

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

ISSN 0321-1339

ՁԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ
REPORTS

2018

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, ակադեմիկոս Ս. Ա. ՀԱՄԲԱՐՑՈՒՄՅԱՆ, ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Ռ. Մ.
ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, ակադեմիկոս Է. Ս. 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: академик С. А. АМБАРЦУМЯН, 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: academician S. A. AMBARTSUMIAN, corresponding member of NAS RA L. 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. 2018

©Издательство “Гитутюн”

НАН РА. 2018

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ս. Ս. Ջրբաշյան, Դ. Վարգաս – Օրթոգոնալ վերլուծում կիսահարթությունում սուբհարմոնիկ ֆունկցիաների օմեգա-կշռային դասերում 101

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Վ. Պ. Գաբրիելյան – Վերջավոր դաշտի վրա մեկ խորանարդային հավասարման հատուկ լուծումների բազմությունների գծայնացված ծածկույթները 115

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ս. Ա. Համբարձումյան, Ս. Վ. Բելուբեկյան – Առաձգական ուղղանկյուն սալի տեղայնացված պլանար տատանումները միկրոպտույտների հաշվառմամբ 119

Ք. Ա. Ժամակոչյան, Ս. Հ. Սարգսյան – Կաշկանդված պտույտներով միկրոպոլյար առաձգական բարակ ձողերի մաթեմատիկական մոդելը և վերջավոր էլեմենտների մեթոդը ... 125

ԱՌԱՋԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Ս. Սարգսյան – Առաձգականության տեսության համասեռ սինգուլյար խնդիրների մասին 134

ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՖԻԶԻԿԱ

Ս. Ս. Մարտիրոսյան, Ս. Վ. Ծառուկյան, Ի. Ա. Վարդանյան – C_2H_5CHO -ի գազաֆազ օքսիդացման պրոցեսում C_2H_4 -ի և C_2H_5OOH -ի հետերոգեն առաջացումը 142

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

Ս. Ս. Հովակիմյան, Ս. Դ. Սաֆարյան, Սուր. Ս. Հովակիմյան, Ա. Գ. Մելքոնյան – Ֆոսֆոլիպիդների ֆրակցիոն կազմի մետաբոլիկ խախտումները որովայնային տիպի տուբերկուլյոզով հիվանդների մոտ 147

Ջ. Խ. Պարոնյան, Լ. Ս. Գրիգորյան, Հ. Ա. Ստեփանյան, Ռ. Ս. Սրապիռնյան – Պրոլինով հարուստ պեպտիդ ՊՀՊ-1-ի ազդեցությունը առնետի արյան պլազմայի ֆիբրինոլիտիկ ակտիվության վրա 155

ՆԵՅՐՈՔԻՄԻԱ

Ս. Հ. Ղազարյան, Ռ. Գ. Պարոնիկյան – Սալիցիլիդեն-ամինաթթուների լիթումական և ցինկ ածանցյալները որպես նոր նեյրոտրոպ միջոցներ 160

ՄԱՆՐԷԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Հ. Ղազարյան, Հ. Ս. Ստեփանյան, Ռ. Վ. Պարոնիկյան, Կ. Պ. Գրիգորյան – Նեյրոամինաթթվի ածանցյալների $Zn(II)$ աղերի հակամանրեային ակտիվությունը 165

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ք. Վ. Ղազարյան, Ս. Հ. Դանիելյան, Ռ. Գ. Չիբուխյան, Հ. Խ. Մկրտչյան – Հիստամինի ազդեցությամբ միզապարկի և միզաձորանների ինքնաբերական ռիթմոգենեզի ակտիվացումը ... 170

ԲՈՒՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Լ. Լ. Օսիպյան, Ե. Յու. Սողոմյան – Դեղաբույսերը ախտահարող *Septoria* ցեղի սնկերը Հայաստանի Հանրապետությունում 178

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- А. М. Джрбабян, Д. Варгас* – Ортогональное разложение в омега-весовых классах функций, субгармонических в полуплоскости..... 107

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

- В. П. Габриелян* – Линеаризованные покрытия для множеств специальных решений одного кубического уравнения над конечным полем 115

МЕХАНИКА

- С. А. Амбарцумян, М. В. Белубекян* – Локализованные планарные колебания упругой прямоугольной пластинки с учетом микровращений 119
- К. А. Жамакочян, С. О. Саркисян* – Математическая модель микрополярных упругих тонких стержней со стесненным вращением и метод конечных элементов .. 125

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

- А. М. Саргсян* – Об однородных сингулярных задачах теории упругости 134

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

- А. С. Мартirosян, С. В. Царукян, И. А. Варданян* - Гетерогенное образование C_2H_4 и C_2H_5OOH в процессе газофазного окисления C_2H_5CHO 142

БИОХИМИЯ

- С. С. Овакимян, М. Д. Сафарян, Сур. С. Овакимян, А. Г. Мелконян* – Метаболические нарушения фракционного состава фосфолипидов у больных брюшным типом туберкулеза 147
- З. Х. Паронян, Л. С. Григорян, А. А. Степанян, Р. М. Срапионян* – Влияние пролином богатого пептида ПБП-1 на фибринолитическую активность плазмы крови крыс 155

НЕЙРОХИМИЯ

- С. А. Казарян, Р. Г. Пароникян* – Литиевые и цинкпроизводные салицилиден-аминокислот как новые нейротропные средства 160

МИКРОБИОЛОГИЯ

- С. А. Казарян, Г. М. Степанян, Р. В. Пароникян, К. П. Григорян* – Антибактериальная активность $Zn(II)$ солей производных нейроаминокислоты ГАМК 165

ФИЗИОЛОГИЯ

- К. В. Казарян, М. А. Даниелян, Р. Г. Чибухчян, Э. Х. Мкртчян* – Активация гистамином пейсмекерного ритмогенеза мочеточников и мочевого пузыря 170

БОТАНИКА

- Л. Л. Осипян, Е. Ю. Согоян* – Грибы рода *Septoria*, поражающие лекарственные растения в Республике Армения 178

C O N T E N T S

MATHEMATICS

- A. M. Jerbashian, D. Vergas* – Orthogonal Decomposition in Omega-Weighted Classes of Functions Subharmonic in the Half-Plane 101

APPLIED MATHEMATICS

- V. P. Gabrielyan* – Linearized Coverings for Sets of Special Solutions of One Cubic Equation over a Finite Field 115

MECHANICS

- S. A. Ambartsumian, M.V. Belubekyan* – The Localized Planar Vibration of the Rectangular Plate with an Account of the Microrotation 119

- K. A. Zhamakochyan, S. H. Sargsyan* – Mathematical Model of Micropolar Elastic Thin Beams with Constrained Rotations and the Finite Element Method 125

ELASTICITY THEORY

- A. M. Sargsyan* – On Homogeneous Singular Problems of Elasticity Theory ... 134

CHEMICAL PHYSICS

- A. S. Martirosyan, S. V. Tsarukyan, I. A. Vardanyan* – Heterogeneous Formation of C_2H_4 and C_2H_5OOH in the Gas-Phase Oxidation of C_2H_5CHO 142

BIOCHEMISTRY

- S. S. Hovakimyan, M. D. Safaryan, Sur. S. Hovakimyan, A. G. Melkonyan* – Metabolic Disorders of the Fractional Composition of Phospholipids in Patients with Abdominal Type of Tuberculosis 147

- Z. Kh. Paronyan, L. S. Grigoryan, H. A., Stepanyan, R. M. Srapionyan* – Influence of Proline-Rich Peptide PRP-1 on Fibrinolytic Activity of Rat Blood Plasma 155

NEUROCHEMISTRY

- S. A. Ghazaryan, R. G. Paronikyan* – Lithium and Zinc Derivatives of Salicylidene - Amino Acids as New Neurotropic Drugs 160

MICROBIOLOGY

- S. H. Ghazaryan, H. M. Stepanyan, R.V. Paronikyan, K. P. Grigoryan* – Antibacterial activity of Zn (II) salts of γ -aminobutyric acid derivatives (GABA) 165

PHYSIOLOGY

- K. V. Kazaryan, M. H. Danielyan, R. G. Chibukhchyan, H. Kh. Mkrtchyan* – Activation of Pacemaker Rhythmogenesis of Ureters and Bladder with Histamine ... 170

BOTANY

- L. L. Osipyan, Y. Y. Soghoyan* – Fungi of the Genus *Septoria* Causing Diseases in Medicinal Plants in the Republic of Armenia 178

MATHEMATICS

MSC2010: 30H99, 31C05

A. M. Jerbashian, D. Vergas

**Orthogonal Decomposition in Omega-Weighted Classes
 of Functions Subharmonic in the Half-Plane**

(Submitted by academician V.S. Zakaryan 19/XII 2017)

Keywords: *subharmonic functions, orthogonal decomposition, potentials.*

1. Introduction. The present paper gives a harmonic, ω -weighted, half-plane analog of Wirtinger's projection theorem [1] (see also [2], p. 150) and its $(1-r)^\alpha$ -weighted extension by M. M. Djrbashian (see Theorem VII in [3]), which are for holomorphic in $|z| < 1$ functions with square integrable moduls. These results are a continuation of the results of [5] in the half-plane. Then, an orthogonal decomposition is found for some classes of functions subharmonic in the upper half-plane, which is similar to the result of [4] in the unit disc.

After a useful remark, we shall introduce the spaces of functions which are to be considered.

Remark 1.1. It is well-known see, eg. [6], Ch. VI that the Hardy space h^p ($1 \leq p < +\infty$) of real, harmonic in the upper half-plane $G^+ := \{z : \text{Im } z > 0\}$ functions, which is defined by the condition

$$\|u\|_{h^p} := \sup_{y>0} \left\{ \int_{-\infty}^{+\infty} |u(x+iy)| dx \right\}^{1/p} < +\infty$$

is a Banach space becoming a Hilbert space for $p=2$. Since $|u|^p$ is subharmonic in G^+ , the results of Ch. 7 in [7] on the equivalent definition of the holomorphic hardy spaces H^p in G^+ have their obvious analogs for h^p . In particular, the space h^p ($1 \leq p < +\infty$) coincides with the set of all functions harmonic in G^+ and such that

$$\|u\|_{h^p}^p = \lim_{R \rightarrow +\infty} \liminf_{y \rightarrow +\infty} \int_{-R}^R |u(x+iy)|^p dx < +\infty$$

and for sufficiently small values of $\rho > 0$

$$\liminf_{R \rightarrow +\infty} \frac{1}{R} \int_{\beta}^{\pi-\beta} |u(\operatorname{Re}^{i\theta})|^p \left(\sin \frac{\pi(\vartheta-\beta)}{\pi-2\beta} \right)^{1-\pi/\kappa} d\vartheta = 0, \quad (1.1)$$

where $\beta = \arcsin \frac{\rho}{R} = \frac{\pi}{2} - \kappa$. Note that due to Holder's inequality, if (1.1) is true for a $p > 1$, then it is true also for $p = 1$.

