტის (9) ელექტრონული შთანთქმის სპექტრი

ამრიგად, დამყნობილი ბენზიდინური აზოსაღებრები ხასიათდება მაღალი ტექნიკური მახასიათებლებით. ისინი გამოირჩევიან შუქმდევობით და კარგი მდგრადობით სველი დამუშავების მიმართ, რაც იმობილიზებული ფრაგმენტის ბუნებით და წარმოქმნილი კოვალენტური ბმითაა განპირობებული

ლიტერატურა

1. Введение в химию и технологию органических красителей. Степанов Б.И.-3-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1984, сс.334-425.
2. Чиракадзе Г.Г., Сагинашвили М.Г., Мхеიდзе Н.П., Лонгурашвили Н.Т. Способ получения окрашенного кремнеземсодержащего соединения. А.с. 1310413 СССР, МКИ С 09 В 39/00 С 01 В 33/00, 12 с.
3. John S.A., Ramaraj R. Electrochemical and stereo electrochemical studies of phenothiazine dyes immobilized in nafilon film. Longmuir., 1996, v. 23, No. 12, p. 5689-5695.
4. გოგალაძე ხ., შენგელია თ., გოგონაია ი., ქარქუსაშვილი თ. არაორგანულ მატრიცაზე იმობილიზებული აზოტშემცველი აზოსაღებრების სინთეზი. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „თანამედროვე საინჟინრო ტექნოლოგიები და გარემოს დაცვა“ შრომების კრებული I ნაწ., ქუთაისი. 2016, გვ. 133-135.
5. http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/12_obshchie_svedeniya/6148http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/12_obshchie_svedeniya/6148
6. Чиракадзе Г.Г., Гелиашвили З.Э., Размадзе Т.О. Имобилизация тиенилсодержащих азопигментов на поверхности силикагеля. ЖОрХ, 2001, т.37, Вып. 7, сс. 1063-1066.
7. Гелиашвили З.Э., Матиташвили Т.Р., Чиракадзе Г.Г. Имобилизация синтетических красителей к поверхности природных гидросиликатов. //Georgian Engineering News, 1998, No. 1, сс.49-52.

SUMMARY

SYNTHESIS OF BENZIDINE AZO DYES IMMOBILIZED ON THE INORGANIC MATRIX

Gogaladze Kh.V., Shengelia T.A., Karkusashvili T.G. and Geliashvili Z.E.

Georgian Technical University

Acylation, bromination, lithiation and reduction synthesis of benzidine was performed. We used the method of immobilization of benzidine on activated silica gel which involved the interaction of a preliminarily chlorinated inorganic matrix with the lithiated benzidine derivative. We elaborated the method of immobilization of benzidine on activated silica gel which involved the interaction of silica gel preliminarily activated with thionyl chloride with lithiated primary aromatic amine. We also developed the preparation methods of diazotization and azo coupling of amino groups in the organic fragments immobilized on the inorganic matrix. Six new pigments were synthesized by the method developed.

Keywords: immobilization, azo dyes, azo pigment, composites, benzidine, inorganic matrix.

სოკოს საწინააღმდეგო პრეპარატ კლოტრიმაზოლთან 3d მეტალბის -Mn(II); Ni(II); Cu(II); Co(II); Zn-ის ბიოკომპლექსთა სინთეზი და კვლევა

წიგწივაძე თ.ი., ჯაფარიძე რ.ჯ., პეტრიაშვილი ჟ.დ., ჩიგოგიძე ნ.შ., კლდიაშვილი რ.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბოლო პერიოდის განმავლობაში მეცნიერ-მკვლევართა განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ფართო სპექტრის მქონე სოკოს საწინააღმდეგო პრეპარატებს. მრავალრიცხოვან ბიოაქტიურ და სამკურნალო ნივთიერებებს შორის მნიშვნელოვანია იმიდაზოლის წარმოებულები, რამეთუ იმიდაზოლის ორგანული ჰეტეროციკლი განსაკუთრებულ როლს ასრულებს ცოცხალი ორგანიზმების ნივთიერებათა ცვლაში. იმიდაზოლური ციკლი შეუცვლელი α -ამინომჟავების - ჰისტიდინისა და მისი მონათესავე ჰორმონის ჰისტამინის სტრუქტურებში. იმიდაზოლის სისტემა შეადგენს მრავალი ფარმაცევტული პრეპარატის, მათ შორის, კლოტრიმაზოლის საყრდენს.

კლოტრიმაზოლის ზემოაღნიშნული მედიკო-ბიოლოგიური თვისებებისა და ეფექტურობის კიდევ უფრო გაძლიერების მიზნით, ჩვენ მიერ სინთეზირებულია კლოტრიმაზოლის ბიოკოორდინაციული ნაერთები ბიომეტალებთან Mn(II); (Co(II); Ni(II); Cu(II); Zn). იმასთან დაკავშირებით, რომ თითოეულ ამ ბიოკოორდინაციულ ნაერთში ერთმანეთთან შერწყმულია სხვადასხვა აქტივობის მქონე ელემენტთა ატომები, მათ უდავოდ ძალუძთ გააძლიერონ ერთმანეთი და მთლიანობაში სინთეზირებული კომპლექსნაერთები. სწორედ ასეთი მიდგომა იძლევა წინაპირობას ბიოკომპლექსნაერთების შედგენილობას, აღნაგობასა და თვისებებს შორის კორელაციის დადგენაში [2-3].

ამ მიზნით ჩვენ მიერ ჩატარებულია ექსპერიმენტი:

მეტალების – Mn(II); Co(II); Ni(II); Cu(II) და Zn-ის ფორმიატისა და აცეტატის წყალხსნარებს ემატებოდა კლოტრიმაზოლის სპირტხსნარი, მოლური თანაფარდობა 1:1 1:2; 1:3. შესაბამისი ხსნარების ურთიერთშერევა ხდებოდა მაგნიტური სარეველით და ცხელდებოდა წყლის აბაზანაზე, დაახლოებით 3-4 საათის განმავლობაში. ხსნარების წყალბადური მაჩვენებლის მნიშვნელობა, ექსპერიმენტის ფარგლებში, არ იცვლებოდა და შეადგენდა დაახლოებით pH = 6-7 (სუსტი მჟავურ-ნეიტრალური არე).

კრისტალების სახით გამოყოფილ კომპლექსნაერთებს ვაცალკევებით ხსნარებისგან და ჩავრეცხავდით ეთანოლ-წყალხსნარით, ვაშრობდით ექსიკატორში CaCl₂-ზე და ვაანალიზებდით.

შედეგად, დადგენილია სინთეზის ჩატარების ოპტიმალური პირობები (გამოსავალი ნივთიერებების მოლური თანაფარდობა 1:1)

განსაზღვრულია კომპლექსნაერთების ქიმიური შედგენილობა, შეფერილობა, ღლობის ტემპერატურა, ხსნადობა სხვადასხვა გამხსნელში და სხვ.

კვლევის მეთოდები: კვანტურ-ქიმიური გამოთვლები; რენტგენოფაზური კვლევის მეთოდი; თერმოგრაფიმეტრიული კვლევის მეთოდი; ინფრაწითელი სპექტრომეტრიის მეთოდი; იმუნოციტოტოქსიკური კვლევის მეთოდი.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, კვანტურ-ქიმიური ნახევრად ემპირიული მეთოდებით, სხვა პარამეტრებთან ერთად, გამოთვლილია კლოტრიმაზოლის მოლეკულის წარმოქმნის სითბო (ΔH) და დიპოლური მომენტი (μ) ლიგანდის C₂₂H₁₇N₂Cl მოლეკულაში (ცხრ. 1.)

ცხრილი 1. კლოტრიმაზოლის მოლეკულის წარმოქმნის სითბო (ΔH) და დიპოლური მომენტი (μ) C₂₂H₁₇N₂Cl მოლეკულაში

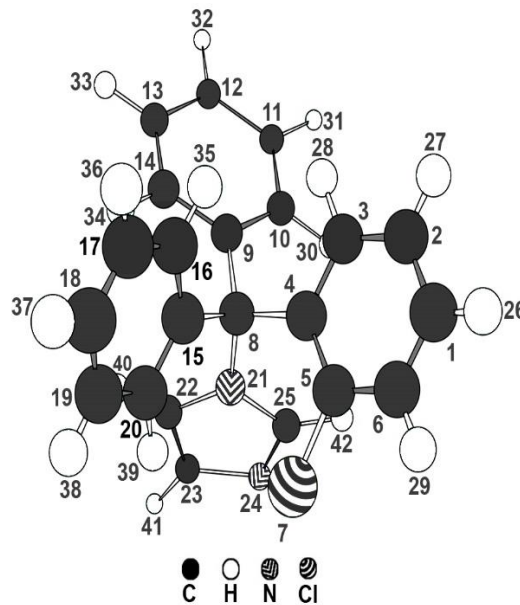
№	გამოთვლის მეთოდი	ΔH , კჯ/მოლი	H,D
1	AM1	652,95	4,81
2	PM3	521,55	4,91

AM1 და PM3 კვანტურ-ქიმიური ნახევრადემპირიული მეთოდებით გამოთვლილია კლოტრიმაზოლის მოლეკულაში ატომთაშორის მანძილთა და ბმის რიგის მნიშვნელობები (ცხრ. 2)

ცხრილი 2. ატომთაშორის მანძილთა და ბმის რიგის მნიშვნელობები კლოტრიმაზოლის მოლეკულაში

№	ატომთაშორისი ბმა		გამოთვლის მეთოდი	
			AM1	PM3
1	C(1) – C(2)	R _{1,2} Å	1,393	1,390
		R _{1,2}	1,407	1,411
2	C(1) – C(6)	R _{1,6} Å	1,391	1,387
		R _{1,6}	1,424	1,435
3	C(2) – C(3)	R _{2,3} Å	1,393	1,388
		R _{2,3}	1,422	1,432
4	C(3) – C(4)	R _{3,4} Å	1,402	1,399
		R _{3,4}	1,395	1,401
5	C(5) – C(7)	R _{5,7} Å	1,700	1,688
		R _{5,7}	1,005	1,012
6	C(23) – C(24)	R _{23,24} Å	1,395	1,263
		R _{23,24}	1,397	1,268
7	C(25) – C(21)	R _{25,21} Å	1,408	1,139
		R _{25,21}	0,034	0,036
8	C(25) – C(24)	R _{25,24} Å	1,347	1,580
		R _{25,24}	1,342	1,579

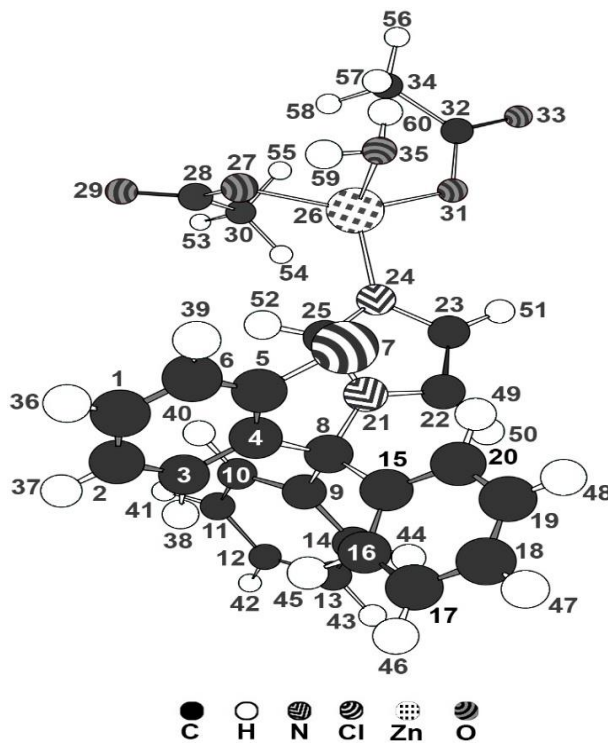
ატომთა შორის მანძილთა მონაცემების ანალიზმა აჩვენა, რომ C–C ბმის მნიშვნელობები 1,393-1,400 Å ფარგლებშია, C–N 1,343 Å, რაც თანხვედრაშია ამ ბმების სიგრძეთა სტანდარტულ მნიშვნელობებთან. ბმის რიგი ახლოსაა ერთნახევართან, რაც ნახშირბადისა და აზოტის ატომების SP² ჰიბრიდიზაციაზე მიანიშნებს (ნახ. 1)



ნახ. 1. AM1 და PM3 კვანტურ-ქიმიური ნახევრადემპირიული მეთოდების მონაცემებით განსაზღვრული კლოტრიმაზოლის აღნაგობა

AM1 და PM3 კვანტურ-ქიმიური ნახევრადემპირიული მეთოდებით გამოტვივლილია სავალენტო კუთხეთა მნიშვნელობები კლოტრიმაზოლის მოლეკულაში. ვალენტური კუთხეები ფენილისა და იმიდაზოლის ბირთვში C(4)–C(8)–N(21); C(8)–N(21)–C(22); C(21)–C(22)–N(23); C(8)–N(21)–C(22); C(23)–C(22)–N(21), დაახლოებით 117-125⁰ ფარგლებშია, რაც თანხვედრაშია შესაბამის ატომთაშორის კუთხეთა სტანდარტულ მონაცემებთან.

AM1 და PM3 კვანტურ-ქიმიური ნახევრადემპირიული მეთოდებით გამოთვლილია კლოტრიმაზოლის მოლეკულაში ატომების ეფექტური მუხტისა (q), და ელექტრონული სიმკვრივის მნიშვნელობები.



