

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АРМЕНИИ
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE OF ARMENIA

ISSN 0321-1339

ՉԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ
REPORTS

2019

Երևան

Երևան

Yerevan

Հիմնադրվել է 1944թ.: Լույս է տեսնում տարին 4 անգամ
Основана в 1944 г. Выходит 4 раза в год

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Ռ. Մ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

Խմբագրական խորհուրդ՝ ակադեմիկոս Գ. Ե. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ. Ս. ԶԱՔԱՐՅԱՆ,
ակադեմիկոս Լ. Ա. ԹԱՎԱԴՅԱՆ, ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ Ռ. Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, ակադեմիկոս Է. Մ.
ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Լ. Ռ. ՄԱՆՎԵԼՅԱՆ (գլխ. խմբագրի տեղակալ), ակադեմիկոս Յու.
Հ. ՇՈՒԿՈՒՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Դ. Մ. ՍԵԴՐԱԿՅԱՆ, Գ. Ա. ԱԲՐԱՄՅԱՆ (պատ. քարտուղար)

Главный редактор академик Р. М. МАРТИРОСЯН

Редакционная коллегия: чл.-кор. НАН РА Р. М. АРУТЮНЯН, академик Г. Е. БАГДАСАРЯН, академик В. С.
ЗАХАРЯН, академик Э. М. КАЗАРЯН, чл.-кор. НАН РА Л. Р. МАНВЕЛЯН (зам. главного редактора),
академик Д. М. СЕДРАКЯН, академик Л. А. ТАВАДЯН, академик Ю. Г. ШУКУРЯН, Г. А. АБРАМЯН (отв.
секретарь)

Editor-in-chief academician R. M. MARTIROSYAN

Editorial Board: corresponding member of NAS RA R. M. AROUTIUNIAN, academician G. E. BAGDASARIAN,
academician E. M. KAZARYAN, corresponding member of NAS RA L. R. MANVELYAN (associate editor),
academician D. M. SEDRAKIAN, academician Yu. H. SHOUKOURIAN, academician L. A. TAVADYAN,
academician V. S. ZAKARYAN, G. A. ABRAHAMYAN (executive secretary)

Խմբագրության հասցեն՝ 0019, Երևան 19, Մարշալ Բաղրամյան պող. 24գ.
Адресредакции: 0019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г

Communication links: address – 24g Marshal Bagramian Ave., Yerevan, 0019, Armenia

Phone:(37410)56-80-67*URL:*<http://elib.sci.am> *e-mail:* rnas@sci.am

©НАН РА. Президиум. 2019
©Издательство “Титутюн”
НАН РА. 2019

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

- Հ. Ա. Ասատրյան, Ա. Հ. Քամալյան, Մ. Բ. Կարախանյան* – Ինտեգրալատար-
բերակային հավասարումների մի դասի մասին 103
- Հ. Ռ. Բոլիբեկյան, Ա. Ռ. Բաղդասարյան* – Ցիկլերի հայտնաբերումով մինիմալ
տրամաբանության ասույթային որոշ համակարգերի մասին 110

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

- Ա. Ա. Չուբարյան, Հ. Ա. Թամազյան* – Ֆրեզեի համակարգերում արտածումների
երկարությունների ստորին գնահատականների վերաբերյալ 116

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

- Գ. Ե. Բաղդասարյան* – Լյավի ալիքները մագնիսաստրիկցիոն շերտի դեպքում ... 122

ՖԻԶԻԿԱ

- Ռ. Հ. Ալանալյան* – Երկու անգամ լիցքավորված Հիզգսի բոզոնների ծնումը
 $l^+l^- \rightarrow \delta_{R,L}^{++} l_p^- l_p^-$ պրոցեսում 130

ԱՍՏՂԱՖԻԶԻԿԱ, ԿՈՍՄՈԼՈԳԻԱ

- Ա. Կ. Ավետիսյան* – Սկավառակաձև գալակտիկաների պտույտի նոր աստղա-
ֆիզիկական մեխանիզմ Ոչ-ինֆլացիոն կոսմոլոգիայի տեսությամբ 142

ՔԻՄԻԱ

- Ս. Հ. Մարգարյան, Կ. Ս. Մարգարյան, Տ. Ս. Մարգարյան, Բ. Գ. Աղաջանյան* – Ոսկու
նանոկոմպոզիտների էլեկտրաքիմիական սինթեզ 1-վինիլիմիդագոլի և կրոտոնաթթվի
հիման վրա 151

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

- Մ. Մ. Խալաթյան, Ս. Ս. Հովակիմյան, Ա. Գ. Մելքոնյան, Վ. Օ. Թովուզյան* – N-
բենզոիլ- α , β -դեհիդրոամինաթթուների որոշ ամիդների ազդեցությունը հակաօքսի-
դանտային ակտիվության և արյան մակարդեղիության վրա 157

ԿԵՆՍԱՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

- Վ. Օ. Թովուզյան, Վ. Մ. Ղազարյան, Ա. Ա. Հովհաննիսյան, Ե. Ռ. Ալեքսանյան* – (Z)-
1-(տեղակալված-2-ֆենիլ-4-(պ-տոլուոլտուլֆոնիլօքսիբենզիլ)հդեն)-5-իմիդագոլոնների
սինթեզը և հակալստիկնէթերազային հատկությունները 162

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

- Տ. Ա. Փրիկպոսյան* – Առնետի արգանդի փողի ձվարանային շրջանի ինքնաբուխ
ակտիվության ինքնավարությունը 171

ՏՆՏԵՍԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

- Գ. Ա. Դանիելյան* – ՀՀ հյուրընկալության ոլորտում ֆինանսական հաշվառման
միասնական համակարգ ունենալու նախադրյալները 178

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- А. А. Асатрян, А. Г. Камалян, М. И. Караханян* – Об одном классе интегрально-разностных уравнений 103
- О. Р. Болибемян, А. Р. Багдасарян* – О некоторых системах минимальной пропозициональной логики с выявлением циклов 110

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

- А. А. Чубарян, А. А. Тамазян* – О нижних оценках длин выводов в системах Фреге 116

МЕХАНИКА

- Г. Е. Багдасарян* – Магнитоупругие волны Лява в случае магнитоэлектрического слоя 122

ФИЗИКА

- Р. А. Алаканян* – Рождение двукратно заряженных хиггсовских бозонов в процессе $l^+l^- \rightarrow \delta_{R,L}^{++}l_p^-l_p^-$ 130

АСТРОФИЗИКА, КОСМОЛОГИЯ

- А. К. Аветисян* – Новый астрофизический механизм вращения дискообразных галактик по теории Неинфляционная космология 142

ХИМИЯ

- С. А. Саргисян, К. С. Маргарян, Т. С. Саргсян, И. Г. Агаджанян* – Электрохимический синтез нанокмпозитов золота на основе 1-винилимидазола и кротоновой кислоты 151

БИОХИМИЯ

- М. М. Халатян, С. С. Овакимян, А. Г. Мелконян, В. О. Топузян* – Об антиоксидантной активности и влиянии на свертывающую систему крови некоторых амидов N-бензоил- α,β -дегидроаминокислот 157

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- В. О. Топузян, А. А. Оганесян, В. М. Казоян, Е. Р. Алексанян* – Синтез и антихолинэстеразные свойства (Z)-1-замещенных-2-фенил-4-(п-толуолсульфонил-оксибензилиден)-5-имидазолонов 162

ФИЗИОЛОГИЯ

- Т. А. Пилипосян* – Автономность спонтанной активности овариальной зоны маточной трубы у крыс 171

ЭКОНОМИКА

- Г. А. Даниелян* – Предпосылки единой системы финансового учета для индустрии гостеприимства в Армении 178

CONTENTS

MATHEMATICS

<i>H. A. Asatryan, A. H. Kamalyan, M. I. Karakhanyan</i> – On a Class of Integro-Difference Equations	103
<i>H. R. Bolibekyan, A. R. Baghdasaryan</i> – On Some Systems of Propositional Minimal Logic with Loop Detection	110

APPLIED MATHEMATICS

<i>A. A. Chubaryan, H. A. Tamazyan</i> – On Lower Bounds for Proofs Sizes in Frege Systems	116
--	-----

MECHANICS

<i>G. E. Baghdasaryan</i> – Love Waves in the Case of agnetostrictive Layer	122
---	-----

PHYSICS

<i>R. H. Alanakyan</i> – Doubly Charged Higgs Bosons Production in the Process $l^+l^- \rightarrow \delta_{R,L}^{++}l_p^-l_p^-$	130
---	-----

ASTROPHYSICS, COSMOLOGY

<i>A. K. Avetissian</i> – New Astrophysical Mechanism of Disk-Shaped Galaxies' Rotation by the Theory of Non-Inflationary Cosmology	142
---	-----

CHEMISTRRY

<i>S. H. Sargsyan, K. S. Margaryan, T. S. Sargsyan, I. G. Agajanyan</i> – Electrochemical Synthesis of Gold Nanocomposites Based on 1-vinylimidazole and Crotonic acid	151
--	-----

BIOCHEMISTRY

<i>M. M. Khalatyan, S. S. Hovakimyan, A. G. Melkonyan, V. O. Topuzyan</i> –On the Antioxidant Activity of Some Amides N-benzoyl- α , β -dehydroamino Acids and Their Effect on Blood Coagulation System	157
--	-----

BIOORGANIC CHEMISTRY

<i>V. O. Topuzyan, V. M. Ghazoyan, A. A. Hovhannisyan, E. R. Alexanyan</i> – Synthesis and Anticholinesterase Properties of (Z)-1-substituted-2-phenyl-4-(p-toluolsulphoniloxibenzilidene)-5-imidazolones	162
---	-----

PHYSIOLOGY

<i>T. A. Piliposyan</i> – The Autonomy of Spontaneous Activity of the Ovarian Horn Area in Rats	171
---	-----

ECONOMICS

<i>G. A. Danielyan</i> – Prerequisites of a Uniform System in Financial Accounting for the Hospitality Industry in Armenia	178
--	-----

MATHEMATICS

УДК 517.9

MSC 2010: 47B35, 47A53

H. A. Asatryan¹, A. G. Kamalyan², M. I. Karakhanyan³

On a Class of Integro-Difference Equations

(Submitted by academician A. B. Nersessian 3/III 2019)

Keywords: *Wiener–Hopf operator, integro-difference equation, one-sided invertible operator.*

1. Statement of the problem. Let μ_k, m_k ($k = 1, \dots, N$) be positive numbers such that $\mu_k \neq \mu_j$ for $k \neq j$. The system of linear equations

$$\varphi_j(x) + \sum_{i=1}^N \frac{m_i m_j e^{-(\mu_i + \mu_j)x}}{\mu_i + \mu_j} \varphi_i(x) = m_j e^{-\mu_j x}, \quad j = 1, \dots, N$$

uniquely determines infinitely differentiable functions $\varphi_1, \dots, \varphi_N$ satisfying the conditions $e^{\mu_k |x|} \varphi_k \in L_\infty(\mathbb{R})$, $k = 1, \dots, N$ (see [1-3]). Note that the numbers $-\mu_k^2$ and the functions φ_k ($k = 1, \dots, N$) form complete systems of eigenvalues and corresponding eigenfunctions of a certain Sturm-Liouville operator with a reflectionless potential. Reflectionless potentials are connected with a family of explicit solutions of the Korteweg–de Vries equation, the so-called $\mathcal{N}$ -soliton solutions (see [2]).

The set of all almost periodic functions of the form

$$b(x) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \beta_j e^{i\nu_j x} \quad (x \in \mathbb{R}) \quad (1.1)$$

where $\nu_j \in \mathbb{R}$, $\beta_j \in \mathbb{C}$ ($j \in \mathbb{Z}$) and $\beta_i \neq \beta_j$ for $i \neq j$, taken with the norm

$$\|b\|_{\text{APW}} := \sum_{j=-\infty}^{\infty} |\beta_j|,$$

is a Banach algebra which will be denoted by APW (see [4]).

Let

$$\hat{k}(\lambda) = (Fk)(\lambda) := \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\lambda t} k(t) dt$$

be the Fourier transform of a function $k \in L_1(\mathbb{R})$. $W_0(\mathbb{R})$ will denote the Banach algebra $\{Fk: k \in L_1(\mathbb{R})\}$ with the norm $\|Fk\|_{W_0(\mathbb{R})} := \|k\|_{L_1(\mathbb{R})}$. The set of functions $A := \{a = b + \hat{k} : b \in \text{APW}, k \in L_1(\mathbb{R})\}$, taken with the norm $\|a\|_A := \|b\|_{\text{APW}} + \|\hat{k}\|_{W_0(\mathbb{R})}$, is a Banach algebra and coincides with the direct sum of the algebras APW and $W_0(\mathbb{R})$.

Let $a = b + \hat{k} \in A$, $k \in L_1(\mathbb{R})$, and let $b \in \text{APW}$ be given by (1.1). We define the operators $T_0(a), T_1(a), T(a): L_p(\mathbb{R}_+) \rightarrow L_p(\mathbb{R}_+)$ ($\mathbb{R}_+ = (0, \infty)$, $1 \leq p \leq \infty$) by the formulas

$$\begin{aligned} (T_0(a)y)(x) &:= \sum_{k=-\infty}^{\infty} \beta_k y(x - v_k) + \int_0^{\infty} k(x-t)y(t) dt, \\ (T_1(a)y)(x) &:= \sum_{j=1}^N \varphi_j(x) \int_0^{\infty} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} k(\tau) e^{\mu_j \tau \text{sgn}(x-\tau-t)} d\tau \right\} \varphi_j(t) y(t) dt + \\ &+ \sum_{k=-\infty}^{\infty} \beta_k \sum_{j=1}^N e^{\mu_j v_k} \varphi_j(x) \int_{x-v_k}^{x-v_k} \varphi_j(t) y(t) dt + \\ &+ \sum_{k=-\infty}^{\infty} \beta_k \sum_{j=1}^N e^{-\mu_j v_k} \varphi_j(x) \int_0^{x-v_k} \varphi_j(t) y(t) dt, \\ T(a) &:= T_0(a) - T_1(a), \end{aligned}$$

where we assume that $y(x) = 0$ for $x < 0$.

$T_0(a)$ is a Wiener-Hopf operator with a symbol a . This fact makes it possible to find criteria for invertibility and one-sided invertibility of the operator $T_0(a)$ and to describe its kernel and cokernel. In this work we will present analogous results for the operator $T(a)$ which is not a Wiener-Hopf operator, but has properties close to those of $T_0(a)$. The function a will be also called the symbol of the operator $T(a)$.

2. Factorization of the symbol. The mean value

$$M(e^{-\lambda x} b) := \lim_{\ell \rightarrow \infty} \frac{1}{2\ell} \int_{-\ell}^{\ell} e^{-\lambda x} b(x) dx$$

of the function $e^{-\lambda x} b$, where $b \in \text{APW}$ is given by (1.1), equals β_j if $\lambda = v_j$ and vanishes if $\lambda \neq \{v_j: j \in \mathbb{Z}\}$. Therefore the Bohr-Fourier spectrum $\Omega(b) := \{\lambda \in \mathbb{R} : M(e^{-\lambda x} b) \neq 0\}$ of the function b coincides with the set $\{v_j: j \in \mathbb{Z}\}$. Let APW^+ (APW^-) denote the subalgebra of all functions $b \in \text{APW}$ satisfying the inclusion $\Omega(b) \subset [0, \infty)$ ($\Omega(b) \subset (-\infty, 0]$).

Every function $b \in \text{APW}$ satisfying the condition

$$\inf_{\lambda \in \mathbb{R}} |b(\lambda)| > 0 \tag{2.1}$$

has a right APW factorization

$$b(\lambda) = b_-(\lambda)e^{i\lambda\kappa_b}b_+(\lambda) \quad (2.2)$$

where $\kappa_b \in \mathbb{R}$, $b_{\pm}^{\pm 1} \in \text{APW}_{\pm}$, $b_+^{\pm 1} \in \text{APW}_{+}$ (see [4], [7]). The number κ_b is called the *mean motion* or the *almost periodic index* of the function b and can be computed by the formula

$$\kappa_b = \lim_{\ell \rightarrow \infty} \frac{1}{2\ell} [(\arg b)(\ell) - (\arg b)(-\ell)], \quad (2.3)$$

where $\arg b$ is to be understood as an arbitrary continuous function on $\mathbb{R}$, satisfying the equality $b = |b| \exp(i \arg b)$.

The function $e^{-i\lambda\kappa_b}b(\lambda)$ has a representation of the form

$$e^{-i\lambda\kappa_b}b(\lambda) = e^{\psi(\lambda)} \quad (\lambda \in \mathbb{R})$$

with $\psi \in \text{APW}$, i.e., the logarithm $\psi(\lambda) = \log(e^{-i\kappa_b\lambda}b(\lambda))$ exists and can be written as

$$\psi(x) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \psi_k e^{i\lambda_k x} \quad (x \in \mathbb{R})$$

where λ_k ($k \in \mathbb{Z}$) are distinct real numbers and ψ_k ($k \in \mathbb{Z}$) are nonzero complex numbers satisfying the condition

$$\sum_{k=-\infty}^{\infty} |\psi_k| < \infty.$$

The functions $b_{\pm}$ in (2.2) can be chosen in the following way:

$$b_-(x) = \exp\left(\sum_{\lambda_k < 0} \psi_k e^{i\lambda_k x}\right), \quad b_+(x) = \exp\left(\sum_{\lambda_k \geq 0} \psi_k e^{i\lambda_k x}\right).$$

Let $S: L_2(\mathbb{R}) \rightarrow L_2(\mathbb{R})$ be the singular integral operator defined by the formula

$$(Sy)(t) := \frac{1}{\pi i} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{y(s)}{s-t} ds$$

where the integral is to be understood in the Cauchy principal value sense, and let $P_{\pm} = \frac{1}{2}(I \pm S)$. Then

$$\begin{aligned} (x+i)P_+ \left(\frac{1}{x+i} \psi \right) &= \sum_{\lambda_k \geq 0} \psi_k e^{i\lambda_k x} + \sum_{\lambda_k < 0} \psi_k e^{\lambda_k}, \\ (x+i)P_- \left(\frac{1}{x+i} \psi \right) &= \sum_{\lambda_k < 0} \psi_k e^{i\lambda_k x} - \sum_{\lambda_k \geq 0} \psi_k e^{\lambda_k} \end{aligned}$$

(see [4]). Since the functions $b_{\pm}$ are determined up to a constant multiple, we may choose

$$b_{\pm}(x) = \exp\left((x+i)P_{\pm} \left(\frac{1}{x+i} \psi \right)\right).$$

Let

$$W(\mathbb{R}) := \mathbb{C} + W_0(\mathbb{R}) = \{c + Fk: c \in \mathbb{C}, k \in L_1(\mathbb{R})\}$$

be the Wiener algebra on $\mathbb{R}$. $W(\mathbb{R})$ is a Banach algebra with the norm $\|c + Fk\| := |c| + \|k\|_{L_1(\mathbb{R})}$ (see [4]).

Consider also the algebras

$$W^\pm(\mathbb{R}) = \{c + Fk : c \in \mathbb{C}, k \in L_1(\mathbb{R}), k(x) = 0 \text{ for } \pm x < 0\}.$$

Every function $d \in W(\mathbb{R})$ satisfying the condition

$$\inf_{\lambda \in \mathbb{R}} |d(t)| > 0 \quad (2.4)$$

has a Wiener-Hopf factorization in the algebra $W(\mathbb{R})$, i.e., it has a representation of the form

$$d(x) = d_-(x)(r(x))^{\kappa_d} d_+(x), \quad (2.5)$$

where $d_{\pm 1} \in W^-(\mathbb{R})$, $d_{\pm}^{\pm 1} \in W^+(\mathbb{R})$, $\kappa_d \in \mathbb{Z}$ and $r(x) := (x - i)/(x + i)$. The integer κ_d is unique and can be computed by the formula

$$\kappa_d = \frac{1}{2\pi} (\arg d(+\infty) - \arg d(-\infty)). \quad (2.6)$$

The function $r^{-\kappa_d} d$ has a logarithm in $W(\mathbb{R})$, i.e., there exist $c_0 \in \mathbb{R}$ and $g \in L_1(\mathbb{R})$ such that $r^{-\kappa_d} d = \exp(c_0 + \hat{g})$.

The functions d_- and d_+ in (2.5) can be determined by the formulas

$$d_{\pm} = \exp \left((x + i) P_{\pm} \left(\frac{1}{x + i} (c_0 + \hat{g}(x)) \right) \right).$$

Moreover, the equalities

$$(x + i) P_+ \left(\frac{1}{x + i} (c_0 + \hat{g}(x)) \right) = c_0 + \int_{-\infty}^0 e^s k(s) ds + F(\chi_+ g)(x),$$

$$(x + i) P_- \left(\frac{1}{x - i} (c_0 + \hat{g}(x)) \right) = - \int_0^{-\infty} e^s k(s) ds + F(\chi_- g)(x)$$

hold, where χ_+ (χ_-) is the characteristic function of the set $\mathbb{R}_+$ ($\mathbb{R}_- := (-\infty, 0)$) (see [4]). The last two formulas, together with the fact, that $d_{\pm}$ are determined up to a constant multiple, show that the functions $d_{\pm}$ can also be determined by the equalities

$$d_+ = \exp[c + F(\chi_+ g)], \quad d_- = \exp[F(\chi_- g)].$$

Consider the subalgebras $A_{\pm} := \text{APW}^{\pm} + W^{\pm}(\mathbb{R})$ of the algebra A . It is known that every function $a \in A$ satisfying the condition

$$\inf_{\lambda \in \mathbb{R}} |a(\lambda)| > 0 \quad (2.8)$$

has a factorization of the form

$$a(x) = a_-(x) e^{i\kappa_b x} (r(x))^{\kappa_d} a_+(x) \quad (2.9)$$

with $\kappa_b \in \mathbb{R}$, $\kappa_d \in \mathbb{Z}$, $a_{\pm}^{\pm 1} \in A_{\pm}$ and $a_{\pm}^{\pm 1} \in A_{\pm}$ (see [7]).

Assume that the condition (2.8) is satisfied for the function $a = b + \hat{k}$ where $b \in \text{APW}$ and $k \in L_1(\mathbb{R})$. Since (2.8) implies (2.1) (see [7]), hence the function b is invertible in APW . Decompose a into the product $a = bd$ where $d = 1 + b^{-1} \hat{k}$. Since $W_0(\mathbb{R})$ is an ideal of the algebra A , hence $d \in W(\mathbb{R})$.

(2.8) implies the condition (2.4), too. It follows that the numbers κ_b and κ_d in (2.9) are uniquely determined by the formulas (2.3) and (2.6); the functions $a_{\pm}$ are uniquely determined by the formulas $a_{\pm} = b_{\pm}d_{\pm}$, (2.2) and (2.5).

The next theorem reveals the fundamental importance of the condition (2.8) in the behavior of the operator $T(a)$.

Theorem 2.1. *Let $a \in A$. The operator $T(a)$ is normally solvable if and only if the condition (2.8) is satisfied.*

3. Main results. Define the operators $\mathcal{K}_1, \mathcal{K}_2 : L_p(\mathbb{R}_+) \rightarrow L_p(\mathbb{R}_+)$, $1 \leq p < \infty$ by the formulas

$$(\mathcal{K}_1 y)(x) = y(x) + \sum_{k=1}^N m_k e^{-\mu_k x} \int_x^{\infty} \varphi_k(\tau) y(\tau) d\tau,$$

$$(\mathcal{K}_2 y)(x) = y(x) + \sum_{k=1}^N m_k \varphi_k(x) \int_x^{\infty} e^{-\mu_k \tau} y(\tau) d\tau.$$

From now on, the condition (2.8) is assumed to be satisfied; the numbers κ_b , κ_d and the functions $a_{\pm}$ are assumed to be determined by (2.9). Note that $r \in W(\mathbb{R}) \subset A$ and the operator $T_0(r^k)$ ($k \in \mathbb{Z}$) coincides with the Wiener-Hopf operator with a symbol r^k (see [7]). Furthermore it is assumed that the operator $T(a)$ acts in the space $L_p(\mathbb{R}_+)$, $1 \leq p < \infty$ and the equation

$$T(a)y = f \tag{3.1}$$

is considered in the same space.

Theorem 3.1. *If $\kappa_b > 0$, then the operator $T(a)$ is left invertible. In order that the equation (3.1) be solvable, it is necessary and sufficient that the following conditions be satisfied:*

a) *The function $T_0(a_+^{-1})\mathcal{K}_1 f$ vanishes on the interval $[0, \kappa_b]$ for $\kappa_d \geq 0$. Moreover, if $\kappa_d > 0$, then*

$$\int_0^{\infty} t^k e^{-t} (T(a_+^{-1})\mathcal{K}_1 f)(t) dt = 0, \quad k = 0, \dots, \kappa_d - 1. \tag{3.2}$$

b) *For $\kappa_d < 0$, the restriction of the function $e^t (T_0(r^{-\kappa_d})T_0(a_+^{-1})\mathcal{K}_1 f)(t)$ to $[0, \kappa_d]$ is a polynomial of degree $-\kappa_d - 1$.*

Theorem 3.2. *If $\kappa_b < 0$, then the operator $T(a)$ is left invertible. For $\kappa_d \geq 0$, the kernel of $T(a)$ consists of all functions of the form*

$$\mathcal{K}_2 T_0(a_+^{-1})T_0(r^{-\kappa_d})g,$$

where g is an arbitrary function in $L_p(\mathbb{R}_+)$, vanishing on the interval $(-\kappa_b, \infty)$ and satisfying the additional conditions

$$\int_0^{\infty} g(t) t^j e^{-t} dt = 0, \quad j = 0, \dots, \kappa_d - 1$$

for $\kappa_d > 0$.

For $\kappa_d < 0$, the kernel of $T(a)$ consists of all functions of the form

$$\mathcal{K}_2 T_0(a_+^{-1})(g + q),$$

where g is an arbitrary function in $L_p(\mathbb{R}_+)$, vanishing on the interval $(-\kappa_b, \infty)$, and q is a polynomial of degree at most $-\kappa_d - 1$.