Definition 1.1. $\tilde{\Omega}_{\alpha}$ ($-1 < \alpha < +\infty$) is the set of continuous, strictly increasing in $[0, +\infty)$, continuously differentiable in $(0, +\infty)$ functions ω such that $\omega(0) = 0$ and $\omega'(x) \asymp x^{\alpha}$, $\Delta < x < +\infty$, for some $\Delta > 0$.

Definition 1.2. For any $\omega \in \tilde{\Omega}_{\alpha}$ ($-1 < \alpha < +\infty$), h_{ω}^p ($0 < p < +\infty$) is the set of the real, harmonic in the upper half-plane G^+ functions for which (1.1) is true along with

$$\|u\|_{p,\omega} := \left\{ \iint_{G^+} |u(z)|^p d\mu_{\omega}(z) \right\}^{1/p} < +\infty, \quad (1.2)$$

where $d\mu_{\omega}(x+iy) = dx d\omega(2y)$.

2. Some properties of the spaces h_{ω}^p . First, we prove that the above introduced classes h_{ω}^p are Banach spaces.

Proposition 2.1. h_{ω}^p ($1 \leq p < +\infty$, $\omega \in \tilde{\Omega}_{\alpha}$, $\alpha > -1$) is a Banach spaces with the norm (1.2), which for $p = 2$ becomes a Hilbert space with the inner product

$$(u, v)_{\omega} := \frac{1}{2\pi} \iint_{G^+} u(z) \overline{v(z)} d\mu_{\omega}(z), \quad u, v \in h_{\omega}^2.$$

Proof. Let L_{ω}^p ($1 \leq p < +\infty$) be the Banach space of real functions, which is defined solely by (1.2). Then, it suffices to prove that h_{ω}^p is a closed subspace of L_{ω}^p for any $1 \leq p < +\infty$, i.e if a sequence $\{u_n\}_1^{\infty} \subset h_{\omega}^p$ converges to some $u \in L_{\omega}^p$ in the norm of L_{ω}^p , then $u \in L_{\omega}^p$. To this end, observe that

$$\int_0^{1/2} d\omega(2y) \int_{-\infty}^{+\infty} |u_n(x+iy) - u(x+iy)|^p dx \rightarrow 0 \text{ as } n \rightarrow \infty.$$

Hence, by Fatou's lemma $\int_0^1 g(t) d\omega(t) = 0$ for

$$g(2y) := \liminf_{n \rightarrow \infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |u_n(x+iy) - u(x+iy)|^p dx.$$

As $\omega \in \tilde{\Omega}_{\alpha}$, there exists a sequence $\eta_k \downarrow 0$ such that $\omega(\eta_{k+1}) < \omega(\eta_k)$. Introducing the measure $\nu(E) = V_E \omega$, we conclude that $\nu([\eta_{k+1}, \eta_k]) > 0$ for any $k \geq 1$ and obviously $g(t) = 0$ in $[\eta_{k+1}, \eta_k]$ almost everywhere with respect to the measure ν . On the other hand, $u(x+it) \in L^p(-\infty, +\infty)$ for almost every $t > 0$ with respect to the measure ν . Thus, there sequence $y_k \downarrow 0$ such that simultaneously $g(2y_k) = 0$ and $u(x+iy_k) \in L^p(-\infty, +\infty)$. Now, we choose a subsequence of $\{u_n\}_1^{\infty}$, for which the limit (2.1) is attained for $y = y_1$. From this

subsequence, we choose another one, for which (2.1) is attained for $y = y_2$, etc. Then, by a diagonal operation we choose a subsequence for which we keep the same notation $\{u_n\}_1^\infty$, and over which

$$g(2y_k) = \lim_{n \rightarrow \infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |u_n(x + iy_k) - u(x + iy_k)|^p dx = 0$$

for all $k \geq 1$. Then, in virtue of remark 1.1, for any $n \geq 1$ and $\rho > 0$ the function $u_n(z + i\rho)$ belongs to h^ρ . Note that in particular this is so for $\rho = y_k$ ($k = 1, 2, \dots$). By (2.2), for any fixed $k \geq 1$ the sequence $\{u_n(z + iy_k)\}_{n=1}^\infty$ is fundamental in h^ρ , and consequently $u_n(z + iy_k) \rightarrow U(z + iy_k) \in h^\rho$ as $n \rightarrow \infty$ in the norm of h^ρ over G^+ . Hence, u_n uniformly tends to U inside G^+ , and $U \in h^\rho$ in any half-plane G_ρ^+ . Thus, we conclude that (1.1) is true for U and, in addition, for any number $A > 0$

$$\begin{aligned} \iint_{\substack{|x| < A \\ 1/A < y < A}} |U(z) - u(z)|^p d\mu_\omega(z) &\leq 2^{n-1} \left\{ \iint_{\substack{|x| < A \\ 1/A < y < A}} |U(z) - u(z)|^p d\mu_\omega(z) + \right. \\ &\quad \left. + \iint_{\substack{|x| < A \\ 1/A < y < A}} |U(z) - u(z)|^p d\mu_\omega(z) \right\} \rightarrow 0 \text{ as } n \rightarrow \infty. \end{aligned}$$

The passage $A \rightarrow +\infty$ gives $\|U - u\|_{L_\omega^p} = 0$.

Now, let us prove a theorem on an explicit form of the orthogonal projection of the space L_ω^2 to its harmonic subspace h_ω^2 . Assuming that $\omega \in \tilde{\Omega}_\alpha$, $\alpha > -1$, we shall deal with the Cauchy-type kernel

$$G_\omega(z) := \int_0^{+\infty} e^{itz} \frac{dt}{I_\omega(t)}, \quad I_\omega(z) := \int_0^{+\infty} e^{-tx} d\omega(x),$$

which is holomorphic function in G^+ [8]. Note that by Lemma 3.1 of [8] for any $\omega \in \tilde{\Omega}_\alpha$ with $\alpha > -1$, any numbers $\alpha > -1$, $\rho > 0$ and any noninteger $\beta \in ([\alpha] - 1, \alpha)$ there exists a constant $M_{\rho, \beta} > 0$ such that

$$|C_\omega(z)| \leq \frac{M_{\rho, \beta}}{|z|^{2+\beta}}, \quad z \in G_\rho^+ := \{z : \operatorname{Im} z > \rho\}$$

Under the same assumption, we use the Green type potentials by means of the elementary Blaschke type factor

$$b_\omega(z, \zeta) := \exp \left\{ \int_0^{2\operatorname{Im} \zeta} C_\omega(z - \zeta + it) \omega(t) dt \right\}, \quad \operatorname{Im} z > \operatorname{Im} \zeta > 0$$

(see formula (23) in [5]), which is a holomorphic function in G^+ , where it has a unique, simple zero at $z = \zeta$.

Theorem 2.1. *If $\omega \in \tilde{\Omega}_\alpha$ ($-1 < \alpha < +\infty$), then the orthogonal projection of L_ω^2 to h_ω^2 can be written in the form*

$$P_\omega u(z) = \frac{1}{\pi} \iint_{G^+} u(w) \operatorname{Re} \left\{ C_\omega(z - \bar{w}) \right\} d\mu_\omega(w), \quad z \in G^+. \quad (2.4)$$

Proof. Let $u \in L_\omega^2$. Then, applying the estimate (2.3), where $\beta = \alpha - \varepsilon$ with a small $\varepsilon > 0$, and Holder's inequality, one can be convinced that the integral of (2.4) is absolutely and uniformly convergent inside G^+ , and hence it represents a harmonic function there. Besides, using that estimate (2.3) and Holder's inequality one can prove that for any fixed $\rho > 0$ and $\varepsilon > 0$ small enough there exists a constant $M'_{\rho, \varepsilon} > 0$ depending only on ρ and ε , such that $\left| P_\omega u(\operatorname{Re}^{i\vartheta}) \right|^2 \leq M'_{\rho, \varepsilon} R^{-(3+2\alpha-2\varepsilon)} \left(\arcsin \frac{\rho}{R} < \vartheta < \pi - \arcsin \frac{\rho}{R} \right)$ for $R > 0$. Hence, $P_\omega u$ satisfies (1.1). Thus, it remains to show that P_ω is a bounded operator which maps L_ω^2 to h_ω^2 and is identical on h_ω^2 .

If $u \in L_\omega^2$, then for fixed $z = x + iy \in G^+$ and $\zeta = \xi + i\eta$

$$\begin{aligned} P_\omega u(z) &= \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} \left(\lim_{R \rightarrow +\infty} \int_R^{-R} u(\zeta) d\xi \int_0^{+\infty} e^{it(z-\bar{\zeta})} \frac{dt}{I_\omega(t)} \right) d\omega(2\eta) \right\} = \\ &= \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} \left(\lim_{R \rightarrow +\infty} \int_0^{+\infty} e^{itz} \frac{e^{-i\eta}}{I_\omega(t)} dt \int_{-R}^R e^{-it\xi} u(\zeta) d\xi \right) d\omega(2\eta) \right\} = \\ &= \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{+\infty} d\omega(2\eta) \int_0^{+\infty} e^{itz} \frac{e^{i\eta}}{I_\omega(t)} \hat{u}_\eta(t) dt \right\}, \end{aligned} \quad (2.5)$$

where $\hat{u}_\eta(t) = \lim_{R \rightarrow +\infty} \int_{-R}^R e^{it\xi} u(\xi + i\eta) d\xi$ is the Fourier transform of $u(\xi + i\eta) \in L^2(-\infty, +\infty)$ for a fixed, almost every $\eta > 0$. Note that the equalities in (2.5) are true, since by Plancherel's theorem

$$\begin{aligned} &\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{+\infty} \frac{e^{-i\eta}}{I_\omega(t)} \left| \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-R}^R e^{-it\xi} u(\zeta) d\xi - \hat{u}_\eta(t) \right| dt \\ &\leq \left[C_\omega(2i(y+v)) \right]^{1/2} \left\| \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-R}^R e^{-it\xi} u(\zeta) d\xi - \hat{u}_\eta(t) \right\|_{L^2(-\infty, +\infty)} \rightarrow 0 \end{aligned}$$

as $R \rightarrow +\infty$. From (2.5) we conclude that

$$P_\omega u(z) = \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{+\infty} e^{itz} \frac{\Phi(t)}{\sqrt{I_\omega(t)}} dt \right\}, \quad z \in G^+,$$

where

$$\Phi(t) := \frac{1}{\sqrt{I_\omega(t)}} \int_0^{+\infty} e^{-i\eta} \hat{u}_\eta(t) d\omega(2\eta).$$