ნახ. 2. AM1 კვანტურ-ქიმიური ნახევრადემპირიული მეთოდებით განსაზღვრული $[Zn(CH_3COO)_2 \cdot C_{22}H_{17}N_2Cl \cdot H_2O]$ -ის მოლეკულა

ელექტრონულ სიმკვრივეთა და ეფექტური მუხტების სიდიდეთა შედარებით ირკვევა, რომ დიდი მნიშვნელობა ახასიათებს აზოტის N(21) და N(24) ატომებს (ნახ. 2); ამასთან, sp^2 -ჰიბრიდიზებულ მდგომარეობაში მყოფ იმიდაზოლურ არადონურულ აზოტის ატომს N(21) გააჩნია ძლიერ ლოკალიზებული 2Pz-ორბიტალი. ამ ორბიტალისა და კომპლექსწარმომქმნელი მეტალის d-ორბიტალის ელექტრონულ სიმკვრივეთა გადაფარვისთვის საჭიროა მათი მაქსიმალური დაახლოება, რაც შეუძლებელია, ვინაიდან სინამდვილეში ძლიერ იზრდება განზიდულობა. ეს გარემოება გვაძლევს საფუძველს ვივარაუდოთ, რომ ლიგანდის კოორდინირება კომპლექსწარმომქმნელ მეტალებთან სორციელდება მონოდენტატური კლოტრიმაზოლის დონორული ჰეტეროციკლის აზოტის N(24) ატომით, რომელსაც ელექტრონული მუხტი ლოკალიზებული აქვს, ძირითადად, 2S-ორბიტალზე.

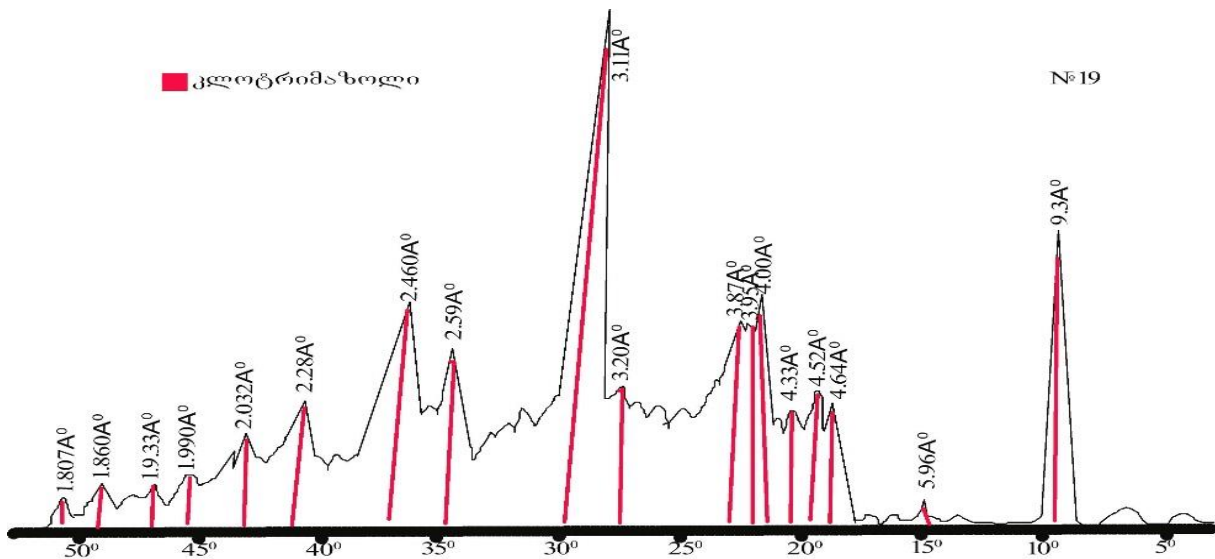
ჩატარებულია კლოტრიმაზოლთან თუთიის აცეტატის კოორდინაციული ნაერთის $[Zn(CH_3COO)_2 \cdot C_{22}H_{17}N_2Cl \cdot H_2O]$ შესაძლო სტრუქტურის კვანტურ-ქიმიური გამოთვლები.

განსაზღვრულია კლოტრიმაზოლთან თუთიის აცეტატური კოორდინაციული ნაერთის თერმოდინამიკური პარამეტრები სხვადასხვა ტემპერატურაზე. ბიოკომპლექს ნაერთის წარმოქმნის სიბოროს მნიშვნელობა მიანიშნებს ამ ნივთიერების არსებობის შესაძლებლობაზე [4].

კვანტურ-ქიმიური გამოთვლების მონაცემებით (წარმოქმნის სიბორო, ენთალპია, თბოტევადობა, ენთროპია და სხვ.) დასტურდება მეტალის - თუთიის კომპლექსნაერთის წარმოქმნის შესაძლებლობა. სტანდარტულ პირობებში $[Zn(CH_3COO)_2 \cdot C_{22}H_{17}N_2Cl \cdot H_2O]$ მოლეკულის თბოტევადობა შეადგენს 90,53 კალ/გრად. მოლზე; ენთროპია 147,95 კალ/გრად. მოლზე; იონიზაციის პოტენციალის მნიშვნელობა, რომელიც განისაზღვრება კუპმანსის თეორემით, უდრის 9,683 ევ-ს; დიპოლური მომენტი 10,346 დებაის ტოლია.

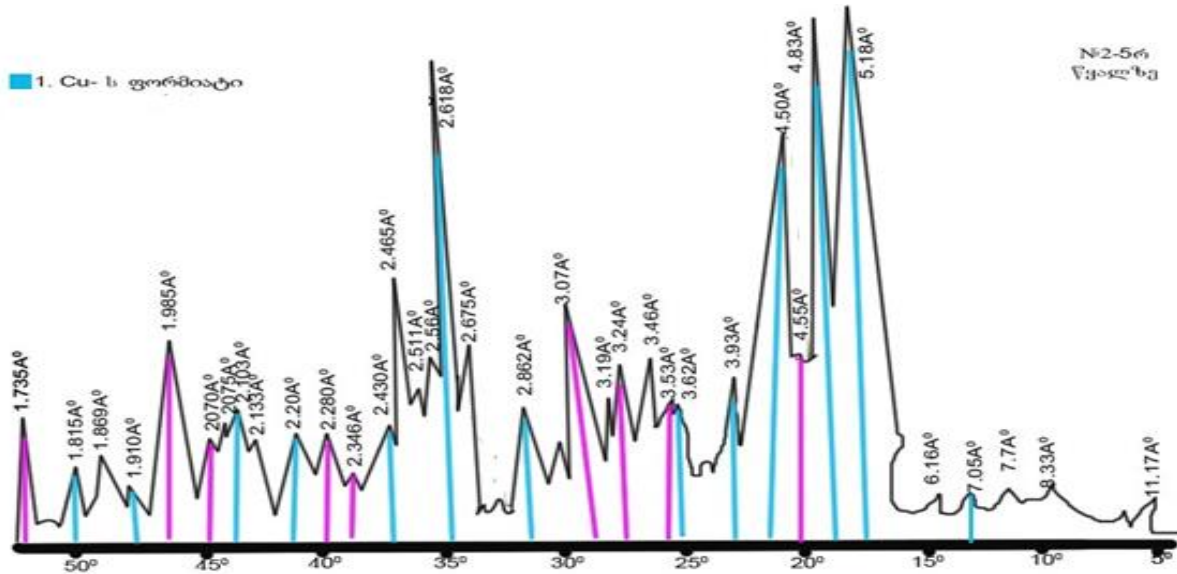
სინთეზირებული ბიოკომპლექსნაერთის ინდივიდუალობის დადგენის მიზნით, ჩატარებულია ლიგანდის - კლოტრიმაზოლისა და კომპლექსის რენტგენოფაზური კვლევა.

კლოტრიმაზოლის რენტგენოგრამაზე ფიქსირდება მხოლოდ კლოტრიმაზოლის კრისტალური სტრუქტურის შესაბამისი სიბრტყეთა შორისი მანძილები (da/n 9,3A; 5,96A; 4,64A; 4,52A; 4,00A; 3,87A; 3,20A; 3,11A; 2,59A; 2,46A) (ნახ.3).



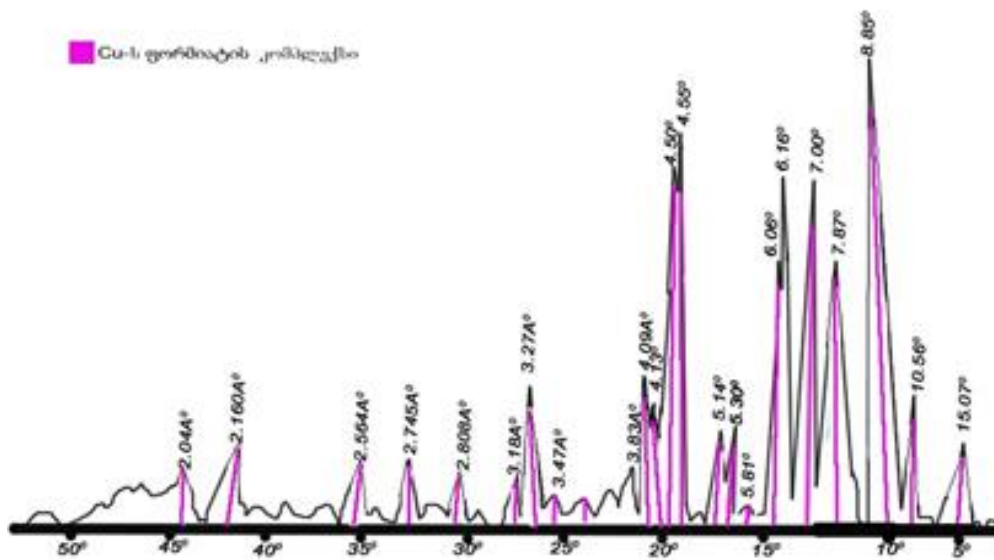
ნახ. 3. კლოტრიმაზოლის რენტგენოფაზური ანალიზის რენტგენოგრამა

სპილენძ (II)-ის ფორმატის რენტგენოგრამაზე ფიქსირდება სხვადასხვა ინტენსივობის კრისტალური სტრუქტურის შესაბამისი სიბრტყეთა შორისი მანძილები (da/n 11,17A, 7,05A, 6,16A, 5,18A, 4,63A, 4,50A, 3,93A, 3,48A, 3,07A, 2,86A, 2,61A 2,51A, 2,46A 2,28A, 2,20A, 1,8A და სხვა), რომლებიც დიდი ალბათობით შეესაბამება სპილენძ (II)-ის ფორმატის კრისტალურ ფაზებს (ნახ.4).



ნახ. 4 სპილენძ(II)-ის ფორმატის რენტგენოფაზური ანალიზის რენტგენოგრამა

ექსპერიმენტით მიღებული სპილენძ (II)-ის ფორმატული კომპლექსის ნიმუშის რენტგენოფაზური ანალიზის რენტგენოგრამაზე (ნახ. 5) თვალნათლივ ფიქსირდება Cu(II)-ის ფორმატული კომპლექსის (da/n: 15,7; 10,56; 8,85; 7,87; 6,65; 4,55; 4,50; 3,27A) კრისტალური ფაზა.



ნახ. 5. Cu(II)-ის ფორმატული კომპლექსის რენტგენოფაზური ანალიზის რენტგენოგრამა

Cu(II)-ის ფორმატული კომპლექსის ნიმუშში საწყისი ფორმატისა და კლოტრიმაზოლის დამოუკიდებელი სტრუქტურული ფაზები არ ფიქსირდება. რენტგენოგრამების შედარებამ გვაჩვენა, რომ მიღებული კომპლექსნაერთის რენტგენოგრამები არ შეიცავს საწყისი ნივთიერებებისთვის დამახასიათებელ ფარდობით ინტენსიობებს და სიბრტყეთა შორის მანძილებს.

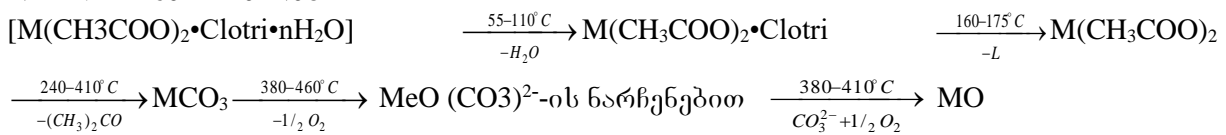
თითოეული მათგანის რენტგენოგრამა შეიცავს მათთვის დამახასიათებელ ინდივიდუალური ფარდობითი ინტენსიობისა I/I და სიბრტყეთაშორისი მანძილების

da/n, Å ნაკრებს, რაც აღნიშნული საკვლევი ნივთიერებების ინდივიდუალურობაზე მიუთითებს.

რენტგენოფაზური კვლევის შედეგებით დადგენილია სინთეზირებული ნაერთების ინდივიდუალობადა იზოსტრუქტურული მწკრივები:

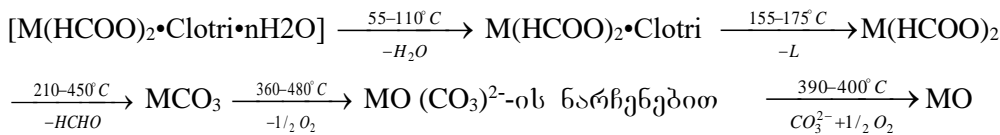
1. მანგანუმის, ნიკელის და კობალტის ფორმიატული და აცეტატური კომპლექსნაერთების იზოსტრუქტურული მწკრივი;
2. სპილენძის ფორმიატული და აცეტატური კომპლექსნაერთების იზოსტრუქტურული მწკრივი;
3. თუთიისფორმიატული და აცეტატური კომპლექსნაერთების იზოსტრუქტურული მწკრივი.