Theorem 3.3. Let $\kappa_b = 0$.

a) The operator $T(a)$ is invertible for $\kappa_d = 0$ and

$$(T(a))^{-1} = \mathcal{K}_2 T_0(a_+^{-1}) T_0(a_-^{-1}) \mathcal{K}_1.$$

b) For $\kappa_d > 0$, the operator $\mathcal{K}_2 T_0(a_+^{-1}) T_0(r^{-\kappa_d}) T_0(a_-^{-1}) \mathcal{K}_1$ is a left inverse of $T(a)$, and equation (3.1) is solvable if and only if conditions (3.2) are satisfied.

c) For $\kappa_d < 0$, the operator $\mathcal{K}_2 T_0(a_+^{-1}) T_0(r^{-\kappa_d}) T_0(a_-^{-1}) \mathcal{K}_1$ is a right inverse of $T(a)$, and the kernel of $T(a)$ consists of all functions of the form $\mathcal{K}_2 T_0(a_+^{-1}) q$, where q is a polynomial of degree at most $-\kappa_d - 1$.

Acknowledgements. This work was supported by Science Committee, Ministry of Education and Science of Armenia within the framework of the joint research given to YSU-SFU-16/1.

¹ FernUniversität in Hagen, Germany

e.mail: hayk.asatryan@fernuni-hagen.de, asatrianh@gmail.com

² Yerevan State University; Institute of Mathematics of NAS RA

e.mail: armen.kamalyan@ysu.am, kamalyan_armen@yahoo.com

³ Yerevan State University

e.mail: m_karakhanyan@ysu.am, m_karakhanyan@yahoo.com

H. A. Asatryan, A. G. Kamalyan, M. I. Karakhanyan

On a Class of Integro-Difference Equations

We consider a class of integro-difference equations which, by their solvability properties, are close to the Wiener-Hopf equation with the symbol given as the sum of an almost periodic function expanding in an absolutely convergent Fourier series and a Fourier transform of the function summable on the whole axis.

Հ. Ա. Ասատրյան, Ա. Հ. Քամալյան, Մ. Ի. Կարախանյան

Ինտեգրալատարբերակային հավասարումների մի դասի մասին

Դիտարկվում է ինտեգրալատարբերակային հավասարումների դաս, որոնք լուծելիության հատկություններով մոտ են Վիներ-Հոպֆի հավասարմանը, որի սիմվոլը ներկայացվում է Ֆուրիեի բացարձակ զուգամետ շարքով, համարյա պարբերական ֆունկցիայի և առանցքի վրա հանրագումարելի ֆունկցիայի Ֆուրիեի ձևափոխության գումարի տեսքով:

А. А. Асатрян, А. Г. Камалян, М. И. Караханян

Об одном классе интегрально-разностных уравнений

Рассматривается класс интегрально-разностных уравнений, близких по свойствам разрешимости к уравнению Винера – Хопфа, символ которого представляется в виде суммы почти периодической функции, разлагающейся в абсолютно сходящийся ряд Фурье и преобразования Фурье суммируемой на оси функции.

References

1. *Kay I., Moses H. E.* – J. Appl. Phys. 1956. V. 27. P. 1503-1508.
2. *Bhatnagar P. L.* Nonlinear Waves in One-dimensional Dispersive Systems. Oxford. Clarendon Press. 1979.
3. *Yurko V. A.* Introduction to the Theory of Inverse Spectral Problems [in Russian]. M. Fizmatlit. 2007.
4. *Böttcher A., Karlovich Yu. I., Spitkosky I. M.* Convolution Operators and Factorization of Almost Periodic Matrix Functions. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser. 2002.
5. *Gohberg I. Ts., Fel'dman I. A.* – Dokl. Akad. Nauk SSSR. 1968. V. 183. N. 1. P. 25-28.
6. *Gohberg I. C., Fel'dman I. A.* – Acta Sci. Math. (Szeged). 1969. V. 30. N. 3-4. P. 199-224.
7. *Gohberg I. C., Fel'dman I. A.* Convolution Equations and Projection Methods for their Solution. AMS. 1974.

MATHEMATICS

УДК 510.64

MSC2010: 03F03; 03F05; 03F50

H. R. Bolibekyan, A. R. Baghdasaryan

On Some Systems of Propositional Minimal Logic
with Loop Detection

(Submitted by corresponding member of NAS RA I. D. Zaslavsky 7/IV 2019)

Keywords: *minimal logic, proof theory; cut elimination; loop.*

Introduction. Backwards proof search and theorem proving with a standard cut-free system for the propositional fragment of minimal logic is inefficient because of three problems. Firstly, the proof search is not in general terminating caused by the possibility of looping. Secondly, it might generate proofs which are permutations of each other and represent the same natural deduction. Finally, during the proof some choice should be made to decide which rules to apply and where to use them.

The sequent system GM^- for minimal logic was introduced in [1]. GM^- is a permutation-free sequent system; it avoids the problems of permutations in the cut-free sequent system of Gentzen. This removes the second of the problems. But notice that permutations are avoided in GM^- by a focusing method – several choice points are removed. That is, GM^- partly addresses the third problem and hence is advantageous as a system for theorem proving. However, the naive implementation of GM^- will lead to the possibility of looping.

Some looping mechanisms have been considered earlier in [2-4].

In this paper following [2] the history mechanism is developed in two ways and applied to GM^- . Each of the constructed systems has advantages and disadvantages.

2. Systems with history mechanism. Further in the text we follow well known definitions of a formula, sequent, proof, context, stoup, equivalence of the systems as in [2, 5].

One way to prevent loops is to add a history to each sequent. The history is the set of all sequents that have occurred so far in a proof tree. After each backwards inference the new sequent (without its history) is checked to see whether it is a member of this set. If it is we have looping and we backtrack. If

not the new history is the union of the new sequent (without its history) and the old history, and we try to prove the new sequent, and so on.

$$\begin{array}{c}
\frac{A, \Gamma \Rightarrow B; \varepsilon}{\Gamma \Rightarrow A \supset B; H} (\supset R_1), \text{ if } A \notin \Gamma \qquad \frac{\Gamma \Rightarrow B; H}{\Gamma \Rightarrow A \supset B; H} (\supset R_2), \text{ if } A \in \Gamma \\
\\
\frac{A, \Gamma \Rightarrow \perp; \varepsilon}{\Gamma \Rightarrow \neg A; H} (\neg R_1), \text{ if } A \notin \Gamma \qquad \frac{\Gamma \Rightarrow \perp; H}{\Gamma \Rightarrow \neg A; H} (\neg R_2), \text{ if } A \in \Gamma \\
\\
\frac{\Gamma \Rightarrow A; (C, H) \quad \Gamma \xrightarrow{B} C; H}{\Gamma \xrightarrow{A \supset B} C; H} (\supset L), \text{ if } C \notin H \\
\\
\frac{\Gamma \Rightarrow A; (C, H)}{\Gamma \xrightarrow{\neg A} C; H} (\neg L), \text{ if } C \notin H \\
\\
\frac{\Gamma \xrightarrow{A} C; H}{\Gamma \xrightarrow{A \wedge B} C; H} (\wedge L_1) \qquad \frac{\Gamma \xrightarrow{B} C; H}{\Gamma \xrightarrow{A \wedge B} C; H} (\wedge L_2) \\
\\
\frac{\Gamma \Rightarrow A; H \quad \Gamma \Rightarrow B; H}{\Gamma \Rightarrow A \wedge B; H} (\wedge R) \\
\\
\frac{A, \Gamma \Rightarrow C; \varepsilon \quad B, \Gamma \Rightarrow C; \varepsilon}{\Gamma \xrightarrow{A \vee B} C; H} (\vee L), \text{ if } A, B \notin \Gamma \\
\\
\frac{\Gamma \Rightarrow A; H}{\Gamma \Rightarrow A \vee B; H} (\vee R_1) \qquad \frac{\Gamma \Rightarrow B; H}{\Gamma \Rightarrow A \vee B; H} (\vee R_2) \\
\\
\frac{A, \Gamma \xrightarrow{A} B; H}{A, \Gamma \Rightarrow B; H} (C)^* \qquad \frac{\Gamma \Rightarrow A; (A, H)}{\Gamma \xrightarrow{\perp} A; H} (\perp) \qquad \frac{}{\Gamma \xrightarrow{A} A; H} (ax)
\end{array}$$

** B is either a propositional variable, $\perp$ or a disjunction.*
A, B, C are formulae. Γ, H are sets of formulae.
B, Γ is shorthand for $\{B\} \cup \Gamma$.

Fig. 1. The propositional system *SwMin*.

$$\begin{array}{c}
\frac{A, \Gamma \Rightarrow B; \{B\}}{\Gamma \Rightarrow A \supset B; H} \left(\supset R_1 \right), \text{ if } A \notin \Gamma \qquad \frac{A, \Gamma \Rightarrow \perp; \{\perp\}}{\Gamma \Rightarrow \neg A; H} \left(\neg R_1 \right), \text{ if } A \notin \Gamma \\[10pt]
\frac{\Gamma \Rightarrow B; (B, H)}{\Gamma \Rightarrow A \supset B; H} \left(\supset R_2 \right), \text{ if } A \in \Gamma, B \notin H \\[10pt]
\frac{\Gamma \Rightarrow \perp; (\perp, H)}{\Gamma \Rightarrow \neg A; H} \left(\neg R_2 \right), \text{ if } A \in \Gamma, \perp \notin H \\[10pt]
\frac{\Gamma \Rightarrow A; (A, H) \quad \Gamma \xrightarrow{B} C; H}{\Gamma \xrightarrow{A \supset B} C; H} \left(\supset L \right), \text{ if } A \notin H \\[10pt]
\frac{\Gamma \Rightarrow A; (A, H)}{\Gamma \xrightarrow{\neg A} C; H} \left(\neg L \right), \text{ if } A \notin H \\[10pt]
\frac{\Gamma \xrightarrow{A} C; H}{\Gamma \xrightarrow{A \wedge B} C; H} \left(\wedge L_1 \right) \qquad \frac{\Gamma \xrightarrow{B} C; H}{\Gamma \xrightarrow{A \wedge B} C; H} \left(\wedge L_2 \right) \\[10pt]
\frac{\Gamma \Rightarrow A; (A, H) \quad \Gamma \Rightarrow B; (B, H)}{\Gamma \Rightarrow A \wedge B; H} \left(\wedge R \right), \text{ if } A, B \notin H \\[10pt]
\frac{A, \Gamma \Rightarrow C; \{C\} \quad B, \Gamma \Rightarrow C; \{C\}}{\Gamma \xrightarrow{A \vee B} C; H} \left(\vee L \right), \text{ if } A, B \notin \Gamma \\[10pt]
\frac{\Gamma \Rightarrow A; (A, H)}{\Gamma \Rightarrow A \vee B; H} \left(\vee R_1 \right), \text{ if } A \notin H \qquad \frac{\Gamma \Rightarrow B; (B, H)}{\Gamma \Rightarrow A \vee B; H} \left(\vee R_2 \right), \text{ if } B \notin H \\[10pt]
\frac{A, \Gamma \xrightarrow{A} B; H}{A, \Gamma \Rightarrow B; H} (C)^* \qquad \frac{\Gamma \Rightarrow A; (A, H)}{\Gamma \xrightarrow{\perp} A; H} (\perp) \qquad \frac{}{\Gamma \xrightarrow{A} A; H} (ax)
\end{array}$$

* B is either a propositional variable, $\perp$ or a disjunction.

A, B, C are formulae. Γ, H are sets of formulae.

B, Γ is shorthand for $\{B\} \cup \Gamma$.

Fig. 2. The propositional system $ScMin$.

The approach requires lots of sequents to be stored and on every step the list should be used for specific checkings. All that is quite inefficient as the sequents being stored contain much more information than actually needed to proceed. To prevent looping we can keep few information and satisfy the requirements.

The main idea behind to reduce the history and check the loops is the fact that only goal formulae need to be stored. The rules of GM^- are such that the

context cannot decrease; once a formula is in the context it will remain in the context of all sequents above it in the proof tree. For two sequents to be the same they obviously need to have the same context. We may empty the history every time the context is extended, since we will never get any of the sequents below the extended one again. Goal formulae are the only ones to be stored in the history. If we come across a goal already in the history we have the same goal and the same context as another sequent, that is, a loop.

There are two slightly different approaches to doing this. There is the straightforward extension and modification of the system which we shall call a *SwMin*, and there is an approach which involves storing more formulae in the history, but that detects loops more quickly. This we will call as *ScMin*, and the implementation is in some cases more efficient than the *SwMin*.

In scope of considered systems sequent $\Gamma \Rightarrow C; H$ has context Γ , goal C , history H and no stoup, and sequent $\Gamma \xrightarrow{A} C; H$ has context Γ , goal C , history H and stoup A . When the history has been extended we have parenthesised (C, H) for emphasis, while by ε we denote empty history. The *SwMin* system is displayed in Figure 1, and the *ScMin* system in Figure 2.

The proof of introduced systems equivalence is done in two stages.

Theorem 2.1. *A sequent S is provable in GM^- if and only if $S; \varepsilon$ is provable in *SwMin/ScMin* (without *).*

Proof. The $\Leftarrow$ direction is straightforward.

To prove the $\Rightarrow$ direction we take an GM^- proof tree and use it to build a *SwMin/ScMin* proof tree.

We start at the root, $\Gamma \Rightarrow A$ in GM^- and we have root $\Gamma \Rightarrow A; \{A\}$ in *SwMin/ScMin*.

Given a fragment of GM^- proof tree with corresponding fragment of *SwMin/ScMin* proof tree, we look at the next inference in the GM^- tree. We have a recipe which we can use to build a fragment of *SwMin/ScMin* proof tree corresponding to a strictly larger fragment of the GM^- proof tree.

As proof trees are finite, this process must be terminating.

Theorem 2.2. *The system *SwMin/ScMin* with condition * placed on rule (C) is equivalent to *SwMin/ScMin* without the extra condition.*

Proof. The $\Leftarrow$ direction is trivial.

To prove the $\Rightarrow$ direction, we first prove that GM^- and GM^- with (*) condition on the weakening rule are equivalent. This is done by a simple induction on the depth of the proof and on complexity of formulae.

For any *SwMin/ScMin* (without *) proof that doesn't satisfy *, we can consider it as an GM^- proof. Then we can find an GM^- proof satisfying *. Using the procedure in the proof of theorem 2.1, we can build an *SwMin/ScMin* (with *) proof tree.

Theorem 2.3. *The system *SwMin/ScMin* and GM^- are equivalent.*

Proof. The proof immediately follows from theorem 2.1 and 2.2.

3. Conclusion. Two systems for propositional fragment of minimal logic (*SwMin* and *ScMin*) which are slightly different are introduced. Both systems are based on the idea of adding context to the sequents. In one system, *SwMin*,

the history is kept smaller, but *ScMin* detects loops more quickly. The heart of the difference between the two systems is that in the *SwMin* loop checking is done when a formula leaves the goal, whereas in the *ScMin* it is done when it becomes the goal.

Yerevan State University
e-mail: bolibekhov@ysu.am, baghdasaryana95@gmail.com

H. R. Bolibekyan, A. R. Baghdasaryan

On Some Systems of Propositional Minimal Logic with Loop Detection

There exists different systems of I. Johansson's minimal logic. Looping is the main issue in one of the Gentzen style system. One way to detect loops is adding history to each sequent though it is insufficient. We have illustrated the use of the two history mechanisms for minimal propositional logic. The two systems both have their good points. The *SwMin* system is efficient in terms of storage and checkings required by its history mechanism. The *ScMin* system is efficient in that it detects loops as they occur, avoiding unnecessary computations.

Հ. Ռ. Բոլիբեկյան, Ա. Ռ. Բաղդասարյան

Ցիկլերի հայտնաբերումով մինիմալ տրամաբանության ստույթային որոշ համակարգերի մասին

Յոհանսոնի մինիմալ տրամաբանության համար գոյություն ունեն տարբեր համակարգեր: Հենցենյան տիպի որոշ համակարգերում հիմնական խոչընդոտ է ցիկլը: Ցիկլերի հայտնաբերման տարբերակներից է «պատմության» ավելացումը յուրաքանչյուր սեկվենսին, որը խնդրի լիարժեք լուծում չի տալիս: Մինիմալ տրամաբանության երկու ստույթային համակարգ «պատմության» մեխանիզմով դիտարկված են, որոնցից յուրաքանչյուրն ունի իր առավելությունները: *SwMin*-ը արդյունավետ է հիշողության օգտագործման և կատարվող ստուգումների տեսանկյունից, իսկ *ScMin*-ը հայտնաբերում է ցիկլերը ավելի վաղ փուլում:

О. Р. Болибекян, А. Р. Багдасарян

О некоторых системах минимальной пропозициональной логики с выявлением циклов

Существуют различные системы минимальной логики Йоганссона. В некоторых генценовских системах циклы являются одной из основных проблем. Добавление «истории» – один из подходов обнаружения цикла. Рассматриваются две системы минимальной пропозициональной логики с добавлением «истории». Каждая из рассматриваемых систем имеет свои преимущества. *SwMin* эффективна

с точки зрения использования памяти и дополнительных проверок. *ScMin* выявляет циклы на более ранних стадиях без дополнительных вычислений.

References

1. Bolibekyan H. R., Chubaryan A. A. In: Proceedings of the Logic Colloquium 2003. P. 56.
2. Howe J. M. – Springer Lecture Notes in Artificial Intelligence. 1997. V. 1227. P. 188-200.
3. Gabbay D. – Springer Lecture Notes in Computer Science. 1991. V. 1. P. 156-173.
4. Bolibekyan H., Muradyan T. In: Proceedings of the Logic Colloquium 2011. P. 45-46.
5. Kleene S. C. Introduction to metamathematics. D. Van Nostrand Comp., Inc. New York–Toronto. 1952.

APPLIED MATHEMATICS

УДК 510

A. A. Chubaryan, H. A. Tamazyan

On Lower Bounds for Proofs Sizes in Frege Systems

(Submitted by corresponding member of NAN RA I. D. Zaslavsky 25/III 2019)

Keywords: *Frege system, proof complexity, essential subformula.*

1. Introduction. The investigations of the propositional proof complexity are very important due to their relation to the main problem of the complexity theory $P \stackrel{?}{=} NP$. One of the most fundamental problems of the proof complexity theory is to find an efficient proof system for propositional calculus. According to the opinion, a truly «effective» system must have a polynomial size $p(n)$ proof for every tautology of size n . In [1] Cook and Reckhow named such a system a *super system*. They showed that if there exists a super system, then $NP = coNP$.

It is well known that many systems are not super. This question about Frege systems, the most natural calculi for propositional logic, is still open: the trivial exponential upper bounds and only $\Omega(n^2)$ lower bound of proof sizes and $\Omega(n)$ lower bound of proof steps for tautologies with the length n were known for Frege systems. Recently the super-linear lower bound for proof steps has been obtained in [2], where some super-quadratic lower bound for proof sizes has been announced as well. Now we prove that the lower bound for proof sizes of some sequence of tautologies φ_n is $\Omega(|\varphi_n|^3 \log^2(|\varphi_n|))$ in every Frege system.

2. Preliminary. 2.1. Some properties of Frege systems. We shall use the well known notions of propositional formula, subformula of formula and tautology.

We shall use also the generally accepted concepts of Frege system [1]. A Frege system $\mathcal{F}$ uses a denumerable set of propositional variables and a finite, complete set of propositional connectives. $\mathcal{F}$ has a finite set of inference rules, defined by a *figure* of the form $\frac{A_1 A_2 \dots A_m}{B}$ (the rules of inference with zero

hypotheses are the axioms schemes); $\mathcal{F}$ must be sound and complete, i.e., for each rule of inference $\frac{A_1 A_2 \dots A_m}{B}$ every truth-value assignment, satisfying

$A_1 A_2 \dots A_m$, also satisfies B , and $\mathcal{F}$ must prove every tautology.

We use also the well-known notions of proof and proof complexities. The proof in any system $\mathcal{F}$ ($\mathcal{F}$ -proof) is a finite sequence of such formulas, each being an axiom of $\mathcal{F}$, or is inferred from earlier formulas by one of the rules of $\mathcal{F}$. Note that every $\mathcal{F}$ -proof has an associated graph with nodes, labeled by formulas, and edges from A to B if formula B is the result of applying of some inference rule to A (perhaps with another formulas).

For a proof we define **t-complexity** to be its length (= the total number of different proof formulae) and **l-complexity** to be its size (= the total number of logical connectives occurrences in proof). The minimal **t-complexity of a formula φ** (**l-complexity of a formula φ**) in a proof system $\mathcal{F}$ we denote by $t_\varphi^\mathcal{F}$ ($l_\varphi^\mathcal{F}$).

For our consideration the inference rule **modus ponens** $\frac{A \quad A \supset B}{B}$ play the key role. The formula $A (A \supset B)$ is called *small (big) premise* of modus ponens.

Let us recall the notion of right-chopping proof, introduced in [3]. For Intuitionistic and Minimal (Johansson's) Logic the following **statement** is proved:

If the axiom $F_1 \supset (F_2 \supset (\dots \supset (F_m \supset G) \dots))$ and the formulas $F_1, F_2, \dots, F_m$ are used in the minimal (by steps) derivation of formula G by successive applying of the rule modus ponens, then $m \leq 2$,

i.e. the length of corresponding graph branch, going from each node, labeled with the rule modus ponens application result to node, labeled with big premise, is no more than 2. Such graph and hence, the corresponding proof are called **2-right-chopping**.

The analogous statement for classical Hilbert style systems is not valid, but for a Frege system $\mathcal{F}$ we can prove some generalization of this statement.

Definition1. A proof with only modus ponens rule is called **m-right-chopping** if the length of corresponding graph branch, going from each node, labeled with the rule modus ponens application result to node, labeled with big premise, is no more than m.

Definition 2. If some axioms scheme B of the system $\mathcal{F}$ is in the form $B_1 \supset (B_2 \supset (\dots (B_k \supset B_{k+1}) \dots))$, where each B_i ($1 \leq i \leq k+1$) is some formula and the main logical connective of B_{k+1} is not $\supset$, then k is **logical depth** of B.

Definition 3. Maximum of logical depths of all axioms schemes in the Frege system $\mathcal{F}$ is called logical depth of $\mathcal{F}$ and is denoted by $ld(\mathcal{F})$.

Lemma. For every Frege system $\mathcal{F}$ there is some constant **r** and some Frege system $\mathcal{F}'$ with only modus ponens rule such that every $\mathcal{F}$ -proof of a formula φ can be transformed into **r-right-chopping $\mathcal{F}'$ -proof** of φ with no

more than linear increase both of t -complexity and l -complexity of original $\mathcal{F}$ -proof.

Proof. Axioms schemes of $\mathcal{F}'$ are all axioms schemes of $\mathcal{F}$ and formulas $A_1 \supset (A_2 \supset (\dots (A_m \supset B) \dots))$ for every inference rule $\frac{A_1 A_2 \dots A_m}{B}$ (for modus ponens also, if it is one of the rules of $\mathcal{F}$). The inference rule is only **modus ponens**. Every $\mathcal{F}$ -proof can be transformed into $\mathcal{F}'$ -proof as following: each application of inference rule $\frac{A_1 A_2 \dots A_m}{B}$ replace by sequence of formulas $A_1 \supset (A_2 \supset (\dots (A_m \supset B) \dots))$, $(A_2 \supset (\dots (A_m \supset B) \dots))$, ..., $(A_m \supset B)$ and by successive applying of the rule modus ponens to formulas $A_1, A_2, \dots, A_m$ as *small premises* and pointed formulas as *big premises* we prove the formula B in the system $\mathcal{F}'$. So, every group of the formulas $A_1, A_2, \dots, A_m, B$ is permit with the m new formulas. If we take $r = \text{ld}(\mathcal{F}')$, then it is obvious, that each $\mathcal{F}'$ -proof is r -right-chopping and $t_{\varphi}^{\mathcal{F}'} \leq t_{\varphi}^{\mathcal{F}}(r + 1)$ and $l_{\varphi}^{\mathcal{F}'} \leq l_{\varphi}^{\mathcal{F}}(r + 1)$.

The above described Frege system $\mathcal{F}'$ is called **right-chopping image** for the system $\mathcal{F}$.

Definition 4. The set of formulas $A_1, A_2, \dots, A_m, B$ and $A_1 \supset (A_2 \supset (\dots (A_m \supset B) \dots))$, $(A_2 \supset (\dots (A_m \supset B) \dots))$, ..., $(A_m \supset B)$ is called the **bloc** of right-chopping image $\mathcal{F}'$, corresponding to inference rule $\frac{A_1 A_2 \dots A_m}{B}$ of $\mathcal{F}$.

2.2. Essential subformulas. For proving the main results we use also the notion of *essential subformulas*, introduced in [4].

Let F be some formula and $Sf(F)$ be the set of all non-elementary subformulas of formula F .

For every formula F , for every $\varphi \in Sf(F)$ and for every variable p the result of the replacement of the subformula φ everywhere in F by the variable p is denoted by F_{φ}^p . If $\varphi \notin Sf(F)$, then F_{φ}^p is F .

We denote by $Var(F)$ the set of variables in F .

Definition 5. Let p be such a variable that $p \notin Var(F)$ and $\varphi \in Sf(F)$ for some tautology F . We say that φ is an **essential subformula** in F iff F_{φ}^p is non-tautology.

We denote by $Essf(F)$ the set of essential subformulas in F . If F is minimal tautology, i.e., F is not a substitution of a shorter tautology, then $Essf(F) = Sf(F)$.

It is not difficult to see, that if formula B is modus ponens application result to formulas A and $A \supset B$, then each formula from $Essf(B)$ is essential either in A or in $A \supset B$ and therefore the number of essential subformulas of B is no more, that the sum of essential subformulas numbers both of A and of $A \supset B$.

In [4] the following statement is proved.