The change of the integration order transforming (2.5) to (2.6) is valid, since by (2.3) for a fixed $y > 0$ and a small $\varepsilon > 0$ there is a constant $M > 0$ such that

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{+\infty} d\omega(2\eta) \int_0^{+\infty} \frac{e^{-t(y+\eta)}}{I_\omega(t)} |\hat{u}_\eta(t)| dt \leq \\ & \leq \sqrt{2} \int_0^{+\infty} [C_{\tilde{\omega}}(2i(y+\eta))]^{1/2} \|\hat{u}_\eta\|_{L^2(0,+\infty)} d\omega(2\eta) \\ & \leq M \sqrt{2} \|u\|_{L^2_\omega} \left(\int_0^{+\infty} \frac{d\omega(2\eta)}{(y+\eta)^{3+2\alpha-\varepsilon}} \right)^{1/2} < +\infty, \end{aligned}$$

where $\tilde{\omega}$ is the Volterra square of ω (see lemma 4 in [5]). By an application of Holder's inequality and Plancherel's theorem, from (2.7) we get $\|\Phi\|_{L^2(0,+\infty)} \leq \sqrt{2} \|u\|_{L^2_\omega}$, while by the Paley-Wiener theorem (see eg. [6], pp. 130-131) from (2.7) we obtain

$$\|P_\omega u\|_{L^2_\omega}^2 \leq \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} d\omega(2y) \int_0^{+\infty} e^{-2yt} \frac{|\Phi(t)|^2}{I_\omega(t)} dt = 2 \|\Phi\|_{L^2(0,+\infty)}^2.$$

Thus, P_ω is a bounded operator which maps L^2_ω to h^2_ω .

Now, let $u \in h^2_\omega$. Then obviously $u(z+i\eta) \in h^2$ for any $\eta > 0$. Hence, for any fixed $\eta > 0$ the function $u(z+i\eta)$ is the real part of some function $f(z+i\eta)$ from the holomorphic Hardy space H^2 in G^+ . Consequently, by the Paley-Wiener theorem

$$f(z+i\eta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{+\infty} e^{itz} \hat{f}_\eta(t) dt, \quad z \in G^+,$$

where

$$\hat{f}_\eta(t) = \lim_{R \rightarrow +\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-R}^R e^{-it\xi} f(\xi+i\eta) d\xi$$

is the Fourier transform of f on the level $i\eta$, and

$$\|f(z+i\eta)\|_{L^2(-\infty,+\infty)}^2 = \|f(z+i\eta)\|_{H^2}^2 = \|\hat{f}_\eta\|_{L^2(0,+\infty)}^2.$$

Note that one can prove the independence of the function $e^{it\eta} \hat{f}_\eta(t)$ of $\eta > 0$. Further, for any $\eta > 0$ and $\zeta = \xi + i\eta$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} u(\xi+i\eta) C_\omega(z-\bar{\zeta}) d\xi &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{+\infty} e^{i(z+i\eta)t} \hat{u}_\eta(t) \frac{dt}{I_\omega(t)} \\ &= \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} \int_0^{+\infty} e^{i(z+i\eta)t} \left[\hat{f}_\eta(t) + \widehat{\hat{f}_\eta}(t) \right] \frac{dt}{I_\omega(t)}. \end{aligned}$$

From (2.8) and the Paley-Wiener theorem, it follows that for $t > 0$

$$0 = \overline{\hat{f}_\eta(-t)} = \lim_{R \rightarrow +\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-R}^R e^{-it\xi} \overline{f(\xi+i\eta)} d\xi = \widehat{\hat{f}_\eta}(t).$$

Consequently, for any $z \in G_\eta^+$

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} u(\xi + i\eta) C_{\omega}(z - \bar{\zeta}) d\zeta = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{+\infty} e^{i(z+i\eta)t} \hat{f}_{\eta}(t) \frac{dt}{tI_{\omega}(t)},$$

and hence

$$\begin{aligned} P_{\omega}u(z) &= \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{+\infty} e^{izt} \frac{dt}{tI_{\omega}(t)} \int_0^{+\infty} e^{-2i\eta} \{e^{i\eta} \hat{f}_{\eta}(t)\} d\omega(2\eta) \right\} = \\ &= \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{+\infty} e^{i(z-i\eta)t} \hat{f}_{\eta}(t) dt \right\} = \operatorname{Re} \{f(z)\} = u(z), \end{aligned}$$

i.e. the operator P_{ω} is identical on h_{ω}^2 .

3. Orthogonal decomposition. In virtue of Remark 2 and Theorem 2 in [5], if $\omega \in \tilde{\Omega}_{\alpha}$ ($\alpha > -1$) and v is the associated Riesz measure of a subharmonic in G^+ function $U \in L_{\omega}^1$ satisfying (1.1) with $p = 2$, then

$$\iint_{G^+} \left(\int_0^{2\operatorname{Im}} \omega(t) dt \right) dv(\zeta) < +\infty \quad \text{and} \quad \iint_{G^+} \operatorname{Im} \zeta dv(\zeta) < +\infty$$

for any $\rho > 0$, which conditions provide the convergence of the potential

$$P_{\omega}(z) = \iint_{G^+} \log |b_{\omega}(z, \zeta)| dv(\zeta)$$

in G^+ , and U is representable in the form

$$\begin{aligned} U(z) &= \iint_{G^+} \log |b_{\omega}(z, \zeta)| dv(\zeta) + \frac{1}{\pi} \iint_{G^+} U(\omega) \{ \operatorname{Re} C_{\omega}(z - \bar{w}) \} d\mu_{\omega}(w) \\ &:= G_{\omega}(z) + u_{\omega}(z), \quad z \in G^+. \end{aligned} \quad (3.1)$$

The next theorem gives an orthogonal decomposition for some ω -weighted classes of functions subharmonic in G^+ .

Theorem 3.1. *If $\omega \in \tilde{\Omega}_{\alpha}$ with $-1 < \alpha < +\infty$, then:*

1. *Both summands G_{ω} and u_{ω} in the right-hand side of the representation (3.1) of any function $U \in L_{\omega}^2 \cap L_{\omega}^1$ satisfying (1.1) with $p = 2$ are of L_{ω}^2 .*
2. *The operator P_{ω} is identical on h_{ω}^2 and it maps all Green type potentials $G_{\omega} \in L_{\omega}^1$ satisfying (1.1) with $p = 2$ to identical zero.*
3. *Any harmonic function $u \in h_{\omega}^2$ is orthogonal in L_{ω}^2 to any Green type potentials $U \in L_{\omega}^1 \cap L_{\omega}^2$ satisfying (1.1) with $p = 2$.*

Proof. Let $U \in L_{\omega}^1 \cap L_{\omega}^2$ be a subharmonic in G^+ function satisfying (1.1) with $p = 2$. Then U is representable in the form (3.1), where $u \in h_{\omega}^2$ by Theorem 2.1. Hence, also $G_{\omega} \in L_{\omega}^2$ and satisfies (1.1) with $p = 2$. Further, if $G_{\omega} \in L_{\omega}^1$ and satisfies (1.1) with $p = 2$, then applying the operator P_{ω} to both sides of equality (3.1) written for G_{ω} we get $P_{\omega}G_{\omega}(z) \equiv 0$, $z \in G^+$. Since P_{ω} is the orthogonal projection of L_{ω}^2 to its harmonic subspace h_{ω}^2 , we conclude that

$$(P_{\omega}U, G_{\omega})_{\omega} = (P_{\omega}u, G_{\omega})_{\omega} = (P_{\omega}^*u, G_{\omega})_{\omega} = (u, P_{\omega}G_{\omega})_{\omega} = 0.$$

At last, if u is a function of h_ω^2 and a Green type potential $G_\omega \in L^1 \cap L^2$ and satisfies (1.1) with $p = 2$, then by Theorem 2.1

$$(u, G_\omega)_\omega = (P_\omega u, G_\omega)_\omega = (P_\omega^* u, G_\omega)_\omega = (u, P_\omega G_\omega)_\omega = 0.$$

The work is done within the frames of University of Antioquia CIEN Project 2016-11126.

Institute of Mathematics, Faculty of Exact and Natural Sciences,
University of Antioquia, Cl. 67, No. 53-108, Medellin, Columbia
e-mail: armen_jerbashian@yahoo.com, dafavar_754@hotmail.com

A. M. Jerbashian, D. Vergas

Orthogonal Decomposition in Omega-Weighted Classes of Functions Subharmonic in the Half-Plane

The paper gives a harmonic, ω -weighted, half-plane analog of W. Wirtinger's projection theorem and its $(1-r)^\alpha$ -weighted extension by M. Djrbashian, also an orthogonal decomposition is obtained for some ω -weighted classes of functions subharmonic in half plane.

Ա. Մ. Զրբաշյան, Դ. Վարգաս

Օրթոգոնալ վերլուծում կիսահարթությունում սուբհարմոնիկ ֆունկցիաների օմեգա-կշռային դասերում

Տրված է Վ. Վիրտինգերի պրոեկցիոն թեորեմի ու դրա համար Մ. Մ. Զրբաշյանի գտած $(1-r)^\alpha$ -կշռային ընդլայնման հարմոնիկ համանմանը կիսահարթության մեջ, ինչպես նաև օրթոգոնալ վերլուծություն կիսահարթությունում սուբհարմոնիկ որոշ ω -կշռային դասերում:

А. М. Джрбашян, Д. Варгас

Ортогональное разложение в омега-весовых классах функций, субгармонических в полуплоскости

Дан гармонический, ω -весовой, полуплоскостной аналог проекционной теоремы В. Виртингера и ее $(1-r)^\alpha$ -весового расширения, найденного М. М. Джрбашяном. Установлено также ортогональное разложение в некоторых ω -весовых классах функций, субгармонических в полуплоскости.