სინთეზირებული კომპლექსნაერთების თერმული მდგრადობის დადგენის მიზნით, ჩატარებულია თერმოგრაფიმეტრიული კვლევა. მიღებული მონაცემები საშუალებას გვაძლევს წარმოვადგინოთ აცეტატური კომპლექსების თერმული დაშლის სქემა შემდეგი სახით:



სადაც, n = 1,2,3.

ფორმიატული კომპლექსების თერმული დაშლის სქემას აქვს შემდეგი სახე:



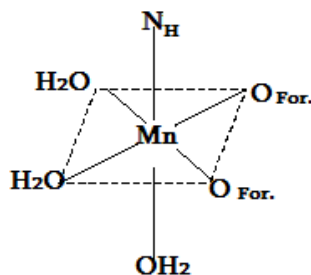
სადაც, n = 1,2,3.

დადგენილია, რომ მეტალთა აცეტატური ბიოკომპლექსნაერთები უფრო მდგრადია (დაშლის ტემპერატურული ინტერვალი 160-410⁰), ვიდრე მეტალთა ფორმიატული კომპლექსნაერთები (დაშლის ტემპერატურული ინტერვალი 155-400⁰).

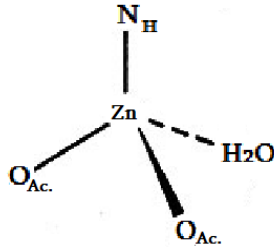
ამრიგად, ბიოკომპლექსნაერთთა თერმული მდგრადობა, გარდა იმისა, რომ, დამოკიდებულია მეტალ-კომპლექსწარმომქმნელის ბუნებას, ატომთაშორის ბმის ტიპს და ატომთა ზომებზე, ასევე, დამოკიდებულია აცილო-ჯგუფების აღნაგობასა და ბუნებაზე [5-6].

კომპლექსწარმომქმნელ მეტალთან აცილო და ორგანული ლიგანდების სავარაუდო კოორდინირების ხერხის, კოორდინაციული პოლიედრის (მრავალწახნაგას ფორმის) დასადგენად ჩატარებულია ორგანული ლიგანდის-კლოტრიმაზოლისა და სინთეზირებული კომპლექსნაერთების შთანთქმის ინფრაწითელი (იწ) სპექტროსკოპული კვლევა.

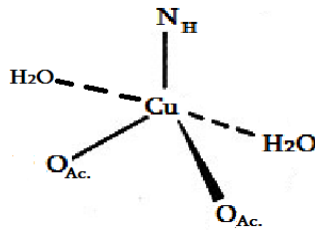
შთანთქმის იწ სპექტროსკოპიული მეთოდით, დიდი ალბათობით, დადგენილია მეტალის აცეტატებთან და ფორმიატებთან კლოტრიმაზოლის კოორდინაციული შესაძლებლობები. კერძოდ, მანგანუმ(II)-ის, ნიკელ(II)-ის, კობალტ(II)-ის კომპლექსნაერთებში კომპლექსწარმომქმნელი მეტალის ატომის გარშემო, დიდი ალბათობით, რეალიზებულია ოქტაედრული კოორდინაცია-მონოდენტატური კლოტრიმაზოლის დონორული ჰეტეროციკლის აზოტის ატომით, ორი მონოდენტატური ფორმიატო/აცეტატო ჯგუფის ჟანგბადის ორი ატომით და წყლის სამი მოლეკულის ჟანგბადთა მეშვეობით:



თუთიის კომპლექსწარმოქმნელი ატომის გარშემო წარმოქმნილია ტეტრაედრული კოორდინაციის პოლიედრი- მონოდენტატური კლოტრიმაზოლის დონორული ჰეტეროციკლის აზოტის, მონოდენტატური ორი აცეტატო/ფორმიატო ჯგუფის ჟაგბადის ორი ატომით და წყლის მოლეკულის ჟანგბად-ატომით:

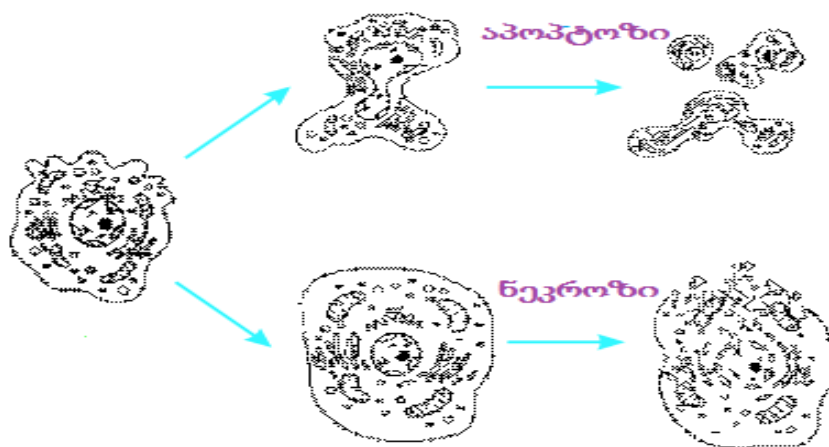


სპილენ(II)-ის კომპლექსნაერთებში, კომპლექსწარმოქმნელი იონის გარშემო დიდი ალბათობით, ხორციელდება ადებულ ლიგანდთა - კლოტრიმაზოლის, აცეტატო/ფორმიატო ჯგუფებისა და წყლის ორი მოლეკულის ტრიგონალური ბიპირამიდული ან კვადრატული პირამიდული კოორდინაცია:



სინთეზირებული ნაერთების ბიოაქტიურობის შემოწმების მიზნით, ჩატარებულია იმუნოციტოტოქსიკური კვლევა, კანის ბრტყელუჯრედოვანი კიბოს (კარცინომას) უჯრედებზე, რომლებიც დამუშავებული იყო კლოტრიმაზოლთან სპილენდის ფორმიატული კომპლექსნაერთის ხსნარით, ასევე, სუფთა ლიგანდის (კლოტრიმაზოლის) იმავე კონცენტრაციის ხსნარით და კარგად ცნობილი და აპრობირებული პრეპარატის, ცის-პლატინის საკონტროლო ხსნარით [7,8].

კვლევის შედეგებმა გვაჩვენა, რომ კლოტრიმაზოლთან სპილენდის ფორმიატული კომპლექსნაერთის სინერგიული ეფექტი ინდუცირებს სიმსივნური უჯრედების დაღუპვას აპოპტოზის გზით (ნახ. 6).



ნახ. 6. უჯრედის დაღუპვა აპოპტოზის და ნეკროზის გზით

კლინიკური კვლევის შედეგად დადგენილია, რომ ზემოთ აღნიშნული კომპლექსნაერთის გაძლიერებული ციტოტოქსიკური აქტიურობა მრავალჯერადად აღემატება როგორც სუფთა ლიგანდის - კლოტრიმაზოლის, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში კი, ცის-პლატინის ბიოლოგიურ აქტიურობასაც კი.

გარდა ამისა, Zn^{2+} იონებისა და კლოტრიმაზოლის კომპლექსები განზავებულ ხსნარებში ურთიერთქმედებს სიმსივნური უჯრედების დნმ-ის მოლეკულების ფრაგმენტებთან და იწვევს მათ დეგრადაციას.

აქედან გამომდინარე შეიძლება ითქვას, რომ სიმსივნური უჯრედების დნმ წარმოადგენს მსგავსი კომპლექსური ნაერთების რეალურ სამიზნეს. (ჩატარებული კლინიკური კვლევების შედეგები დადასტურებულია მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორის, ონკოლოგის, პროფესორ ირაკლი ნადირაძის მიერ 30.X.2016წ.)

ლიტერატურა

1. წივწივაძე თ., კლდიაშვილი რ., ჩიგოგიძე ნ., სხილაძე რ., სულაქველიძე გ. ბიოკოორდინაციული ნაერთების შედგენილობა-აღნაგობა-თვისებები და მათი როლი არატრადიციული სამკურნალო საშუალებების, ბიოლოგიურად აქტიური დანამატებისა და კვების პროდუქტების შემუშავებაში. მონოგრაფია, თბილისი, 2009, გვ.171
2. წივწივაძე თ. ჩიგოგიძე ნ., კლდიაშვილი რ., სხილაძე რ., სულაქველიძე გ. ბიოაქტიური კომპლექსნაერთები ახალტექნოლოგიებში. მონოგრაფია, 2011, გვ.255
3. ჩიგოგიძე ნ.შ., წივწივაძე თ.ი., ნადირაძე ი.შ., პეტრიაშვილი ე.დ., ჯაფარიძე რ.ჯ. „სპეციფიკური კონფორმაციული სტრუქტურის გავლენა კლოტრიმაზოლის ბიოკომპლექსთა ციტოტოქსიკური აქტიურობის გაძლიერებაში. //Georgian Engineering News, No.2(vol.78), 2016. გვ. 112-119.
4. Рентгенометрическийопределятельминералов. В.И. Михеев. Э.П. Сальдау II том. –Ленинград, Недр Ленинградское отделение 1965.
5. მაჩალაძე თ. თერმული ანალიზი. -თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2006, გვ. 14-67.
6. Chigogidze N.Sh., Petriashvili J.D., JaparidzeR.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, 2015, pp.102-103.
7. 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.
8. Чигогидзе Н.Ш. Цивцивадзе Т.И. Надирадзе И.Ш. Клдиашвили Р.Ш. Петриашвили Ж.Д. Джапаридзе Р.Дж. Противопухолевая активность комплексов меди Cu^{2+} склотримазолом как следствие формирования специфической пентакоординационной структуры. //Georgian Engineering News. No.1(vol.77), 2016.

SUMMARY

SYNTHESIS AND STUDY OF THE BIOCOMPLEXES OF ANTIFUNGAL MEDICATION CLOTRIMAZOLE WITH 3D METALS Mn(II), Ni(II), Cu(II), Cu(II) AND Zn

Tsivtsivadze T.I., Japridze R.J., Petriashvili Zh.D., Chigogidze N.Sh. and Kldishvili R.Sh.

Research Center of Biologically Active Substances of Georgian Technical University

Thebiocoordination compounds of clotrimazole, a medication with a wide range of antifungal and antibacterial properties, with metals Mn(II), Ni(II), Cu(II), Cu(II) and Zn were synthesized. The expected composition of obtained biocomplexes was studied, and X-ray transformations of the synthesized compounds were determined by IR spectroscopy. The ways of possible coordination of organo- andacido-ligands with metal complex formators were determined. Immunocytologic assay of complex compounds was carried out. The investigation results enable us to conduct a targeted synthesis of highly effective antimicrobial biocomplexes, which is currently quite topical.

Keywords: clotrimazole, biocomplex, 3d metals, targeted synthesis, organoligands, acido ligands.

მაგნიუმისა და მანგანუმის უმთავრესი რეკომენდაციები საქართველოს მიერ

რჩეულიშვილი ნ.ა., კაკაბაძე ე.გ., რჩეულიშვილი ა.ნ., რჩეულიშვილი თ.ა.

გიორგი ელიაშვილი სახელობის ბაქტერიოფაგიის, მიკრობიოლოგიისა და ვირუსოლოგიის ინსტიტუტი
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

რძეულობა დუღილის სასურსათო პროდუქტები ფართოდ გამოიყენება მოსახლეობის კვებაში. აღნიშნული პროდუქტები მდიდარია ცილებით, ნახშირწყლებით, ცხიმებით, სასარგებლო ელემენტებით და ვიტამინებით. აქედან გამომდინარე ძალზე აქტუალურია მაღალი ხარისხის, რძეულობა დუღილის სასურსათო პროდუქტების წარმოება. რძეულობა დუღილის ბაქტერიები წარმოადგენს ძირითად რგოლს რძეულობა პროდუქტების მიღების პროცესში. ცნობილია, რომ მაგნიუმი (Mg) წარმოადგენს ძირითად შიდაუჯრედულ ელემენტს. იგი ააქტიურებს ~300 ფერმენტს, რომლებიც არეგულირებენ ნახშირწყლების მიმოცვლას, ასტიმულირებს ცილების წარმოქმნას, არეგულირებს ენერჯის შენახვასა და გამოთავისუფლებას ატფ-ში, არეგულირებს უჯრედების ზრდას. მანგანუმი (Mn) სიცოცხლისათვის აუცილებელი მიკროელემენტია, მონაწილეობს 30-ზე მეტი ფერმენტის ფუნქციონირებაში, არეგულირებს ანტიდამუხანგველი ფერმენტების აქტიურობას. Mn შედის მრავალი ფერმენტის აქტიურ ცენტრში და გარკვეულ როლს თამაშობს ზეჟანგი რადიკალების მავნე ზემოქმედებისაგან ორგანიზმის დაცვაში.

აღნიშნული ელემენტები გარკვეულ როლს თამაშობენ რძეულობა დუღილის ბაქტერიებში მიმდინარე ბიოქიმიურ პროცესებზე. აღნიშნულიდან გამომდინარე, დიდ ინტერესს იწვევს დუღილის ბაქტერიების მიერ Mg-ისა და Mn-ის შთანთქმის პროცესის შესწავლა და ამ მეტალების ზეგავლენის შესწავლა ბაქტერიების აქტივობაზე რძეულობა პროდუქტების მიღების პროცესში.