Proposition. Let F be a minimal tautology and $\varphi \in \text{Essf}(F)$, then in every $\mathcal{F}$ -proof of F subformula φ must be essential either in some axiom, used in proof, or in the formula $A_1 \supset (A_2 \supset (\dots (A_m \supset B) \dots))$ for some inference rule $\frac{A_1 A_2 \dots A_m}{B}$, used in proof.

Remark. It is obvious, that each essential subformula of a formula, proved in a Frege systems only with modus ponens rule, must be essential at least in one of axioms, used in proof.

Definition 6. Let M be some set of essential subformulas of tautology F . If no one formula of M is a subformula of some other formula from M , then M is called an **independent set of essential subformulas of F** .

2.3. The main formulas. By $|\varphi|$ we denote the size of a formula φ , defined as the number of all logical signs entries. It is obvious that the full size of a formula, which is understood to be the number of all symbols is bounded by some linear function in $|\varphi|$.

The main tautologies of our consideration are $\varphi_n = TTM_{n, 2^{n-1}}$, where

$$TTM_{n,m} = \bigvee_{(\sigma_1, \dots, \sigma_n) \in E^n} \&_{j=1}^m \bigvee_{i=1}^n p_{ij}^{\sigma_i}.$$

It is not difficult to see that $|\varphi_n| = n2^{2^n}$. Let's denote $\psi_\sigma^j = \bigvee_{i=1}^n p_{ij}^{\sigma_i}$, where $\sigma = (\sigma_1, \dots, \sigma_n)$, and for some assignement of parentheses φ_n will look like this:

$$\varphi_n = \&_{j=1}^{2^{n-1}} \psi_{\sigma^1}^j \vee (\&_{j=1}^{2^{n-1}} \psi_{\sigma^2}^j \vee (\dots \vee \&_{j=1}^{2^{n-1}} \psi_{\sigma^{2^n}}^j) \dots)$$

where:

$$\&_{j=1}^{2^{n-1}} \psi_{\sigma^k}^j = (\psi_{\sigma^k}^1 \& (\psi_{\sigma^k}^2 \& (\dots \& \psi_{\sigma^k}^{2^{n-1}}) \dots)).$$

It is easy to see that the set M of subformulas $\bigvee_{i=1}^n p_{ij}^{\sigma_i}$ is an independent set of essential subformulas of φ_n .

In [2] is proved, that for every Frege system $\mathcal{F}$ $t_{\varphi_n}^{\mathcal{F}} = \Omega(2^{3n})$.

3. Main result. The main results of the paper is the following statement.

Theorem. For any Frege system $\mathcal{F}$ $l_{\varphi_n}^{\mathcal{F}} = \Omega\left(\frac{|\varphi_n|^3}{\log_2^2 |\varphi_n|}\right)$.

Proof of the theorem is based on the following auxiliary statements.

Let F be some tautology and $\mathcal{F}$ be a Frege system, then

1. if M is an independent set of essential subformulas of F , then the size of every its $\mathcal{F}$ -proof is more, than the sum of sizes for all proof occurrences of all formulas from M ;
2. after the first occurrence of some formula from $\text{Essf}(F)$ in the smallest by size $\mathcal{F}$ -proof it must remain until the end of proof;

3. the number of essential subformulas of each axioms of $\mathcal{F}$ is no more, than some constant c , and therefore the number of essential subformulas of F in every bloc from right-chopping image $\mathcal{F}'$ can added with no more, than c ;

4. the size of proof can be smaller, if in every step of proof no more, than one essential subformulas is added.

So, we have

$$\begin{aligned}
 l_{\varphi_n}^{\mathcal{F}'} &\geq (n(2^{3n} - 2^n) + n(2^{3n} - 2^n - 1) + n(2^{3n} - 2^n - 2) + \dots \\
 &\quad + n(2^{2n} + 1) + n2^{2n}) \\
 &= (n(2^{2n} + (2^{2n} + 1) + \dots + (2^{3n} - 2^n))) \\
 &= \left(n(1 + 2 + \dots + (2^{3n} - 2^n) \right. \\
 &\quad \left. - (1 + 2 + \dots + (2^{2n} - 1))) \right) \\
 &= \theta(n((2^{3n} - 2^n)^2 - (2^{2n})^2)) \\
 &= \theta(n(2^{6n} - 2 \cdot 2^{4n} + 2^{2n} - 2^{4n})) = \theta(n2^{6n}) \\
 &= \theta\left(\frac{n^2 2^{4n}}{n} \cdot \frac{n 2^{2n}}{n}\right) = \theta\left(\frac{|\varphi_n|^2 \cdot |\varphi_n|}{n^2}\right) = \theta\left(\frac{|\varphi_n|^3}{\log_2^2 |\varphi_n|}\right)
 \end{aligned}$$

Use the result of Lemma, we obtain

$$l_{\varphi_n}^{\mathcal{F}} = \Omega\left(\frac{|\varphi_n|^3}{\log_2^2 |\varphi_n|}\right).$$

This work was supported by the RA MES State Committee of Science, in the frames of the research project № 18T-1B034.

Yerevan State University

e-mails: achubaryan@ysu.am, tam.hak27@gmail.com

A. A. Chubaryan, H. A. Tamazyan

On Lower Bounds for Proofs Sizes in Frege Systems

The trivial exponential upper bounds and only $\Omega(n^2)$ lower bound of proof sizes and $\Omega(n)$ lower bound of proof steps for tautologies with the length n were known for Frege systems. Recently the super-linear lower bound for proof steps has been obtained by first coauthor (with Armine Chubaryan and Arman Tshitoyan). Now we prove that in every Frege system for some sequence of tautologies the lower bound for proof sizes is super-quadratic in the lengths of tautologies.

Ա. Ա. Չուբարյան, Հ. Ա. Թամազյան

**Ֆրեգեի համակարգերում արտաձուլման երկարությունների
ստորին գնահատականների վերաբերյալ**

Ֆրեգեի համակարգերում n երկարությամբ նույնաբանությունների համար հայտնի էին վերին ցուցչային գնահատականը և միայն $\Omega(n^2)$ ստորին գնահատականը արտաձուլման երկարության համար ու $\Omega(n)$ ստորին գնահատականը արտաձուլման քայլերի համար: Վերջերս առաջին համահեղինակի (Արմինե Չուբարյանի և Արման Ճիտոյանի համահեղինակությամբ) կողմից ստացվել էր սուպեր-գծային գնահատական արտաձուլման քայլերի համար: Այժմ մենք ապացուցել ենք, որ նույնաբանությունների որոշակի հաջորդականության համար արտաձուլման երկարությունների ստորին գնահատականը սուպեր-քառակուսային է Ֆրեգեի յուրաքանչյուր համակարգում:

А. А. Чубарян, А. А. Тамазян

О нижних оценках длин выводов в системах Фреге

Для систем Фреге были известны лишь тривиальные экспоненциальные верхние оценки и только $\Omega(n)$ нижняя оценка для количества шагов и только $\Omega(n^2)$ нижняя оценка для длин выводов тавтологий длины n . Недавно первым соавтором (совместно с Армине Чубарян и Арманом Читояном) была получена суперлинейная оценка для количества шагов выводов. В настоящей работе для некоторой последовательности тавтологий получена суперквадратичная оценка длины выводов в любой системе Фреге.

References

1. Cook S.A., Reckhow A.R. – Journal of Symbolic Logic. 2000. V. 44. P. 21-29.
2. Chubaryan An., Chubaryan Arm., Tshitoyan A. In: Proceedings of CSIT-2015. Yerevan, 29.09-04.10, 2015. P. 42-44.
3. Nurijanyan A. In: Molodoy nauchnij sotrudnic, YGU. Yerevan. 1981. V. 2(34). P. 42-50.
4. Chubaryan A. A. – Izvestiya NAN Armenii. Matematika. 2002. V. 35. № 5. P. 71-84.

МЕХАНИКА

УДК 529.3

Академик Г. Е. Багдасарян

Магнитоупругие волны Лява в случае магнитострикционного слоя

(Представлено 30/V 2019)

Ключевые слова: *поверхностные магнитоупругие волны, магнитострикция, магнитное поле, фазовая скорость, дисперсия.*

Известно [1], что при отсутствии внешнего магнитного поля в двухслойной среде (полупространстве) всегда можно возбуждать поверхностную волну Лява, скорость которой меньше скорости объемных поперечных волн в подложке и больше скорости указанных объемных волн в слое. Настоящая работа посвящена вопросам существования и характера распространения поверхностной магнитоупругой волны Лява в случае магнитострикционного слоя и идеально проводящего ферромагнитного полупространства. Установлено, что если среда находится в магнитном поле и ее материал обладает магнитострикционными свойствами, то: а) сохраняется вышеуказанный характер существования и распространения поверхностной волны, а присутствие магнитного поля имеет только количественное влияние; б) в среде будет распространяться новый тип поверхностных магнитоупругих волн, обусловленный исключительно магнитострикционными свойствами среды. Установлено также, что фазовая скорость новой поверхностной волны меньше скорости объемных поперечных волн в материале слоя и волна распространяется с дисперсией.

1. Постановка задачи. Рассмотрим двухслойную магнитоупругую среду, состоящую из диэлектрического магнитострикционного слоя постоянной толщины h , лежащего на упругом, магнитомягком ферромагнитном полупространстве, материал которого является идеальным проводником.

Прямоугольная декартова система координат x_1, x_2, x_3 выбрана так, что координатная плоскость x_1, x_2 совпадает с плоскостью раздела, а ось x_2 направлена в глубь полупространства.

Предполагается, что область $x_2 < -h$ является вакуумом, а граница

слоя $x_2 = -h$ свободна от внешней механической нагрузки. Рассматриваемая магнитоупругая система находится во внешнем стационарном магнитном поле, которое в отсутствие ферромагнитного тела характеризуется вектором напряженности $\vec{H}_0(0, 0, H_0)$, где $H_0 = \text{const}$. Величины, отнесенные к области слоя $(-h < x_2 < 0)$, будем отмечать индексом «1», отнесенные к полупространству $(x_2 > 0)$ – индексом «2», отнесенные к области вакуума $(x_2 < -h)$ – индексом «e».

В этих условиях напряженность магнитного поля невозмущенного состояния всюду (в вакууме, в слое и в полупространстве) совпадает с напряженностью заданного магнитного поля $\vec{H}_0$. Более того, поскольку $\vec{H}_0$ параллельна границе полупространства и поверхностям слоя, то компоненты тензора напряжений Максвелла на поверхностях раздела являются непрерывными и поэтому поверхностные силы магнитного происхождения равны нулю. Нулю равны также объемные силы магнитного происхождения в невозмущенном состоянии, т.к. H_0 постоянная. Следовательно, в невозмущенном состоянии присутствие рассматриваемого магнитоактивного тела не меняет магнитное поле во всем пространстве, и, во-вторых, под действием невозмущенного магнитного поля в теле возникают только индуцированные напряжения s_{ij}^0 , которые являются следствием намагничивания среды. Отметим [2], что в рассматриваемом случае влияние s_{ij}^0 на характеристики возмущенного состояния пренебрежимо мало по сравнению с влиянием магнитных объемных сил возмущенного состояния.

Учитывая сказанное, характеристики магнитного поля представляются в вид:

$$\vec{H} = \vec{H}_0 + \vec{h}, \quad \vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{b}, \quad \vec{M} = \vec{M}_0 + \vec{m},$$

где $\vec{H}_0$, $\vec{B}_0$ и $\vec{M}_0$ – соответственно векторы напряженности магнитного поля, магнитной индукции и намагниченности недеформированного тела, $\vec{h}$, $\vec{b}$ и $\vec{m}$ – возмущения к указанным величинам, обусловленные деформацией среды. В вакууме векторы $\vec{B}$ и $\vec{H}$ связаны соотношением $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$, где μ_0 – магнитная постоянная ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$), а в магнитоактивном материале – соотношением $\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M})$. Следовательно, характеристики магнитного поля невозмущенного (недеформированного) состояния являются решением задачи магнитостатики рассматриваемого ферромагнитного тела и имеют следующие выражения:

в области вакуума

$$\vec{B}_0^{(e)} = \mu_0 \vec{H}_0, \quad \vec{H}_0^{(e)} = \vec{H}_0, \quad \vec{M}_0^{(e)} = 0;$$

в области слоя и полупространства

$$\vec{B}_0^{(i)} = \mu_0 \mu_r^{(i)} \vec{H}_0, \quad \vec{H}_0^{(i)} = \vec{H}_0, \quad \vec{M}_0^{(i)} = \chi^{(i)} \vec{H}_0^{(i)}, \quad (i=1,2). \quad (1.1)$$

Характеристики возмущенного состояния определяются из уравнений и граничных условий теории магнитоупругости ферромагнитного тела [2-5]. Принимая возмущения малыми, путем линеаризации в работе [6] получены линейные уравнения и поверхностные условия, описывающие поведение малых возмущений в магнитоактивной упругой среде. Здесь на основе сформулированных в [6] линейных краевых задач исследуются существование и характер распространения малых магнитоупругих возмущений в случае антиплоской задачи. Тогда $u_1 = 0, u_2 = 0, u_3 \neq 0$, и согласно модели идеальной проводимости $\vec{h}^{(2)} = \text{rot}(\vec{u} \times \vec{H}_0) = 0$ в подложке. В результате имеем следующие уравнения и поверхностные условия, описывающие поведение магнитоупругих возмущений в рассматриваемой слоистой среде [2]:

уравнения в области слоя ($-h < x_2 < 0$)

$$\bar{G}^{(1)} \Delta u_3^{(1)} + \beta \Delta \varphi^{(1)} = \rho_1 \frac{\partial^2 u_3^{(1)}}{\partial t^2} \quad (1.2)$$

$$\beta \Delta u_3^{(1)} - \mu_0 \mu_r^{(1)} \Delta \varphi^{(1)} = 0;$$

уравнение в области полупространства ($x_2 > 0$)

$$G^{(2)} \Delta u_3^{(2)} = \rho_2 \frac{\partial^2 u_3^{(2)}}{\partial t^2}, \quad (1.3)$$

уравнение в области вакуума ($x_2 < -h$)

$$\Delta \varphi^{(e)} = 0; \quad (1.4)$$

условия на поверхности раздела ($x_2 = 0$)

$$\begin{aligned} \bar{G}^{(1)} \frac{\partial u_3^{(1)}}{\partial x_2} + \beta \frac{\partial \varphi^{(1)}}{\partial x_2} &= G^{(2)} \frac{\partial u_3^{(2)}}{\partial x_2}, \\ u_3^{(1)} &= u_3^{(2)}, \end{aligned} \quad (1.5)$$

$$\mu_0 \mu_r^{(1)} \frac{\partial \varphi^{(1)}}{\partial x_2} - \beta \frac{\partial u_3^{(1)}}{\partial x_2} = 0;$$

условия на свободной поверхности слоя ($x_2 = -h$)

$$\begin{aligned} \bar{G}^{(1)} \frac{\partial u_3^{(1)}}{\partial x_2} + \beta \frac{\partial \varphi^{(1)}}{\partial x_2} &= 0, \\ \varphi^{(1)} &= \varphi^{(e)}, \end{aligned} \quad (1.6)$$

$$\mu_0 \mu_r^{(1)} \frac{\partial \varphi^{(1)}}{\partial x_2} - \beta \frac{\partial u_3^{(1)}}{\partial x_2} = \mu_0 \frac{\partial \varphi^{(e)}}{\partial x_2};$$

В (1.1)-(1.6) $u_3^{(1)}$ ($u_3^{(2)}$) – перемещение частиц по направлению оси x_3 в слое (полупространстве); $\varphi^{(1)}$ ($\varphi^{(2)}$) – потенциал магнитного поля в слое и $\varphi^{(e)}$ – потенциал магнитного поля в области вакуума,

$$\bar{G}^{(1)} = G^{(1)} - \mu_0 \chi^{(1)} [M_0^{(1)}]^2 \left(\frac{e_1 - e_2}{2} \right)^2,$$

$$\beta = \mu_0 \chi^{(1)} M_0^{(1)} \frac{e_1 - e_2}{2}, \quad (1.7)$$

$$M_0^{(i)} = \chi^{(i)} H_0^{(i)},$$

$\chi^{(i)} = \mu_r^{(i)} - 1$ – магнитная восприимчивость, $\mu_r^{(i)}$ – относительная магнитная проницаемость, e_1 и e_2 – коэффициенты магнитострикции материала слоя.

В приведенных уравнениях, условиях и формулах, имея в виду, что у основных магнито-стрикционных материалов $30 < \chi < 10^4$, $|e_i| < 10^2$, $G^{(i)} \approx 10^{11}$ Н/м², $B_0 \leq B_s \sim 3$ Тесла (B_s – индукция насыщения), принято, что $|\chi e_i| \gg 1$ и $|e_i| B_0^2 (\mu_0 G^{(i)})^{-1} \ll 1$.

Кроме условий (1.5) и (1.6) должны удовлетворяться также условия затухания возмущений на бесконечности.

2. Условия существования волн Лява. Скорости их распространения. Непосредственной подстановкой можно убедиться, что функции

$$u_3^{(2)} = A_1 e^{-\alpha x_2} e^{i(kx_1 - \omega t)} \quad x_2 > 0, \quad (2.1)$$

$$\varphi^{(e)} = A^{(e)} e^{kx_2} e^{i(kx_1 - \omega t)} \quad x_2 < -h, \quad (2.2)$$

$$\begin{cases} \varphi^{(1)} = \left[\frac{\beta \Phi(x_2)}{\mu_0 \mu_r^{(1)}} + \varphi_{01} e^{kx_2} + \varphi_{02} e^{-kx_2} \right] e^{i(kx_1 - \omega t)} \\ u_3^{(1)} = \Phi(x_2) e^{i(kx_1 - \omega t)} \end{cases} \quad -h < x_2 < 0, \quad (2.3)$$

где

$$\Phi(x_2) = \begin{cases} B_1 e^{\alpha_1 x_2} + B_2 e^{-\alpha_1 x_2} & \text{при } v < v_s \\ C_1 \cos \alpha_2 x_2 + C_2 \sin \alpha_2 x_2 & \text{при } v > v_s \end{cases}$$

являются решениями уравнений (1.2)-(1.4), если величины α , α_1 и α_2 имеют следующие представления:

$$\alpha = k \left(1 - \frac{v^2}{v_n^2} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad \alpha_1 = k \left(1 - \frac{v^2}{v_s^2} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad \alpha_2 = k \left(\frac{v^2}{v_s^2} - 1 \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (2.4)$$

В (2.1)-(2.4) A_i , B_i , C_i , φ_{0i} ($i=1,2$) и $A^{(e)}$ – произвольные постоянные,

$$v = \frac{\omega}{k}, \quad v_n^2 = \frac{G^{(2)}}{\rho_2},$$

$$v_s = \left[\frac{\bar{G}^{(1)}}{\rho_1} (1 + r^2) \right]^{\frac{1}{2}}, \quad r^2 = \frac{\beta^2}{\mu_0 \mu_r \bar{G}^{(1)}}, \quad v_c^2 = \frac{G^{(1)}}{\rho_1}. \quad (2.5)$$

v – фазовая скорость рассматриваемой магнитоупругой волны, k – волновое число; ω – частота колебаний; α – показатель затухания упругого смещения в полупространстве; v_n и v_c – соответственно, скорости объемных чисто упругих сдвиговых волн в полупространстве и слое; v_s – скорость объемных магнитоупругих сдвиговых волн в магнитоупругой среде (в материале слоя).

Решение (2.1) соответствует магнитоупругой волне Лява, затухающей внутри полупространства (как и в случае чисто упругих волн Лява), если удовлетворяется условие $v < v_n$, фиксирующее, что в рассматриваемом случае невозможно возбудить поверхностные магнитоупругие волны с фазовой скоростью больше скорости объемных сдвиговых волн в подложке. Указанное необходимое условие, как показано в работе [7], нарушается, если материал полупространства обладает магнитоупругими свойствами.

Удовлетворяя поверхностным условиям (1.5) и (1.6), для определения произвольных постоянных получаем однородную систему линейных алгебраических уравнений.

Из условий на плоскости раздела ($x_2 = 0$) получаются следующие уравнения:

$$\left\{ \begin{aligned} & \left(\bar{G}^{(1)} + \frac{\beta^2}{\mu_0 \mu_r^{(1)}} \right) \alpha_1 (B_1 - B_2) + \beta k (\varphi_{01} - \varphi_{02}) \quad \text{при } v < v_s, \\ & \left(\bar{G}^{(1)} + \frac{\beta^2}{\mu_0 \mu_r^{(1)}} \right) \alpha_2 C_2 + \beta k (\varphi_{01} - \varphi_{02}) \quad \text{при } v > v_s, \end{aligned} \right\} + \alpha G^{(2)} A_1 = 0,$$

$$\left\{ \begin{aligned} & B_1 + B_2 \quad \text{при } v < v_s, \\ & C_1 \quad \text{при } v > v_s, \end{aligned} \right\} = A_1, \quad (2.6)$$

$$\left\{ \begin{aligned} & \mu_r^{(1)} (\varphi_{01} - \varphi_{02}) \quad \text{при } v < v_s, \\ & \mu_r^{(1)} (\varphi_{01} - \varphi_{02}) \quad \text{при } v > v_s, \end{aligned} \right\} = 0;$$

Условия на свободной поверхности слоя ($x_2 = -h$) приводят к следующим уравнениям:

$$\left\{ \begin{aligned} & \left(\bar{G}^{(1)} + \frac{\beta^2}{\mu_0 \mu_r^{(1)}} \right) \alpha_1 (B_1 e^{-\alpha_1 h} - B_2 e^{\alpha_1 h}) + \beta k (\varphi_{01} e^{-kh} - \varphi_{02} e^{kh}) \quad \text{при } v < v_s, \\ & \left(\bar{G}^{(1)} + \frac{\beta^2}{\mu_0 \mu_r^{(1)}} \right) \alpha_2 (C_2 \cos \alpha_2 h + C_1 \sin \alpha_2 h) + \beta k (\varphi_{01} e^{-kh} - \varphi_{02} e^{kh}) \quad \text{при } v > v_s, \end{aligned} \right\} = 0;$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\beta}{\mu_0 \mu_r^{(1)}} (B_1 e^{-\alpha_1 h} + B_2 e^{\alpha_2 h}) + \varphi_{01} e^{-kh} + \varphi_{02} e^{kh} \quad \text{при } v < v_s, \\ \frac{\beta}{\mu_0 \mu_r^{(1)}} (C_1 \cos \alpha_2 h - C_2 \sin \alpha_2 h) + \varphi_{01} e^{-kh} + \varphi_{02} e^{kh} \quad \text{при } v > v_s \end{array} \right\} = A^{(e)} e^{-kh} \quad (2.7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_0 \mu_r^{(1)} k (\varphi_{01} e^{-kh} - \varphi_{02} e^{kh}) \quad \text{при } v < v_s, \\ \mu_0 \mu_r^{(1)} k (\varphi_{01} e^{-kh} - \varphi_{02} e^{kh}) \quad \text{при } v > v_s \end{array} \right\} = \mu_0 k e^{-kh} A^{(e)}.$$

Из условия совместности однородной линейной системы (2.6)-(2.7) в зависимости от соотношений между v и v_s ($v > v_s$ и $v < v_s$) получаются характеристические уравнения для определения скорости распространения поверхностной магнитоупругой волны:

уравнение в случае $v > v_s$

$$\left[\frac{G^{(2)} \alpha}{1+r^2} \gamma + \bar{G}^{(1)} (1+r^2) \delta \alpha_2^2 \right] \text{tg} \alpha_2 h - [G^{(2)} \delta \alpha - \bar{G}^{(1)} \gamma] \alpha_2 = 0, \quad (2.8)$$

уравнение в случае $v < v_s$

$$\left[\frac{G^{(2)} \alpha}{1+r^2} \gamma - \bar{G}^{(1)} (1+r^2) \delta \alpha_1^2 \right] \text{th} \alpha_1 h + [\bar{G}^{(1)} \gamma - G^{(2)} \delta \alpha] \alpha_1 = 0, \quad (2.9)$$

где $\delta = \mu_r^1 \text{sh} kh + \text{ch} kh$, $\gamma = r^2 k \text{sh} kh$.

Уравнения типа (2.8) получены также в работе [7], где рассматривается задача Лява в случае магнитострикционного полупространства с неферромагнитным слоем.

Из необходимого условия $v < v_n$ существования рассматриваемой волны и уравнения (2.8) следует, что магнитоупругие волны с фазовой скоростью v , удовлетворяющей условию $v_s < v < v_n$, могут существовать независимо от магнитных свойств среды и наличия внешнего магнитного поля. Заметим, что скорость волны Лява в чисто упругом случае также удовлетворяет указанному условию, и наличие магнитного поля при магнитострикционной среде влияет только на величину скорости волны, изменяющуюся в отмеченном интервале. Более того, указанный интервал заменяется интервалом (v_s, v_n) .

Вернемся к случаю $v < v_s$, т.е. к вопросу о возможности существования магнитоупругих поверхностных волн, скорость распространения которых меньше скорости объемных магнитоупругих сдвиговых волн в магнитострикционном слое. Ответ будет положительным, если уравнение (2.9) имеет действительный корень. Для этого необходимо, чтобы имело место следующее условие:

$$\frac{G^{(2)} \delta \alpha - \bar{G}^{(1)} \gamma}{G^{(2)} \alpha \gamma - \bar{G}^{(1)} (1+r^2)^2 \delta \alpha_1^2} > 0 \quad (2.10)$$

Легко заметить, что при $e_i = 0$ условие (2.10) не имеет места. Следовательно, если среда обладает магнотриксционным свойством, то уравнение (2.9) может иметь положительный корень, означающий, что в рассматриваемой двухслойной среде можно возбудить поверхностные магнитоупругие волны, скорость распространения которых меньше скорости сдвиговых объемных волн в материале слоя (сказанное подтверждается также численным решением уравнения (2.9)). Из уравнений (2.8) и (2.9) следует также, что фазовая скорость рассматриваемых волн зависит от частоты колебаний и поэтому для этих волн имеет место дисперсия.