References

1. Wirtinger W. – Minatshefte fur Math. und Phys. 1932. V. 39.
2. Josep W. - Interpolation and approximation by rational functions in the complex domain, Ann Arbor, Michigan, Amer. Math. Soc. Coll. Publ. XX. Edwards Brothers, Inc. 1956.
3. Djrbashian M. - Soobsch. Inst. Matem. I Mekh. Akad. Naud. Nauk Arm SSR. 1948. V. 2.
4. Jerbashian A. - In Operator Theory: Advances and Applications. 190. Basel/Switzerland. Burkhauser Verlag. 2009. P. 335-340.
5. Jerbashian A., Jerbashian V, A. - Calculation Methods and Functions Theory (CMFT). 2007, V. 7. N. 2.
6. Koosis P. - Introduction to H_p Spaces. Cambridge University press. 1998.
7. Jerbashian A. - Functions of α -Bounded Type in Half-Plane. Advances in complex analysis and applications. Springer. 2005.
8. Jerbashian A. In Operator Theory: Advances and Applications. 158. Basel/Switzerland. Burkhauser Verlag. 2005. P. 141-158.

APPLIED MATHEMATICS

УДК 512.62; 519.7

V. P. Gabrielyan

Linearized Coverings for Sets of Special Solutions of One Cubic Equation over a Finite Field

(Submitted by academician Yu. H. Shoukourian 26/II 2018)

Keywords: *finite field, coset of linear subspace, linearized covering, complexity of the linearized covering.*

1. Introduction. Throughout this paper F_q stands for a finite field with q elements [1] (q - power of a prime number), and F_q^n for a n -dimensional linear space over F_q : $F_q^n \equiv \{\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) | \alpha_i \in F_q, i = 1, 2, \dots, n\}$. If L is a linear subspace in F_q^n and $\alpha \in F_q^n$, then the set $\alpha + L = \{\alpha + x | x \in L\}$ is a *coset* (or translate) of the subspace L and $\dim(\alpha + L)$ coincides with $\dim L$. An equivalent definition: a subset $H \subseteq F_q^n$ is a coset if whenever $h_1, h_2, \dots, h_m$ are in H , so is any affine combination of them, i.e., $\sum_{i=1}^m h_i \lambda_i \in H$ for any $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ in F_q such that $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$. It can be readily verified that any m -dimensional coset in F_q^n can be represented as a set of solutions of a certain system of linear equations over F_q of rank $n - m$ and vice versa.

Definition 1. Let M be a subset in F_q^n and $H_1, H_2, \dots, H_m \subseteq M$ be cosets of linear subspaces in F_q^n . If $M = \sum_{i=1}^m H_i$ then we say that $\{H_1, H_2, \dots, H_m\}$ is a linearized covering of M of complexity (or length) m . The linearized covering of M with minimal length is the **shortest** linearized covering of M .

The problem of the shortest (minimal) linearized covering of the set of solutions of a polynomial equation over a finite field was first investigated in [2, 3] for a simple field F_2 , and the theory of linearized disjunctive normal forms was introduced. Some metric characteristics of the linearized coverings of subsets of a finite field were investigated in [4, 5]. The problem of a linearized covering of symmetric subsets of a finite field was solved in [6], and for the sets

of solutions of quadratic and some higher-degree equations over a finite field was solved in [7-12].

Main theorem. For given $b \in F_q$ and $n \geq 1$ consider an equation

$$x_1 x_2 x_3 + x_2 x_3 x_4 + \dots + x_{3n} x_1 x_2 + x_1 x_2 x_5 + x_4 x_6 x_8 + \dots + x_{3n-2} x_{3n} x_2 = b \quad (1)$$

over F_q . The set of solutions of (1) we denote by M . It is clear that $M \subseteq F_q^{3n}$.

We rewrite equation (1) in the following form:

$$(x_1 + x_4)(x_2 + x_5)x_3 + (x_4 + x_7)(x_5 + x_8)x_6 + \dots + (x_{3n-2} + x_1)(x_{3n-1} + x_2)x_{3n} = b \quad (2)$$

If $n \equiv 0 \pmod{2}$ or $q \equiv 0 \pmod{2}$ then

$$x_{3n-2} + x_1 = \sum_{i=1}^{n-1} (-1)^{i-1} (x_{3i-2} + x_{3i+1}) \quad \text{and} \quad x_{3n-1} + x_2 = \sum_{i=1}^{n-1} (-1)^{i-1} (x_{3i-1} + x_{3i+2})$$

and equation (2) can be rewritten in the form

$$(x_1 + x_4)(x_2 + x_5)x_3 + (x_4 + x_7)(x_5 + x_8)x_6 + \dots + (x_{3n-5} + x_{3n-2})(x_{3n-4} + x_{3n-1})x_{3(n-1)} + \\ + \left[\sum_{i=1}^{n-1} (-1)^{i-1} (x_{3i-2} + x_{3i+1}) \right] \left[\sum_{i=1}^{n-1} (-1)^{i-1} (x_{3i-1} + x_{3i+2}) \right] x_{3n} = b. \quad (3)$$

For any vector $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{3n}) \in F_q^{3n}$, when $n \equiv 1 \pmod{2}$ and $q \equiv 1 \pmod{2}$, we construct a new vector

$$\tilde{\alpha} = ((\alpha_1 + \alpha_4)(\alpha_2 + \alpha_5), (\alpha_4 + \alpha_7)(\alpha_5 + \alpha_8), \dots, (\alpha_{3n-2} + \alpha_1)(\alpha_{3n-1} + \alpha_2)) \in F_q^n,$$

and when $n \equiv 0 \pmod{2}$ or $q \equiv 0 \pmod{2}$, we construct a vector

$$\tilde{\alpha} = ((\alpha_1 + \alpha_4)(\alpha_2 + \alpha_5), (\alpha_4 + \alpha_7)(\alpha_5 + \alpha_8), \dots, (\alpha_{3n-5} + \alpha_{3n-2})(\alpha_{3n-4} + \alpha_{3n-1})) \in F_q^{n-1}.$$

Further everywhere $z(\gamma)$ denotes the number of zero coordinates of the vector

$\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_m) \in F_q^m$. Moreover, for any $s \in \{0, 1, \dots, n\}$ we have the set

$$M_s = \{ \alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{3n}) \in M \mid z(\tilde{\alpha}) = s \}.$$

It should be noted that for $n \equiv 0 \pmod{2}$ or $q \equiv 0 \pmod{2}$ the set M_n does not exist. It is clear that $M_s \cap M_t = \emptyset \Leftrightarrow s \neq t$ and

$$M = \bigcup_s M_s.$$

We denote by $E_q(n, s)$ the minimal complexity of the linearized covering of the set M_s , and by $E_q(n)$ we denote the complexity of the shortest covering of M by cosets that are entirely contained in one of the sets $M_s, s = 0, 1, \dots, n$.

Our goal is to evaluate the values of $E_q(n, s)$ and $E_q(n)$.

Theorem 1. When $n \equiv 1 \pmod{2}$ and $q \equiv 1 \pmod{2}$ then

$$E_q(n, s) \leq \begin{cases} C_n^s (q-1)^{2(n-s)} 2^s, & \text{if } s < n, \\ 2^n, & \text{if } s = n \end{cases},$$

$$E_q(n, s) \geq \begin{cases} C_n^s (q-1)^{2(n-s)} \left(2 - \frac{1}{q}\right)^s, & \text{if } s < n \text{ and } b \neq 0 \\ \frac{1}{q} C_n^s (q-1)^{2(n-s)} \left(2 - \frac{1}{q}\right)^s, & \text{if } s < n \text{ and } b = 0, \\ \left(2 - \frac{1}{q}\right)^s, & \text{if } s = n \text{ and } b = 0 \end{cases}$$

$$E_q(n) \leq \begin{cases} \left[(q-1)^2 + 2\right]^n - 2^n, & \text{if } b \neq 0 \\ \left[(q-1)^2 + 2\right]^n, & \text{if } b = 0 \end{cases}$$

$$E_q(n) \geq \begin{cases} \left[(q-1)^2 + \left(2 - \frac{1}{q}\right)\right]^n - \left(2 - \frac{1}{q}\right)^n, & \text{if } b \neq 0 \\ \frac{1}{q} \left[(q-1)^2 + \left(2 - \frac{1}{q}\right)\right]^n + \frac{q-1}{q} \left(2 - \frac{1}{q}\right)^n, & \text{if } b = 0 \end{cases}.$$

Theorem 2. When $n \equiv 0 \pmod{2}$ or $q \equiv 0 \pmod{2}$ then

$$E_q(n, s) \leq \begin{cases} (q-1)^{2(n-1)}, & \text{if } s = 0 \\ C_{n-1}^s (2^s - 2)(q-1)^{2(n-s)} q^{-1} + o(q^{2(n-s)-1}), & \text{if } 0 < s < n-1 \\ (q-1)^2 (2^s - 2), & \text{if } s = n-1 \text{ and } b \neq 0 \\ (q^2 - 2q + 3)(2^s - 2) + 2, & \text{if } s = n-1 \text{ and } b = 0 \end{cases},$$

$$E_q(n, s) \geq \begin{cases} C_{n-1}^s (q-1)^{2(n-s-1)} \left(2 - \frac{1}{q}\right)^s, & \text{if } 0 \leq s < n-1 \text{ and } b = 0 \\ \frac{1}{q} C_{n-1}^s (q-1)^{2(n-s-1)} \left(2 - \frac{1}{q}\right)^s, & \text{if } 0 \leq s < n-1 \text{ and } b \neq 0 \\ \left(1 - \frac{1}{q}\right)^2 \left[\left(2 - \frac{1}{q}\right)^s - 2\left(1 - \frac{1}{q}\right)^s + \frac{(-1)^s}{q^s}\right], & \text{if } s = n-1 \text{ and } b \neq 0 \\ \frac{1}{q} \left(3 - \frac{3}{q} + \frac{1}{q^2}\right) \left(2 - \frac{1}{q}\right)^s + 2\left(1 - \frac{1}{q}\right)^s - \left(1 - \frac{1}{q}\right)^3 \left(-\frac{1}{q}\right)^s, & \text{if } s = n-1 \text{ and } b = 0 \end{cases}$$

$$E_q(n) \leq (q-1)^{2(n-1)} + o(q^{2(n-1)}),$$

$$E_q(n) \geq \begin{cases} (q-1)^{2(n-1)} + o(q^{2(n-1)}), & \text{if } b \neq 0 \\ \frac{1}{q} (q-1)^{2(n-1)} + o(q^{2(n-1)-1}), & \text{if } b = 0 \end{cases}.$$

Yerevan State University
e-mail: var.gabrielyan@ysu.am

V. P. Gabrielyan

**Linearized Coverings for Sets of Special Solutions of
of One Cubic Equation over a Finite Field**

The complexity of linearized covering is estimated for the set of special solutions of one cubic equation over an arbitrary finite field.