რძეულობა ბაქტერიები (*Lactic Acid Bacteria-LAB*) წარმოადგენენ გრამ-დადებითი ბაქტერიების ჯგუფს, რომლებიც არ წარმოქმნიან სპორებს, წარმოადგენენ ანაერობულ ან მიკროაეროფილურ კოკებსა და ჩხირებს, რომლებიც ნახშირწყლების ფერმენტაციის შედეგად წარმოქმნიან რძეულობას, როგორც ძირითად საბოლოო პროდუქტს. არიან მუავატოლერანტული მირკოორგანიზმები. რძეულობა ბაქტერიები ნახშირწყლების რძეულობად გარდაქმნას, ახორციელებს ჟანგბადის მცირე რაოდენობის თანაობისას. ყველა რძეულობა დუღილის ბაქტერია ენერჯის წყაროდ საჭიროებს ნახშირწყლოვანი სუბსტრატის კომპლექსს. მათ მიერ წარმოებული რძეულობა ეფექტურად აინჰიბირებს სხვა ბაქტერიების ზრდას, რომლებიც სასურსათო პროდუქტის გაფუჭებას იწვევენ. ფერმენტირებულ პროდუქტებში არასასურველი მიკროფლორის ინჰიბირებას იწვევს გარემოს pH მკვეთრი დაცემა.

ჩვენი სამუშაოს მიზანია რძეულობა დუღილის ბაქტერიების მიერ მაგნიუმისა და მანგანუმის შთანთქმის პროცესის შესწავლა. ამ მიზნით გამოყოფილ იქნა ლაქტოზის ფერმენტაციის უნარის მქონე ბაქტერიული შტამები. ჩატარდა მათი სახეობრივი იდენტიფიკაცია და დახასიათება. ბაქტერიების მიერ მეტალების აბსორბციის შესასწავლად შერჩეულ იქნა *Lactobacillus spp. E11 K3* და *Streptococcus thermofiles 2N K2* ბაქტერიული შტამები. ბაქტერიების გამოზრდა ხდებოდა საკვებ გარემოში MRS და M17, სადაც დამატებული იყო საკვლევი მეტალები Mg და Mn.

გაზომვების თანახმად Mg-ის კონცენტრაციები საკვებ გარემოში MRS და M17 შეადგენდა შემდეგს: MRS–210მკგ/მლ, M17–300მკგ/მლ. მეტალების იონების შემცველ

საკვებ გარემოში ბაქტერიების გამოზრდა ხდებოდა დროის სხვადასხვა პერიოდების განმავლობაში (12 სთ, 20 სთ, 36 სთ, 44 სთ და 68 სთ).

რძე შეიცავს უამრავ საკვებ ნივთიერებას, რომლებიც აკმაყოფილებს ორგანიზმის მოთხოვნას (კალციუმი, მაგნიუმი, სელენი, რიბოფლავინი, ვიტამინი 12, ვიტამინი 5) [1]. მაწონი - რძემჟავა პროდუქტია, რომელიც გავრცელებულია კავკასიაში [2].

ზოგიერთი ბაქტერია, მაგალითად, *Leuconostoc citrovorum* L. *Dextranicum*, *Streptococcus lactis*, *S. Cremis*, & *liquefaciens* and *Brevibacterium*-ის სახეობები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს რძის პროდუქტების ფერმენტაციის პროცესში [3]. საკვები გარემოების (ბულიონების) MRS და M17 შემადგენლობები და შეტანილი ელემენტების კონცენტრაციები მოცემულია [4,5].

ანალიზებისათვის აღებული იყო Mg-ისა და Mn-ის საწყისი (დედა) ხსნარები 1მგ/მლ კონცენტრაციებით. მათგან გამზადდებით სხვადასხვა კონცენტრაციების ეტალონურ ხსნარებს.

ბულიონების MRS და M17 ჩავასხით მაკარტნის 40 მლ-იან სინჯარებში. საკვლევი *Lb. spp E11 K3* ბაქტერიული შტამები შევიტანეთ – MRS, ხოლო *S. thermophiles 2N K2* შტამები – M17 ბულიონიან სინჯარებში. სინჯარები მოთავსდა თერმოსტატში 37°C-ზე, სადაც ხდებოდა ბაქტერიების გამოზრდა. გამოზრდა ხდებოდა 12 სთ, 20 სთ, 36სთ, 44სთ, 68სთ. დროის განმავლობაში. შემდეგ ვახდენდით სინჯარებიდან ბაქტერიული მასების გამოყოფას. ამისათვის ხდებოდა ნიმუშების ცენტრიფუგირება 40 წთ-ის განმავლობაში 10000 rpm (Thermo IEC MICromax RF). მიღებული ნალექს ვრეცხავდით გამოსხივებით და ვახდენდით ისევ ცენტრიფუგირებას (40 წთ 10000 rpm). შემდეგ ნალექები გადაგვქონდა ერთჯერად პეტრის ფინჯნებზე. ბიოუსაფრთხოების კაბინაში (Labconco, model # 3601024) ხდებოდა მათი გაშრობა. აწონილი გამომშრალი უჯრედოვანი მასები გადავიტანეთ მაკარტნის სინჯარებში.

მიღებული ბაქტერიული მასების სველ დანაცრების (გახსნა) მიზნით ნიმუშებიან სინჯარებში დავამატეთ 1მლ კონცენტრირებული (70%) აზოტმჟავა HNO₃. ამგვარ მდგომარეობაში ნიმუშები დაყოვნდა 3 დღე, რის შემდეგაც მოხდა ნიმუშების გაცხელება დუღილის ტემპერატურამდე. ნიმუშების თხევად მდგომარეობაში გადაყვანის შემდეგ თვითოულ სინჯარას (ნიმუშს) დაემატა 10 მლ ბიდისტილირებული წყალი. შემდეგ ვახდენდით ბაქტერიების ნიმუშების ანალიზს Mg-ისა და Mn-ის შემცველობაზე ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრის „Analyst 800“ (Perkin Elmer) დახმარებით [6]. გამოყენებული იყო აცეტილენ-ჰაერის აღი. ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილებში 1-4.

ცხრილი 1. Mg-M17 მაგნიუმის შემცველობა რძემჟავა ბაქტერიებში *S. thermophiles 2N K2* (მკგ/გ)

T - ბაქტერიების გამოზრდის დრო (სთ)	12 სთ	20 სთ	36 სთ	44 სთ	68 სთ
Mg -ის კონცენტრაცია	3200	3390	1950	1790	1410

ცხრილი 2. Mg-MRS მაგნიუმის შემცველობა რძემჟავა ბაქტერიებში *Lb. spp E11 K3* (მკგ/გ)

T - ბაქტერიების გამოზრდის დრო (სთ)	12 სთ	20 სთ	36 სთ	44 სთ	68 სთ
Mg -ის კონცენტრაცია	1700	2200	2180	2200	1600

ცხრილი 3. Mn - 17 მანგანუმის შემცველობა რძემჟავა ბაქტერიებში *S. thermophiles 2N K2* (მკგ/გ)

T - ბაქტერიების გამოზრდის დრო (სთ)	12 სთ	20 სთ	36 სთ	44 სთ	68 სთ
Mn -ის კონცენტრაცია	101		46	23	28

ცხრილი 4. Mn- MRS მარგანეცის შემცველობა რძემჟავა ბაქტერიებში *Lb. spp E11 K3* (მკგ/გ)

T - ბაქტერიების გამოზრდის დრო (სთ)	12 სთ	20 სთ	36 სთ	44 სთ	68 სთ
Mn -ის კონცენტრაცია	376	391	103	104	71

შედეგებმა აჩვენა, რომ *S. thermophiles 2N K2* ტიპის ბაქტერიებს გააჩნიათ Mg-ის ათვისების უკეთესი უნარი *Lb. spp E11K3* ბაქტერიებთან შედარებით. Mg-ის შეთვისება ინტენსიურია ბაქტერიების ზრდის პირველ საათებში და აღწევს მაქსიმუმს, როდესაც ზრდის პერიოდი შეადგენს 20 სთ-ს. 20 სთ-ის შემდეგ ხდება ბაქტერიების მიერ მეტალის იონების გამოდევნა ორგანიზმიდან (ცხრ. 1 და 2). Mg-ის შემცველობა *S. thermophiles 2NK2* ტიპის ბაქტერიებში 68 სთ-ს შემდეგ მცირდება 2,4-ჯერ მის მაქსიმალურ (20 სთ) შემცველობასთან შედარებით. *Lb. spp E11K3* ტიპის ბაქტერიების შემთხვევაში შემცირება ხდება 1,4 -ჯერ.

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ (ცხრ. 3 და 4) *Lb. spp E11K3* ტიპის ბაქტერიები უფრო ინტენსიურად ითვისებენ Mn-ს ვიდრე *S. thermophiles 2NK2* ბაქტერიები. Mn-ის შეთვისება ინტენსიურია ბაქტერიების ზრდის დასაწყისში, აღწევს მაქსიმუმს, როდესაც ბაქტერიების ზრდის პერიოდი შეადგენს 20 სთ-ს. 20 სთ-ს შემდეგ ხდება ბაქტერიების მიერ მეტალის იონების გამოდევნა ორგანიზმიდან. (ცხრილი 3 და 4).

Mn-ის შემცველობა ბაქტერიების ზრდის 68 სთ-ს შემდეგ მცირდება 3,6-ჯერ *S. thermophiles 2NK2* ბაქტერიების შემთხვევაში მის მაქსიმალურ შემცველობასთან შედარებით (ზრდის 12 სთ). *Lb. spp E11K3* ბაქტერიების შემთხვევაში შემცირება ხდება 5,3 -ჯერ მის მაქსიმალურ შემცველობასთან შედარებით (20 სთ).

Lb. spp E11K3 ბაქტერიები ახდენენ 3,7 ჯერ მეტი Mn-ის დაგროვებას ვიდრე *S. thermophiles 2NK2* ბაქტერიები, როდესაც ბაქტერიების ზრდის პერიოდი შეადგენს T=12სთ. როდესაც T=68სთ-ს, Mn-ის შემცველობა *Lb. spp E11 K3* ტიპის ბაქტერიებში მეტია 2,5ჯერ ვიდრე *S. thermophiles 2NK2* ტიპის ბაქტერიებში. აღნიშნული შესაძლოა აიხსნას იმით, რომ გარემო, რომელშიც იზრდებოდნენ *Lb. spp E11 K3* ტიპის ბაქტერიები, შეიცავდა 2 ჯერ მეტ Mn -ს, ვიდრე გარემო, რომელშიც იზრდებოდნენ *S. thermophiles 2N K2* ტიპის ბაქტერიები.

ლიტერატურა

1. V. Capozzi, P. Russo, M. T. Dueñas, P. López and G. Spano. "Lactic acid bacteria producing B-group vitamins: a great potential for functional cereals products." Applied microbiology and biotechnology. 2012. 96, no. 6, 1383-1394
2. იანა მალხაზოვა. მაწვნის დედობიდან გამოყოფილი ენდემური რძემჟავა ბაქტერიების გენოტიპური და ფენოტიპური დახასიათება. გეოლოგიის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაცია, გვ.39-40.
3. Food and Agriculture Organization: <http://www.fao.org/docrep/x0560e/x0560e10.htm>;
4. <http://himedialabs.com/TD/M1164.pdf> MRS
5. <http://www.himedialabs.com/TD/M1029.pdf>
6. <http://www.perkinelmer.com/Catalog/Product/ID/N3050417>

SUMMARY

ASSIMILATION OF MAGNESIUM AND MANGANESE BY LACTIC ACID BACTERIA

Rcheulishvili N.A., Kakabadze E.G., Rcheulishvili A.N. and Rcheulishvili O.A.

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

The process of assimilation of Mg and Mn by bacteria *Lactobacillus* spp. E11K3 and *Streptococcus thermophiles* 2NK2 was studied. The bacteria were grown in media for 12, 20, 36, 44 and 68 hours. The bacteria were separated from the media and washed. Bacterial masses were dried, weighed and placed in test tubes. The bacterial samples were turned into a liquid state and analyzed for the content of Mg and Mn using the atomic absorption spectrometer Analyst 800 (Perkin Elmer). The assimilation of Mg and Mn was more intensive during the first hours of bacterial growth and reached the maximum in 20 hours. Then the metal ions were extracted from bacteria. The concentration of Mg in *S. thermophiles* 2NK2 decreased by a factor of 2.4 and the concentration of Mn – by a factor of 3.6 after 68 hours of growth as compared with the maximum concentration. The concentration of Mg in *Lb.* spp. E11K3 decreased by a factor of 1.4, and the concentration of Mn – by a factor of 5.3 as compared with the maximum concentration.

Keywords: manganese, magnesium, lactic acid bacteria, assimilation.

RESEARCH OF SOME PHENOLIC COMPOUNDS IN OAK CHIP EXTRACTS

Zakalashvili S.G. and Bezhushvili M.G.

Agricultural University of Georgia

Abstract. Based on the analysis of spirit extracts of industrial oak chips, some phenolic compounds they contain were studied. We analyzed the spirit extracts of oak chips of different degree of baking: light, medium and strong. In the extracts we determined the following low molecular phenolic compounds: vanillin, vanillic acid, syringic aldehyde, syringic acid, coniferyl aldehyde, sinapic acid, syringol, gallic acid, gallocatechin, 4-vinylphenol and 4-ethylphenol. The variation of concentration of the above-listed compounds depending on the degree of baking of oak chips: light, medium and strong. It was inferred that the spirit extracts of oak chips are suitable for production of alcoholic beverages.

Keywords: oak chips, phenolic compounds.