Институт механики НАН РА
e-mail: baghdasaryan@rau.am

Академик Г. Е. Багдасарян

Магнитоупругие волны Лява в случае магнотриксционного слоя

Рассматриваются вопросы существования и распространения поверхностной магнитоупругой волны Лява в случае магнотриксционного слоя и идеально проводящего ферромагнитного полупространства. Установлено, что если среда находится в магнитном поле и ее материал обладает магнотриксционными свойствами, то: а) сохраняется вышеуказанный характер существования и распространения поверхностной волны, а присутствие магнитного поля имеет только количественное влияние; б) в среде будет распространяться новый тип поверхностных магнитоупругих волн, обусловленный исключительно магнотриксционными свойствами среды. Установлено также, что фазовая скорость новой поверхностной волны меньше скорости объемных поперечных волн в материале слоя и волна распространяется с дисперсией.

Ակադեմիկոս Գ. Ե. Բաղդասարյան

Լյավի ալիքները մագնիսատրիքիոն շերտի դեպքում

Դիտվում են մակերևութային մագնիսատրիքիոն ալիքների գոյության ու տարածման հարցերը շերտավոր մագնիսատրիքիոն կիսատարածություններում: Ցույց է տրված, որ, ի թիվս նշված մաքուր առաձգական ալիքների, գոյություն ունի նաև նոր տիպի մակերևութային մագնիսատրիքիոն ալիք, որի գոյությունը պայմանավորված է բացառապես միջավայրի մագնիսատրիքիոն հատկությամբ: Բացահայտված է, որ նոր տիպի ալիքի տարածման արագությունը կարող է լինել ավելի փոքր, քան ընդլայնական ծավալային ալիքի արագությունը շերտում: Ցույց է տրված, որ նոր տիպի ալիքը տարածվում է դիսպերսիայով:

Academician G. E. Baghdasaryan

Love Waves in the Case of Magnetostrictive Layer

This paper is devoted to the issues of existence and propagation of surface magnetoelastic waves in layered magnetostrictive half-spaces. It is shown that besides the noted pure alastic waves, the new type of surface magnetoelastic wave exists, which existence is exclusively conditioned by magnetostrictive properties of medium. It is

established that the speed of this new wave can be less than the speed of transverse bulk waves in the layer. It is also established that the new wave propagates with dispersion.

Литература

1. *Новацкий В.* Теория упругости. М. Мир. 1987.
2. *Baghdasaryan G. Y., Danoyan Z. N.* Magnetoelastic waves. Springer. 2018.
3. *Brown W. F.* Magnetoelastic interaction. Springer-Verlag, New York. 1966.
4. *Pao Y. H., Yen C. S.* – J. Eng. Sci. 1973. V. 11(4). P. 415-436.
5. *Можен Ж.* Механика электромагнитных сплошных сред. М. Мир. 1991. 560 с.
6. *Багдасарян Г. Е.* – Мат. методы и физ.-мех. поля. 1998. Т. 41. № 3. С. 70-75.
7. *Багдасарян Г. Е., Даноян З. Н., Саноян Л. А.* – Изв. АН АрмССР. Механика. 1989. Т. 42. № 5. С. 3-9.

ASTROPHYSICS
 COSMOLOGY

УДК 524.82

Ara K. Avetissian

**New Astrophysical Mechanism of Disk-Shaped Galaxies’
 Rotation by the Theory of Non-Inflationary Cosmology**

(Submitted by corresponding member of NAS RA H. H. Matevosyan 7/XI 2018)

Keywords: *alternative cosmology; super-massive black hole; cosmological scales; Bose –Einstein condensation; rotation of galaxies – observation and theory; Dark Matter.*

Introduction. Our major investigations on cosmology and astrophysics [1] have been devoted to the principally new state of cosmic matter in the starting Universe, specifically in Matter Era (ME). Based on the hypothesis on “The earliest hierarchy of the Bose–Einstein statistic’s (BES) over the Fermi–Dirac one (FDS)” have been developed new astrophysical models of galaxies and massive black holes in their core, as well as massive stars over than 100 times exceeding the Chandrasekhar’s mass limit, including also supernova – though, being non-mandatory standard candles, as it believes in the Modern Cosmology (MoC). The investigation of the consequences of this original hypothesis and newly revealed astrophysical mechanisms in these articles were explored new and promising pathways to the consistent development of the new theory of alternative cosmology, called as “Non-inflationary Cosmology” (NIC), to distinguish it from the MoC. The comparison of new investigations’ results with observational data referred us to another original and brave hypothesis – “The Planck’s constant regular time-variation” during the global evolution of the Universe. The first main astrophysical phenomenon discovered in NIC as a straight hypothesis of the earliest hierarchy of BES over the FDS has been the “Local cosmological explosion within self-gravitating configuration in the state of Bose-condensate (BEC)”. To distinguish this cosmological explosion from the Big Bang, one called this local explosion as “Cosmological Small Bang” (CSB). As a direct consequence of the CSB has been revealed major astrophysical process within Bose-configuration, “The strong shock wave (SSW)”, generated in the closest vicinity of the spherical layer where the CSB phenomenon has been appeared. Since these original phenomena have been revealed as direct consequences of the cosmological

phase transition process from the BES to FDS just within the ME, the NIC requires to construct new cosmological scales thoroughly differ from the Planck scales. Note, at the beginning stage of investigations one has no other substantial theoretical data about time-space measures of CSB phenomenon in ME, besides the global Planck scales, so we had just one possibility – to use the Planck scales for the preliminary estimations of the characteristics of CSB as well in ME. In frame of this preliminary approach the estimation of the energy outcome in galaxy core already in the frame of NIC gave approximately $E_{tot}^{gal}(theory) \sim 5,55 \cdot 10^{77} \text{ erg}$ [2] for the energetic activity of galaxies. Actually, this estimation radically exceeds the observations data $E_{tot}^{gal}(observ) \sim 10^{59-61} \text{ erg}$ [3]. Facing such a discrepancy and being forced to establish appropriate new fundamental scales just for the ME stage, one has focusing directly on the problem of time-duration of the CSB. The new cosmological/astrophysical circumstances were requested to specify the method on time-evolution of physical fundamental constants and their combinations, initially discussed in [4]. The adequate assessment of the situation forced us to propose an original hypothesis about time-evolution of Planck constant [5]. Let us note here about the dominant gnoseological facts of theoretical physics, being used during the construction of main equation of the Planck constant's time-evolution [5]. Nevertheless, the preliminary qualitative comparison of theoretical estimations for the mass-correlations of components of the spiral galaxies' based on the graphical presentations found in [1] guaranteed several expectations on coincidences of our model [6] with observational data [7]. This fact has additionally stipulated the further exploration of new theoretical models aiming at disclosure of alternative fundamental scales, corresponding to these new original phenomena GSB and SSW in ME, which might even qualitatively describe the time-space scales of fundamental cosmological phenomena and processes. Fortunately, when in 2013 has been manifested the Higgs boson's experimental disclosure [8], this fact stipulated the author to return to his preliminary belief on cosmological role of the Nature's main boson in the initial stage of ME. This fundamental fact ultimately led to investigation of the Higgs boson's cosmological mission and astrophysical role, and soon the problem of fundamental cosmological new scales (CNS) in ME has been disclosed qualitatively [9]. Moreover, our prediction about reality of CNS in ME thoroughly differs from the Planck scales, created in frame of MoC, especially has been constructed based on the own original theoretical model of "*Higgs bosons' trapping within the counterparts 6-photon potential wall*". This new idea guaranteed both the realization of BEC and further postulation of "*Higgs boson's mass as the mass-etalon of CNS in ME*". Finally, the physical concepts about fundamental CNS were presented in the following precise mathematical forms [10]:

$$\begin{aligned} m_{ME} &= \alpha_{ME}^6 (\hbar_{ME} c / G)^{1/2}, \quad t_{ME} = \alpha_{ME}^{-6} (\hbar_{ME} G / c^5)^{1/2}, \\ l_{ME} &= \alpha_{ME}^{-6} (\hbar_{ME} G / c^3)^{1/2}. \end{aligned} \quad (1)$$

Here $M_{ME} \equiv M_{HB} \approx 125 GeV \approx 22,2 \cdot 10^{-22} g$ is the mass of Higgs boson (hereafter mass-etalon of CNS), G is the gravitational constant, c is the speed of light. In accordance with [5], $\hbar_{ME} \approx 6,03 \cdot 10^{-27} erg \cdot s$ and $\alpha_{ME} = e^2 / \hbar_{ME} c \approx 1,21 \cdot 10^{-3}$ are “renormalized values” of the Plank constant and fine structure correspondingly. From (1) one obtains the characteristic values of mass, time and length of fundamental CNS in ME:

$$m_{ME} = 2,22 \cdot 10^{-22} g, \quad t_{ME} \approx 3 \cdot 10^{-26} s; \quad l_{ME} \approx 0,9 \cdot 10^{-15} cm. \quad (1a)$$

As it seen from (1a), despite the Planck scales in MoC, the fundamental measures in ME already may be considered as quite realistic scales for the awareness of Earth-physics and corresponding experiments.

1. Estimations of the energetic activity of galaxies in frame of CNS. As it is seen from (1a), the fundamental measures in ME already are comparable with lower bound of corresponding characteristics in terrestrial physics already registered experimentally. Especially, the value of t_{ME} is same order entity as relaxation time in the system of nuclear spins, and the value of l_{ME} is same order entity as the radius of nuclear interaction. In particular, this fact was conditioned by the hypotheses about Planck’s constant time-evolution, also due to revealing of the “6-photon trapping process of Higgs bosons” within the initial BEC-configuration. Note, that after publications of main papers of NIC [1], one has maintained in mind a desirable long-term goal, connected with theoretical possibility of cosmic realization of Higgs bosons’ BEC, being sure that the initially predicted phenomenon of phase-transition from BES to FDS within the baryon-antibaryon pairs BEC [1] might be generalized, in principal, also for the configuration consisted of Higgs bosons. Fortunately, after experimental registration of Higgs boson and later disclosure of “*Higgs boson’s decay to a pair of bottom quarks*” [11], more confidence woke up in our physical imaginations, which in turn pushed us to suggest much brave physical judgments on favor of previously presented new ideas’ validation not only in astrophysics and cosmology, but even in ground-based experiments, especially in high energies nuclear physics (the results of these theoretical investigations are waiting for some experimental data to be presented for publication).

It looks like that the main necessary bridges now already are built to attract new unknown domains, especially to make cosmological and astrophysical new calculations based on (1). The review of paper [2] needs substitution of early used Planck scales with CNS measures (1a) in all calculations. The general estimation of the order of energy outcome ($\Delta \mathcal{E}_{HB}^{decay}$), corresponding to the phenomenon of Higgs boson’s decay on two quarks (i.e. fermions) [11] may be found arising just from the principle of uncertainty:

$$\begin{aligned}\Delta\varepsilon_{HB}^{decay} \cdot \Delta t_{CSB} &\sim \hbar_{ME} \Rightarrow \Delta t_{CSB} \sim t_{ME} \sim 3 \cdot 10^{-26} \text{ s} \Rightarrow \\ \Delta\varepsilon_{HB}^{decay} &\sim \hbar_{ME} / \Delta t_{CSB} \approx 0,2 \text{ erg}.\end{aligned}\quad (2)$$

Note, that the principle of uncertainty, in general, quite accurately illustrates the main physical picture in arbitrary scenario of microworld, so in this consideration also one may progress the cosmological and astrophysical investigations without resorting to the specific mechanisms of the unknown or yet uncertainty channels of Higgs bosons' decay into fermions. In accordance with graphical presentations of [1] and several additional theoretical conclusions about future evolution of CNS and SSW phenomena within the BEC-configuration and taking into consideration the assessed average number of Higgs bosons within the explosion zone in order of $N_{HB}^{CSB} \sim 10^{60-61}$, the renewed typical value of galactic energetic activity has been found in accordance with the formulas (1), (2):

$$\Delta E_{core}^{gal} = N_{HB}^{CSB} \cdot \Delta\varepsilon_{HB}^{decay} \sim 2 \cdot 10^{59-60} \text{ erg}.\quad (3)$$

Note, this characteristic value of energetic activity already is consistent with observational data.

2. Dark Matter “transfers” its main astrophysical mission to CSB and SSW phenomena! The reasonable coincidences of observational data with the theoretical calculations of the galaxy's energetic activity, and mass-correlations between components of galaxies, as well as several major morphological features caused by the CSB phenomenon within NIC also became an impetus for the application of the CSB phenomenon in theoretical explanation of recent observational facts. Especially, in [12] has been manifested about the following unique observational fact: *“It has been revealed that the rotation's period of all recently observed disk-form galaxies is about 1 Gyr, regardless of galactic mass and size”*. To be honest, this observational fact did not surprise us, because till this disclosure one has repeatedly mentioned about significant role of CSB and SSW phenomena in the theoretical explanation of the galaxy rotation phenomenon, especially on the observational profile of disk-shaped galaxies. In this regard one did not give major credit on direct input of Dark Matter in the problem of rotation of spiral galaxies. Hence, during presentations and circumstantial discussions in a dozen conferences one has constantly manifested that CSB and SSW phenomena may be alternative scenario to hypothetical “Dark Matter concept”, especially the role in the galaxies' rotation problem. Particularly, we have managed to show also that the basic morphological regularities of the galaxies also can be explained due to CSB and SSW phenomena. Really, if the initial spherical symmetry of CSB might be changed into cylindrical one, then due to this process could be generated the rotation momentum. Starting this stage, the global method of the cosmomicrophysics required, in principle, to implement the well-known

physical theorem about “*the energy re-distribution between all degrees of freedom*” also in the case of galaxy.

In accordance with this expected fact one may take into account, that about 1/3 part of total energy, generated in the core of galaxy, might be converted into rotational energy. On the other hand, in accordance with observational data the total number of spiral galaxies approximately makes up just 1/3 of the total number of galaxies in the Universe, so the probability of deviation of CSB symmetry from the spherical to cylindrical one likely may be considered also in order of 1/3. Our preliminary investigations and further reasoning about concept of the sequential series of CSB and SSW phenomena may be applied to the theoretical justification of the remarkable phenomenon [12] and illustrate this observational fact on the rotation curve profile of spiral galaxies based on the theory of NIC. After such a thorough theoretical justification of observed regularities it may be very realistic to declare the aforementioned idea, formulated as a title of current paragraph: “*Dark Matter “transfers” his main astrophysical mission to CSB and SSW phenomena*”! In favor of this theoretical prediction are testifying also recent observations mainly in infrared domains, which are indicated that the explanation of the galaxy’s rotation curve profile does not require the existence of DM. Really, in [13] has been shown that the ultra-diffuse galaxy NGC1052–DF2 in the Coma Cluster demonstrates that DM is not always coupled with baryonic matter on galactic scales. More than, in [14] was observed a galaxy even without DM. Considering these observational data sufficient at a given stage, let’s start theoretical reconsideration and methodical analysis of the rotational phenomenon taking into consideration just CSB and SSW phenomena.

The simplest physical estimations of our main model assures that each subsequent element of the CSB and SSW phenomena, might provided monotonically increasing explosions at more and more distances from the core of galaxy, with corresponding quantities of energy within the spherical layers, neighboring with the specified explosive zone. The profile of the rotating curve of galaxy might be saturated step by step due to the collision of extending outside the front of SSW against the spherical layer of self-compressing Bose-condensate, falling on the propagating outward SSW front. So, *the described above sequence of relatively high-density concentric spherical layers in the BEC state may replace, in principle, the hypothetical Dark Matter just by the ensemble of CSB and SSW phenomena*. Let’s note also, that the registered rule of monotonic decrease of the galactic spiral arms’ curvature towards the edges of the galaxy can also be attributed to the aforementioned regularity. Finally, it becomes also obvious that based on the above mentioned physical judgments one may predict the following major fact: the registered in [12] independence of the rotation period from the mass and size of the galaxy. Really, after the completion of CSB and SSW phenomena at remote outer layers, the self-gravitational collapsing might be continued for long period, thus increasing the total mass (size) of the spiral galaxy without extra input in disk’s rotation momentum, so do not changing the rotation profile.

3. The theory of NIC is able to ensure the rotation energy of the disk-shaped galaxy! The simplification of strong mathematical calculation of the astrophysical model sometimes does not change substantially the real picture in Nature, besides it makes already realistic astrophysical situation more transparent for further qualitative improvement and progress of initial model. Especially, aiming at qualitative estimations at the first step of research, the model requires replacement of real parameters with the already known values of the well-known objects from the same group, just for the simplification of the problem. Indeed, as the advance explanation of galaxy's rotation problem till nowadays connected with several gap also in observational data, one has no other choice than replace the unknown moment of inertia of real galactic disk and galaxy at whole by the theoretically estimated analogous values of simplest case – of homogeneous disk and sphere accordingly. Thus, taking into account the observed data $M_{halo} + M_{bulge} \approx 0,9M_{gal}$; $M_{disk} \approx 0,9M_{gal}$, and $R_{disk} \approx 0,8R_{gal}$, one gets the following expressions:

$$\begin{aligned} I_{disk} &= M_{disk} R_{disk}^2 / 2 \approx 0,4 M_{disk} R_{galaxy}^2, \\ I_{globe} &= 2(M_{halo} + M_{bulge}) R_{gal}^2 / 5 \approx 1,8 M_{gal} R_{gal}^2 / 5. \end{aligned} \quad (4)$$

As it is well-known, the contribution of galaxy's classical bulge cannot be larger than $\sim (8-10)$ % of the disk's mass [7]. Note also, that the theoretical calculations of presented new model within the theory of NIC confirm the observational data on mass-correlations of disk-form galaxy's components [6]:

$$M_{SMBH} \sim 10^{6-10} M_{\odot}; M_{SMBH} \sim 10^{-3} M_{disk} \sim 10^{-2} M_{bulge}. \quad (5)$$

It is noticeable that extra requirements on the adjustment of parameters of galaxies and its components do not change essentially the characteristics of the rotation curve. Moreover, as the parameters of Milky Way are most accurate-definable and recognized from the observations, for the initial qualitative assessments one may use these parameters. As $M_{Gal} \approx 4,8 \cdot 10^{11} M_{\odot} \approx 0,96 \cdot 10^{45} g$ ($M_{\odot}$ is Sun's mass), $R_{Gal} \approx 5 \cdot 10^{22} cm$, $R_{disk} \approx 0,8 R_{Gal} \approx 4 \cdot 10^{22} cm$, then the rotation energy of galaxy may be estimated based on expression $E_{rot} = I \Omega_{rot}^2 / 2$. In accordance with [12] the rotation period of disk-shaped galaxies is $T_{rot} \approx 1 Gyr$, $\Omega_{rot} = 2\pi / T_{rot} \approx 2 \cdot 10^{-16} sec$, so the $M_{bulge} \sim 0,1 M_{disk}$; $M_{disk} \sim (0,9 - 0,95) M_{gal}$ are well approximated expressions. Furthermore, $E_{rot}^{halo} \ll E_{rot}^{bulge} \ll E_{rot}^{Disk}$, and the rotational energy of the typical disk-shaped galaxies can be represented as follows:

$$\begin{aligned} E_{rot}^{Gal} &= E_{rot}^{halo} + E_{rot}^{bulge} + E_{rot}^{Disk} \approx E_{rot}^{disk} \sim 10^{57-58} erg; \Rightarrow \\ E_{rot}^{gal} / E_{tot}^{gal} &\approx 10^{-2-3}. \end{aligned} \quad (6)$$

At this stage a very naturalistic question may be raised: *is the galaxy's rotation the single possible phenomenon, which self-subsists from the energetic reservoir of the galaxy core activity?* The answer on this epistemological question also may be found based on the regularities of the cosmomicrophysics [15, 16]. Indeed, it is well-known approach: the cosmological/astrophysical models, as well as investigated in frame of NIC another hard-solving problems (mainly multi-parametric), may be simplify based on the global similarities/analogues between the Earth and cosmic circumstances. In this regard, one may formulate the following heuristic problem and try to search it based on well-progressed approach of cosmomicrophysics: *“Is it possible that the Nature had created similar global regularities on extreme small scales (i.e. in molecular system), and extreme large scales (i.e. in galactic system)?”*

In fact, this is a physical query about conceivable analogues between energetic terms of molecule and “hypothetical energetic terms of disc-shaped galaxies”, namely between their vibration and rotation terms. Specifically, starting to search the relationships of similarities between experimentally confirmed total (basic), vibration and rotation terms of the molecule $E_{total}^{mol} \sim 10^{1-2} E_{vib}^{mol} \sim 10^{3-4} \cdot E_{rot}^{mol}$, further one may construct, in principle the anticipated hypothetical terms of galaxies in the expected possible form: $E_{main}^{gal} \sim 10^{1-2} E_{vib}^{gal} \sim 10^{3-4} E_{rot}^{gal}$. If in the Nature such a global correspondence might be realized, then the expected relation $E_{vib}^{gal} \sim (10^{-1} \div 10^{-2}) \cdot E_{main}^{gal}$ for the spiral galaxy may reveal very interesting, and the same time very promising characteristic future of the halo (also for bulge!), especially: *“It may be possible to observe within the galactic halo several regularities of vibration type in the corresponding range of moderate frequencies”*. This possible disclosure of such a new phenomenon may be important mainly for the elliptical, spherical, and even irregular galaxies, because the characteristics of their halo are hidden in the optical range. Besides in the range of “hypothetical vibration frequencies” these regularities may be completely registered in near-infrared or lower ranges. We hope that the “probe-testing” of galactic halo within the mentioned above range of frequencies is very important not only for the progress of instability problem, suggested by Ambartsumian [3,16], but also for the reverse problem, for the investigations of stability phenomenon in final stage of galaxies' evolution (see also [9]).

4. On hypothetical gravitational radiation of the spiral galaxies predicted in frame of NIC. The investigated above theoretical scenarios and interpretations of observed rotation profile of disc-shaped galaxies', as well as the predicted phenomenon of the vibration of galactic halo, are specifying a perspective scenario for the investigation of another problem, namely the possibility of gravitational radiation of disk-shaped galaxy. This idea has been manifested early by author [17], declaring about theoretically calculated specific type of the spectrum of galaxies' gravitational radiation, especially being revealed within the two asymptotes, namely in long-wave and short-wave ranges. At the present, the revision and adjustment of previous investigations on

relic gravitational radiation [17] will be fulfilled by the numerical integration of enhanced rotation model of NIC, based on the theoretical explanation of the recently observed rotation profile of disk-shaped galaxy's [12]. Note also, that the improvement of the galaxy's supposed gravitational radiation model and corresponding parameters will be done based on the renewed measures of CNS in ME. This project may play important cosmological role for the decipher of fingerprints of evolutionary processes and phenomena in the earliest Universe using the asymptotic behavior of the relic gravitational radiation.

Acknowledgement. The author is grateful to H. H. Matevosyan for his interest in this work and discussions.

Viktor Ambartsumian Observatory, Yerevan State University
e-mail: aavetis@ysu.am

A. K. Avetissian

New Astrophysical Mechanism of Disk-Shaped Galaxies' Rotation by the Theory of Non-Inflationary Cosmology

The original astrophysical mechanism for the explanation of observed unique phenomenon of disk-shaped galaxies' rotation character has been revealed within the frame of Non-Inflationary Cosmology, established and developed by author. This new mechanism revealed also real perspectives in favor of the reconsideration of the hypothetical Dark Matter's role, especially in the expected possibility of galaxies rotation profile's explanation. New mechanism is replacing the hypothesis of Dark Matter by the newly disclosed phenomenon of cosmological local explosion inside the galaxy, discovered in frame of the Non-Inflationary Cosmology. The presented mechanism opens also broad perspectives towards the investigation of possible phenomenon of gravitational radiation of disk-shaped galaxies.

Ա. Կ. Ավետիսյան

Սկավառակաձև գալակտիկաների պտույտի նոր աստղաֆիզիկական մեխանիզմը Ոչ-ինֆլյացիոն կոսմոլոգիայի տեսությամբ

Հեղինակի կողմից ստեղծված և զարգացված Ոչ-ինֆլյացիոն կոսմոլոգիայի տեսության շրջանակներում բացահայտվել է սկավառակաձև գալակտիկաների պտույտի ինքնատիպ բնույթը տեսականորեն բացատրող նոր աստղաֆիզիկական մեխանիզմ: Այն իրական հեռանկարներ է բացում գալակտիկայում հիպոթետիկ Մութ Ջանգվածի վարկածի դերի վերանայման հարցում, մասնավորապես պտույտի կորի հիմնահարցում, այն փոխարինելով Ոչ-ինֆլյացիոն կոսմոլոգիայի տեսությամբ բացահայտված կոսմոլոգիական բնույթի տեղային պայթյունի նոր ինքնատիպ ֆենոմենով: Ներկայացվող մեխանիզմը լայն հեռանկարներ է ուրվագծում սկավառակաձև գալակտիկայի սկզբունքորեն հնարավոր գրավիտացիոն ճառագայթման հետազոտության համար:

А. К. Аветисян

Новый астрофизический механизм вращения дискообразных галактик по теории Неинфляционная космология

В рамках созданной и развитой автором теории Неинфляционная космология выявлен новый астрофизический механизм, иллюстрирующий наблюдаемый уникальный характер феномена вращения дискообразных галактик. Этот механизм открывает реальные перспективы в проблеме пересмотра роли гипотетического феномена Темной Материи, в частности, заменив эту гипотезу феноменом уникального космологического локального взрыва внутри галактики, выявленного в рамках новой теории Неинфляционная космология. Представленный механизм намечает также перспективы в изучении возможного гравитационного излучения дискообразной галактики.