Վ. Պ. Գաբրիելյան

**Վերջավոր դաշտի վրա մեկ խորանարդային հավասարման հատուկ
լուծումների բազմությունների գծայնացված ծածկույթները**

Գծայնացված ծածկույթների բարդությունը գնահատված է կամայական վերջավոր դաշտի վրա մեկ խորանարդային հավասարման հատուկ լուծումների բազմությունների համար:

В. П. Габриелян

**Линеаризованные покрытия для множеств специальных решений
одного кубического уравнения над конечным полем**

Оценивается сложность линеаризованного покрытия для множеств специальных решений одного кубического уравнения над произвольным конечным полем.

References

1. Лидл Р., Нидеррайтер Г. Конечные поля. В 2-х т. М. Мир. 1988. Т. 1, 430 с.; Т. 2. 390 с.
2. Алексанян А. А. – ДАН СССР. 1989. Т. 304. № 4.
3. Алексанян А. А. Дизъюнктивные нормальные формы над линейными функциями. Теория и приложения. Ереван. Изд. ЕГУ. 1990.
4. Габриелян В. О метрических характеристиках, связанных с покрытиями подмножеств конечных полей смежными классами линейных подпространств. Препринт 04-0603. Ин-т проблем информатики и автоматизации НАН РА. Ереван. 2004.
5. Nurijanyan H. K. – RNAS RA. 2010. V. 110. № 1. P. 30-34
6. Alexanian A., Gabrielyan V. In: Algebra, Geometry & Their Applications. Seminar Proceedings. 2004. V. 3-4. Yerevan State University. P. 110-124.
7. Алексанян А. А., Серобын Р. К. – ДАН Армении. 1992. Т. 93. №1.
8. Aleksanyan A., Papikyan M. – The Electronic Journal of Combinatorics. 2001. V. 8. R 22. P. 1-9.
9. Габриелян В. О сложности покрытия системой смежных классов одного уравнения над конечным полем. Препринт 04-0602. Ин-т проблем информатики и автоматизации НАН РА. Ереван. 2004.
10. Габриелян В. П. – ДНАН РА. 2006. Т.106. № 2. С. 101-107.
11. Габриелян В. П. – ДНАН РА. 2010. Т. 110. № 3. С. 220-227.
12. Alexanian A. A., Minasyan A. V. – RNAS RA. 2017. V. 117. № 4. P. 287-291.

МЕХАНИКА

УДК 539.3

Академик С. А. Амбарцумян, М. В. Белубекян

Локализованные планарные колебания упругой
 прямоугольной пластинки с учетом микровращений

(Представлено 19/II 2018)

Ключевые слова: *прямоугольная пластинка, локализованные колебания, модель Коссера.*

Существование и свойства локализованных колебаний в зависимости от упругих свойств материала обычно исследуются на основе решения задачи для полубесконечной пластинки или пластинки-полосы [1-3]. В реальности появление локализованных колебаний в окрестности свободного края зависит от относительных размеров прямоугольной пластинки [4].

В настоящей статье устанавливаются условия появления локализованных планарных колебаний (или волн типа Рэлея) для упругой прямоугольной тонкой пластинки с учетом внутренних микровращений на основе упрощенной модели Коссера [5].

1. В прямоугольной декартовой системе координат (x, y, z) упругая изотропная пластинка занимает область $0 \leq x \leq a$, $0 \leq y \leq b$, $-h \leq z \leq h$. Относительно уравнений теории упругости с учетом внутреннего вращения по упрощенной модели теории Коссера применяются допущения гипотезы Кирхгофа [5, 6]. Как показано [5], в этом случае задачи обобщенного плоского напряженного состояния и изгиба отделяются друг от друга. При этом уравнения планарных колебаний пластинки получаются в виде

$$\begin{aligned} \Delta u + \theta_1 \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) &= \frac{1}{C_t^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left[u - \gamma \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right], \\ \Delta v + \theta_1 \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) &= \frac{1}{C_t^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left[v + \gamma \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right], \end{aligned} \quad (1.1)$$

где u, v – планарные перемещения срединной поверхности пластинки

$$C_t^2 = \frac{\mu}{\rho}, \quad \theta_1 = \frac{1+\nu}{1-\nu}, \quad \gamma = \frac{J}{\rho}, \quad (1.2)$$

μ – модуль сдвига, ν – коэффициент Пуассона, ρ – плотность материала пластинки, J – коэффициент, характеризующий инерцию вращения части-

цы, Δ – двумерный оператор Лапласа. При выводе уравнений (1.1) использованы следующие выражения для усилий:

$$\begin{aligned} T_1 &= C \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \nu \frac{\partial v}{\partial y} \right), T_2 = C \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \nu \frac{\partial u}{\partial x} \right), \\ S_{21} &= \frac{1-\nu}{2} C \left[\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \chi^2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right], \\ S_{12} &= \frac{1-\nu}{2} C \left[\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} - \chi^2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right]. \end{aligned} \quad (1.3)$$

Здесь приняты новые обозначения:

$$C = \frac{2Eh}{1-\nu^2}, \quad \chi^2 = \frac{J}{\mu}, \quad (1.4)$$

где E – модуль Юнга, C – жесткость пластины на растяжение (сжатие). В (1.1), (1.3) члены с коэффициентами γ, χ^2 обусловлены учетом внутренних микровращений частиц.

С помощью преобразования Ламе [7]

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (1.5)$$

система уравнений (1.1) приводится к виду

$$\begin{aligned} C_e^2 \Delta \varphi &= \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}, \quad C_e^2 = \frac{E}{(1-\nu^2)\rho}, \\ C_i^2 \Delta \psi + \gamma \frac{\partial^2}{\partial t^2} \Delta \psi &= \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}. \end{aligned} \quad (1.6)$$

Из (1.6) следует, что, как и в классической теории пластины, планарные волны разделяются на продольные и поперечные. Микровращения влияют только на поперечные (сдвиговые) волны.

2. На основе приведенных уравнений и соотношений будут рассмотрены задачи колебаний прямоугольной пластинки с условиями Навье на двух противоположных сторонах $y = 0, b$, со свободным краем при $x = 0$ и с различными вариантами граничных условий на четвертой кромке $x = a$.

Условия Навье

$$u = 0, \quad T_2 = 0 \quad \text{при } y = 0, b \quad (2.1)$$

относительно функций φ и ψ согласно (1.3) и (1.5) приводятся к виду

$$\varphi = 0, \quad \frac{\partial \psi}{\partial y} = 0 \quad \text{при } y = 0, b. \quad (2.2)$$

Решения уравнений (1.6), удовлетворяющих граничным условиям (2.2), представляются следующим образом:

$$\varphi = e^{i\omega t} \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n(x) \sin \lambda_n y, \quad \psi = e^{i\omega t} \sum_{n=1}^{\infty} \psi_n(x) \cos \lambda_n y, \quad \lambda_n = \frac{n\pi}{b}. \quad (2.3)$$

Подстановка (2.3) в уравнение (1.6) приводит к обыкновенным дифференциальным уравнениям относительно функций φ_n, ψ_n , для которых общие решения имеют вид

$$\begin{aligned}\varphi_n &= A_n sh \lambda_n p_1 x + B_n ch \lambda_n p_1 x, \\ \psi_n &= C_n sh \lambda_n p_2 x + D_n ch \lambda_n p_2 x,\end{aligned}\quad (2.4)$$

где

$$p_1 = \sqrt{1 - \theta \eta}, \quad p_2 = \sqrt{1 - (1 - \gamma \lambda_n^2 \eta)^{-1} \eta}, \quad \theta = \frac{1 - \nu}{2}. \quad (2.5)$$

Предполагается, что кромка пластины $x = 0$ свободна, т.е.

$$T_1 = 0, \quad S_{12} = 0 \quad \text{при} \quad x = 0. \quad (2.6)$$

Условия (2.6) после применения преобразования (1.7) принимают вид

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + (1 - \nu) \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial y} &= 0, \\ 2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \chi^2 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \Delta \psi &= 0.\end{aligned}\quad (2.7)$$

Требование, чтобы решение (2.3) с учетом (2.4) удовлетворяло граничным условиям (2.7), приводит к системе алгебраических уравнений относительно произвольных постоянных

$$\begin{aligned}(p_1^2 - \nu) B_n - (1 - \nu) p_2 C_n &= 0, \\ 2 p_1 A_n - \left[1 + p_2^2 + \gamma \lambda_n^2 \eta (1 - p_2^2) \right] D_n &= 0.\end{aligned}\quad (2.8)$$

Для края пластин $x = a$ прежде всего рассматриваются граничные условия закрепленного края

$$u = v = 0 \quad \text{при} \quad x = 0. \quad (2.9)$$

После удовлетворения граничным условиям (2.9) получается вторая система уравнений относительно произвольных постоянных

$$\begin{aligned}p_1 (A_n ch \lambda_n p_1 a + B_n sh \lambda_n p_1 a) - C_n sh \lambda_n p_2 a - D_n ch \lambda_n p_2 a &= 0, \\ A_n sh \lambda_n p_1 a + B_n ch \lambda_n p_1 a - p_2 (C_n ch \lambda_n p_2 a + D_n sh \lambda_n p_2 a) &= 0.\end{aligned}\quad (2.10)$$

Уравнения (2.8) и (2.10) составляют полную систему однородных уравнений относительно произвольных постоянных A_n, B_n, C_n, D_n . Условие равенства нулю детерминанта этой системы после некоторых преобразований приводится к виду

$$\begin{aligned}\frac{(1 - \nu) p_2}{2(p_1^2 - \nu)} \left[1 + p_2^2 + \gamma \lambda_n^2 \eta (1 - p_2^2) \right] + p_2 - \\ - p_2 \left[\frac{1 + p_2^2 + \gamma \lambda_n^2 \eta (1 - p_2^2)}{2} + \frac{1 - \nu}{p_1^2 - \nu} \right] ch \lambda_n p_1 a ch \lambda_n p_2 a + \\ + \left[\frac{(1 - \nu) p_2^2}{p_1^2 - \nu} p_1 + \frac{1 + p_2^2 + \gamma \lambda_n^2 \eta (1 - p_2^2)}{2 p_1} \right] sh \lambda_n p_1 a sh \lambda_n p_2 a = 0.\end{aligned}\quad (2.11)$$

Для приведенной задачи условие существования локализованных колебаний в окрестности свободного края (или волн типа Рэлея) будет

$$0 < \eta < (1 + \gamma \lambda_n^2)^{-1}. \quad (2.12)$$

При условии (2.12) из уравнения (2.11) в пределе $a \rightarrow \infty$ ($th \lambda_n p_k a \approx 1$) получается

$$(1 - p_1 p_2) \left[1 + p_2^2 + \gamma \lambda_n^2 \eta (1 - p_2^2) - \frac{2(1 - \nu) p_1 p_2}{p_1^2 - \nu} \right] = 0. \quad (2.13)$$

Учитывая, что $p_1 p_2 \neq 1$, из (2.13) получается уравнение, определяющее безразмерный параметр квадрата частоты η

$$R(\eta) \equiv (2 - \eta)^2 - 4 p_1 p_2 + \gamma \lambda_n^2 \eta (2 - \eta) (1 - p_2^2) = 0. \quad (2.14)$$

В частном случае неучета внутреннего вращения ($\gamma = 0$) (2.14) сводится к уравнению Рэлея [7]. Нетрудно показать, что уравнение (2.14) всегда имеет решение, удовлетворяющее условию существования локализованных колебаний (2.12).