Introduction

Oak bark is an important raw material in the production of alcoholic beverages. Each component of oak bark plays a particular role in formation of the quality of alcoholic products. The oak bark is rich in chemical compounds of various classes, the most important of which are phenolic compounds: lignin, tannins and flavor-forming low molecular compounds. In the oak bark, lignin is represented in three fractions, the tightest fraction of which is linked to carbohydrate components. We studied the most widespread oak species in Georgia *Quercus iberica* in order to determine the structure and localization of lignin. As a result, it was found that lignin is mostly located in the cell wall and connective tissues. Lignin located in the cell wall is represented by phenylpropan, guaiacyl, syringyl and small amounts of pyrocatechol-type structural units, while lignin represented in the connective tissues produces mainly guaiacyl and syringyl types of monomers [1]. Lignin is mainly located in the connective tissues and is more methoxylated compared to the lignin of cell walls. The use of oak bark in aging of cognac spirits is based on the feature of lignin to produce aromatic phenolic aldehydes and phenolic acids with time. During aging of cognac spirits both in oak barrels and on oak staves, lignin is extracted and transformed into various low molecular compounds, which significantly determine the bouquet of cognac spirits. Main processes of cognac spirit aging are the following: lignin ethanolysis, tannin emission and oxidation, and hemicelluloses hydrolysis [2,3]. As a result of lignin ethanolysis during cognac spirit aging, there are formed vanillin, syringic, coniferic, sinapic and other aldehydes, which then undergo partial conversion and are accumulated in aged cognac spirits. According to Lashkhi's research, during cognac spirit aging in oak barrels, aromatic compounds are formed in the process of slow natural oxidation of lignin. [4].

During thermal oxidation of vanillin and syringic aldehyde with air oxygen, pyrocatechol monoethyl ether is formed from vanillin as a final product, while pyrogallol monomethyl ether is formed from syringic aldehyde. The above-mentioned products were identified in Georgian cognac spirits of different age, aged in oak barrels [5-7]. Further transformations of lignin derivatives formed during aging of Armagnac in oak utensils were studied by Puesh (1981). From aromatic aldehydes, syringic, sinapic, coniferic aldehydes and vanillin were dominant, while, from phenolic acids, such were syringic, vanillic, ferulic, cinnamic, para-coumaric and para-oxybenzoic acids. The process of cognac spirits aging is based not only on oak components, but also on subsequent conversion of spirit components, as well as on the products of interaction of these compounds. There are a lot of technological methods to accelerate the aging process of cognac spirits, which are divided into three main groups: 1. Oxidative; 2. Extractive; 3. Physical and thermal. In most cases, the combination of these three methods is used to accelerate the aging of spirits. Thermal processing methods of oak bark are very important, and a lot of scientific investigations were dedicated to them [8-12]. As a result of research of the thermal oxidation of oak bark of *Quercus iberica* widespread in Georgia, it was established that ethanolysis of lignin has the following features: 1. Thermal oxidation increases the solubility of oak bark lignin during ethanolysis. 2. The structural

specific feature of ethanolysis of thermally oxidized oak lignin consists in the prevalence of phenolic acids over phenolic aldehydes. From phenolic aldehydes, vanillin is dominant in the formation of ethanolate flavor [13].

From phenolic compounds, simple phenol derivatives known as volatile phenols are of great importance. These substances are characterized by intense specific odor, and their existence in such beverages as whisky, cognac and wine leads to formation of relevant flavor. Studies have established the ways volatile phenols are formed, particularly, these are microbiological processes resulted from fermentation and thermal degradation of lignin. It was also established that volatile phenols are formed as a result of conversion of phenol carboxylic acids. Volatile phenols derived from phenol carboxylic acids were identified in cognac spirits aged with the help of oak bark. The authors of work [14] studied how volatile phenols emerged from phenol carboxylic acids existing in cognac spirits under relatively mild conditions (heating to 90°C). The following was established: emergence of guaiacol from vanilic acid, of para-vinylguaiacol, vanillin, vanilic acid, guaiacol and para-ethylphenol - from ferulic acid, of para-vinylphenol, para-ethylphenol, para-oxybenzaldehyde, para-oxybenzoic acid and phenol - from para-coumaric acid. Volatile phenols emerge as a result of heating of oak bark and lignin. The same authors established a decrease in the concentration of phenolic acids in oak barrels during cognac spirits aging and an increase in the concentration of volatile phenols.

According to the above, oak bark lignin is an important source for formation of diverse range of phenols which to a certain extent determine the flavor of cognac spirits and alcoholic beverages. Degradation of oak bark lignin and the processes of formation and capabilities of low molecular aromatic compounds represent a topical research trend. Thus, the objective of our experiment was to study some phenolic compounds of spirit extracts of industrial oak chips.

Objects and Methods of Research

As the object of our research, we used industrial oak chips of three degrees baking: low, medium and high. We prepared water-spirit extracts from oak chips. We carried out the qualitative analysis of phenolic acids and phenolic aldehydes in the extracts by the method of thin-layer chromatography, solvent system - chloroform:methanol (90:10). Chromatograms were revealed by diazotized sulfanilic acid. Phenolic acids, phenolic aldehydes and volatile compounds in the same extracts were quantitatively determined using high-performance liquid chromatography-HPLC [15].

We purchased standard phenolic acids, phenolic aldehydes and volatile compounds in the framework of grant project 15MR_2.4.5_58 funded by Shota Rustaveli National Science Foundation.

Results and Discussion

The content (mg / l) of some Phenolic Compounds in alcoholic extracts of Oak Chips

No.	Component Name	Low burn	Medium burn	High burn
1	Vanilin	1.3	1.9	0.7
2	Vanilic acid	4.7	4.03	3.85
3	Syring aldehyde	0.05	0.77	1.45
4	Syringic acid	5.3	6.38	4.63
5	Coniferyl aldehyde	2.5	5.26	0.03
6	Sinapic acid	0.2	5.66	4.23
7	Syringol	Traces	0.54	1.02
8	Gallic acid	3.7	1.57	0.88
9	Guaiacol	0.25	1.22	2.28
10	4-Vinylphenol	0.2	1.33	Traces
11	4-Ethylphenol	Traces	Traces	Traces

According to the table data, the degree of baking of oak chips has a significant impact on the concentration of phenolic aldehydes, phenolic acids and other phenolic compounds in the relevant spirit extracts. The obtained data definitely indicates the correlation between the degree of baking and the formation of the above-mentioned compounds in oak chips. This impact is differently expressed in the change of each component. Particularly, as the degree of baking increases, the concentration of vanillin decreases due to the formation of various compounds as a result of its oxidation. The highest concentration of vanilic acid was found in oak chips of the lowest degree of baking, and its concentration decreased from 4.7 mg/l to 3.85 mg/l as the degree of baking increased. Syringic aldehyde increased with the degree of baking, while the product of its oxidation syringic acid was found in high concentration in the extract of medium baked oak chips, and its concentration decreased to 4.63 mg/l with high degree of baking. Syringol is one of the products formed in the result of oxidative conversion of the syringylic structure of oak bark lignin, which increased with the degree of baking from traces to 1.02 mg/l. As for guaiacol –the product formed during oxidation of the guaiacylic structure of lignin, its concentration significantly increased proportionally to the degree of baking. The amount of coniferylic aldehyde increased with the increase in the degree of baking from low to medium, while with high degree of baking, its amount sharply decreased. The maximum amount of sinapic acid was found in the extracts of medium baked oak chips, while, with the high degree of baking, it decreased again. In all cases 4-ethylphenol was present in trace amounts. 1.33 mg/l Vinylphenol in the amount of 1.33 mg/l was found in medium baked oak chips.

Thus, the performed research showed that the degree of baking affects significantly the formation of various phenolic compounds in oak chips, which is reflected in their content in spirit extracts of chips. Aromatic aldehydes, acids and other compounds found in the extracts of oak chips indicate the possibility of their usage in production of alcoholic beverages.

REFERENCES

1. Бежуашвили М.Г. Разработка теоретических основ конверсии лигнина виноградной лозы и древесины дуба и определение путей использования полученных продуктов. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Тбилиси, 1994.
2. Скурихин И.М. Химизм процессов созревания коньячных спиртов в эмалированных цистернах. В кн.: Вопросы биохимии виноделия. - М., Пищепромиздат, 1967. с. 17.
3. Скурихин И.М. Превращение лигнина, дубильных и редуцирующих веществ при созревании коньячных спиртов. // Виноделие и виноградарство СССР, 1962, №2, с.17.
4. Лашхи А.Д. Образование букета коньячного спирта. Биохимические основы коньячного производства. Сборник. - М., Наука, 1972, с. 83-87.
5. Эрадзе Н.Н., Бежуашвили М.Г. Исследование образования некоторых эфиров из лигнина древесины дуба при окислительной деструкции кислородом воздуха. // Georgian Engineering News, 1999, №1, с. 112-115.
6. Эрадзе Н.Н., Бежуашвили М.Г. Лигнин коры дуба в коньячных спиртах разного возраста. /Труды 3Международной научно-технической конференции Кутаисского государственного технического университета, Кутаиси, 1-2 июня 2000, с. 113-114.
7. Эрадзе Н.Н., Бежуашвили М.Г, Ларионов О.Г. Монометилловый эфир пирогалла и моноэтиловый эфир пирокатехена в грузинских коньячных спиртах. // Georgian Engineering News, 2001, №1, с.141-146.
8. Джанполадян Л.М. Очерки развития отечественного коньячного производства. –Ереван, Айастан, 1966.
9. Мнджоян Е.Л., Акопян Э.Л., Саакян А.С. Повторное использование дубовых клепок. // Виноделие и виноградарство СССР, 1986, №6, с.29-31.
10. Мнджоян Е.Л., Акопян Э.Л., Саакян А.С. Обработка древесины и качество коньяка. – М., Пищевая промышленность, 1990, №11, с.53-54.
11. Личев В. Разработка технологии получения экстракта из древесины дуба. Обзор. Серия “Винодельческая промышленность”. – М., ЦНИИТЭИ пищепром, 1977.
12. Дьяконов П., Донеv Д., Минков П., Ковачев С., Бакалов Н. Установка для термической обработки дубовой древесины (для использования в виноделии). // Лозарство и винарство (Болгария), 1988, 37, № 2, с. 32-34.

13. Дарчиашвили Н., Бужуашвили М. Влияние термообработки на преобразования полисахаридов коры дуба. //Наука и технологии, 2002, №7-9, сс. 119-122.
14. Писарницкий А.Ф., Егоров И.А., Егофарова Р.Х. Исследование образования летучих фенолов в коньячных спиртах. //Прикладная биохимия и микробиология, 1979, т. XV, вып.1, сс. 132-138.
15. Сборник международных методов анализа спиртных напитков, спиртов, водок и ароматической фракции напитков. Международная организация винограда и вина. – М., Пищепромиздат, 2001.

РЕЗЮМЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЭКСТРАКТАХ ДУБОВЫХ ЧИПСОВ

Закалишвили С.Г., Бежуашвили М.Г.

Грузинский аграрный университет

На основе анализа спиртовых экстрактов промышленных дубовых чипсов изучены некоторые входящие в них фенольные соединения. Анализировались спиртовые экстракты дубовых чипсов разной степени обжарки: легкой, средней и сильной. В экстрактах мы определили низкомолекулярные фенольные соединения: ванилин, ванильная кислота, сиреневый альдегид, сиреневая кислота, кониферилловый альдегид, синаповая кислота, сириггол, галловая кислота, гваякол, 4-винилфенол, 4-этилфенол. Определено изменение концентрации перечисленных фенольных соединений в зависимости от степени обжарки дубовых чипсов. Сделан вывод о возможности использования экстрактов дубовых чипсов в производстве алкогольных напитков.

Ключевые слова: дубовые чипсы, фенольные соединения.

ღვინოების ამინომჟავური პროზილი აირქრომატოგრაფიული
გაზომვების მიხედვით

შათირიშვილი შ.ი., ზაკალაშვილი გ.ნ., კილაძე მ.თ., შათირიშვილი ი.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ს/ს “ჭანდარი“, ღვინის ქარხანა

ღვინოებში ამინომჟავების განსაზღვრისათვის გამოყენებული მეთოდისგან [1] განსხვავებით, მოცემულ სამუშაოში ღვინის ნიმუშების საანალიზოდ ვიყენებდით ხ. კიმის [2] მიერ შემუშავებულ, დერივატიზაციის საკმაოდ განსხვავებულ მეთოდს, ტრადიციული აირქრომატოგრაფიული გაზომვების გამოყენებით.