References

1. *Avetissian A. K.* – Astrophysics. 2008. V. 51. P. 130; Astrofizika. 2008. V. 51. P. 161; astro-ph/0711.2969.
2. *Avetissian A. K.* In: Evolution of Cosmic Objects through their Physical Activity (Dedicated to V. Ambartsumian 100th anniversary). Yerevan. 2010. P. 268-274.
3. *Амбарцумян В. А.* Научные труды, т.3. Под ред. В. В. Соболева. Ереван. Изд-во АН АрмССР. 1988. С. 72-106.
4. *Dzuba V. A. et al.* – Phys. Rev. 1999. A59. P. 230; Phys. Rev. 2003. A **68**. P. 022506; Phys. Rev. 2004. A70. P. 014102; *Uzan J. P.* – Rev. Mod. Phys. 2003.
5. *Avetissian A. K.* – Gravitation and Cosmology. 2009. V. 15. P. 10-12.
6. *Avetissian A. K.* In: Proc. Int. Conf. RUDN-10. Moscow. 2010. P. 80.
7. *Kormendy J., Richstone D.* – ARA&A. 1995. V. 33. P. 581; *Magorrian J. et al.* – AJ. 1998. 115. P. 2285; *Kormendy J., Bender R.* – Ap. J. 2009. L142. P. 691.
8. *Aad G. et al.* – Phys. Lett. 2012. B716. P. 1; hep-ex/1207.7214; *Chatrchyan S. et al.* – Phys. Lett. 2012. B716. P. 30; hep-ex/1207.7235.
9. *Avetissian A. K.* – Astronomical Society of the Pacific Conference Series. USA, San Francisco. 2017. V. 511. P. 236-243.
10. *Avetissian A. K.* – Gravitation and Cosmology. 2018. V. 24. № 4. P. 375–377.
11. ATLAS Collaboration – Phys. Lett. 2018. B786. P. 59; CMS Collaboration – arXiv, 2018:1808.08242v2.
12. *Meurer G. R. et al.* – Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2018. V. 476. Iss. 2. P. 1624.
13. *Van Dokkum P. et al.* – Ap. J., Letters. 2015. L45. P. 798.
14. *Van Dokkum P. et al.* – Nature. 2018. V. 555. P. 629.
15. *Sakharov A. D.* – Letters, JETP (Письма в ЖЭТФ). 1967. V. 5 (1). P. 32-35; JETP (ЖЭТФ). 1979. V. 76(4)b. P. 1172-1181.
16. *Ambartsumian V.A.* – Philosophical issues of the science about Universe (Философские вопросы науки о Вселенной). Academy of Science Arm. SSR. Yerevan. 1973.
17. *Avetissian A. K.* In: Relativistic Astrophysics, Gravitation and Cosmology. Proc. of conf. Kiev. 2010. P. 102.

ХИМИЯ

УДК 541.138:512.952

С. А. Саргисян¹, К. С. Маргарян², Т. С. Саргсян²,
И. Г. Агаджанян¹

**Электрохимический синтез нанокompозитов золота на
основе 1-винилимидазола и кротоновой кислоты**

(Представлено академиком Л. А. Тавадяном 23/IV 2019)

Ключевые слова: 1-винилимидазол, кротоновая кислота, электрохимическая сополимеризация, электролиз золотосодержащих нанокompозитов.

В последние годы повышенный интерес к композитам наночастиц металлов связан с их необычными физическими и химическими свойствами по сравнению с массивным металлом. Такие нанокompозиты применяются в катализе, биомедицине, электронике и др. [1-5]. Наночастицы металлов термодинамически неустойчивы и одним из основных механизмов стабилизации наноразмерных частиц является их включение в полимерные матрицы, которые препятствуют их агрегации. Жесткость и прочность защитного полимерного слоя, его пространственная протяженность, а также взаимодействие полимера с металлической частицей являются основными характеристиками эффективности стабилизации наноразмерных частиц (НРЧ).

В качестве полимерной матрицы можно использовать полимеры и сополимеры 1-винилимидазола (ВИМ), поскольку они являются биосовместимыми, нетоксичными ($LD_{50} > 3500 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$), водорастворимыми полимерами, обладающими химической и термической стабильностью [7, 8].

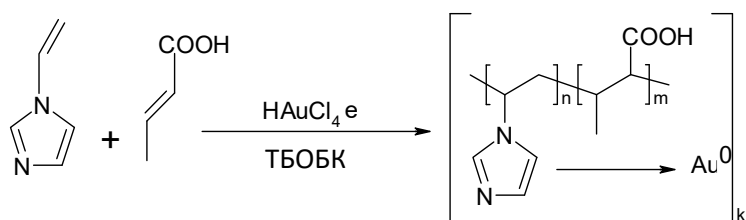
В настоящей работе впервые обсуждаются результаты электрохимического синтеза металлополимерных композитов и покрытий на чисто железном и стальном электродах при совмещении процесса электрохимической иницированной (со)полимеризации ВИМ с кротоновой кислотой (КК) и катодным выделением металлов.

Нами показано, что при электролизе водных или водно-этанольных растворов ВИМ и КК или их смесей при различных их соотношениях в присутствии HAuCl_4 формируются нанокompозиты и нанокompозитные покрытия с содержанием золота, преимущественно в присутствии инициа-

тора пероксидного типа, например 4-третбутилперокси-4-оксобутиновой кислоты (ТБОБК), потенциал электровосстановления которого близок к потенциалу выделения металлов -0.6-1.2 В (х.с.э).

В ИК спектрах полученных нанокомпозитов обнаружена серия полос поглощения в областях 628, 680, 915 см^{-1} относящиеся к плоскостным деформационным колебаниям имидазольного кольца; 1080, 1285, 1430, 1540 см^{-1} – скелетное колебание гетерокольца [9].

Интенсивная полоса в ИК-спектрах при 1710 см^{-1} свидетельствует о том, что в сополимерах карбоксильная группа КК находится в неионизированной форме. При переходе от сополимеров к нанокомпозитам с наночастицами золота видно, что количество неионизированных карбоксильных (-COOH) групп существенно снижается и при этом появляется новая полоса поглощения при 1575 см^{-1} характерная валентным колебаниям карбоксилат-аниона (-COO⁻). Исчезновение полосы поглощения – C=C-связи винильной группы при 1650 см^{-1} свидетельствует о протекании сополимеризации с раскрытием двойных связей. Полученные в работе данные свидетельствуют о том, что образуется композит следующего строения:



По данным рентгенофазового анализа (рис 1.) серия полос, соответствующих золоту, подтверждает включение частиц Au в полимерную матрицу при формировании композита.

Синтезированные пленки с включением золота имеют сиреневую окраску, что подтверждает наличие в них золота.

Наличие в полимерной матрице частичек золота подтверждено визуально, а также по данным рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопии.

Анализ полученных результатов исследований (табл. 1) показал, что при увеличении в водной мономерной композиции концентрации $H[AuCl_4]$, размер выделяющихся в композите и в пленке частиц золота возрастает. Видно, что при концентрации 1.2 ммоль/л золотохлористоводородной кислоты наибольшее количество частиц золота имеет радиус около 5.0 нм, тогда как при концентрации 2.5 ммоль/л этот показатель достигает примерно 6.5 нм.

С помощью оптической просвечивающей микроскопии определены размеры и форма частиц золота в композите, а также визуализировано явление агрегирования восстановленных в полимерном композите и пленке частиц металла (рис. 2).

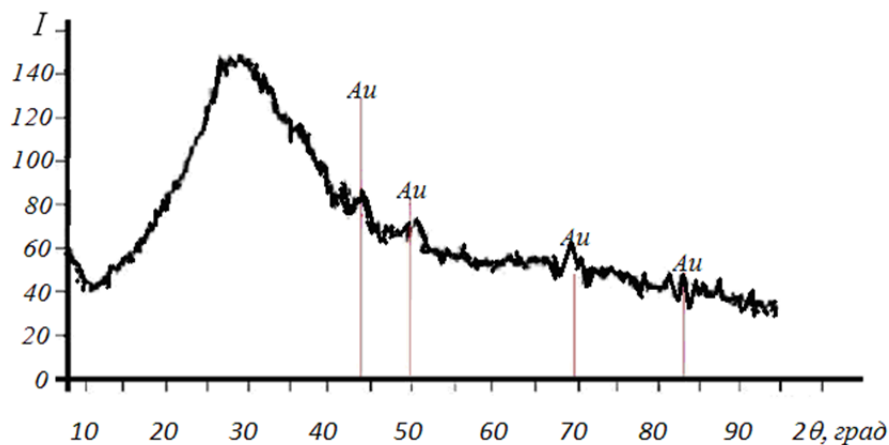


Рис. 1. Рентгеновская дифрактограмма полимерного нанокompозита; 2θ – угол Брeга, I – интенсивность (от.ед.).

В композитной пленке обнаружены частицы золота сферической формы размером от 5.12 до 6.78 нм (а), которые объединяются в более крупные агрегаты размером 46-52 нм (б) (рис. 2).

Таблица 1

$C_{(HAuCl_4)}$, ммоль/л	1.2	2	2.5
Радиус, нм	5.23 ± 0.26	5.56 ± 0.15	6.37 ± 0.31

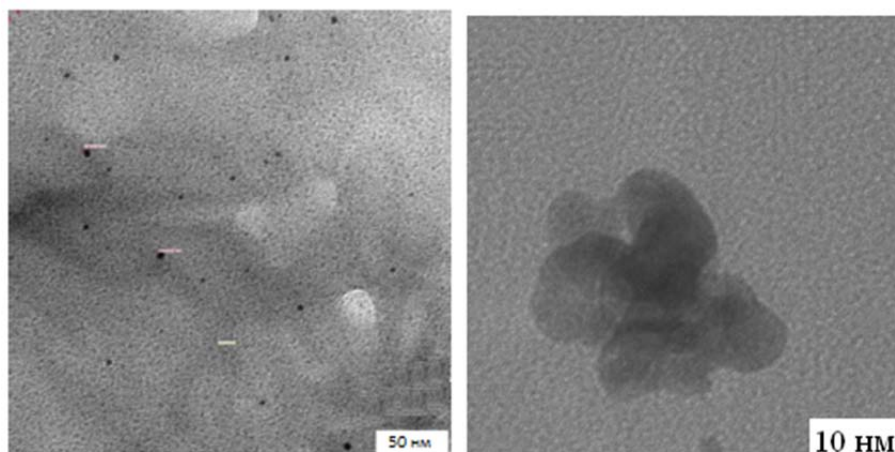


Рис. 2. Микрофотографии сополимерной пленки (ВИМ и КК) с включением наночастиц золота.

Удельная электропроводность нанокompозитных полимерных пленок на основе сополимера ВИМ-КК увеличивается на три порядка по сравнению с исходными сополимерами – $7.6 \cdot 10^{-9}$ - $8.1 \cdot 10^{-7}$ См/м. Повышение элек-

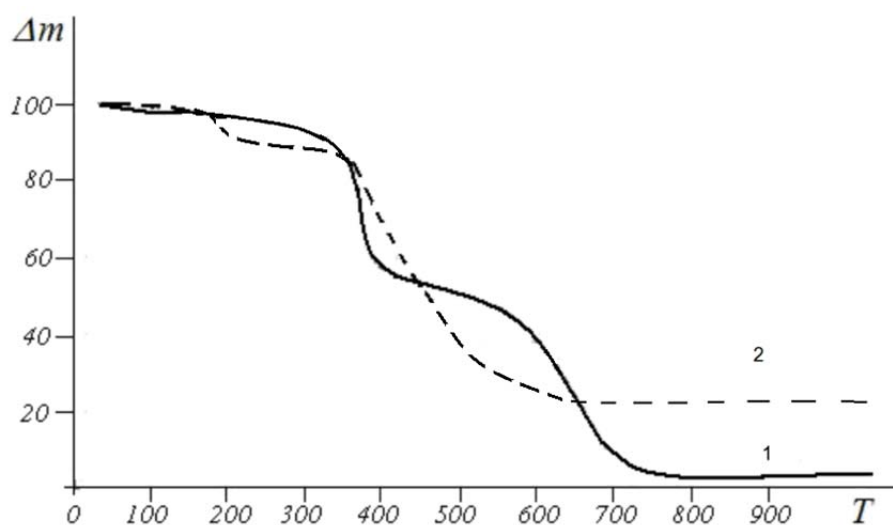
тропроводности по всей вероятности обусловлено вкладом в общую электропроводность отдельных локальных туннельных токов, возникающих в этих образцах между электропроводящими частичками металлического золота, близко расположенными в диэлектрической полимерной матрицы, аналогично [10].

Исследование термических свойств синтезированных композитов с наночастицами золота показывает, что в температурном интервале ≈ 200 - 300°C нанокомпозит на 5-10% менее термостабилен, чем исходный сополимер ВИМ-КК (рис. 3).

В интервале температуре ≈ 350 - 500°C происходит полное разложение полимерной составляющей нанокомпозитов с потерей массы $\approx 65\%$. Характер термического разложения нанокомпозитов значительно отличается по характеру и стадийности от деструкции исходного сополимера ВИМ-КК, термомодеструкция которого заканчивается при $\approx 680^\circ\text{C}$.

Наблюдаемые изменения, вероятно, являются следствием каталитических свойств металлических наночастиц, которые проявляются в процессе ускорения окислительной термомодеструкции полимерной матрицы. Аналогичные явления наблюдаются в работах [10, 11].

Рис. 3. Термогравиметрические кривые исходного сополимера ВИМ-КК (1) и полимерного нанокомпозита с *Au*-наночастицами (2); Δm – потеря массы (%), T – температура ($^\circ\text{C}$).



Экспериментальная часть. Электрохимический синтез проводили в стеклянных электролизерах без диафрагмы при потенциалах -0.6 - 1.2В (х.с.э.). ИК-спектры полимеров и нанокомпозитов снимали на спектрометрах «Specord M-80» и «Bruker Vertex 70», используя мелкодисперсные порошки, запрессованные в таблетки с KBr. Электронные микрофотогра-

фии получены на оптическом микроскопе «Axioplan2», «CarlZeiss» (Германия). Рентгенографический анализ выполнен на порошковом дифрактометре «D8 ADVANCE» (Cu-излучения). Содержание металла в нанокompозитах определяли методом элементного и атомно-абсорбционного анализа на спектрометре «Perkin Elmer Analyst 200».

Термогравиметрический анализ выполняли на дериватографе фирмы «МОМ» (Венгрия), скорость повышения температуры – 5 град. мин⁻¹.

1-винилидазол синтезировали по методике, описанной в работе [12], а кротоновую кислоту марки (х.ч.) очищали методом сублимации.

¹Национальный политехнический университет Армении

²Ереванский государственный медицинский университет им. М. Гераци
e-mail: artsar86@mail.ru

**С. А. Саргисян, К. С. Маргарян, Т. С. Саргсян,
И. Г. Агаджанян**

Электрохимический синтез нанокompозитов золота на основе 1-винилимидазола и кротоновой кислоты

На чисто железном и стальном электродах синтезированы золотосодержащие нанокompозиты и нанокompозитные пленки на основе-1-винилимидазола и кротоновой кислоты при электрохимической (со)полимеризации в присутствии пероксидного инициатора 4-третбутилперокси-4-оксобоутиновой кислоты. Состав и структура нанокompозитов и пленок установлены рентгеноструктурным, термогравиметрическим, ИК-спектроскопическим элементным и атомно-абсорбционным методами. Установлено, что при увеличении в электролите концентрации золотохлористоводородной кислоты, размер выделяющихся в композите и пленке частиц золота возрастает.

**Ս. Հ. Մարգարյան, Կ. Ս. Մարգարյան, Տ. Ս. Մարգարյան,
Ի. Գ. Աղաջանյան**

Ոսկու նանոկոմպոզիտների էլեկտրաքիմիական սինթեզ 1-վինիլիմիդազոլի և կրոտոնաթթվի հիման վրա

Մաքուր երկաթ և պողպատի էլեկտրոդների վրա էլեկտրաքիմիական եղանակով սինթեզվել են ոսկի պարունակող նանոկոմպոզիտներ և ծածկույթներ 1-վինիլիմիդազոլի և կրոտոնաթթվի հիման վրա՝ օգտագործելով պերօքսիդային տիպի հարուցիչ: Նանոկոմպոզիտների և ծածկույթների կազմը և կառուցվածքը հաստատվել են ռենտգենկառուցվածքային, թերմոգրավիմետրիական, ԻԿ-սպեկտրոսկոպիական և ատոմադսորբցիոն եղանակներով: Հաստատված է, որ էլեկտրոլիտի մեջ $HAuCl_4$ -ի կոնցենտրացիայի ավելացման հետ կոմպոզիտում և կոմպոզիտային ծածկույթում ավելանում են ոսկու նանոմասնիկների քանակությունը և չափսերը:

S. H. Sargsyan, K. S. Margaryan, T. S. Sargsyan, I. G. Agajanyan

Electrochemical Synthesis of Gold Nanocomposites Based on 1-vinylimidazole and Crotonic Acid

On pure iron and steel electrodes, gold-containing nanocomposites and films based on 1-vinyl-imidazole and crotonic acid are synthesized in electrochemical (co) polymerization in the presence of a peroxide-type initiator, 4-tert-butyl peroxy-4-oxobutanoic acid. The composition and structure of nanocomposites and films were established by X-ray diffraction, thermogravimetric, IR spectroscopic elemental and atomic absorption methods. It has been established that with an increase in the concentration of $HAuCl_4$ in the electrolyte, the size of gold particles released in the composite and in the film increases

Литература

1. Янилкин В. В., Настапова Н. В., Султанова Э. Д. и др. – Изв. РАН. Сер. хим. 2016. № 1. С. 125-132.
2. Magdesieva T. V., Nikitin O. M., Zolotukhina E. V., Vorotyntsev M. A. – Electrochim. Acta. 2014. V. 122. P. 289-295.
3. Помогайло А. Д., Розенберг А. С., Уфлянд И. Е. Наночастицы металлов в полимерах. М. Химия. 2000. 672 с.
4. Ролдугин В. И. – Успехи химии. 2000. Т. 69. С. 899.
5. Волков В. В., Кравченко Т. А., Ролдугин В. И. – Успехи химии. 2013. Т. 82. С. 465.
6. Sato T. Stabilization of colloid dispersions by polymer adsorption. N.Y. Marcell Dekker. 1980. 357 p.
7. Саргисян С. А., Маргарян К. С., Саркисян А. С. – Хим. ж. Армении. 2012. Т. 65. № 1. С. 126.
8. Маргарян К. С., Саргисян С. А., Саркисян А. С. – ЖПХ. 2016. Т. 89. № 9. С. 1222.
9. Прозорова Г. Ф., Коржова С. А. и др. – Изв. РАН. Сер. хим. 2011. № 4. С. 657.
10. Саргисян С. А., Маргарян К. С., Саркисян А. С. – ЖПХ. 2018. Т. 91. № 2. С. 263.
11. Саргисян С. А., Маргарян К. С., Саркисян А. С. – Доклады НАН РА. 2017. Т. 117. № 2. С. 166.
12. Хачатрян С. Ф., Атнарян О. С., Мацюян М. С. – Хим. ж. Армении. 2005. Т. 58. № 1-2. С. 13

БИОХИМИЯ

УДК 678.048: 544.77.052.21:547.29.054.4: 547.1-32-304.2

**М. М. Халатян, С. С. Овакимян, А. Г. Мелконян,
член-корреспондент НАН РА В. О. Топузян**

Об антиоксидантной активности и влиянии на свертывающую систему крови некоторых амидов N-бензоил- α,β -дегидроаминокислот

(Представлено 1/IV 2019)

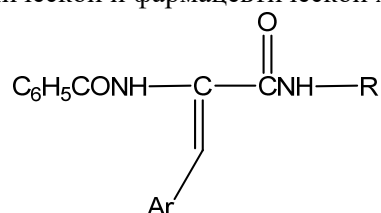
Ключевые слова: *перекисное окисление липидов, свертывание крови, амиды аминокислот.*

В настоящее время накапливается все больше данных, свидетельствующих о том, что различные изменения фосфолипидного (Фл) компонента клеточных мембран являются существенным звеном и даже пусковым фактором, инициирующим молекулярную дезорганизацию и последующую деструкцию мембранных структур при различных патологических состояниях. Среди механизмов расстройств метаболизма Фл значительная роль принадлежит их перекисному окислению [1, 2]. Процессы свободно-радикального окисления (СРО) липидов носят общебиологический характер и являются при их резкой активации универсальным механизмом повреждения клеток на уровне мембран, облегчая обмен Фл между двумя монослоями [3].

При изучении различных патологических нарушений необходимо исследовать изменения свертывающей системы крови, физиологическая функция которой состоит в том, что она путем массивного тромбообразования микрососудов в зоне воспаления, вокруг очагов инфекционной деструкции тканей ограничивает их, ослабляет поступление в общий кровоток бактериальных токсинов и продуктов распада. Ускорение липопероксидации, свойственное многим патологическим состояниям, усиливает склонность к тромбозам [4-7]. Антиоксиданты, ограничивая липопероксидацию и сдвиги гемостаза, снижают частоту тромботических осложнений [8].

Исходя из факта образования липидных перекисей во всех тканях при различных патологиях, представляет несомненный интерес изучение влияния некоторых вновь синтезированных соединений на изменение перекисного окисления липидов (ПОЛ). Для коррекции патологических нарушений необходимо при первичном скрининге лекарственных соединений, обладающих биологической активностью, изучить также некоторые ингредиенты системы свертывания крови. Из них наиболее важными являются: активированное частичное тромбиновое время (АЧТВ), протромбиновое время (ПВ), тромбиновое время (ТВ), количество фибриногена (Ф-ген).

В данной работе исследованы препараты, синтезированные в лаборатории физиологически активных пептидов и аминокислот Научно-технологического центра органической и фармацевтической химии [9-12]:



1 - 10

1. R = 4-HOC₆H₄, Ar = C₆H₅
2. R = NH₂, Ar = 4-HO, 3-C₂H₅OC₆H₃
3. R = N=CH-3,4-(HO)₂C₆H₃, Ar = 4-HOC₆H₄
4. R = N=CH-3,4-(HO)₂C₆H₃, Ar = 4-HO, 3-C₂H₅OC₆H₃
5. R = CH₂C₆H₅, Ar = 4-HO, 3-CH₃OC₆H₃
6. R = CH₂C₆H₅, Ar = 4-HO, 3-C₂H₅OC₆H₃
7. R = CH₂CH₂C₆H₅, Ar = 4-HO, 3-C₂H₅OC₆H₃
8. R = CH₂CH₂COOH, Ar = 4-HO, 3-CH₃OC₆H₃
9. R = CH₂CH₂COOH, Ar = 4-HO, 3-C₂H₅OC₆H₃
10. R = CH₂COOH, Ar = 4-HO, 3-C₂H₅OC₆H₃

Материалы и методы. Исследования проводились на 35 беспородных белых крысах-самцах, массой 180-200 г, содержащихся на обычном пищевом рационе. После декапитации изолированные головной мозг и печень промывали физраствором, очищали от кровеносных сосудов и гомогенизировали в трис-HCl буфере (pH 7.4). Уровень липидных перекисей определяли в неферментативной (аскорбатзависимой) системе перекисления по выходу конечного продукта – малонового диальдегида (МДА), образующего с тиобарбитуровой кислотой комплексное соединение в виде розового хромогена, интенсивность окраски которого регистрировалась спектрофотометрически (при длине волны 535 нм) и соответствовала количеству образовавшейся перекиси [13, 14].

Об антиокислительной активности (АОА) испытуемых соединений судили по процентным изменениям количества МДА в опытных пробах по сравнению с контрольными из расчета на 1 г предварительно определенного количества белка [15]. В табл. 1, 2 приведены результаты исследований, проведенных на мозговом и печеночном гомогенатах. Статистическую обработку проводили с использованием критерия достоверности Фишера–Стьюдента.

Таблица 1

**Влияние исследуемых препаратов на содержание МДА
(нМ/мг белка) в печени белых крыс**

Проба	Контроль, n=3	Опыт	% разницы от контроля
1	7.38±0.12	4.01±0.21	45.7
2	7.15±0.23	6.5±0.20	9.1
3	7.15±0.21	8.15±0.13	-13.0
4	7.15±0.22	6.8±0.17	5
5	7.38±0.18	5.58±0.18	24.4
6	7.38±0.11	7.2±0.14	-2.4
7	7.15±0.18	3.2±0.20	55.2
8	7.15±0.19	0.89±0.15	87.5
9	7.15±0.15	3.01±0.15	58.0
10	7.38±0.23	6.25±0.16	15.3

Таблица 2

**Влияние исследуемых препаратов на содержание МДА
(нМ/мг белка) в мозговой ткани белых крыс**

Проба	Контроль, n=3	Опыт	% разницы от контроля
1	8.45±0.11	6.45±0.14	33.6%
2	8.90±0.12	8.60±0.21	0.4%
3	8.90±0.18	10.00±0.21	-12.0%
4	8.45±0.20	8.40±0.16	-
5	8.45±0.18	7.00±0.18	17.2%
6	8.90±0.18	8.80±0.19	-
7	8.90±0.12	5.90±0.23	33.7%
8	8.90±0.21	3.90±0.23	56.2%
9	8.45±0.13	4.45±0.18	47.4%
10	8.45±0.16	8.00±0.14	0.4%

Изучение влияния исследуемых препаратов на параметры системы свертывания крови проведено на гемокоагуляторе французской фирмы STAGO «Start-4» (табл. 3).

Таблица 3

Влияние исследуемых препаратов на некоторые параметры системы свертывания крови

Параметр	Препарат	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Конт-роль	Опыт									
ПВ	16.6"	18.7"	16.35"	17.0"	16.4"	17"	16.9"	18.8"	21.3"	18.9"	17.1"
ТВ	14.7"	16.6"	14.7"	15.1"	14.5"	15.6"	15.3"	16.7"	17.7"	17.0"	14.5"
АЧТВ	30"	35"	29.5"	30.8"	29.4"	34"	31.5"	36.7"	35.0"	36.5"	31"
Ф-ген	325	330	325	325	327	335	335	335.0	338.0	334.0	320

Как следует из приведенных таблиц, АОО вновь синтезированных соединений более активно проявляется в печеночной ткани. Препараты № 1, 7, 8 и 9 являются сильными антиоксидантами, препарат № 3 – прооксидантом, препараты № 2, 5, 10 – слабыми антиоксидантами, препараты № 6 и 4 на АОО не действуют.