Таким образом, для большего удаления от свободного края ($a \rightarrow \infty$) или для большей глубины аналогично задаче Рэлея имеет место локализация колебаний. Естественно поставить вопрос – с какого удаления (глубины) появляются эти колебания. Или же при каких условиях относительно размера a (или $\lambda_1 a$) уравнение (2.11) имеет решение, удовлетворяющее условию (2.12).

Уравнение (2.11) имеет корень $\eta = (1 + \gamma \lambda_n^2)^{-1}$ ($p_2 = 0$). Разделив уравнение (2.11) на p_2 и переходя к пределу $p_2 \rightarrow 0$, получим уравнение, определяющее появление локализованных колебаний [4]

$$4(1 + \gamma \lambda_1^2)^2 - (5 + 10\gamma \lambda_n^2 + 16\gamma^2 \lambda_1^4) ch \alpha \lambda_1 a + \\ + \alpha^{-1} \lambda_1 a (1 + 2\gamma \lambda_1^2) sh \alpha \lambda_1 a = 0, \quad (2.15)$$

где

$$\alpha = \sqrt{\frac{1 + \nu + 2\gamma \lambda_n^2}{2(1 + \gamma \lambda_n^2)}}. \quad (2.16)$$

Уравнение (2.15) определяет $\lambda_1 a$ (или точнее размер a), начиная с которого (2.11) имеет решение, удовлетворяющее условию затухания (2.12).

Если иметь в виду, что решением уравнения (2.15) являются достаточно большие $\lambda_1 a$, то в приближении $th \alpha \lambda_1 a \approx 1$ получается условие

$$\lambda_1 a > \frac{5 + 10\gamma \lambda_n^2 + 16\gamma^2 \lambda_1^4}{1 + 2\gamma \lambda_1^2} \alpha. \quad (2.17)$$

Отсюда в случае отсутствия микровращений ($\gamma = 0$) получается простая формула для задачи типа Рэлея [4].

$$\lambda_1 a > 5\sqrt{\frac{1+\nu}{2}}. \quad (2.18)$$

Институт механики НАН РА

Академик С. А. Амбарцумян, М. В. Белубекян

Локализованные планарные колебания упругой прямоугольной пластинки с учетом микровращений

Рассматривается задача планарных колебаний прямоугольной пластинки с учетом внутренних микровращений на основе упрощенной модели Коссера. Исследуются колебания, локализованные в окрестности свободного края пластинки. Установлены условия появления локализованных колебаний в зависимости от относительных размеров пластинки и учета микровращений.

Ակադեմիկոս Ս. Ա. Համբարձումյան, Մ. Վ. Բելուբեկյան

Ստաձգական ուղղանկյուն սալի տեղայնացված պլանար տատանումները միկրոպտույտների հաշվառմամբ

Դիտարկված է ուղղանկյուն սալի պլանար տատանումների խնդիրը՝ հաշվի առնելով ներքին միկրոպտույտները Կոսսերի պարզեցված մոդելի հիման վրա: Հետազոտված են ազատ եզրի շրջակայքում տեղայնացված տատանումները: Հաստատված են տեղայնացված տատանումների առաջացման պայմաններ՝ կախված սալի հարաբերական հաստության չափերից և միկրոպտույտների հաշվառումից:

Academician S. A. Ambartsumian, M. V. Belubekyan

The Localized Planar Vibration of the Rectangular Plate with an Account of the Microrotation

The problem of the rectangular plate planar vibration with the account of the inner microrotation on the base of the Cosserat reduced model is considered. The localized vibration in the neighbourhood of the plate free edge is investigated. The conditions of the localized vibration exists in the dependence of the plate relative size and an account of the microrotation is established.

Литература

1. *Коненков Ю. К.* – Акуст. журнал. 1960. Т. 6. № 1. С. 124-126.
2. *Амбарцумян С. А., Белубекян М. В.* – Прикладная механика. НАН Украины. 1994. Т. 30. №2. С.63-68.
3. *Lawrie J.B., Kaplunov J.* – Mathematics and Mechnics of Solids. 2012. V. 17. №1. P. 4-16.

4. *Belubekyan M.V.* – Proc. of the Yerevan State Univ. (Phys. and Math. Science) 2017. V. 51. №1. P. 42-45.
5. *Амбарцумян С.А., Белубекян М.В.* – Изв. ЕГУАС. 2008. Т. 3. №1. С. 25-29.
6. *Амбарцумян С.А., Белубекян М.В., Аветисян А.С.* (ред.) Прикладная микрополярная разномодульная теория оболочек и пластин. Palmarium Academic Publishing, 2016. 194 с.
7. *Новацкий В.* Теория упругости. М. Мир. 1975. 372 с.

МЕХАНИКА

УДК 539.3

К. А. Жамакочян, член-корреспондент НАН РА С. О. Саркисян

Математическая модель микрополярных упругих тонких стержней со стесненным вращением и метод конечных элементов

(Представлено 16/III 2018)

Ключевые слова: *математическая модель, микрополярный упругий тонкий стержень, метод конечных элементов.*

Введение. Вопрос о математическом моделировании какого-либо объекта [1] порождает четкий план действий. Его можно условно разбить на три этапа: модель – алгоритм – программа.

Данная работа относится к математическому моделированию изгибной деформации упругого тонкого стержня в постановке моментной теории упругости со стесненным вращением, с учетом поперечных сдвиговых деформаций, и развитию метода конечных элементов для решения прикладных задач в этой области.

В первой части работы развивается уже разработанный подход [2-4], и исходя из уравнений плоской задачи моментной теории упругости со стесненным вращением [5] построена прикладная модель изгибной деформации тонкого стержня с выводом формулы для плотности потенциальной энергии деформации.

Среди численных методов особую популярность в настоящее время приобрел метод конечных элементов (МКЭ), который тесно связан с персональным компьютером и вполне ему соответствует. Для МКЭ в форме перемещений основным функционалом является полная потенциальная энергия системы [6, 7].

Для решения конкретных задач об определении напряженно-деформированного состояния изгибной деформации микрополярных упругих тонких стержней со стесненным вращением нами разработан МКЭ, который реализуется на персональном компьютере.

1. Постановка задачи. Рассмотрим изотропный микрополярно-упругий параллелепипед постоянной высоты $2h$, длины a и толщины $2h_1 = 1$. Координатную плоскость x_1, x_3 разместим в срединной плоскости паралле-

лепипеда. Ось x_3 направим по высоте, а ось x_1 – по длине параллелепипеда, которая делит высоту $2h$ пополам. Предположим, что в направлении оси x_2 осуществлено обобщенное плоское напряженное состояние. Основные уравнения обобщенного плоского напряженного состояния микрополярной теории упругости со стесненным вращением приведены в работе [5].

Нашей целью является построение прикладной (одномерной) модели изгибной деформации тонкого стержня с учетом поперечных сдвиговых деформаций, принимая за основу уравнения двумерной теории обобщенного плоского напряженного состояния микрополярной упругости со стесненным вращением с применением уже разработанного подхода [2-4].

Описание закона изменения перемещений и поворота по толщине стержня принимаем линейным [2]:

$$V_3 = w(x_1), \quad V_1 = x_3 \psi_1(x_1), \quad \omega_2 = \Omega_2(x_1), \quad (1.1)$$

В работах [2-4] кинематическая гипотеза (1.1) названа обобщенной на микрополярный случай гипотезой Тимошенко (т.к. формулы для перемещений в (1.1) совпадают с формулами кинематической гипотезы Тимошенко [8] в классической теории упругости).

В микрополярной теории упругости со стесненным вращением поворота частиц тела выражаются через перемещения так, как в классической теории упругости $\left(\bar{\omega} = \frac{1}{2} \text{rot} \vec{V} \right)$, так что в данном случае будем иметь

$$\omega_2 = \Omega_2(x_1) = \frac{1}{2} \left(\psi_1 - \frac{dw}{dx_1} \right). \quad (1.2)$$

Кроме кинематической гипотезы (1.1) для приведения двумерной задачи к одномерной в работе [2] разработаны и статические гипотезы.

На основе этих гипотез из указанной выше двумерной теории приходим к одномерной модели (прикладной модели) изгибной деформации микрополярных упругих тонких стержней со стесненным вращением, определяющие уравнения которой имеют вид:

уравнения равновесия (движения)

$$\begin{aligned} \frac{\partial N_{13}}{\partial x_1} &= -2q(2\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}), \quad \frac{\partial M_{11}}{\partial x_1} - N_{31} = -h \cdot 2q_1 \left(\frac{2\rho h^3}{3} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial t^2} \right), \\ \frac{\partial L_{12}}{\partial x_1} + N_{31} - N_{13} &= -2m_3(2Jh \frac{\partial^2 \Omega_2}{\partial t^2}); \end{aligned} \quad (1.3)$$

соотношения упругости

$$\begin{aligned} N_{13} + N_{31} &= 4h\mu\Gamma_{13}, \\ M_{11} &= \frac{2Eh^3}{3} K_{11}, \quad L_{12} = 2Bhk_{12}; \end{aligned} \quad (1.4)$$

геометрические соотношения

$$\begin{aligned}\Gamma_{13} &= \frac{\partial w}{\partial x_1} + \psi_1, \\ K_{11} &= \frac{\partial \psi_1}{\partial x_1}, \quad k_{12} = \frac{\partial \Omega_2}{\partial x_1}, \quad \Omega_2 = \frac{1}{2} \left(\psi_1 - \frac{\partial w}{\partial x_1} \right).\end{aligned}\quad (1.5)$$

Здесь N_{13}, N_{31} – усредненные по толщине стержня усилия; M_{11}, L_{12} – усредненные моменты от силового напряжения σ_{11} и моментного напряжения μ_{12} по толщине стержня; Γ_{13} – сдвиговая деформация; K_{11} – изгибание оси стержня (связанного с изгибающим моментом M_{11}), а k_{12} – изгибание оси стержня (связанного с изгибающим моментом L_{12}); $2q$ – интенсивность распределенной нагрузки, нормальной к оси стержня; $2q_1$ – интенсивность распределенной нагрузки, направленной параллельно к оси стержня; $2m_3$ – интенсивность распределенного внешнего момента; E и μ – классические модули упругости и сдвига материала стержня; B – новая упругая константа микрополярного материала стержня.