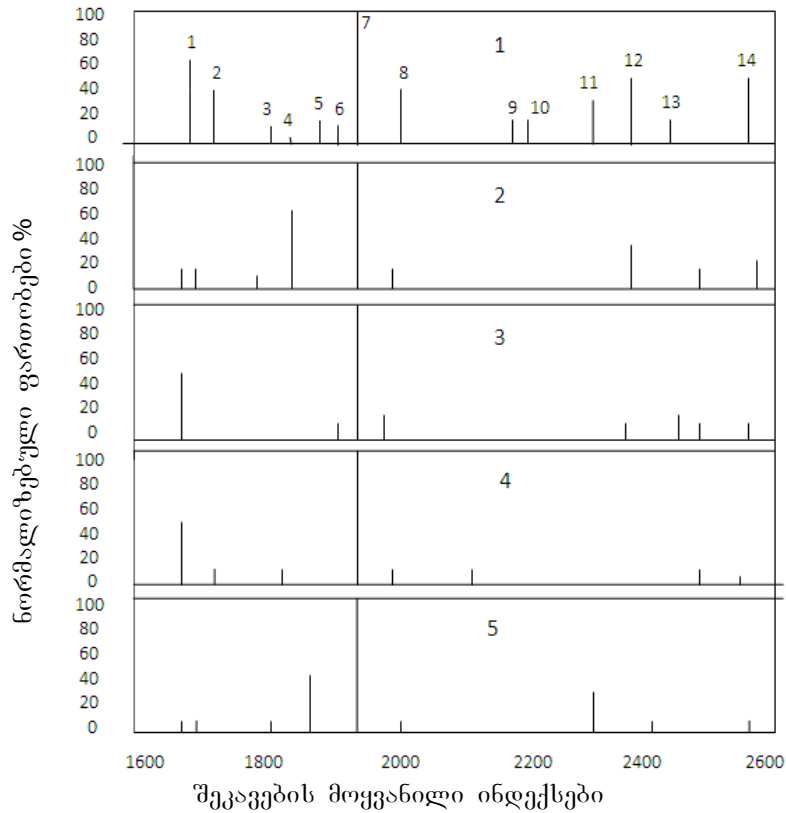
დერივატიზაციის პირველი სტადია მდგომარეობდა ტუტე წყალხსნარებში თავსიუფალი ამინომჟავების (იზო Boc) N (O,S) იზობუთილკარბონილწარმოებულების მიღებაში. შემდგომში ხორციელდებოდა შემუშავებული N (O,S) იზო-Boc – ამინოწარმოებულების მყარფაზური ექსტრაქცია (SPE) და მეორეული ბუთილდიმეთილსილილის (TMDMS) შესაბამისი წარმოებულების საბოლოო კონვერსია, რომლებიც განიცდიდა როგორც აირქრომატოგრაფიულ, ისე ქრომატო-მას-სპექტრომეტრულ ანალიზს [2].

ობიექტები და კვლევის მეთოდები

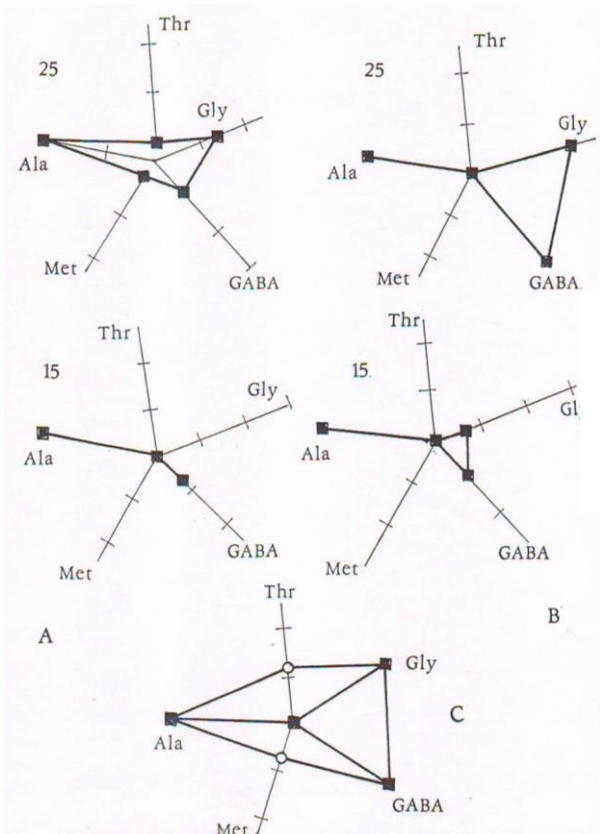
ხ. კიმის მიერ შემუშავებული აღნიშნული მეთოდი ჩვენს სამუშაოში გამოყენებულ იქნა ღვინოების „კახეთი“ და „რქაწითელი“ პირდაპირ პროფილური ქრომატოგრამების მისაღებად მათი 15 და 25 დღე-ღამის განმავლობაში 50°C ტემპერატურაზე თბოდამუშავების შემდეგ [1]. საანალიზოდ აღებული ღვინოების ოთხი ნიმუშიდან თითოეული მზადდებოდა ამ მეთოდის შესაბამისად მკაცრად ინდივიდუალურად და თითოეული აღებული სინჯის ანალიზი ხდებოდა სამჯერ, აირქრომატოგრაფიული მეთოდით.

აირქრომატოგრაფიულ ანალიზს ვატარებდით აირქრომატოგრაფზე „Цвет – 500“, რომელსაც ამ მიზნით ალურ-იონიზაციური დეტექტორიან კაპილარული სვეტისათვის სპეციალურად ჰქონდა კონსტრუირებული სინჯის შეყვანის გამყოფ-არგამყოფი მოწყობილობა. მონაცემების დამუშავება ხდებოდა საკმაოდ მარტივი ტიპის ინტეგრატორზე И-1 (პირველი მოდიფიკაცია). ქრომატოგრაფიული დაყოფა ხორციელდებოდა 0,25 მმ შიდა დიამეტრისა და 30 მ სიგრძის კვარცის კაპილარულ ქრომატოგრაფიულ სვეტზე, რომელიც დაფარული იყო 0,25 მკმ სისქის DB-5 და DB-17 დამყნობილი სილოქსანის ფაზით. სინჯის დაუყოფელი შეყვანა ხდებოდა შებერვის მეთოდით 60 წმ დროის მონაკვეთითა და გახურებული ნემსის გამოყენებით. ქრომატოგრაფიული ანალიზის ტემპერატურის პროგრამირებული ცვლილება ხორციელდებოდა რთული პროგრამით: ორი წუთის განმავლობაში ტემპერატურის დაყენება 60 °C -ზე, შემდეგ ტემპერატურის სწრაფი აწევა 150 °C 30⁰ /წთ სიჩქარით, რის შემდეგაც ნელა 3⁰ /წთ სიჩქარით ტემპერატურა აღიოდა 280 °C. ინექტორისა და თერმოსტატის ტემპერატურა შესაბამისად იყო 260 °C და 300 °C. შეკვების ინდექსის I გასაზომად ერთდროულად შეგვყავდა H-ნახშირწყალბადებისა და იზოოქტანის ნარევი. საინტერესო იყო ღვინოების ოთხი ნიმუშის შეკვების ინდექსის სპექტრის შედარება კლასიკური ტექნოლოგიით დამზადებულ გამოსავალ ღვინოსთან (ნახ. 1. ნიმუში 5) სპეციალური პროგრამის გამოყენებით (ნახ.1). მიღებული ბაროგრამებით საკმაოდ მკაფიოდ ხასიათდება ღვინოების დაძველების პროცესი, თბოდამუშავების პირობებზე დამოკიდებულებით. ვიზუალური შედარება გვიჩვენებს, რომ „კახეთის“ ნიმუში (ნიმუში 2) 50 °C ტემპერატურაზე მაქსიმალური (25 დღე-ღამე) დაყოვნების შემდეგ უფრო მეტ მსგავსებას იძლევა კლასიკური წესით დაყენებული ღვინის შეკვების ინდექსის გრაფიკთან. (ნიმუში 5). მე-5 ნიმუშის კომპონენტების ხაზური დისკრიმინაციული ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელი გახდა თითოეული

საკვლევი ნიმუშისა და შესადარებელი ღვინის ვარსკვლავური დიაგრამების მიღება ნახ. 2.



ნახ.1. ღვინომასალების („კახეთი“ და „რქაწითელი“) და მზა ღვინის ბაროგრაფიული პროფილები



ნახ.2. ღვინომასალების („კახეთი“ - A და „რქაწითელი“ -B) და მზა ღვინის - C ვარსკვლავური დიაგრამები
Thr - ტრიონინი, Ala - ალანინი, Met - მეთიონინი, Gly - გლიცინი, GABA - γ -ამინოვარდობი.

აღმოჩენილი 14 ძირითადი თავისუფალი ამინომჟავიდან, ხუთი მჟავა, სახელდობრ ტრიონინი, ალანინი, გლიცინი, მეთიონინი და γ -ამინოვრობოჟავა წარმოადგენენ განმსაზღვრელებს, რომლებიც საკმაოდ რაოდენობით იმყოფებიან ყველა ნივთიერებაში. ვარსკვლავური ქრომატოგრამები საკმაოდ მახასიათებლები არიან. დამახასიათებელი მონაცემების წარმოდგენა ვარსკვლავური გრაფიკების სახით, აგრძელებენ ღვინოების დამახასიათებელი გრაფიკების წარმოდგენის იმ ტენდენციას, რომელიც ადრე იყო დაწყებული ქართული ღვინოების სამდეტექტორიანი ანალიზის შედეგების დამუშავებისას [3].

ამგვარად, ღვინომასალებისა და ღვინოების მიღებული და შემოთავაზებული პროფილური ქრომატოგრაფები საშუალებას გვაძლევს შეკავების მონაცემების ვიზუალური შედარებით მივიღოთ მათთვის დამახასიათებელი გრაფიკმახასიათებლები.

ნაჩვენებ იქნა, რომ თბოდამუშავება საშუალებას იძლევა თავისუფალი ამინომჟავების მიხედვით საკმაოდ სწრაფად მიუახლოვდეთ კლასიკური მეთოდით მიღებულ ღვინოებში მათ შემცველობას. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთი შესაბამისობის მსგავსება უფრო ნათლადაა გამოხატული ამ შემთხვევაში, ვიდრე ღვინოების მსუბუქი შემადგენლობის ცვლილებისას.

ლიტერატურა

1. შათირიშვილი შ.ი., ბერიშვილი ლ.ა., შათირიშვილი ი.შ. თავისუფალი ამინომჟავური პროფილის განსაზღვრა მაღალეფექტური თხევადი ქრომატოგრაფიის გამოყენებით. //Georgian Engineering News, 2016, №1(), გვ. 99-101.
2. Kim Ch. P., Oh C.H., J. Chromatogr. A, 1669 (1994), pp.125-131.
3. Шатиришвили И.Ш. Хроматография грузинских вин. -Тбилиси, Ганатлеба, 1988, 172 с.

SUMMARY

AMINO-ACID PROFILE OF WINES ACCORDING TO THE GAS CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS

Shatirishvili Sh.I., Zakalashvili G.N., Kiladze M.T. and Shatirishvili I.Sh.

Georgian Technical University

JSC Chandari Winery

To analyze Kakheti and Rkatsiteli wines for amino-acids by traditional gas chromatography, we analyzed the samples at 50°C depending on the duration of heat treatment using the methods of derivatizationsignificantly different from the accepted ones. It is shown that thermal treatment allows reaching rapidly the amount of amino-acids close to that contained in wines produced by a classical method.

Keywords: wine, amino-acids, gas chromatography, derivatization.

ПЕРВЫЙ ЛИОФИЛЬНО ВЫСУШЕННЫЙ ГРУЗИНСКИЙ ШТАММ ЭНДЕМНЫХ ВИННЫХ ДРОЖЖЕЙ GE 02

Салия Е.Ш., Гвинадзе Т.О., Ортоидзе Т.В.

Институт Садоводства, Виноградарства и Виноделия Грузинского Аграрного
Университета

Начиная с 90-ых годов грузинское виноделие стихийно перешло на массовое применение т.н. сухих дрожжей импортного производства без каких-либо предварительных лабораторных исследований, основываясь лишь на дистрибьюторские данные, что привело к однообразию местных вин. Следует отметить, что до указанного периода грузинские вина приготавливались на основе спонтанного брожения или с применением исключительно эндемных чистых культур винных дрожжей из коллекции Института Садоводства, виноградарства и виноделия Грузии, что обеспечивало самобытность и уникальность грузинских вин, т.к. коллекция НИИСВиВ была представлена множеством штаммов, соответствующих различным сортам грузинского винограда, к тому же это обеспечивало и сохранение чистоты как производственных, так и диких местных популяций винных дрожжей.

Завладение грузинским виноделием импортными дрожжами объясняется, отчасти, простотой их применения (в частности при приготовлении развонок) и хранения, а также неимением местных штаммов сухих дрожжей. Попытки получения сухих форм некоторых коллекционных штаммов закончились неудачно из-за неустойчивости этих штаммов к лиофильному высушиванию. Однако, следует отметить, что нами ранее в лабораторных условиях был получен и лиофильно высушен штамм Чхавери [1,2].

Дрожжи, как и любые другие организмы, прошли сложный путь эволюции и, в процессе борьбы за существование, своими морфологическими, биохимическими и физиологическими свойствами адаптировались к определённым условиям среды обитания (климатические условия, сорт винограда, состав почвы). Чистые культуры винных дрожжей, выделенные из спонтанной микрофлоры того или иного сорта винограда при брожении суслу обеспечивают максимальное проявление сортовых качеств и тем самым создают высококачественный виноматериал.

Целью данной работы являлось выделение новых эндемных чистых культур винных дрожжей и их лиофильное высушивание для получения сухих активных производственных дрожжей.

Материалом для выделения штаммов послужил осадок вина, полученного спонтанным сбраживанием суслу винограда сорта Ркацители в семейных условиях, где никогда не использовались посторонние дрожжи.



Рис.1. Изолированные колонии нововыделенных штаммов винных дрожжей на плотной питательной среде

Методом получения изолированных колоний [3] на плотной питательной среде нами было выделено около 100 штаммов, отличившихся морфологически, которые образовывали заметно крупные колонии (рис. 1).

Путём исследования, основанного на изучении производственных свойств указанных штаммов (энергия брожения, скорость размножения клеток, продолжительность брожения, сульфитостойкость и др.) было отобрано 5 наиболее активных штаммов, обозначенных как GE: 01, 02, 03, 04, 05 [4].

Для контроля использовался коллекционный штамм Кахури 42, характеризующийся высокой активностью, который постоянно применялся в грузинском виноделии в советский период для получения белых столовых вин. Данные приведены в табл. 1.