Научно-технологический центр органической
и фармацевтической химии НАН РА
e-mail: vtop@web.am

**М. М. Халатян, С. С. Овакимян, А. Г. Мелконян,
член-корреспондент НАН РА В. О. Топузян**

Об антиоксидантной активности и влиянии на свертывающую систему крови некоторых амидов N-бензоил- α,β -дегидроаминокислот

Исследованы антиоксидантная активность ряда амидов N-бензоил- α,β -дегидроаминокислот и их влияние на некоторые параметры системы свертывания крови. Найдены вещества, которые обладают антиоксидантными свойствами, как и антикоагулянтной активностью.

**Մ. Մ. Խալաթյան, Ս. Ս. Հովակիմյան, Ա. Գ. Մելքոնյան,
ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Վ. Օ. Թոփուզյան**

**N-բենզոիլ- α,β -դեհիդրոամինաթթուների որոշ ամիդների ազդեցությունը
հակաօքսիդանտային ակտիվության և արյան մակարդեղիության վրա**

Ուսումնասիրվել են N-բենզոիլ- α,β -դեհիդրոամինաթթուների մի շարք ամիդների հակաօքսիդանտային ակտիվությունն ու արյան մակարդեղիության որոշ ցուցանիշ-

ներ: Հայտնաբերվել են միացություններ, որոնք օժտված են հակաօքսիդանտ հատկություններով, ինչպես նաև ունեն հակամակարդիչ ազդեցություն:

**M. M. Khalatyan, S. S. Hovakimyan, A. G. Melkonyan,
corresponding member of NAS RA V. O. Topuzyan**

**On the Antioxidant Activity of Some Amides N-benzoyl- α ,
 β -dehydroamino Acids and Their Effect on Blood Coagulation System**

We studied some parameters of the blood coagulation system and lipid peroxidation of amides N-benzoyl- α , β -dehydroamino acids. There was identified some compounds with a strong antioxidants which are also have anticoagulant effects.

Литература

1. *Dinis T. C., Almedia H. M.* – Atch. Biochem., Biophys. 1993. V. 301. № 2. P. 256-264.
2. *Alessio H. M.* – Med. Sci. Sports Exerc. 1993. V. 25. № 2. P. 224.
3. *Ерин А. Н., Гуляева Н. В., Никушкин Е. В.* – Бюлл. эксп. биол. и мед. 1994. №10. С. 343-348. 1994.
4. *Владимиров Ю. А.* – Вестник РАМН. 1998. № 7. С. 43-51.
5. *Antoniades C., Tonsoulis D., Tantolouris C. et al.* – Tromb. Haemost. 2003. № 89. P. 990-995.
6. *Banfi C., Camera M., Giandomenico G. et al.* – Tromb. Haemost. 2003. № 89. P. 544-553.
7. *Laroia S. T., Ganti A. K., Laroia A. T. et al.* – Int. J. Cardiol. 2003. № 88. P.1-9.
8. *Бышевский А. Ш., Галян С. Л., Полякова В. А. и др.* – Тромбоз, гемостаз, реология. 2003. № 1. С. 53-58.
9. *Топузян В. О., Халатян М. М., Оганесян А. А. и др.* В сб. материалов V науч. конф. Арм. хим. о-ва «Актуальные задачи фундаментальной и прикладной химии». Ереван. 2017. С. 126.
10. *Топузян В. О., Халатян М. М., Оганесян А. А. и др.* – Хим. ж. Армении. 2017. Т. 70. № 3. С. 357-367.
11. *Топузян В. О., Халатян М. М., Оганесян А. А. и др.* – Хим. ж. Армении. 2018. Т. 71. № 1-2. С. 161-172.
12. *Халатян М. М.* – Хим. ж. Армении. 2018. Т. 71. № 3. С. 341-351.
13. *Владимиров Ю. А., Азизова О. А., Деев А. И., Козлов А. В.* Свободные радикалы в живых системах. М. ВИНТИ. 1991. Т. 29. С. 126-130.
14. *Владимиров Ю. А., Арчаков А. И.* Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. М. Наука. 1972. 252 с.
15. *Lowry D. H., Razenbough N. J., Farr A. L., Rohdall R. J.* – J. Biol. Chem. 1951. V. 193. P. 265-269. 1951.

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК 547.787

**Член-корреспондент НАН РА В. О. Топузян, А. А. Оганесян,
В. М. Казоян, Е. Р. Алексанян**

Синтез и антихолинэстеразные свойства (Z)-1- замещенных-2-фенил-4-(п-толуолсульфонилокси- бензилиден)-5-имидазолонов

(Представлено 22/IV 2019)

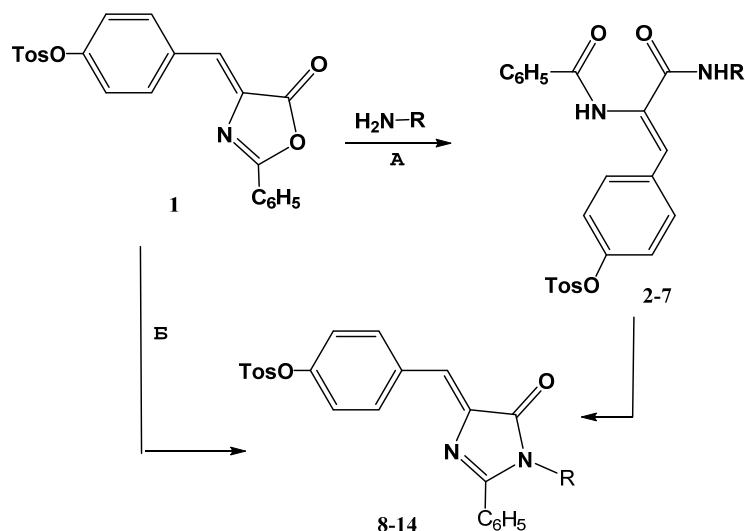
Ключевые слова: амиды α,β -дегидроаминокислот, пептиды, синтез, антихолинэстеразные свойства, ацетилхолинэстераза, бутирилхолинэстераза.

5-Имидазолоновый остаток является основной структурной единицей ряда как природных, так и синтетических физиологически активных соединений. Синтетические производные 5-имидазолон проявляют широкий спектр биологической активности. В ряду 2,4-дизамещенных и 1,2,4-тризамещенных 5-имидазолонов найдены соединения, проявляющие антибактериальные [1], противогрибковые [2], противосудорожные [3], противовоспалительные [4], противоопухолевые [5] и анальгетические [6] свойства. Установлено, что производные 5-имидазолонов ингибируют циклоксигеназу-2 [7], ацетилхолин- и бутирилхолинэстеразы [8], а также моноаминоксидазу [9].

При исследовании антихолинэстеразных свойств 1,2-дизамещенных 5-имидазолонов [8] было установлено, что введение в молекулу толуолсульфонильной группы повышает активность вещества. Настоящая статья посвящена синтезу и изучению антихолинэстеразных свойств некоторых производных 1-замещенных 2-фенил-4-(4-толуолсульфонилоксибензилиден)-5-имидазолонов.

Синтез целевых 1-замещенных 2-фенил-4-(4-толуолсульфонилоксибензилиден)-5-имидазолонов (**8-14**) осуществлен двумя путями – выделением образовавшихся амидов **2-7** в результате взаимодействия 2-фенил-4-(4-толуолсульфонилоксибензилиден)-5(4H)-оксазолон (**1**) и алкил- или

ариламинов и далее их внутримолекулярной циклизацией (путь А), а в некоторых случаях без выделения амидов (синтез «в одной колбе») (путь Б).



Tos = 4-CH₃C₆H₄SO₂

R = NHCH₂CH₂OH (2,8), NHCH₂CH₂CH₂OH (3,9), CH₂CH₂N(C₂H₅)₂ (4,10), CH₂C₆H₅ (5,11), C₆H₅ (6,12), C₆H₄CH₃-4 (7,13), C₆H₄OCH₃-4 (14)

Рис. 1.

Взаимодействие ненасыщенного оксазолонa **1** с аминами осуществлено в среде органических растворителей. В случае алкиламинов и бензиламина реакцию проводили при комнатной температуре, в то время как взаимодействие **1** с ариламинами осуществлялось кипячением реакционной смеси (табл.1). Циклизация амидов **2,3,5-7** в 5-имидазолонa **8,9,10-13** осуществлена их взаимодействием с 1,1,1,3,3,3-гексаметилдисилазаном (ГМДС) в ДМФА. 1-(2-(Диэтиламино)этил)-4-(4-толуолсульфонилокси-бензилиден)-5-имидазолон (**10**) получен взаимодействием амида **4** с триметилхлорсиланом. Имидазолонa **8** и **9** были также синтезированы исходя из оксазолонa **1** «в одной колбе» без выделения амида. Синтез 1-(4-метоксифенил)-2-фенил-4-(4-толуолсульфонилокси)-5-имидазолонa (**14**) осуществлен «в одной колбе» (рис. 1).

С целью выявления влияния роли двукратного присутствия имидазолонового остатка в молекуле на антихолинэстеразные свойства соединения нами осуществлен синтез бис-5-имидазолонa (**16**) взаимодействием бис-амида **15** с трехкратным избытком ГМДС. Промежуточный бис-амид **15** синтезирован взаимодействием ненасыщенного оксазолонa **1** с этилендиамином в среде этилацетата (рис. 2).

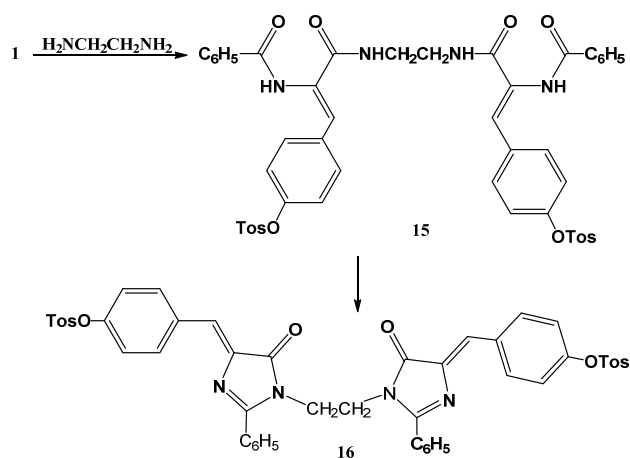
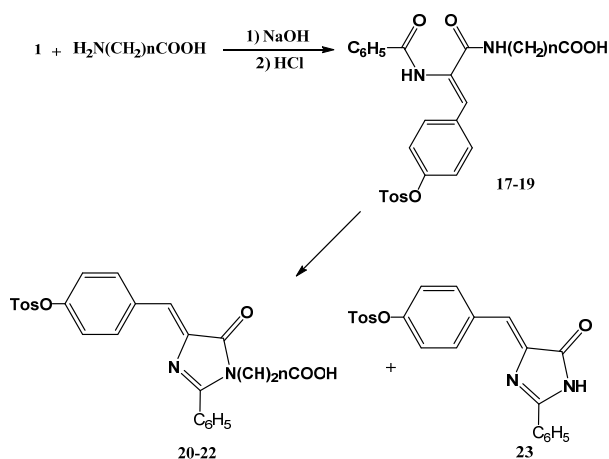


Рис. 2.

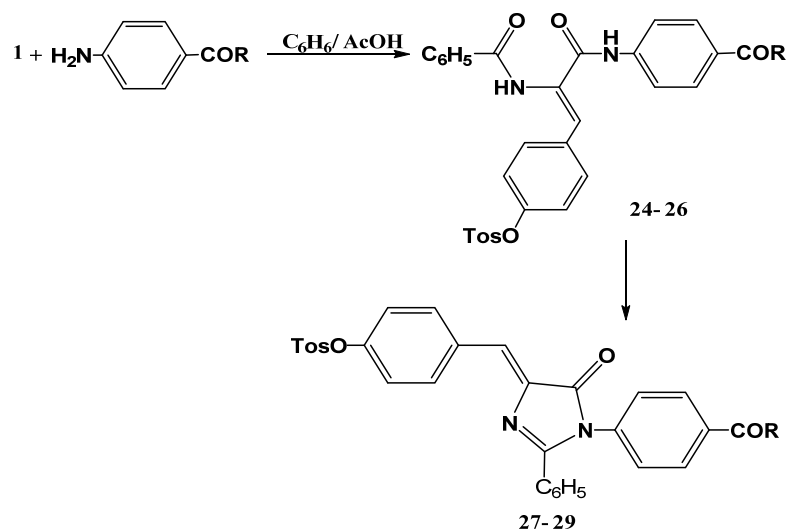
Синтез пептидов **17-19** осуществлен традиционным методом [10]. Циклизация пептидов **17-19** в имидазолонны **20-22** осуществлялась также с помощью ГМДС в среде ДМФА. Однако при проведении циклизации N-бензоил- α,β -дегидро-O-тозилтирозил- β -аланина (**17**) через 15 мин (ТСХ контроль) наблюдалось образование побочного продукта. Для уточнения структуры образовавшегося продукта реакционную смесь кипятили еще в течение 5 ч. После обработки реакционной смеси был выделен 2-фенил-4-(4-толуолсульфонилоксибензилиден)-5-имидазолон (**23**) с выходом 63%. Отметим, что аналогичное явление было зарегистрировано ранее при реакции N-бензоил- α,β -дегидрофенилаланил- β -аланина с ГМДС [11] (рис. 3).



$n = 2$ (**17**, **20**), 3 (**18**, **21**), 5 (**19**, **22**)

Рис. 3.

Производные, содержащие остаток 4-ацетиланилина (**24**) и аминокислоты (**25,26**), были получены кипячением реакционной смеси оксазолона **1** с соответствующим амином в смеси бензол – уксусная кислота 3:1 в течение одного часа (рис. 4).



R = CH₃ (**24,27**), OH (**25,28**), OC₂H₅ (**26,29**)

Рис. 4.

Циклизация пептидов **24-26** в 5-имидазолон **27-29** осуществлена также реакцией с ГМДС.

Выходы и физико-химические константы полученных соединений приведены в табл.1 и 2. В ЯМР спектрах полученных амидов (**2-7**, **15**, **24**), пептидов (**17-19**, **25**, **26**) и 5-имидазолонов (**8-14**, **16**, **20-22**, **28**, **29**) синглетный сигнал винильного протона проявляется соответственно при 7.03-7.18 м.д. и 6.92-7.22 м.д., что свидетельствует о Z-конфигурации этих соединений.

По методу [12] исследованы антихолинэстеразные свойства синтезированных соединений **2-29** по отношению как к ацетилхолинэстеразе (АХЭ, КФ 3.1.1.7), так и к бутирилхолинэстеразе (БухЭ, КФ 3.1.1.8). Согласно полученным данным (табл.3) амиды **2-7** и бис-амид **15** в зависимости от структурных изменений в концентрации 8×10^{-5} М ингибируют АХЭ на 7-38%, а БухЭ на 10-65%. В этом ряду сравнительно высокую антибутирилхолинэстеразную активность проявляет 2-гидроксиэтиламид N-бензоил- α,β -дегидро-O-(4-толуол-сульфонил)тирозина (**2**, 65%).

Таблица 1

Условия синтеза, выходы и физико-химические константы амидов и пептидов N-бензоил- α,β -дегидро-O-толуолсульфонилтирозина

№	Растворитель и условия проведения реакции	Выход, %	T пл., °C	R _f *	Найдено N, %	Брутто-формула	Вычислено, N, %
2	Этилацетат, комн. т., 24 ч	87.0	160-163	0.36	5.46	C ₂₅ H ₂₄ N ₂ O ₆ S	5.83
3	Этилацетат, комн. т., 24 ч	83.4	162-165	0.40	5.40	C ₂₆ H ₂₆ N ₂ O ₆ S	5.66
4	Эфир, комн. т., 1 ч	84.4	98-100	0.27	7,55	C ₂₉ H ₃₃ N ₃ O ₅ S	7.84
5	Этилацетат, комн. т., 1 ч	70.0	170-172	0.76	5.18	C ₃₀ H ₂₆ N ₂ O ₅ S	5.32
6	Этилацетат, кипяч., 20 мин	83.3	195-197	0.35	5.73	C ₂₉ H ₂₄ N ₂ O ₅ S	5.47
7	Хлороформ, кипяч. 5 ч	46.2	191-193	0.59	4.99	C ₃₀ H ₂₇ N ₂ O ₅ S	5.31
15	Этилацетат, кипяч., 30 мин	87.4	135-137	0.45	5.99	C ₄₈ H ₄₁ N ₄ O ₁₀ S	6.23
17	Вода-ацетон 1:1, комн.т., 24 ч	82.0	174-177	0.34	5.21	C ₂₆ H ₂₄ N ₂ O ₇ S	5.51
18	Вода-ацетон 1:1, комн. т., 24 ч	80.8	145-148	0.37	5.11	C ₂₇ H ₂₆ N ₂ O ₇ S	5.36
19	Вода-ацетон 1:1, комн. т., 24 ч	88.4	88-90	0.22	4.85	C ₂₉ H ₃₀ N ₂ O ₇ S	5.09
24	Бензол-уксусная кислота 3:1, кипяч., 1 ч	75.9	205-208	0.43	5.23	C ₃₁ H ₂₆ N ₂ O ₆ S	5.05
25	Бензол-уксусная кислота 3:1, кипяч., 1 ч	76.7	211-213	0.46	5.28	C ₃₀ H ₂₄ N ₂ O ₇ S	5.03
26	Бензол-уксусная кислота 3:1, кипяч., 1 ч	75.0	213-216	0.45	4.40	C ₃₂ H ₂₈ N ₂ O ₇ S	4.79

*Подвижная фаза: бензол-метанол 5:2.

Из дипептидов **17-19** и **25, 26** в концентрации 8×10^{-5} М сравнительно высокую активность по отношению к АХЭ проявляет этиловый эфир N-бензоил- α,β -дегидро-O-(4-толуолсульфонил)тирозил-п-аминобензойной кислоты (**26**, 31%), а по отношению к БУХ – N-бензоил- α,β -дегидро-O-(4-толуолсульфонил)тирозил- ϵ -аминокапроновая кислота (**19**, 41%). Надо отметить, что 5-имидазолы по сравнению с соответствующими амидами более эффективно подавляют активность как АХЭ (18-77%), так и БУХЭ (26-100%). В этом ряду своими антиацетилхолинэстеразными свойствами в концентрации 8×10^{-5} М выделяется (Z)-3-(5-оксо-2-фенил-4-(4-(толуолсульфонилоксибензилиден)-4,5-дигидро-1H-имидазол-1-ил)-пропионовая кислота (**20**, 77%). В случае же БУХЭ наилучшим ингибитором этого фермента является (Z)-1-(3-гидроксипропил)-2-фенил-4-(п-толуолсульфонилоксибензилиден)-5-имидазольон (**9**), который в концентрации 8×10^{-6} М подавляет активность БУХЭ на 100%. Установлено также, что соединение **9** в концентрации 8×10^{-7} М ингибирует БУХЭ на 33%, а в концентрации 8×10^{-8} М – на 16%.

Таблица 2

Условия синтеза, выходы и физико-химические константы 2-фенил-4-(4-толуолсульфонилоксибензилиден)-5-имидазолонов

No	Выход, %		Продолжительность реакции, мин	Т пл., °С	R _f *	Найдено N, %	Брутто-формула	Вычислено, N%
	Метод А	Метод Б						
8	84.5	82.1	20, (45)**	131-133	0.54	6.20	C ₂₅ H ₂₂ N ₂ O ₅ S	6.06
9	82.8	84.2	20 (30)**	128-130	0.67	5.51	C ₂₆ H ₂₄ N ₂ O ₅ S	5.88
10	72.9***	-	120	102-105	0.65	7.95	C ₂₉ H ₃₁ N ₃ O ₄ S	8.12
11	84.3	-	35	141-143	0.85	5.18	C ₃₀ H ₂₄ N ₂ O ₄ S	5.51
12	87.5	-	25	77-80	0.68	5.31	C ₂₉ H ₂₂ N ₂ O ₄ S	5.66
13	84.0	-	25	137-139	0.78	5.26	C ₃₀ H ₂₅ N ₂ O ₄ S	5.50
14	-	87.3	45	193-196	0.65	5.12	C ₃₀ H ₂₄ N ₂ O ₅ S	5.34
16	84.9	-	25	225-228	0.76	6.01	C ₄₈ H ₄₀ N ₄ O ₉ S	6.36
20	68.9	-	15	154-157	0.58	5.43	C ₂₆ H ₂₂ N ₂ O ₆ S	5.71
21	90.0	-	25	140-142	0.45	5.11	C ₂₇ H ₂₄ N ₂ O ₆ S	5.55
22	82.4	-	30	125-127	0.46	5.42	C ₂₉ H ₂₈ N ₂ O ₆ S	5.26
23	63.2	-	5 час	279-281	0.62	6.39	C ₂₃ H ₁₈ N ₂ O ₄ S	6.69
27	85.4	-	45	203-205	0.58	5.08	C ₃₁ H ₂₄ N ₂ O ₅ S	5.22
28	90.7	-	20	242-245	0.78	5.01	C ₃₀ H ₂₂ N ₂ O ₆ S	5.20
29	89.6	-	25	191-194	0.77	4.57	C ₃₂ H ₂₆ N ₂ O ₆ S	4.94

*Подвижная фаза: бензол-метанол 5:2.

** Продолжительность реакции при методе Б.

***С применением ТМХС в качестве дегидратирующего агента.

Для некоторых 5-имидазолонов определяли также концентрацию, ингибирующую холинэстеразы на 50% (IC_{50%}, табл.3) и специфичность по отношению к БуХЭ (табл.3, А/Б). Как показывают данные табл. 1, все исследованные соединения проявляют специфичность по отношению к БуХЭ. По данным IC_{50%} сравнительно высокую антибутирилхолинэстеразную активность, как и ожидалось, проявляет соединение **9** (67 nM). Надо отметить, что этот результат мало уступает известному в литературе препарату Такрин (БуХЭ IC_{50%}= 47nM) и в 10 раз уступает активности соединения **23**, значение IC_{50%} которого по данным [8] составляет 6 nM.

По методу [13] исследованы также антирадикальные свойства как синтезированных амидов, так и имидазолонов. Установлено, что все синтезированные вещества, кроме 5-имидазолона **23**, практически лишены антирадикальных свойств, а соединение **23** в концентрации 0.02 М проявляет 20% ингибирования в течение 40 мин по отношению к стабильному радикалу 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразилу в соотношении 1:1.

Таблица 3

**Антихолинэстеразные свойства амидов 2-7, 15, пептидов 17-19,
24, 25 N-бензоил- α,β -дегидро-О-толуолсульфонилтирозина и 2-фенил-4-(4-
толуолсульфонилоксибензилиден)-5-имидазолонов 8-14, 16, 20-22, 26, 27 в
концентрации $8 \times 10^{-5} \text{M}$**

№	Антиацетил- холиновая активность, %	Антибутирил- холиновая активность, %	АХЭ IC ₅₀ %, nM (А)	БуХЭ IC ₅₀ %, nM (Б)	А/Б**
2	26,5	65,8	4286±476	171±17	25.1
3	32.5	63,2	5273±283	296±71	17.8
4	7.2	25.6	-	-	-
5	22.3	32.0	-	-	-
6	38.5	40.8	-	-	-
7	8.7	10.8	-	-	-
8	74.4	100	440±55	131±23	3.4
9	64.9	100*	3913±88	67±10	58.4
10	19.0	54.7	40830±851	7566±423	5.4
11	39.3	40.0	-	-	-
12	45.9	46.1	-	-	-
13	45.1	43.5	-	-	-
14	33.6	34.5	-	-	-
15	31.4	42.1	-	-	-
16	32.8	89.5	4487±275	755±14	5.9
17	21.2	24.9	-	-	-
18	29.5	35.5	-	-	-
19	30.9	41.9	-	-	-
20	77.9	78.9	647±91	316±30	2.1
21	39.3	80.3	5479±77	582±43	9.4
22	42.9	43.5	-	-	-
23	29.0***	87.0***	4201***	6***	700***
24	27.7	15.1	-	-	-
25	30.5	24.4	-	-	-
26	31.9	7.1	-	-	-
27	18.1	42.0			
28	29.3	26.9	-	-	-
29	39.0	44.4	-	-	-
Такрин	-	-	190****	47****	4.0

*При $8 \times 10^{-6} \text{M}$.

** Специфичность по отношению к БуХЭ.

*** Данные взяты из работы [8].

**** Данные взяты из работы [14].

Научно-технологический центр органической
и фармацевтической химии НАН РА
e-mail: vtop@web.am

**Член-корреспондент НАН РА В. О. Топузян, А. А. Оганесян,
В. М. Казоян, Е. Р. Алексанян**

Синтез и антихолинэстеразные свойства (Z)-1-замещенных-2-фенил-4-(п-толуолсульфонилоксибензилиден)-5-имидазолонов

С применением различных методов синтеза на базе 2-фенил-4-(4-толуолсульфонилоксибензилиден)-5(4H)-оксазолонa получены различные алкил- и ариламиды, а также пептиды N-бензоил- α,β -дегидро-О-толуолсульфонилтирозина. Полученные соединения взаимодействием с гексаметилдисилазаном (ГМДС) или триметилхлорсиланом превращены в соответствующие (Z)-1-замещенные-2-фенил-4-(п-толуолсульфонилоксибензилиден)-5-имидазолонa. В некоторых случаях 5-имидазолонa получены с применением ГМДС из ненасыщенного 5(4H)-оксазолонa осуществлением синтеза «в одной колбе». Изучены антихолинэстеразные свойства синтезированных соединений по отношению как к ацетилхолинэстеразе (АХЭ), так и к бутирилхолинэстеразе (БухЭ). Установлено, что по ингибирующим свойствам по отношению к обоим ферментам амиды и пептиды N-бензоил- α,β -дегидро-О-толуолсульфонилтирозина уступают соответствующим 5-имидазолонaм. На основании полученных данных установлено также, что синтезированные соединения в основном проявляют специфичность по отношению к БухЭ.

**ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Վ. Օ. Թոփուզյան, Ա. Ա. Հովհաննիսյան,
Վ. Մ. Դազոյան, Ե. Ռ. Ալեքսանյան**

(Z)-1-(տեղակալված-2-ֆենիլ-4-(պ-տոլուոլսուլֆոնիլօքսիբենզիլիդեն)-5-իմիդազոլոնների սինթեզը և հակախոլինէսթերազային հատկությունները

2-ֆենիլ-4-(4-տոլուոլսուլֆոնիլօքսիբենզիլիդեն)-5(4H)-օքսազոլոնի հիմքի վրա սինթեզի տարբեր մեթոդների կիրառմամբ ստացված են N-բենզոիլ- α,β -դեհիդրո-Օ-տոլուոլսուլֆոնիլթիրոզինի տարբեր ալկիլ- և արիլամիդներ և պեպտիդներ: Ստացված միացությունները հեքսամեթիլդիսիլազանի (ՀՄԴՍ) և եռմեթիլքլորսիլանի հետ փոխազդեցությամբ վերածվել են համապատասխան (Z)-1-(տեղակալված-2-ֆենիլ-4-(պ-տոլուոլսուլֆոնիլօքսիբենզիլիդեն)-5-իմիդազոլոնների: Որոշ դեպքերում 5-իմիդազոլոնները ստացված են ՀՄԴՍ-ի կիրառմամբ չհագեցած 5(4H)-օքսազոլոնից՝ «մեկ կոլբայում» ռեակցիայի իրականացմամբ: Ուսումնասիրված են սինթեզված միացությունների հակախոլինէսթերազային հատկությունները ինչպես ացեթիլխոլինէսթերազի (ԱԽԷ), այնպես էլ բուրիլիլխոլինէսթերազի (ԲուԽԷ) հանդեպ: Ցույց է տրված, որ երկու ֆերմենտի նկատմամբ էլ արգելակող հատկություններով ամիդներն ու պեպտիդները զիջում են համապատասխան 5-իմիդազոլոններին: Ստացված տվյալների հիման վրա նաև ցույց է տրված, որ սինթեզված միացությունները հիմնականում ցուցաբերում են ընտրողականություն ԲուԽԷ-ի նկատմամբ:

**Corresponding member of NAS RA V. O. Topuzyan, A. A. Hovhannisyan,
V. M. Ghazoyan, E. R. Alexanyan**

Synthesis and Anticholinesterase Properties of (Z)-1-substituted-2-phenyl-4-(p-toluolsulphoniloxibenzilidene)-5-imidazolones

There were received various alkyl- and arylamides and peptides of N-benzoil- α,β -dehydro-O-toluolsulfonyltyrosine with the application of the methods of synthesis on the base of 2-phenyl-4-(4-toluolsulfonyloxibenziliden)-5(4H)-oxazolone. Received compounds with the interaction of the hexametyldisilazane (HMDS) and thrimethylchlorosilane (TMCS) were converted to the corresponding (Z)-1-substituted-2-phenyl-4-(p-toluolsulphoniloxibenzilidene)-5-imidazolones. In some cases 5-imidazolones were received from 5(4H)-oxazolone with application HMDS by «one pot» synthesis. There were studied anticholinesterase properties of synthesized compounds in relase to acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BuChE). There was established, that by the inhibition properties in relase to the both of ferments amides and peptides of N-benzoil- α,β -dehydro-O-toluolsulfoniltirosine concede to the corresponding 5-imidazolones. According to the received data there was also established, that synthesized compounds basically show specificity to the BuChE.

Литература

1. Shah R. A., Patel P. S., Trivedi D. K., Vyas P. J. – Der Pharma Chemica. 2010. V. 2. № 1. P. 117-120.
2. Solankee A., Patel R. – Archives of Applied Research. 2013. V. 5. P. 287-290.
3. Mohamed M. S., Mahmoud R. K., Sayed A. I., El-Araby M. E. – Open Journal of Medicinal Chemistry. 2012. V. 2: P. 24-29.
4. El-Araby M., Omar A., Hassanein H.H., El-Helby A-Gh. H., Abdel-Rahman A. A. – Molecules. 2012. V. 17. P. 12262-12275.
5. Ajeesh Kumar A. K., Bodke Y. D., Gowda A. N., Sambasivam G., Bhat K. G. – J. Heterocyclic Chem. 2017. V. 54. № 12. P. 1904-1924.
6. Abdellatif Kh. R. A., Fadaly W. A. A. – Bioorganic Chemistry. 2017. V. 72. P. 123-129.
7. Lamie Ph. F., Philoppes J. N., Rarova L. – Arch Pharm. 2018. V. 351. P. 1.
8. Топузян В. О., Казоян В. М. – Доклады НАН Армени. 2018. Т. 118. № 3. С. 268-272.
9. Смирнова А. В., Рамиш С. М., Раннуг У. В кн.: Первая Российская конференция по медицинской химии (MedChemRussia-2013) с международным участием. 8-12 сентября 2013. Тезисы докладов. М. 2013. С. 143.
10. Топузян В. О., Несунц Н. С., Акопян А. З., Дургарян Л. К. и др. – Хим.-фарм. ж. 1992. Т. 26. С. 31-34.
11. Топузян В. О., Казоян В. М., Тамазян Р. А., Айвазян А. Г., Галстян Л. Х. – ЖорХ. 2018. Т. 54. № 9. С. 1355-1363.
12. Ellman G. L., Courtney K. D., Andres V., Featherstone R. M. – Biochem. Pharm. 1961. V. 7. № 2. P. 88-90.
13. Топузян В. О., Халатян М. М., Оганесян А. А., Галстян Л. Х., Манвелян А. Р. – Хим. ж. Армени. 2017. Т. 70. № 3. С. 357-367.
14. Luo W., Yu Q.-sh., Kulkarni S. S. et al. – J. Med. Chem. 2006. V. 49. № 7. P. 2174-2185.

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.73+612.468

Т. А. Пилипосян

Автономность спонтанной активности овариальной зоны маточной трубы у крыс

(Представлено чл.-кор. НАН РА Л. Р. Манвеляном 20/III 2019)

Ключевые слова: *маточная труба, овариальный отдел, спонтанная активность, вспышки активности, потенциал действия.*

Электрическая активность гладкомышечной ткани представлена в виде периодических, локально возникающих потенциалов действия, обеспечивающих основную функциональную деятельность миометрия – контрактуру [1, 2]. После каждой контрактуры следует релаксация, и данное их чередование обуславливает возникновение перемежающихся относительно спокойным уровнем мембранного потенциала медленных колебаний, на вершине которых и наблюдаются вспышки активности [3, 4]. Подобный ритмогенез находится в определенных областях миометрия и наблюдается как у беременных, так и небеременных самок.

У небеременных крыс эти разряды менее продолжительны и имеют более редкую частоту [5, 6, 7]. Поскольку каждая гладкомышечная клетка миометрия способна к пейсмейкерной активности, та клетка, возбудимость которой является самой высокой, будет способна генерировать потенциал действия [2, 8, 9]. В связи с сопряжением электрической активности с контрактурой подобный лабильный ритмогенез пейсмейкеров миометрия может создать картину функционального хаоса [3, 7]. Вместе с тем известно также, что основное функциональное значение такого репродуктивного органа, как матка, заключается в обеспечении однополярно направленной контрактурной деятельности. В таком случае необходимо наличие в миометрии определенной активной зоны, выполняющей роль водителя ритма в этом процессе. Данный факт, вероятно, определяется именно локализацией специфических пейсмейкеров [10].

В ряде исследований показано, что матка характеризуется особым реагированием на такой медиатор, как окситоцин. Возбуждающее

действие данного гипофизарного гормона проявляется учащением спонтанных разрядов и деполяризацией мембраны гладкомышечных клеток, а также увеличением продолжительности активного состояния [11 - 13].

Исходя из вышесказанного, а также наличия определенной специфической локализации (проксимальная зона) овариальной области маточной трубы целью данной работы являлось проведение сравнительного анализа характеристик спонтанной активности отмеченной области как в норме, так и при ее изоляции при воздействии окситоцина.

Материал и методика. Работа выполнена в условиях *in situ* на самках крыс, взятых на 10-й день после родов, массой 200-250 г. Животные анестезировались нембуталом (40-45 мг/кг) внутривентрально. Эксперименты были острыми, и после завершения регистрации животные забивались. Вскрывалась брюшная полость и обнажался корпус матки с расположенными с двух сторон маточными трубами. Матка денервировалась перерезкой корешков нервов *plexus hypogastricus, uterinus, uterovaginalis*. Регистрация активности проводилась с поверхности овариального отдела матки (рис. 1). Спонтанная электрическая активность из описанного отдела органа отводилась биполярным электродом (межэлектродное расстояние соответствовало 2 мм). Исключение взаимосвязи между ритмогенными областями осуществлялось путем перерезки маточного рога в соответствующей области (рис. 1). Окситоцин (5МЕ Гедеон Рихтер) вводился внутривенно по 0.2-0.3 мл (в зависимости от веса животного) в концентрации 10^{-1} мг/кг. В каждом эксперименте исследовалась одна концентрация.

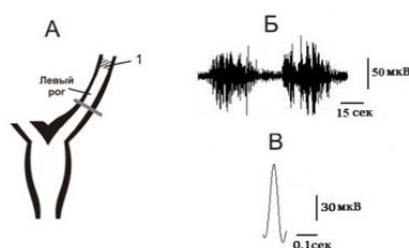


Рис.1. А. Схематическое изображение тела матки и маточной трубы крысы: 1 – область регистрации, I – место перерезки; Б. Спонтанная электрическая активность овариальной области; В. Единичная усредненная форма потенциала действия.

Анализ результатов проводился путем определения значений следующих параметров спонтанных потенциалов действия: амплитуда (А), средняя скорость нарастания пика (V), продолжительность нарастания пика (T/2) (продолжительность увеличения амплитуды потенциала действия до максимального значения), половина ширины (t) (продолжительность формирования вершины потенциала действия, соответствующей верхней половине его амплитуды), продолжительность активного состояния (сум-

мированные длительности вспышек активности, наблюдаемые в течение 5 мин регистрации в пересчете на 1 мин). Все отмеченные показатели определялись путем их усреднения как в пределе одного эксперимента, так и всех экспериментов данной серии. На рисунках представлены суперпозиции двух типичных форм усредненных потенциалов действия. Усреднение последних также проводилось в пределах как каждого эксперимента, так и всех экспериментов данной серии.

Спонтанная электрическая активность регистрировалась на 6-канальном приборе для оценки электрической активности гладкой мускулатуры, разработанном в Институте физиологии им. Л. А. Орбели НАН РА [14]. В данных экспериментах проводилась регистрация с одного локуса исследуемой структуры. Отношение сигнал - шум прибора позволяет осуществлять достоверную регистрацию отклонений сигналов с амплитудой до 10 мкВ. Проводилась полосовая фильтрация регистрируемых сигналов в диапазоне 3 – 30 Гц. Коммуникация прибора с ЭВМ осуществлялась с использованием USB порта. Программа, обеспечивающая регистрацию сигналов, разработана с применением пакета программ Lab View. Последующий статистический анализ зарегистрированных сигналов проводился с использованием пакетов программ Origin-8.5 и Sigma Plot 11.0. Оценка достоверности изменения полученных данных осуществлялась согласно t-критерию Стьюдента. Приведенные записи отдельных экспериментов представляют картину активности одного из аналогичных экспериментов, полученных на 19 животных.

Все эксперименты были проведены в соответствии с правилами Ереванского государственного медицинского университета по этике в области ухода и использования лабораторных животных. Эксперименты, а также уход за животными выполнены в соответствии с «Правилами и нормами гуманного обращения с объектами исследования».

Результаты исследований и их обсуждение. Проводилась регистрация электрической активности из овариальной ритмогенной зоны миометрии, представленной на рис. 1, А. Регистрируемый автоматизм представлен периодически, асинхронно возникающими вспышками разрядов потенциала действия, частота которых постепенно урежалась, и активность исчезала (рис. 1, Б, В). Исключение воздействия активности более дистально расположенных зон миометрии на исследуемый нами локус органа проводилось после его изоляции путем перерезки маточной трубы в овариальной области, представленной на рис. 1. После столь резкой травмы стабилизация активности устанавливалась через 5 мин.

На рис. 2 слева представлены результаты проведенного анализа характеристик электрической активности овариальной зоны миометрии после перерезки. Для наглядности все результаты анализировались в процентном отношении к норме. В основном выявилось лишь уменьшение амплитуды и средней скорости нарастания пика для овариальной зоны миометрии. На рис. 2 справа наложенные друг на друга в развернутом виде типичные формы потенциалов действия в норме и после перерезки

(штриховой контур) овариальной области свидетельствуют об отмеченных выше изменениях параметров потенциалов действия.

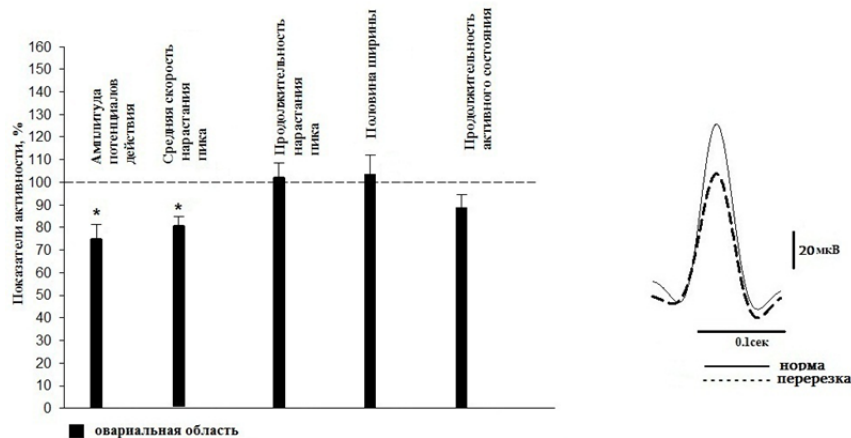


Рис. 2. Влияние перерезки маточного рога на спонтанную электрическую активность овариальной области (рис. 1): А. Процентное соотношение показателей потенциалов действия по отношению к норме. Штриховой линией показана норма, * $p \leq 0.05$; Б. Наложение друг на друга усредненных форм потенциалов действия овариальной зоны в норме и после перерезки; В. Аналогично «Б» для цервикальной зоны; Г. Аналогично «Б» для тела матки, $n=19$.

Воздействие окситоцина как фактора, способствующего увеличению возбудимости данной зоны миометрия, регистрировалось как в норме, так и после ее изоляции. При нормальных условиях введение в вену наиболее оптимальной дозы окситоцина для возбуждения миометрия крысы (0.1 мкг/кг) способствует значительному увеличению величины амплитуды потенциалов действия и средней скорости нарастания пика ($148.63 \pm 6.1\%$, $p \leq 0.001$; $141.03 \pm 7.6\%$, $p \leq 0.01$, рис. 3, А). Штриховой линией показана норма, которая соответствует 100%. Наложение друг на друга типичных форм ПД овариальной области в норме и при воздействии окситоцина (рис. 3 справа) свидетельствует о приведенных изменениях параметров ПД (норме соответствует сплошной контур). При воздействии той же дозы окситоцина в условиях изоляции овариального локуса (рис. 3, В) наблюдалось возрастание амплитуды ПД и средней скорости нарастания пика по отношению к норме (принимаются условия после перерезки): $134.86 \pm 2.5\%$, $p \leq 0.05$; $139.49 \pm 4.5\%$; $p \leq 0.001$.

Несмотря на то, что овариальная область была полностью изолирована от остальных ритмогенных зон и травмирована перерезкой, при воздействии окситоцина активность, несколько ингибированная, почти восстанавливалась до исходного значения, наблюдаемого для нетронутой ткани. В этих условиях возрастала также и продолжительность активного состояния. Продолжительность активного состояния в условиях после перерезки ($123.8 \pm 7.3\%$; $p \leq 0.05$) была на незначительную величину короче зна-

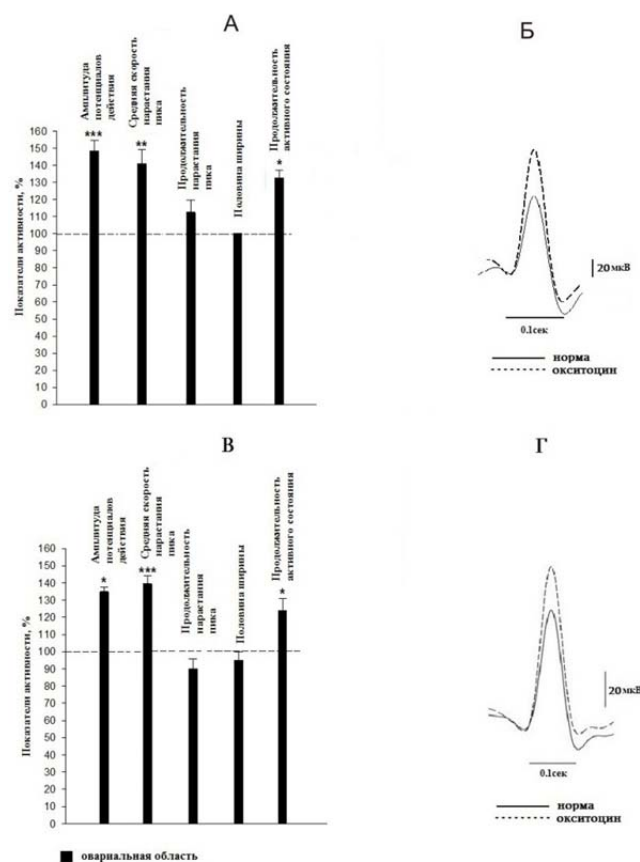


Рис. 3. Влияние окситоцина на спонтанную электрическую активность овариальной области до и после перерезки. (рис. 1): А. Процентное соотношение показателей активности после введения окситоцина по отношению к норме. Штриховой линией показана норма, * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$, *** $p \leq 0.001$; Б. Наложение друг на друга усредненных форм потенциалов действия овариальной области в норме и при воздействии окситоцина; В. Процентное соотношение показателей активности по отношению к норме (принимаются условия после перерезки). Штриховой линией показана норма, * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$, *** $p \leq 0.001$; Г. Наложение друг на друга усредненных форм потенциалов действия овариальной зоны в норме и при воздействии окситоцина, $n=19$.

чения того же параметра в условиях до изоляции ($134.86 \pm 2.5\%$, $p \leq 0.05$; $139.49 \pm 4.5\%$, $p \leq 0.001$). Имея в виду также полученные нами ранее результаты по изучению характеристик более дистально расположенных активных локусов миометрия, можно заключить о наличии как автономности, так и некоторых особенностей характера спонтанного ритмогенеза овариальной области рога.

Таким образом, приведенные выше результаты показывают, что при воздействии окситоцина на интактную ткань изменения спонтанной активности проявляются значительным увеличением амплитуды потенциала

действия с соответствующим возрастанием средней скорости нарастания пика и продолжительности активного состояния.

Институт физиологии им. Л. Орбели НАН РА

Т. А. Пилипосян

Автономность спонтанной активности овариальной зоны маточной трубы у крыс

Изучена автономность спонтанной электрической активности овариальной зоны маточной трубы небеременной крысы как в норме, так и в условиях перерезки овариального локуса. Воздействие окситоцина как фактора, выявляющего автономность овариального локуса, исследовалась при вышеописанных двух экспериментальных условиях. Введение в вену 0.1 мкг/кг окситоцина в норме способствует значительному увеличению величин амплитуды и средней скорости нарастания пика для овариальной зоны на $148.63 \pm 6.1\%$, $p \leq 0.001$; $141.03 \pm 7.6\%$, $p \leq 0.01$. Имеет место также аналогичное возрастание и продолжительности активного состояния на $132.7 \pm 4.5\%$, $p \leq 0.05$. При воздействии же окситоцина после перерезки рога показатели активности изменились на несколько меньшие величины: $134.86 \pm 2.5\%$, $p \leq 0.05$; $139.49 \pm 4.5\%$, $p \leq 0.001$ и $123.8 \pm 7.3\%$, $p \leq 0.05$. Полученные результаты могут свидетельствовать как об автономности овариального локуса, так и о наличии определенных отличий в свойствах параметров ритмогенеза от таковых других активных областей миометрии.

Տ. Ա. Փիլիպոսյան

Առնետի արգանդի փողի ձվարանային շրջանի ինքնաբերական ակտիվության ինքնավարությունը

Հետազոտվել է ոչ հղի առնետի արգանդի փողի ձվարանային շրջանի ինքնաբերական էլեկտրական ակտիվության ինքնավարությունը ինչպես նորմայում, այնպես էլ ձվարանային շրջանի հատման պայմաններում: Օքսիտոցինի ազդեցությունը՝ որպես ձվարանային շրջանի ինքնավարությունը բացահայտող գործոն, հետազոտվել է վերևում նշված այդ երկու փորձարարական պայմաններում: Նորմայում օքսիտոցինի 0.1 մկգ/կգ կոնցենտրացիայի ներերակային ներարկումը խթանում է ձվարանային շրջանի ամպլիտուդայի և պիկի աճման միջին արագության զգալի աճը՝ $148.3 \pm 6.1\%$, $p \leq 0.001$; $141.03 \pm 7.6\%$, $p \leq 0.01$: Այդ պայմաններում ակտիվ վիճակի տևողությունը նաև աճում է՝ համապատասխանաբար դառնալով $132.7 \pm 4.5\%$, $p \leq 0.05$: Օվարյան շրջանի հատումից հետո օքսիտոցինի ազդեցությունը ակտիվության ցուցանիշների վրա ավելի փոքր էր՝ $134.86 \pm 2.5\%$, $p \leq 0.05$; $139.49 \pm 4.5\%$, $p \leq 0.001$ և $123.8 \pm 7.3\%$, $p \leq 0.05$: Ստացված տվյալները կարող են փաստել ինչպես ձվարանային շրջանի ինքնավարության, այնպես էլ ռիթմաձևության ցուցանիշների տարբերության մասին արգանդամկանի մյուս ռիթմավար շրջանների ցուցանիշներից:

T. A. Piliposyan

**The Autonomy of Spontaneous Activity of the Ovarian
Horn Area in Rats**

Autonomy of spontaneous electrical activity of the ovarian horn area was studied in non-pregnant rats both in norm and after transection of the ovarian locus. The effect of oxytocin was also investigated in both above mentioned experimental conditions. By the help of this factor the autonomy of ovarian loci was revealed. In norm, venous administration of oxytocin in 0.1 µg/kg concentration promotes a significant increase in peak amplitude up to $148.63 \pm 6.1\%$, $p \leq 0.001$, and rate of rise is elevated up to $141.03 \pm 7.6\%$, $p \leq 0.01$, in the ovarian horn area. Under these conditions a similar increase up to $132.7 \pm 4.5\%$, $p \leq 0.05$ is observed in the value of active state duration. Following transection of the uterine horn, oxytocin administration slightly changed the values of activity indicators to $134.86 \pm 2.5\%$, $p \leq 0.05$; $139.49 \pm 4.5\%$, $p \leq 0.001$ and $123.8 \pm 7\%$, $p \leq 0.05$. The obtained results may evidence about both the autonomy of the ovarian locus and the presence of certain differences in the parameters of rhythmo-genesis of given area comparing to the other active regions of the myometrium.

Литература

1. *Buhimschi C., Boyle M. B., Garfield R. E.* – Obstet. Gynecol. 1997. V. 90. № 1. P. 102-111.
2. *Marshall J. M.* – Physiol. Rev. Suppl. 1962. V. 5. P. 213-227.
3. *Maul H., Maner W. L., Saade G. R., Garfield R. E.* – Clin. Perinatol. 2003. V. 30. P. 665-676.
4. *Osa T., Fujino T.* – Jpn. J. Physiol. 1978. V. 23. P. 197-209.
5. *Казарян К. В., Унанян Н. Г., Акопян Р. Р.* – Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 2010. Т. 96(10). С. 981-987.
6. *Buhimschi C. S., Saade G. R., Buhimschi I. A., Gokdeniz R., Boyle M. B., Garfield R. E.* – Am. J. Obstet. Gynecol. 2000. V. 183. № 1. P. 68-75.
7. *Garfield R. E., Maner W. L.* – Semin. Cell. Dev. Biol. 2007. V. 18. № 3. P. 289-295.
8. *Bulletti C., Prefetto R. A., Bazzocchi G., Romero R., Mimmi P., Polli V., Lanfranchi G. A., Labate A. M. M., Flamigni C.* – Hum. Reprod. 1993. V. 8. № 10. P. 1558-1563.
9. *Santicioli P., Maggi C. A.* – Pharmacol. Rev. 1998. V. 50. № 4. P. 683-722.
10. *Porter D. G.* In: The uterus. By Finn C. A., Porter D. G. London. Elek. 1975. P. 133-238.
11. *Edwards D., Good D. M., Granger S. E., Hollingsworth M., Robson A., Small R. C., Weston A. H.* – Br. J. Pharmacol. 1986. V. 88. № 4. P. 899-908.
12. *Kazaryan K. V., Hunanyan N. G., Meliksetyan I. B., Hakobyan R. R., Savayan A. A.* – Russian Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. 2011. V. 47. № 3. P. 284-291.
13. *Osa T., Taga F.* – Jpn. J. Physiol. 1973. V. 23(1). P. 81-96.
14. *Казарян К. В., Унанян Н. Г.* – Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2013. Т. 99(10). С. 1191-1199.

ՏՆՏԵՍԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

ՈՒՏԴ 336

Գ. Ա. Դանիելյան

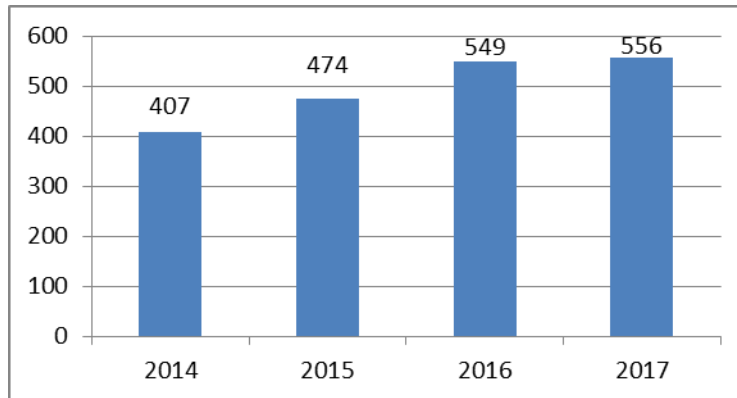
**ՀՀ հյուրընկալության ոլորտում ֆինանսական
հաշվառման միասնական համակարգ ունենալու
նախադրյալները**

(Ներկայացված է ակադեմիկոս Յու. Մ. Սուվարյանի կողմից 17/V 2019)

Բանալի բառեր՝ *հյուրընկալության ոլորտ, հյուրանոցային տնտեսություն, ֆինանսական վերահսկողություն, հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգ, հաշվապահական հաշվառում, ֆինանսական հաշվետվությունների միջազգային ստանդարտներ:*

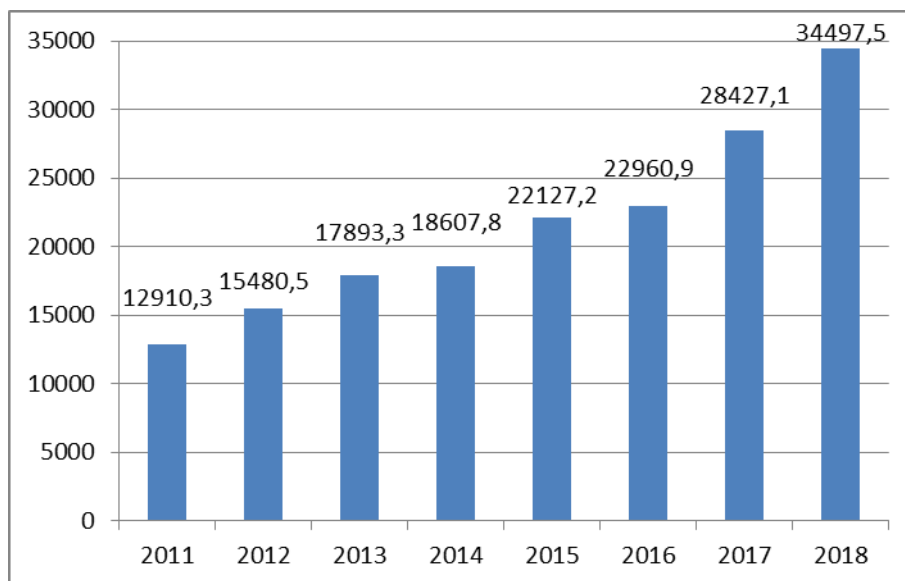
Ժամանակակից աշխարհի ինտեգրացման և գլոբալացման միտումներն անխուսափելիորեն հանգեցնում են երկրների միջև մարդկանց հոսքի ավելացմանը, ինչն էլ բարելավում է հյուրընկալության ոլորտի զարգացման նախապայմանները: Մա իր հերթին նշանակում է, որ հյուրընկալության ոլորտի մյուս բոլոր օբյեկտներին զուգահեռ՝ զարգացում է ապրում նաև հյուրանոցային բիզնեսը: Համաշխարհային տուրիստական կազմակերպության տվյալներով ներկայումս աշխարհում գործում են 16 միլիոնից ավելի հյուրանոցներ, որոնց մոտ 20%-ը հյուրանոցային ցանցերն են¹: Ինչ վերաբերում է Հայաստանին, այստեղ, ըստ ՀՀ Ազգային վիճակագրական ծառայության վերջին տվյալների, 2017 թվականին գործում էր 556 հյուրանոցային օբյեկտ, ինչը շուրջ 36%-ով ավելի շատ է, քան 2014 թվականին:

Վերջին 4 տարիների ընթացքում հյուրանոցային օբյեկտների թիվը ՀՀ տարածքում աճել է միջինում տարեկան մոտ 12%-ով: Այդուհանդերձ, մինչ օրս միջազգային ցանցերի պատկանող հյուրանոցների թիվը ՀՀ-ում չի անցնում մեկ տասնյակից:



Նկար 1. Հյուրանոցային տնտեսությունների թիվը ՀՀ-ում²

Հյուրանոցների քանակին զուգահեռ բնականաբար աճում են նաև դրանց շրջանառության ծավալները: Այս ցուցանիշի վերջին տարիների դինամիկան պատկերավոր դարձնելու համար այն ներկայացնենք ստորև բերվող գրաֆիկով:



Նկար 2. Հյուրանոցների շրջանառությունը կացության կազմակերպումից ստացված եկամուտներից (1,000 ՀՀ դրամ)³

Ինչպես երևում է գրաֆիկից, հետճգնաժամային տարիներից ՀՀ-ում կացության կազմակերպումից ստացվող եկամուտները հյուրա-

նոցներում գրանցում են միայն աճի միտում: Մասնավորապես 2018 թվականին այդ շրջանառությունը կազմել է շուրջ 34,5 միլիարդ դրամ, ինչը գրեթե 3 անգամ ավելի է, քան դրանից 7 տարի առաջ: Կարելի է նկատել նաև, որ վերջին 2 տարիներին աճի տեմպն էլ ավելի է մեծացել՝ գերազանցելով տարեկան 20%-ը:

Համոզվելով հյուրընկալության ոլորտում և մասնավորապես հյուրանոցային շուկայում տիրող տնտեսական ակտիվության մեջ՝ կարող ենք պնդել, որ ոլորտի կարգավորումները բարելավելն արդիական հիմնախնդիր է, քանի որ զարգացող ճյուղը կարիք ունի կայուն և բազմափորձ հենասյուների: Բացի դրանից, շրջանառության ծավալների նմանատիպ աճը միանշանակ կգրավի շահագրգիռ անձանց ուշադրությունը՝ նոր ներդրումներ կատարելու համար: Համապատասխանաբար կարիք կլինի մեծացնել նաև պետական ներգրավվածությունը ոլորտի մի շարք հարցերում, որոնց թվում են նաև առանձնահատուկ ֆինանսական վերահսկողություն և հարկային քաղաքականություն իրականացնելու հնարավորությունները: Այս պատճառով էլ կարելի է գնահատել, որ ոլորտի բոլոր մանրուքները հաշվի առնող և հուսալի ֆինանսական համակարգի ներդրման առաջարկը կարող է հետաքրքրական հնչել հյուրանոցային շուկայի բուռն զարգացման շրջանում:

Այսպիսով, հյուրանոցային ոլորտի հայկական շուկան ժամանակի հրամայականով պահանջում է թե՛ քանակական և թե՛ որակական աճ: Վերջինս կարող է արձանագրվել միջազգային լավագույն փորձի կիրառման արդյունքում: Խոսքը ոչ միայն միջազգային ցանցի հյուրանոցներ բացելու, այլև արդեն իսկ գործող հյուրանոցներում միջազգային արդյունավետ ստանդարտների ներդրման մասին է:

Ընդ որում նշված ստանդարտները վերաբերում են հյուրանոցային օբյեկտի ինչպես գործառնական, այնպես էլ ֆինանսական կառավարմանը: Ցանկացած այլ ոլորտի բիզնեսի նման հյուրանոցում նույնպես արդյունավետությունն ու զարգացումը մեծապես պայմանավորված են նաև ֆինանսների արդյունավետ կառավարմամբ: Ուստի ոլորտի առաջընթացը ենթադրում է նաև ոլորտում ֆինանսական կառավարման և վերահսկողության համակարգի ստեղծում և կատարելագործում: Այս համատեքստում փորձենք ուսումնասիրել հյուրանոցային տնտեսություններում ֆինանսական կառավարման և վերահսկողության միջազգային փորձն ու դիտարկել դրանք ՀՀ-ում գործող հյուրանոցներում կիրառելու հնարավորությունները:

Հյուրանոցային ոլորտում ֆինանսական կառավարման և վերահսկողության իրականացումը հիմնականում կողմնորոշված է եվրոպական և ամերիկյան ստանդարտների ուղղությամբ: Մակայն այս ոլորտի համար իսկական դրոշակակիր է ամերիկյան հյուրանոցային

տնտեսություններում կիրառվող ֆինանսական կառավարման և վե-
րահսկողության ամենաարդյունավետ փորձը:

Առաջին համաշխարհային պատերազմից հետո՝ 1920-ական թվա-
կաններին՝ ԱՄՆ-ի տնտեսության զարթոնքի փուլում, հյուրընկալու-
թյան ոլորտը վերելք ապրեց, ինչն էլ շարժառիթ հանդիսացավ տվյալ
ոլորտի ֆինանսական և հաշվապահական մասնագետների համար՝
սահմանելու հաշվապահական հաշվառման իրականացման համընդ-
հանուր ուղեցույցների շարք, որը հայտնի է որպես Հյուրանոցային
ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգ (Uniform System
of Accounts for the Lodging Industry - USALI):

Հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համա-
կարգը ստեղծվել և առաջին անգամ կիրառվել է 1926թ. ԱՄՆ-ում: Հա-
մակարգի առաջին հրատարակության տպագրությունից հետո ձևա-
վորվեց ձեռնարկի հանձնախումբը, որի միջնորդությամբ էլ շարու-
նակվեցին բուն աշխատանքները: Նյու Յորքի հյուրանոցային հաշվա-
պահների ասոցիացիայի (Hotel Accountants Association of New York
City) կողմից հիմնադրվեց այժմ հայտնի Հյուրընկալության ֆինան-
սական և տեխնոլոգիական միավորում (Hospitality Financial and Tech-
nology Professionals - HFTP) կազմակերպությունը, որը կարգավորում
էր ասոցիացիաների մասնակցությունը միասնական համակարգի
նախկին հրատարակությունների փոփոխման աշխատանքներին: 1961
թվականին Հյուրանոցների ու հյուրընկալության ամերիկյան ասոցիա-
ցիան (American Hotel & Lodging Association - AH&LA) իր անդամների
պահանջով Հաշվապահների ազգային ասոցիացիային (National Asso-
ciation of Accountants) նշանակեց փոքր հյուրանոցների և մոթելների
հաշիվների միասնական համակարգի ստեղծման և զարգացման պա-
տասխանատու: Սակայն 1996 թվականին որոշում ընդունվեց միաս-
նական համակարգի երկու ուղղությունները վերամիավորել հյուրա-
նոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգ անվան
տակ⁴: Այդ ժամանակ Հյուրանոցների ու հյուրընկալության ամերիկյան
ասոցիացիայի ֆինանսական կառավարման խորհուրդը Նյու Յորքի
հյուրանոցային հաշվապահների ասոցիացիայի և հյուրընկալության
ֆինանսական և տեխնոլոգիական միավորման հետ մեկտեղ սկսեց
ձեռնարկի նոր հրատարակության աշխատանքները:

Այս համակարգը ներկայումս զարգանում և կատարելագործվում է
հյուրընկալության ֆինանսական և տեխնոլոգիական միավորման
(HFTP) և հյուրանոցների ու հյուրընկալության ամերիկյան ասոցիա-
ցիայի կրթական ինստիտուտի (Educational Institute - EI of AH&LA)
կողմից: Հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական հա-
մակարգը, գոյությունը պահպանելով ավելի քան 90 տարի, փորձված և

արդարացված է նաև ժամանակով: Այն փաստը, որ համակարգն ունեցել է տասնմեկ իրար հաջորդող խմբագրական խորհուրդներ, որոնց շարքերում են բազմաթիվ բարձրորակ մասնագետներ, կառավարչական ընկերություններ, սեփականատերեր և հաշվապահներ, անհերքելի է դարձնում, որ համակարգը հիմնովին մշակվել և կերտվել է՝ հյուրանոցային տնտեսությանը կատարելապես ծառայելու համար:

Հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգի հիմնական սկզբունքն այն է, որ արդյունքներն արտահայտվում են ըստ բաժինների՝ պատասխանատվության կենտրոնների հիման վրա: Վերջիններս կարող են ներկայացվել թե՛ որպես եկամտի և թե՛ որպես ծախսային կենտրոններ: Այսինքն՝ ըստ այս համակարգի՝ ամբողջ հյուրանոցը բաժանվում է բաժինների, որոնցից յուրաքանչյուրը պատասխանատու է իր բլոկի եկամտի ու ծախսի համար: Որոշ հյուրանոցներում կարող են որոշ պատասխանատվության կենտրոններին համապատասխան առանձին կառուցվածքային ստորաբաժանումներ բացակայել, սակայն, անկախ այս հանգամանքից, պատասխանատվության կենտրոններն առանձնացվում են ըստ համակարգի:

Հյուրանոցային ոլորտի համար տվյալ միասնական համակարգի ստեղծումն ու ներգրավումը կենսական նշանակություն ունեին բազմաթիվ պատճառներով: Առաջին հերթին հանդիսանալով համընդհանուր միասնական ուղեցույց ոլորտի բոլոր ներկայացուցիչների համար՝ այն ապահովում է տարբեր ընկերությունների միջև համադրելիությունը, համեմատականներ և զուգահեռներ անցկացնելու հնարավորությունը: Համակարգի լիակատար ներկայացվածության շնորհիվ հնարավոր է դառնում նրա՝ որպես ամբողջական կիրառությունը հյուրընկալության ոլորտի բոլոր օբյեկտների կողմից: Միասնական համակարգի պատշաճ ներգրավումը օգտագործողների կողմից լծակ է՝ համեմատելու մեկ օբյեկտի ֆինանսական արդյունքները մյուսի հետ:

Համադրելիության հետ զուգահեռ առաջ է գալիս նաև թափանցիկությունը: Շնորհիվ մեկ միասնական ուղեցույցի՝ բազմաթիվ վրիպումներ և հաշվետվությունների ներկայացման ոչ ցանկալի մեթոդներ վերանում են, ինչն էլ ապահովում է հաշվապահության թափանցիկությունը բոլոր կողմերի համար: Այդ թվում համակարգի միասնականությունն ապահովում է նաև հաշվետվությունների լիակատար հասանելիությունը հնարավոր ներդրողներին ու հաճախորդներին: Հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգի հիմքում դրված են ֆինանսական հաշվետվությունների հիմնական ձևերից երեքը:

- հաշվապահական հաշվեկշիռը,
- եկամուտների և ծախսերի մասին հաշվետվությունը,
- դրամական հոսքերի մասին հաշվետվությունը:

Միասնական համակարգը ուղեցույց է ոչ միայն ֆինանսական և հաշվապահական մասնագետների, այլ նաև կառավարիչների, սեփականատերերի, ձեռնարկատերերի և հաշվապահական տեղեկատվության բոլոր ներքին և արտաքին օգտագործողների համար: Համակարգն արդյունավետ գործիք է ֆինանսական և հաշվապահական մասնագետների համար՝ ներկայացնելու հյուրանոցի ֆինանսական գործառնությունները մեկ ընդհանուր եղանակով: Եթե հյուրանոցի սեփականատերն ունի մի քանի հյուրանոցներ՝ աշխարհի տարբեր ծայրերում գտնվող և տարբեր ֆինանսական մասնագետներով, ապա մեկ միասնական համակարգի բացակայությունը կհանգեցնի հյուրանոցների շահութաբերության վերաբերյալ տեղեկատվության խեղաթյուրմանն ու անհավաստիությանը:

Հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգի վերաբերյալ իրենց կարծիքն են հայտնել նաև մի շարք անկախ փորձագետներ, որոնց թվում՝ Օ'Քոննորս Դեյվիս խորհրդատվական ընկերության ավագ մասնագետ Ռոնալդ Մարտինեսը: Ըստ նրա՝ միասնական համակարգն ապահովում է հաշվետվության բաղադրիչների ներկայացումը մեկ ընդհանուր եղանակով և սկզբունքներով, ինչն էլ ստույգ տեղեկատվության երաշխիք է տարբեր տնտեսվարող միավորներ համեմատելիս⁵:

Միջիգանի պետական համալսարանի և Հիլթոնի հյուրանոցների պրոֆեսոր Ռայմոնդ Շմիդգալն էլ իր աշխատությունում⁶ նշում է, որ հաշիվների այս միասնական համակարգը ժամանակով փորձված, պատրաստի օգտակար մոդել է, որը հեշտորեն ներգրավելի է տարբեր մասշտաբների գործառնությունների իրականացման ժամանակ: Այն ներառում է Համընդհանուր հաշվապահական հաշվառման սկզբունքների (Generally Accepted Accounting Principles - GAAP) անբաժանելի բաղադրիչները՝ կայունություն, անաչառություն, արժանահավատություն, ճշգրտություն, և արտացոլում է անթերի կատարված հաշվապահական հաշվառումը:

Այս ամենի արդյունքում առաջ է քաշվում այս հոդվածի՝ մեզ համար գլխավոր հարցը: Ինչպիսի կիրառություն ունի USALI-ն ՀՀ տարածքում գործող հյուրանոցներում: Արդյո՞ք մեր տեղական հյուրընկալության ոլորտին անհրաժեշտ է հաշիվների միասնական համակարգի ներդրումը և եթե այո, հետագա ի՞նչ քայլերով է պետք այն մտցնել կիրառության:

Նախ՝ նշենք, որ չնայած այն հանգամանքին, որ USALI-ն լայն տարածում է ստացել ամբողջ աշխարհում՝ շնորհիվ իր կիրառելիության լայնության, Հայաստանում գործող հյուրանոցների ֆինանսական կառավարման որևէ հստակ միասնական համակարգ մինչ օրս գոյություն չունի: Ներկայումս յուրաքանչյուր հյուրանոց, կախված այն հանգամանքից՝ հայկական է, թե՞ պատկանում է որևէ միջազգային ցանցի, ունի իր առանձին ֆինանսական կառավարման համակարգը:

Մակայն, ինչպես ցույց տվեցինք ավելի վաղ, զարգացման կայուն ու դինամիկ տեմպեր գրանցող այս ոլորտում անկասկած անհրաժեշտություն կա ներդնելու ֆինանսական հաշվառման միատարր համակարգ: Վերջինիս կարևորությունը մեծ է հատկապես այս փուլում, քանի որ ֆինանսական վերահսկողության արդյունավետ համակարգի ներդրումը զարգացման սկզբնական շրջանում կապահովի դրա հետագա կայունությունը և ստացված վիճակագրական ու ֆինանսական հաշվետվությունների հավաստիությունը: Մյուս կողմից, միասնական համակարգի ներդրումը Հայաստանում հնարավորություն կընձեռի համադրելի դարձնելու ոլորտի բոլոր ներկայացուցիչների ֆինանսական տվյալները, ունենալու միատարր և ճշգրիտ վիճակագրական ցուցանիշներ, համեմատելու ինչպես առանձին հյուրանոցներ միմյանց հետ, այնպես էլ նույն հյուրանոցի արդյունքները տարբեր ժամանակահատվածներում, գնահատելու տարբեր պատասխանատվության կենտրոնների գործունեության արդյունքները:

Ակնհայտ դարձնելով ոլորտում ընդհանուր ֆինանսական համակարգ ունենալու առավելությունները՝ կարելի է պնդել նաև, որ հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգի ներդրումը Հայաստանում ավելի արդյունավետ կլինի, քան զարգացնել և կատարելագործել մեր տեղական ծրագրերն ու համակարգերը: Այն հանգամանքը, որ USALI-ն արդեն գրեթե մեկ դար է՝ կիրառվում է աշխարհի բազմաթիվ երկրներում, թույլ է տալիս վստահություն հայտնել առ այն, որ նորից հեծանիվ հորինելու փոխարեն պետք է ընդամենն օգտագործել տրված հնարավորությունը: Ուստի, կարծում ենք, որ ոլորտում այս հարցով շահագրգիռ որևէ պետական ներկայացուցչություն պետք է առաջին հերթին ձեռնամուխ լինի հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգի ներդրման աշխատանքներին:

Հաշիվների նոր համակարգը ներդնելուն վերաբերող բոլոր վերոնշյալ դրական գործոնների հետ մեկտեղ պետք է հիշել նաև օրենսդրական դաշտի մասին: Այստեղ գաղափարն առաջին հերթին բխվում է հաշվապահական հաշվառման մասին ՀՀ օրենքին, ըստ որի՝ ՀՀ տարածքում գործում են ֆինանսական հաշվետվությունների միջազ-

գային ստանդարտները (International Financial Reporting Standards - IFRS): Սա նշանակում է, որ կարող են որոշակի հակասություններ առաջանալ ՀՀ օրենսդրության և հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգի միջև, քանի որ վերջինս ածանցված է համընդհանուր հաշվապահական հաշվառման սկզբունքներին (GAAP), այլ ոչ թե ֆինանսական հաշվետվությունների միջազգային ստանդարտներին (IFRS): Թվում է, թե այս հանգամանքը կարող է լուրջ սպառնալիք լինել USALI-ն ՀՀ-ում ներդնելու հնարավորությանը, սակայն այս հարցի լուծումը նույնպես կարելի է գտնել միջազգային փորձին հետևելով:

Ինչպես նշվել էր ավելի վաղ, հյուրընկալության ոլորտում ֆինանսական կառավարման էտալոնն ամերիկյան մոդելն է: Խոսքը հենց համընդհանուր հաշվապահական հաշվառման սկզբունքներին համապատասխանող հաշիվների միասնական համակարգի մասին է: Պատահական չէ, որ այսօր նույնիսկ եվրոպական խոշորագույն հյուրանոցային ցանցերը, ինչպիսիք են օրինակ՝ AccorHotels-ը և InterContinental Hotels Group-ը, ձգտում են իրենց ֆինանսական հաշվետվությունները հրապարակել հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգին համապատասխան: Ընդ որում հանդիպում են և՛ ամբողջական կիրառում, երբ ֆինանսական հաշվետվություններն ինքնին ներկայացվում են ըստ USALI-ի, և՛ մասնակի կիրառում, երբ ըստ IFRS-ի կազմված ֆինանսական հաշվետվություններին կից ներկայացվում է դրանց համաձայնեցումը հաշիվների միասնական համակարգին: Մինչդեռ ՀՀ-ում USALI-ի ամբողջական կիրառման համար գուցե անհրաժեշտ լինեն որոշակի օրենսդրական փոփոխություններ, մասնակի կիրառմանն այսօր ոչինչ չի խանգարում: Հիշեցնենք նաև, որ անկախ ֆինանսական հաշվառման նկատմամբ օրենսդրական դաշտի պահանջներից՝ տնտեսվարող սուբյեկտներն ազատ են վարել իրենց կառավարչական հաշվառումը: Հետևաբար՝ առնվազն վերջինս կարելի է իրականացնել ըստ հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգի: Այդպիսի հաշվառումն իր հերթին կարող է վեր հանել համակարգի ու օրենսդրության միջև առկա հակասությունները և հող նախապատրաստել նաև ֆինանսական հաշվառման հնարավոր անցման համար:

Ամփոփելով կարելի է ևս մեկ անգամ ընդգծել այն փաստը, որ ՀՀ տնտեսության գերակա ճյուղ համարվող զբոսաշրջության հենասյուներից մեկը՝ հյուրընկալության ոլորտը, անհրաժեշտություն ունի կատարելագործվելու նաև ֆինանսական կառավարման և վերահսկողության տեսանկյունից: Ըստ այդմ հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգի ներդրումն ու կիրառումը ոչ միայն

կօգնեն հյուրանոցների ֆինանսական կառավարման և համադրելիության հարցերում, այլն թույլ կտան պետությանը դինամիկ զարգացում գրանցող այս ոլորտում ունենալ միատարր ու ճշգրիտ ազգային վիճակագրական տվյալներ:

ՀՀ ԳԱԱ Մ. Քոթանյանի անվան տնտեսագիտության ինստիտուտ
e-mail: danieliangevorg@gmail.com

Գ. Ա. Դանիելյան

**ՀՀ հյուրընկալության ոլորտում ֆինանսական հաշվառման
միասնական համակարգ ունենալու նախադրյալները**

Զբոսաշրջության զլխավոր ուղղություններից մեկի՝ հյուրընկալության ոլորտի տնտեսական վերելքը պահանջում է նաև ֆինանսական վերահսկողության համակարգում ու բարելավում: Առաջարկվում է հետևել միջազգային փորձին՝ մասնավորապես կիրառելով ամերիկյան հայտնի մոդելը՝ հյուրանոցային ոլորտի համար հաշիվների միասնական համակարգը (USALI): Հոդվածը երևան է հանում այդ համակարգի առավելությունները և քննարկում դրա ներդրման հնարավորությունները ՀՀ-ում:

Г. А. Даниелян

**Предпосылки единой системы финансового учета
для индустрии гостеприимства в Армении**

Рост индустрии гостеприимства – одной из важнейших отраслей туризма требует систематизации и совершенствования финансового контроля. Предложено использовать международный опыт, в частности, американский метод USALI (единая система счетов для гостиничного бизнеса). Выявлены преимущества этой системы и возможности ее внедрения в Армении.

G. A. Danielyan

**Prerequisites of a Uniform System in Financial Accounting
for the Hospitality Industry in Armenia**

The economic growth in hospitality industry, one of the most important branches of tourism, requires a systematized and improved financial control. For this purpose, it is suggested to follow the international experience, in particular: to use the most recognized American method – USALI (Uniform System of Accounts for the Lodging Industry). The article makes evident the advantages of this system and discusses the possibilities of its implementation in Armenia.

Գրականություն

1. UNWTO World Tourism Barometer, <http://marketintelligence.unwto.org/content/unwto-world-tourism-barometer>.
2. ՀՀ ԱՎԾ, ՀՀ սոցիալ-տնտեսական վիճակը 2013-2017 թթ., արտաքին հաստված, armstat.am.
3. ՀՀ ԱՎԾ, ՀՀ սոցիալ-տնտեսական վիճակը 2011-2018 թթ., իրական հաստված, armstat.am.
4. Uniform System of Accounts for the Lodging Industry. 11th edition. New York. 2014. P. 8.
5. <https://www.pkfod.com/-/media/ODPKF/Files-and-Images/Insights/Publications/Uniform-System-of-Accounts-for-the-Lodging-Industry.ashx>.
6. The Journal of Hospitality Financial Management. 2015. V. 23. P. 79-89.