Граничные условия на торце стержня (на $x_1 = 0$ или $x_1 = a$) имеют вид:

$$\begin{aligned}M_{11} &= M_{11}^*, \text{ или } \psi_1 = \psi_1^*, \\ N_{13} &= N_{13}^*, \text{ или } w = w^*, \\ L_{12} &= L_{12}^*, \text{ или } \Omega_2 = \Omega_2^*.\end{aligned}\quad (1.6)$$

Общий вид функционала полной потенциальной энергии системы выражается так:

$$\begin{aligned}U &= \int_0^a (W - 2q_1 h \psi_1 - 2q w - 2m_3 \Omega_2) dx_1 - \\ &- \left((M_{11} \psi_1 + N_{13} w + L_{12} \Omega_2) \Big|_{x_1=a} - (M_{11} \psi_1 + N_{13} w + L_{12} \Omega_2) \Big|_{x_1=0} \right)\end{aligned}\quad (1.7)$$

где

$$W = E \frac{h^3}{3} K_{11}^2 + h \mu \Gamma_{13}^2 + B h k_{12}^2, \quad (1.8)$$

W – линейная плотность потенциальной энергии деформации микрополярного стержня при изгибе (Ω_2 выражается формулой (1.2)).

Минимизируя функционал (1.7), получим основные дифференциальные уравнения (1.3)-(1.5) и естественные граничные условия (1.6) для изгибной деформации микрополярной балки.

2. Матрица жесткости конечного элемента микрополярной балки.

Рассмотрим вывод матрицы жесткости конечного элемента микрополярной балки.

Выберем для прогиба w и полного поворота ψ_1 нормального элемента разложения в виде кубических полиномов:

$$\begin{aligned}w(x_1) &= a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_1^2 + a_3 x_1^3, \\ \psi_1(x_1) &= b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1^2 + b_3 x_1^3,\end{aligned}\quad (2.1)$$

здесь a_i, b_i – коэффициенты, которые выражаются через узловые перемещения и повороты. Узловые перемещения обозначим следующим образом:

$$\begin{aligned} w(0) &= \delta_1, \quad w'(0) = \delta_2, \quad \psi_1(0) = \delta_3, \quad \psi_1'(0) = \delta_4, \\ w(a) &= \delta_5, \quad w'(a) = \delta_6, \quad \psi_1(a) = \delta_7, \quad \psi_1'(a) = \delta_8. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Как видим, данный конечный элемент имеет восемь степеней свободы.

Подставив разложения (2.1) в (2.2), выразим коэффициенты a_i, b_i через узловые перемещения и повороты δ_k . Подставив a_i, b_i в (2.1), имеем для перемещения и поворотов аппроксимации:

$$\begin{aligned} w(x_1) &= \sum_{i=1,2,5,6} \delta_i N_i(x_1), \\ \psi_1(x_1) &= \sum_{i=3,4,7,8} \delta_i N_i(x_1), \end{aligned} \quad (2.3)$$

где $N_i(x)$ – функции формы элемента, которые имеют вид:

$$\begin{aligned} N_1 = N_3 &= 1 - \frac{3}{a^2} x_1^2 + \frac{2}{a^3} x_1^3, \quad N_2 = N_4 = x_1 - \frac{2}{a} x_1^2 + \frac{1}{a^2} x_1^3, \\ N_5 = N_7 &= \frac{3}{a^2} x_1^2 - \frac{2}{a^3} x_1^3, \quad N_6 = N_8 = -\frac{1}{a} x_1^2 + \frac{1}{a^2} x_1^3. \end{aligned} \quad (2.4)$$

Подставив (2.3) в функционал (1.7), после интегрирования получим функцию восьми независимых переменных $\delta_1, \dots, \delta_8$. Минимизация функционала (1.7) приводит к нахождению минимума функции восьми независимых переменных

$$\frac{\partial U}{\partial \delta_k} = 0 \quad (k = 1, 2, 3, \dots, 8).$$

Вычислив соответствующие частные производные, получим систему линейных алгебраических уравнений

$$[K] \cdot \{\delta\} = \{P\}. \quad (2.5)$$

Здесь K – матрица жесткости элемента размером 8×8 , представляющего собой важнейшее понятие метода конечных элементов; $\{\delta\}^T = \{\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6, \delta_7, \delta_8\}$ – вектор узловых перемещений и поворотов; $\{P\}^T$ – сосредоточенные узловые силы и моменты.

Ниже приведены выражения для элементов матрицы жесткости конечного элемента:

$$\begin{aligned} K_{11} &= -K_{15} = K_{55} = \frac{6h(5B + 2a^2\mu)}{5a^3}, \\ K_{12} &= K_{16} = -K_{25} = -K_{76} = \frac{3Bh}{a^2} + \frac{h\mu}{5}, \\ K_{13} &= K_{17} = -K_{35} = -K_{57} = -h\mu, \\ K_{14} &= -K_{18} = -K_{23} = K_{27} = K_{36} = -K_{45} = K_{58} = -K_{67} = \frac{Bh}{2a} - \frac{h\mu}{5}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K_{22} = K_{66} &= \frac{2Bh}{a} + \frac{4ah\mu}{15}, K_{24} = K_{68} = \frac{Bh}{4}, K_{26} = \frac{Bh}{a} - \frac{ha\mu}{15}, \\
K_{28} &= -K_{46} = -\frac{Bh}{4} + \frac{a^2h\mu}{30}, \\
K_{33} = K_{77} &= \frac{h(21B + 26a^2\mu + 28h^2E)}{35a}, \\
K_{34} = -K_{78} &= \frac{h(21B + 44a^2\mu + 28h^2E)}{420}, \\
K_{37} &= \frac{h(-21B + 9a^2\mu - 28h^2E)}{35a}, \\
K_{38} = -K_{47} &= \frac{h(21B - 26a^2\mu + 28h^2E)}{420}, \\
K_{44} = K_{88} &= \frac{ah(21B + 6a^2\mu + 28h^2E)}{315}, \\
K_{48} &= -\frac{ah(21B + 18a^2\mu + 28h^2E)}{1260}.
\end{aligned}$$

3. Модельный расчет микрополярных упругих стержней со сгесненным вращением для задачи статики. В качестве примера рассмотрим задачу изгиба стержня, когда вдоль оси x_1 приложена равномерно распределенная нагрузка интенсивности q (в этом случае $q_1 = 0, q \neq 0, m_3 = 0$) а концы стержня шарнирно-оперты. Для граничных условий шарнирного опирания имеем

$$w = 0, M_{11} = 0, L_{12} = 0, \text{ при } x_1 = 0; a. \quad (3.1)$$

Имея в виду (3.1), для функционала (1.7) будем иметь

$$U = \int_0^a (W - 2qw) dx_1.$$

После построения матрицы жесткости K и вектора эквивалентных узловых сил и моментов P с учетом граничных условий (3.1) составим систему линейных алгебраических уравнений (2.5), соответствующую рассматриваемой задаче при разных числах разбивания стержня на конечные элементы.

Рассмотрим случай, когда стержень разбит на два конечных элемента. Результат вычислений (максимальный прогиб) приведем для случая, когда физические постоянные имеют значения: $\mu = 0,75 \text{ МПа}, E = 191 \text{ МПа}, B = 1000 \text{ Н},$ нагрузка $q = 0,5 \cdot 10^3 \text{ Па},$ а геометрические размеры балки таковы: $a = 8 \text{ мм}, h = 0,2 \text{ мм}$ (приведем также результат по классической теории изгиба упругого тонкого стержня).

Как видно из табл. 1, учет микрополярности материала стержня приводит к повышению жесткости по сравнению с классическим случаем материала.

Таблица 1

Максимальные прогибы микрополярного и классического стержня

	Микрополярный стержень			Классический стержень			$\frac{w_{\max}^{кл} - w_{\max}^{мик}}{w_{\max}^{кл}}$
	Точное значение	Два конечных элемента	Четыре конечных элемента	Точное значение	Два конечных элемента	Четыре конечных элемента	
$w_{\max}^M$	$2.86 \cdot 10^{-8}$	$2.59 \cdot 10^{-8}$	$2.77 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-8}$	$3.62 \cdot 10^{-8}$	$3.86 \cdot 10^{-8}$	0.285

4. Динамическая задача микрополярного упругого стержня со стеснённым вращением. Приведем общий вид функционала полной механической энергии (сумма потенциальной энергии деформации и кинетической энергии) микрополярно-упругого стержня для изгибной деформации:

$$\tilde{U} = \int_0^a \left(W_0 + \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \cdot w + \frac{\rho h^3}{3} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial t^2} \cdot \psi_1 + Jh \frac{\partial^2 \Omega_2}{\partial t^2} \cdot \Omega_2 \right) dx_1. \quad (4.1)$$

Представим основные кинематические функции задачи при свободных колебаниях:

$$\begin{aligned} w(x_1, t) &= (a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_1^2 + a_3 x_1^3) \sin \omega t, \\ \psi(x_1, t) &= (b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1^2 + b_3 x_1^3) \sin \omega t, \end{aligned} \quad (4.2)$$

где ω частота собственных колебаний.

Подставляя (4.2) в (4.1), задачу минимизации функционала (4.1) приводим к нахождению минимума функции восьми независимых переменных $\left(\frac{\partial U}{\partial \delta_k} = 0, k = 1, 2, 3, \dots, 8 \right)$.

Вычислив соответствующие частные производные, приходим к матричному уравнению:

$$(K - \omega^2 M) \cdot \{\delta\} = 0, \quad (4.3)$$

где K – матрица жесткости конечного элемента, M – матрица масс конечного элемента.