Табл. 1. Энергия брожения и интенсивность размножения клеток штаммов винных дрожжей

Дрожжевая культура штамм	Энергия брожения масса выделенного CO ₂ в г/см ³ к концу брожения	Интенсивность размножения клеток, количество клеток в млн/см ³ на 4 день брожения
Кахури 42 (контроль)	9,500	460
GE 01	9,000	420
GE 02	9,370	470
GE 03	8,900	400
GE 04	9,100	450
GE 05	8,800	340

Из данных табл. 1 следует, что исследуемые штаммы по своим технологическим свойствам не отстают от контрольного штамма, характеризуются высокой энергией брожения и скоростью размножения клеток, все штаммы сульфитостойки к допустимым в виноделии дозам сульфитации. В лабораторных условиях при температуре 25-26⁰С процесс брожения до полного выбраживания сахара завершался на 10-11 день.

Далее в лабораторных условиях была проведена лиофильная сушка 5 исследуемых штаммов. После высушивания нами были заново изучены технологические свойства сухих форм соответствующих штаммов. Исследования показали, что среди 5 штаммов, штамм GE 02 полностью сохранил свою активность после проведения лиофильной сушки.

На следующем этапе исследования были проведены лабораторные опыты на стерильном виноградном сусле для изучения процесса брожения с использованием высушенного штамма GE 02. Для контроля использовалась чистая сухая культура импортных дрожжей, наиболее широко используемая в грузинском виноделии для получения белых столовых вин. Исследования показали, что штамм GE02 начинает заброживание сусла через 20 минут после внесения разводки в стерильное сусло при оптимальной температуре (25-26⁰С), пик брожения приходится на третий день а само брожение закончивается на 11-ый день. Проведённые химические анализы показали полное выбраживание сахара (при сахаристости сусла 20%). Данные анализов приведены в табл. 2.

Табл. 2. Химический анализ вина приготовленного из сорта Ркацители с помощью сухих винных дрожжей GE 02

Дрожжевая культура Штамм	Спирт Об.%	Сахар г/см ³	Титруемая кислотность г/см ³
Контрольный штамм	11,2	0,10	6,9
GE 02	11,5	0,15	7,0

Положительные данные лабораторных исследований стали предпосылкой для получения минимальной партии сухих дрожжей штамма GE02 на технологической линии в Германии.

Они были испытаны на нескольких винозаводах Грузии для приготовления белых столовых вин, в том числе в традиционных для грузинского виноделия ёмкостях «квеври». Данные указанных заводов подтвердили эффективность применения высушенного штамма GE02 в грузинском виноделии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Салия Е.Ш., Меликишвили М.В., Махатадзе М.Ф., Папава З.М., Мдинарадзе М.Б. Установление режима применения чистой культуры винных дрожжей «Чхавери 5» в процессе брожения. // Georgian Engineering News, 2014, N 1, сс. 129-131.
2. Салия Е.Ш., Махатадзе М.Ф. Получение сухой формы чистой дрожжевой культуры Чхавери 5 и изучение ее активности. // Georgian Engineering News, 2014, N 1, сс. 132-134.
3. Мосиашвили Г.И. Микробиологический анализ продуктов виноделия (на грузинском языке). –Тбилиси, Сабчота Сакартвело, 1969, с.36
4. Бурьян Н.И. Практическая микробиология виноделия. – Симферополь, 2003, 378 с.

SUMMARY

THE FIRST GEORGIAN ENDEMIC WINE YEAST STRAIN GE02 SUBJECTED TO LIOPHILIC DRYING

Salia E.Sh., Gvinadze T.O. and Ortoidze T.V.

Institute of Viticulture, Viniculture and Oenology, Agricultural University of Georgia

Wine yeast strain GE02 was isolated and subjected to liophilic drying. The strain is characterized by high activity and provides high-intensity fermentation of grape juice both under laboratory and industrial conditions as well as production of wine materials of high quality. The yeast strain GE 02 is recommended for production of table wines in Georgian wine-making.

Keywords: wine yeast, strain, liophilic drying, fermentation, wine materials.

ალკოჰოლური სასმელების დამზადების ტექნოლოგიათაფლის სპირტის
გამოხდის ნარჩენის გამოყენებით

ოშაყმაშვილი ც.ლ., ხოსიტაშვილი მ.ლ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

უკანასკნელ პერიოდში ხილისა და კენკრის მაღალალკოჰოლიანი სასმელები დიდი პოპულარობით სარგებლობენ ევროპის ქვეყნებში. ცნობილია თაფლისა და ალუბლის, ქლიავის, ციტრუსების, ვაშლის, გარგარის, ატმის და სხვა ნედლეულიდან დამზადებული სხვადასხვა ტიპის ალკოჰოლიანი და უალკოჰოლო სასმელები, რომლებიც ხასიათდებიან ნაზი სასიამოვნო გემოთი, ფერით და არომატული კომპონენტების დამოკიდებულებით სპეციფიური ნედლეულის (ხილის) ბუკეტით.

მაღალხარისხოვანი სპეციფიკური ორგანოლრპტიკური მახვენებლების მქონე ალკოჰოლიანი სასმელების დამზადების ტექნოლოგიურ პროცესებს (ალკოჰოლური დუღილი, დასპირტვა, ღვინომასალების გამოხდა და სხვ.) შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ღვინომასალების გამოხდას და აღნიშნულ პროცესში ფრაქციების ერთმანეთისაგან სწორედ დაყოფას.

მაღალხარისხოვანი სპირტის მისაღებად საჭიროა თაფლის ღვინომასალის გამოხდის პროცესი ისე წარიმართოს, რომ ნახადში გადავიდეს არამარტო ეთილალკოჰოლი, არამედ მისი შემადგენელი სხვა მნიშვნელოვანი კომპონენტებიც. ღვინის გამოხდის დროს დუღს ძირითადად ერთმანეთში ხსნადი წყალი, ეთანოლი და ისეთი კომპონენტები, რომლებიც იხსნებიან წყალში და უკეთესად ეთილალკოჰოლში. აქედან გამომდინარე ეს ნაერთები შედარებით ადვილად მისდევენ ნახადში წყლის სპირტსხნარის ორთქლს. ამ კომპონენტთა ნახადში გადასვლის ინტენსივობაზე გავლენას ახდენს წყლისა და ეთილალკოჰოლის ურთიერთშეფარდება წყალ-სპირტიან ხსნარში, გამოხდის რეჟიმი და სხვ. გამოხდის დროს გამოსახდელი ღვინო ცეცხლზე დუღს რამოდენიმე საათის განმავლობაში. ლიტერატურიდან კი ცნობილია, რომ ამ დროს ხდება არმარტო ღვინოს კომპონენტების ფრაქციებად დაყოფა, აგრეთვე ღვინის შემადგენლობაში არსებული ზოგიერთი ნაერთის (აცეტალბები, ეთერები და სხვ.) დაშლა და დაშლის პროდუქტების ნაწილის ნახადში გადასვლა. შემუშავებულია თაფლის სპირტის გამოხდის ისეთიტექნოლოგიური რეჟიმი, რომელიც უზრუნველყოფს საწყისი ნედლეულის - თაფლის სპეციფიკური არომატის შენარჩუნებას ნახადში. თაფლის ღვინომასალიდან სასურველი არომატული კომპონენტების ნახადში გადასვლის მიზნით თაფლის ღვინომასალას ხდიან შარანტის ტიპის კონიაკის სპირტსახდელ აპარატზე. მიღებულ ნედლ სპირტს ხდიან ხელმეორედ და ამზადებენ თაფლის მაღალალკოჰოლურ სასმელებს. პირველი გამოხდის შემდეგ სახდელ აპარატში ბუყის სახით რჩება თაფლის ღვინომასალის დაახლოებით 60%. ეს მონაცემები ემთხვევა სტატიკურ დასკვნებს. ყოფილ საბჭოთა კავშირის ღვინისმწარმოებელ რესპუბლიკებში დაახლოებით 50 მილიონი დალი ბუყი განკუთვნილი იყო უტილიზაციისათვის, რომელიც გარდა იმისა, რომ წარმოადგენდა დიდ ეკონომიურ დანაკარგს, ამავე დროს დიდად ანაგვიანებდა გარემოს. მაშინ როცა ავტორთა მონაცემებით კონიაკის ბუყი შეიცავდა მნიშვნელოვანი რაოდენობის ნატურალურ ბიოაქტიურ ნაერთებს და შეიძლებოდა გაწმენდისა და გადამუშავების შემდეგ მათი გამოყენება კვების პროდუქტების დასამზადებლად. მიუხედავად იმისა, რომ კონიაკის ბუყი ხასიათდება მძაფრი არომატით.

ჩვენ მიერ მიღებული და გამოკვლეული იქნა თაფლის ბუყი. ექსპერიმენტით დადასტურდა, რომ იგი მდიდარია ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთებით, როგორცაა: ორგანული მჟავები, საერთო აზოტი, ფენოლური ნაერთები და ნახშირწყლების რაოდენობები. აღნიშნულ ნივთიერებათა რაოდენობების ზრდა თაფლის ბუყში

აიხსნება თაფლის ღვინომასალის დისტრილაციის შედეგად მათი კონცენტრირებით. ბუყისა და მისი შესაბამისი ღვინომასალის ძირითადი განსხვავება მათ არომატულ კომპონენტთა შემადგენლობაშია.

ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევებით თაფლის ბუყი თავისი ქიმიური და ორგანოლექტიკური მონაცემებით განსხვავდება კონიაკის ბუყისაგან და მას ეძლევა რეკომენდაცია გამოყენებული იქნეს ალკოჰოლური სასმელების დასამზადებლად.

თაფლის ღვინომასალის ნედლ სპირტად გამოხდის დროს სახდელ აპარატში დარჩენილი ბუყი წარმოადგენდა მოყვითალო ქარვისფერ გამჭვირვალე სითხეს, რომელიც ხასიათდებოდა სპეციფიკური თაფლის სუნით და გემოთი. მისი გამოხდის გაგრძელებით ნახადში მიიღება უალკოჰოლო ასევე თაფლის სუნის და გემოს მქონე ე.წ. სურნელოვანი წყალი, რომელიც შეიძლება დაემატოს ნედლ სპირტს ხელმეორედ გამოსახდელად ან გამოყენებული იქნება სპირტრექტიფიკატთან განზავებისათვის. ასეთი განზავებით მიიღება მეორადი თაფლის არაყი დამზადებული სპირტრექტიფიკატით. ნახშირის ფილტრებზე გატარების გარეშე.

თაფლის ღვინის შარანტის ტიპის სპირტსახდელ აპარატზე პირველადი გამოხდის შემდეგ მიღებული ბუყის გამოყენებით პირველად ჩვენს მიერ დამუშავდა თაფლის ალკოჰოლური სასმელის დამზადების ტექნოლოგია, რომელშიც გათვალისწინებულია კუპაჟი, მიღებული ალკოჰოლური სასმელის გაფილტვრა, დამუშავება, ხელმეორედ გაფილტვრა, დასვენება ოთხმოდგაათი დღით, სპირტ შემცველობის კორექტირება, საკონტორლო ფილტრაცია და ჩამოსხმა ლიქიორ არყის წარმოებაში გამოყენებულ ჩამოსასხმელ აპარატებზე. თაფლის სადესერტო სასმელის დამზადებისათვის საწყის ნდლეულს წარმოადგენს ნატურალური თაფლი, რომელიც ავიღეთ 50 კგ-ის რაოდენობით. მისი ნატურალურობის და ხარისხის მაჩვენებლების დასადგენად ჩაუტარეთ ფიზიკურ ქიმიური ანალიზები და რომელიც შეესაბამება გოსტ 19792 – 74 „ნატურალური თაფლის“ მონაცემებს. არის ნატურალური და აქვს მაღალი ხარისხის თაფლის სპეციფიკური არომატი.

თაფლის მშრალად დადუღებული მასალის გამოხდის შემდეგ მივიღეთ ბუყი, რომელიც დავსპირტეთ 20 მოც. % სპირტშემცველობით, ბუყი დავაკუპაჟეთ სპირტრექტიფიკატთან და მივიღეთ სასმელი, რომელსაც დავამატეთ შაქრის სიროფი ან ნაწილობრივ ნატურალური თაფლი იმ ანგარიშით, რომ მისი შაქარშემცველობა მიგვეყვანა 8 %-მდე, ე.ი. 80 გ/დმ³.

აღნიშნული სასმელი ფიზიკური და ქიმიური მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილში.

ალკოჰოლური სასმელის ფიზიკური და ქიმიური მაჩვენებლები

მაჩვენებლების დასახელება	ნორმა
ეთილის სპირტის მოცულობითი წილი, %	16
საერთო ექსტრაქტის მასის კონცენტრაცია გრ/100 სმ ³	32
შაქრის მასის კონცენტრაცია გრ/100 სმ ³	30
მჟავების მასის კონცენტრაცია ლიმონის მჟავაზე გადაანგარიშებით გრ/100 სმ ³	0,5
გარეგანი სახე	გამჭვირვალე სითხე ნალექისა და უცხო მინარევების გარეშე
ფერი	ღია ქარვისფერი
გემო და არომატი	თაფლის, მისი ბოტანიკური წარმოშობის მიხედვით უცხო გემოსა და არომატის გარეშე

ამრიგად, ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შემუშავებულია ალკოჰოლური სასმელის დამზადების ტექნოლოგია, რომელიც ითვალისწინებს თაფლის ბუყის კუპაჟში რექტიფიცირებული სპირტისა და ნატურალური თაფლის შეტანას.

ლიტერატურა

1. მ. ხოსიტაშვილი, ო. გოცირიძე, ც. ოშაკმაშვილი. თაფლის წყალხსნარის მკაფიანობის გავეენა თაფლის სპირტის ხარისხზე. /ახალგაზრდა აგრაიკოს მეც. მუშაკთა და ასპირანტთა სამეცნიერო შრომების კრ. წიგნი II ტ. II, თბილისი, 1999.
2. ც. ოშაკმაშვილი, მ. ხოსიტაშვილი. თაფლის ბუყის ქიმიური შედგენილობის შესწავლა ალკოჰოლიანი სასმელების წარმოების მიზნით. /აგარული მეცნიერების პრობლემები შრომათა კრებული, XXIX, 2004.
3. Keith H. Steinkraus, Roger A. Morse. Chemical Analysis of HoneyWines.//J. Apicult. Res, 1973, 12, No. 3, pp.191-195.
4. Scheprtz A.L. Honey Glucose Oxidase//Biochim. Biophys. Acta, 1965, vol. 96, No. 2 pp. 334 - 336.

SUMMARY

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF ALCOHOLIC BEVERAGES USING THE RESIDUE OF ALCOHOL DISTILLATION

Oshakmashvili Ts.L. and Khositashvili M.L.

Georgian Technical University

The paper deals with the study of the residue of honey alcohol distillation for biologically active substances. The experiments carried out showed that the residue of honey alcohol distillation is rich in biologically active substances such as organic acids, total nitrogen, phenolic compounds and carbohydrates. High concentration of these substances in the residue of honey alcohol distillation is due to their concentration in the process of distillation of honey wine materials. The main difference between the residue and its appropriate wine material consists in the composition of aromatic components.

Keywords: wine materials, honey alcohol, distillation residue, biologically active substances.

OUR AUTHORS (2016)

A

Abesadze N.A. - 2016,2
 Ambardanishvili O.P. - 2016,4
 Andguladze L.Sh. - 2016,1(2)
 Andguladze N.Sh. - 2016,1(2)
 Andguladze Sh.N. - 2016,1(2);
 4(3)
 Apriashvili A.G. - 2016,2
 Aptsiauri A.M. - 2016,2
 Arabidze Z.D. - 2016,1
 Asanidze A.V. - 2016,1;3
 Avaliani I.M. - 2016,2;3(2)

B

Babayan R.R. - 2016,2
 Baisarova G.G. - 2016,1
 Baramidze K.K. - 2016,2
 Bazgadze I.G. - 2016,4
 Beraia N.O. - 2016,3 (2)
 Berdzenishvili I.G. - 2016,1;2
 Berejiani A.M. - 2016,4
 Beridze J.L. - 2016,1
 Beridze L.A. - 2016,2
 Beridze M.G. - 2016,2
 Berikishvili Z.I. - 2016,3
 Berishvili L.A. - 2016,1
 Berulava I.O. - 2016,4(3)
 Bezhuashvili Yu.A. - 2016,1
 Bibichadze Z.M. - 2016,4
 Bibileishvili D.V. - 2016,2
 Bochoridze E.V. - 2016,3
 Bochorishvili R.I. - 2016,3
 Bortolozzo U. - 2016,2
 Bregvadze A.V. - 2016,2
 Buadze E.P. - 2016,3
 Buadze T.G. - 2016,4
 Buishvili G.T. - 2016,4
 Bulekbaeva G.J. - 2016,1
 Burkov V.N. - 2016,2
 Burkova I.V. - 2016,2
 Bzhalava T.N. - 2016,4

C

Chachava G.G. - 2016,2 (2)
 Chanishvili A.G. - 2016,2
 Chigogidze N.Sh. - 2016,1; 2
 Chilaya G.S. - 2016,2
 Chitrekishvili I.A. - 2016,3
 Chkadua N.V. - 2016,1 (2);4
 Chkhaidze M.G. - 2016,4
 Chkhaidze M.N. - 2016,3(2)
 Chkhaidze M.T. - 2016,4
 Chkhubianishvili N.G. - 2016,4
 Chkuaseli L.M. - 2016,1
 Chubinishvili Z.N. - 2016,3

D

Dadianidze G.A. - 2016,4
 Dekanozishvili G.G. - 2016,3
 Diogidze O.Sh. - 2016,2
 Dokhturashvili N.S. - 2016,3;4.
 Dolaberidze N.M. - 2016,1
 Dorofieiev Yu.I. - 2016,2
 Dzigrashvili T.A. - 2016,3
 Dzotsenidze G.V.(2) - 2016,1

E

Enageli R.P. - 2016,1;4
 Ergemlidze T.D. - 2016,4(2)

F

Freudenberger J. - 2016,1

G

Gabidzashvili L.G. - 2016,2
 Gabodze V.K. - 2016,4(2)
 Gachechiladze L.P. - 2016,3
 Gagoshidze Sh.N. - 2016,2
 Gakhokidze R.A. - 2016,3
 Gamrekelashvili T.G. - 2016,4
 Gamtsemlidze M.N. -
 2016,1;4.
 Garuchava M.V. - 2016,1
 Gasitashvili Z.A. - 2016,2(2)
 Gavasheli L. Sh. - 2016,2
 Gavasheli T.A. - 2016,1
 Gavashelidze E.Sh- 2016,3;4.
 Gegechkori T.O. - 2016,1
 Gegeshidze E.I.- 2016,2
 Gelashvili N.S. - 2016,3;4.
 Geliashvili Z.E.- 2016,1
 Gigineishvili A.A.- 2016,4
 Giorgadze K.P. - 2016,2
 Goderdzishvili K.G. - 2016,3
 Goginashvili N.G. - 2016,1
 (2);4
 Goniashvili E.S. - 2016,1(2);4
 Gorgidze I.A. - 2016,2
 Gudushauri Ts.N. - 2016,2
 Gugava E.D. - 2016,4
 Gulua L.K. - 2016,1(3)
 Gurgenishvili M.B. - 2016,3;4.
 Gurielidze M.A. - 2016,1
 Gusev B.V. - 2016,2
 Gvaramia E.G. - 2016,3
 Gventsadze D.I. - 2016,3
 Gverdsiteli M.I. - 2016,1; 2(2);
 3(2);4(2)

I

Imnadze P.M. - 2016,4
 Ivanidze I.D. - 2016,3

J

Jalabadze N.V. - 2016,3
 Japaridze R.J. - 2016,1;2.
 Javakhadze G.S. - 2016,2
 Javakhishvili G.V. - 2016,1;4
 Javshanashvili N.B. - 2016,1
 Jinjolia M.Sh. - 2016,4(2)
 Jinjolia Sh.R. - 2016,4
 Jokhadze G.A. - 2016,2

K

Kadagishvili L.G. - 2016,1;2;3
 Kakhiani M.R. - 2016,4
 Kamkamidze I.Sh. - 2016,3
 Kanchaveli Sh.S. - 2016,3(2)
 Kandelaki M.K. - 2016,3
 Kapanadze M.B. - 2016,4
 Karchava M.S. - 2016,4(2)
 Karchkhadze M.G. - 2016,1
 Karoyan I.B. - 2016,3
 Katamadze A.G. - 2016,3
 Katsarava R.D. - 2016,1
 Kekelidze I.A. - 2016,2
 Kerkadze J.G. - 2016,4
 Kevkhishvili N.A. - 2016,1
 Khachidze T.I. - 2016,2
 Kharebava D.N. - 2016,4
 Khetsuriani N.T. - 2016,3(2)
 Khmaladze M.G. - 2016,4
 Khomasuridze M.B. - 2016,1; 4.
 Khomeriki S.K. - 2016,2
 Khotenashvili N.Z. - 2016,4
 Khutsishvili M.G. - 2016,4
 Khutsishvili R.A. - 2016,4
 Khutsishvili S.A. - 2016,2
 Kiknadze G.G. - 2016,4
 Kiknadze M.G. - 2016,2
 Kiknavelidze L.G. - 2016,3
 Kikvidze O.G. - 2016,1(2)
 Kintsurashvili N.J. - 2016,4(2)
 Kipiani A.V. - 2016,4
 Kipiani P.N. - 2016,1
 Kldiashvili R.S. - 2016,1;2
 Kobalia M.I. - 2016,4
 Kochiashvili M.S. - 2016,2
 Koiava N.A.- 2016,2;4
 Kolova S.M. - 2016,4
 Kordzakhia I.I. - 2016,3(2)
 Kristesashvili L.V. - 2016,4
 Kublashvili N.G. - 2016,1
 Kuchukhidze Z.K. - 2016,2
 Kukava T.G. - 2016,3
 Kurkumuli N.G. - 2016,3
 Kutelia E.R. - 2016,3
 Kutsiava N.A. - 2016,1
 Kvartskhava G.R. - 2016,2;4
 Kvirikashvili M.G. - 2016,2

L

Lekiasvili L.B. - 2016,4(2)
Lezhava G.G. - 2016,3
Liparteliani R.G. - 2016,4
Lobdjanidze T.E. - 2016,2
Lobjanidze L.V. - 2016,2;3
Lobzhanidze G.A. - 2016,1
Lyubchik L. M. - 2016,2

M

Makharadze A.I. - 2016,3;4
Makharadze L.I. - 2016,2
Makharadze S.A. - 2016,1
Mamniashvili G.I. - 2016,1
Mamulashvili M.A. - 2016,4
Margalitadze I.N. - 2016,2
Matiashvili N.Sh. - 2016,4
Matiashvili Sh.I. - 2016,4
Mchedlishvili G.S. - 2016,4
Mchedlishvili I.J. - 2016,3(2)
Meskhidze M.Z. - 2016,1
Meskhishvili M.M. - 2016,2
Metreveli-Mandaria A.B. - 2016,4
Metskhvarishvili M.R. - 2016,2
Mikirtichyan A.L. - 2016,3
Miminoshvili K.E. - 2016,2
Mirdzveli N.A. - 2016,1
Mkrtychyan E.M. - 2016,3
Molodinashvili Z.P. - 2016,3(2)
Morozov V. P. - 2016,2
Mtvralashvili T.I. - 2016,3
Murjikneli G.G. - 2016,1(2)

N

Nadiradze I.Sh. - 2016,1;2
Namchevadze Ts.V. - 2016,1; 2(2);4
Namicheishvili N.O. - 2016,2; 3;4
Namicheishvili O.G. - 2016,4(2)
Natroshvili O.G. - 2016,3(2)
Neparidze N.S. - 2016,2
Nizharadze M.O. - 2016,1
Nonikashvili L.A. - 2016,3

O

Ormotsadze N.Sh. - 2016,2
Ovsyanikova N.N. - 2016,4

P

Pachulia Z.V. - 2016,3
Pailodze N.O. - 2016,3
Papava G.Sh. - 2016,4
Papava G.Sh. - 2016,3
Petriashvili G.Sh. - 2016,2
Petriashvili J.D. - 2016,1
Petriashvili Zh.D. - 2016,2
Petrosyan A.M. - 2016,4
Pirtskheliani N.A. - 2016,1
Pkhakadze M.D. - 2016,1

Ponjavidze N.T. - 2016,2
Prangishvili A.I. - 2016,2 (2); 3;4

R

Razmadze M.T. - 2016,4
Razmadze T.O. - 2016,2
Residori S. - 2016,2
Robitashvili A.G. - 2016,3(2)
Rostiashvili N.R. - 2016,4
Rostomashvili Z.I. - 2016,4
Rtskhladze N.I. - 2016,3
Rukhadze L.N. - 2016,3
Rukhadze T.A. - 2016,1
Rusia M.Sh. - 2016,2

S

Sabashvili Z.V. - 2016,4
Saghinadze I.S. - 2016,1;2; 4(2)
Samkharadze N.O. - 2016,4
Saralidze B.R. - 2016,4
Shalamberidze D.M. - 2016,3
Sharashenidze T.V. - 2016,4(2)
Shatakishvili T.N. - 2016,3
Shatberashvili G.G. - 2016,2
Shatirishvili I.Sh. - 2016,1
Shatirishvili Sh.I. - 2016,1
Shavgulidze S.A. - 2016,1;3
Shengelia N.G. - 2016,3
Shermadini Z.G. - 2016,1
Shikharulidze M.M. - 2016,4
Shildelashvili I.I. - 2016,4
Shogiradze M.Kh. - 2016,2
Sidamonidze N.N. - 2016,2;4
Siradze M.G. - 2016,2
Skhirtladze I.A. - 2016,2
Skhirtladze N.I. - 2016,2
Svanidze R.G. - 2016,4(2)

T

Tabatazde L.V. - 2016,3
Talakhadze D.G. - 2016,4
Tchunashvili B.M. - 2016,4
Tevzadze D.M. - 2016,1,4
Tokadze L.Sh. - 2016,3
Topulia E.N. - 2016,3
Tsikhistavi T.T. - 2016,4
Tsiklauri G.Z. - 2016,1;3
Tsirekidze M.A. - 2016,4
Tsvitshivadze T.I. - 2016,1;2
Tsurtsunia O.O. - 2016,3
Turmanidze T.V. - 2016,1(3)
Tutberidze M.L. - 2016,1;4
Tutunjiyan A.A. - 2016,3
Tvaliashvili V.B. - 2016,2

U

Ugrekheldidze I.R. - 2016,2
Usharauli E.A. - 2016,3

V

Vacharadze V.V. - 2016,4
Vacharadze B.Sh. - 2016,4
Vardosanidze A.K. - 2016,3
Varsimashvili R.Sh. - 2016,4
Vashakidze A.A. - 2016,1 (2); 4
Verulava D.Y. - 2016,2

Z

Zardiashvili D.G. - 2016,3
Zazashvili S. R. - 2016,2
Zhgenti M.S. - 2016,1(3)