Ниже приведены выражения для элементов матрицы массы конечного элемента:

$$\begin{aligned} M_{11} = M_{55} &= \frac{3hJ}{5a} + \frac{26ha\rho}{35}, \quad M_{12} = -M_{56} = \frac{hJ}{20} + \frac{11ha^2\rho}{105}, \\ M_{13} = M_{17} &= -M_{35} = -M_{57} = \frac{hJ}{4}, \\ M_{14} = -M_{18} &= -M_{23} = M_{27} = M_{36} = -M_{45} = M_{58} = -M_{67} = \frac{ahJ}{20}, \\ M_{15} &= -\frac{3hJ}{5a} + \frac{9}{35}ah\rho, \quad M_{16} = -M_{25} = \frac{h(21J - 26a^2\rho)}{420}, \end{aligned}$$

$$M_{22} = M_{66} = \frac{h(7aJ + 2a^3\rho)}{105}, M_{24} = M_{68} = 0$$

$$M_{26} = \frac{h(-14aJ - 12a^3\rho)}{840}, M_{28} = -M_{46} = -\frac{a^2hJ}{120},$$

$$M_{33} = M_{77} = \frac{13}{210}ah(3J + 4h^2\rho), M_{34} = -M_{78} = 11a^2h\left(\frac{J}{420} + \frac{h^2\rho}{315}\right),$$

$$M_{37} = \frac{3}{140}ah(3J + 4h^2\rho), M_{38} = -M_{47} = -\frac{13}{2520}a^2h(3J + 4h^2\rho),$$

$$M_{44} = M_{88} = \frac{ha^3J}{210} + \frac{2}{315}h^3a^3\rho, M_{48} = -\frac{3ha^3J}{840} - \frac{1}{210}h^3a^3\rho.$$

Для определения частот свободных колебаний составим уравнение

$$\left| K^{-1}M - \frac{1}{\omega^2}E \right| = 0.$$

Результат вычислений (когда стержень разбит на два конечных элемента) приведем для случая, когда физические постоянные стержня имеют значения предыдущей задачи, а $\rho = 7700 \text{ кг/м}^3$, $J = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}$.

Таблица 2

Наименьшая частота ω свободных колебаний

a (м)	h (м)	Микрополярный стержень, с ⁻¹		Классический стержень, с ⁻¹	
		Точное значение	Два конечных элемента	Точное значение	Два конечных элемента
$8 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,848 \cdot 10^5$	$0,849 \cdot 10^5$	$0,7181 \cdot 10^5$	$0,7184 \cdot 10^5$
10^{-7}	$0,5 \cdot 10^{-9}$	$0,1965 \cdot 10^{11}$	$0,1969 \cdot 10^{11}$	$0,1404 \cdot 10^{10}$	$0,1408 \cdot 10^{10}$
10^{-8}	$0,5 \cdot 10^{-10}$	$0,1965 \cdot 10^{12}$	$0,1969 \cdot 10^{12}$	$0,1404 \cdot 10^{11}$	$0,1408 \cdot 10^{11}$

Как видно из приведенных таблиц, учет микрополярности материала стержня приводит к повышению расчетной собственной частоты, а в области наноразмеров эти частоты находятся в терагерцевом диапазоне.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГКН МОН РА в рамках научного проекта № SCS 15T-2C138.

Ширакский государственный университет им. М. Налбандяна
e-mail: knarikzhamakochan@mail.ru, s_sargsyan@yahoo.com

К. А. Жамакочян, член-корреспондент НАН РА С. О. Саркисян

Математическая модель микрополярных упругих тонких стержней со стесненным вращением и метод конечных элементов

Принимаются гипотезы, адекватным образом заменяющие свойства асимптотического решения граничной задачи обобщенного плоского напряженного состояния микрополярной теории упругости со стесненным вращением в тонкой дву-

мерной области, на основе которых построена прикладная модель изгибной деформации тонких стержней. Разрабатывается соответствующий алгоритм метода конечных элементов для решения граничных задач статики и свободных колебаний изгибной деформации микрополярных упругих тонких стержней со стесненным вращением. На основе анализа полученных численных результатов устанавливаются некоторые эффективные свойства учета микрополярности материала по сравнению с классическим случаем.

Ք. Ա. Ժամակոչյան, ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Ս. Հ. Սարգսյան

Կաշկանդված պտույտներով միկրոպոլյար առաձգական բարակ ձողերի մաթեմատիկական մոդելը և վերջավոր էլեմենտների մեթոդը

Ընդունվում են վարկածներ, որոնք համարժեք փոխարինում են կաշկանդված պտույտներով միկրոպոլյար առաձգականության տեսության ընդհանրացված հարթ լարվածային վիճակի երկչափ բարակ տիրույթում եզրային խնդրի ասիմպտոտիկ լուծման հատկությունները, որոնց հիմքի վրա կառուցվում է բարակ ձողի ծոման դեֆորմացիայի կիրառական մոդելը: Միկրոպոլյար առաձգական կաշկանդված պտույտներով ձողերի ստատիկայի և ազատ տատանումների եզրային խնդիրների լուծման համար մշակվել է վերջավոր էլեմենտների մեթոդի համապատասխան ալգորիթմ: Ստացված թվային արդյունքների անալիզի հիման վրա հաստատվում են նյութի միկրոպոլյարության հաշվառման արդյունավետ յուրահատկությունները համեմատած դասական դեպքի հետ:

K. A. Zhamakochyan, corresponding-member of NAS RA S. H. Sargsyan

Mathematical Model of Micropolar Elastic Thin Beams with Constrained Rotations and the Finite Element Method

In this paper hypotheses are accepted, which adequately replace properties of asymptotic solution of boundary-value problem of plane stress state of micropolar theory of elasticity with constrained rotation in thin two-dimensional region. On the basis of them applied model of bending deformation of thin beams is constructed. The appropriate algorithm of the finite element method is developed for solving boundary problems of statics and free oscillations of bending deformation of micropolar elastic thin beams with constrained rotation. On the basis of the analysis of the numerical results effective properties of the micropolarity of the material are established compared to the classical case.

Литература

1. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. М. Физматлит. 2005. 320 с.
2. Sargsyan S. H. – Journal of Materials Science and Engineering. 2012. V. 2. №1. P. 98-108.
3. Саркисян С. О. – Прикладная механика и техническая физика. 2012. Т. 53. Вып. 2. С. 148-156.
4. Саркисян С. О. – Физическая мезомеханика. 2011. Т. 14. №1. С. 55-66.

5. *Nowacki W.* Theory of asymmetric elasticity. Oxford, etc. Pergamon-Press. 1986. 383 p.
6. *Трушин С. И.* Метод конечных элементов. Теория и задачи. М. Изд-во ассоциации строительных вузов. 2008. 256 с.
7. *Самогин Ю. Н., Хроматов В. Е., Чирков В. П.* Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов. М. Физматлит. 2012. 200 с.
8. *Тимошенко С. П.* Колебания в инженерном деле. М. Наука. 1967. 444 с.

I–II), впервые, по-видимому, детально исследованы в работе Вильямса еще в 1952 г. [1]

Представляя функцию напряжений Эри в виде

$$\Phi(r, \varphi) = r^{\lambda+1} [A \sin(\lambda+1)\varphi + B \cos(\lambda+1)\varphi + C \sin(\lambda-1)\varphi + D \cos(\lambda-1)\varphi], \quad (1)$$

где A, B, C, D – произвольные постоянные, λ – комплексный параметр, и удовлетворяя на сторонах сектора $\varphi=0$ и $\varphi=\alpha$ однородным граничным условиям, задачи о сингулярности напряжений сведены к исследованию корней соответствующих трансцендентных уравнений относительно комплексного параметра λ :4

$$(\sin \lambda \alpha + \lambda \sin \alpha)(\sin \lambda \alpha - \lambda \sin \alpha) = 0, \quad (\text{для случая I – I}), \quad (2)$$

$$(\sin \lambda \alpha + \lambda \sin \alpha/k)(\sin \lambda \alpha - \lambda \sin \alpha/k) = 0, \quad (\text{для случая II – II}), \quad (3)$$

$$\sin^2 \lambda \alpha + \lambda^2 \sin^2 \alpha/k + (\kappa+1)^2/4k = 0. \quad (\text{для случая I – II}). \quad (4)$$

Здесь $\kappa = (3-\nu)/(1+\nu)$, ν – коэффициент Пуассона.

Граничные условия на дуговой части контура сектора исключаются из рассмотрения, так как они не влияют на характер напряжений в окрестности вершины сектора.

Уравнения (2), (3), (4) при определенных конкретных значениях α, κ имеют бесконечное множество корней λ_n ($n = \pm 1, \pm 2, \dots$), которые могут быть пронумерованы по порядку возрастания их действительных частей.

Тогда функцию напряжений Эри можно представить в виде

$$\Phi(r, \varphi) = \sum_{n=1}^{\infty} r^{\lambda_n+1} F(\varphi, \lambda_n), \quad (5)$$

где исключены слагаемые, соответствующие корням с отрицательными действительными частями, поскольку напряжения

$$\sigma_r = \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi(r, \varphi)}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \Phi(r, \varphi)}{\partial \varphi^2}, \quad \sigma_\varphi = \frac{\partial^2 \Phi(r, \varphi)}{\partial r^2},$$

$$\tau_{r\varphi} = -\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \Phi(r, \varphi)}{\partial r \partial \varphi} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi(r, \varphi)}{\partial \varphi} \quad (6)$$

и соответствующие деформации, определяемые этими слагаемыми, соответствуют накоплению бесконечно большой энергии упругой деформации в малом объеме вблизи вершины сектора при ограниченной внешней нагрузке.

Напряжения вблизи вершины сектора, согласно (5), (6), примут вид

$$\sigma = r^{\lambda_1-1} \Psi(r, \varphi),$$

где λ_1 – корень с наименьшей положительной действительной частью, $\Psi(r, \varphi)$ – ограниченная и вообще не стремящаяся к нулю при $r \rightarrow 0$ функция.

Если $\operatorname{Re} \lambda_1 > 1$, в малой окрестности угловой точки имеет место нулевое напряженное состояние. Когда $\operatorname{Re} \lambda_1 < 1$, вблизи угловой точки напря-

жения будут обладать сингулярностью (стремиться к бесконечности) порядка $1 - \operatorname{Re} \lambda_1$. При $\operatorname{Re} \lambda_1 = 1$, напряжения у вершины сектора конечны и вообще отличны от нуля [5].

В той же работе [1] построены кривые зависимости $\operatorname{Re} \lambda_1$ от угла раствора сектора α : кривые I–I, II–II и I–II при $\nu = 0,3$ (рис.1), отсюда следует, что в задачах I–I и II–II предельный угол раствора клина α^* , больше которого напряжения имеют сингулярность, равен π , а в задаче I–II этот угол $\alpha^* \approx 63^\circ$ при $\nu = 0,3$. Максимальный порядок сингулярности напряжений возникает в последней задаче ($1 - \operatorname{Re} \lambda_1 = 0,75$), когда $\alpha = 2\pi$.

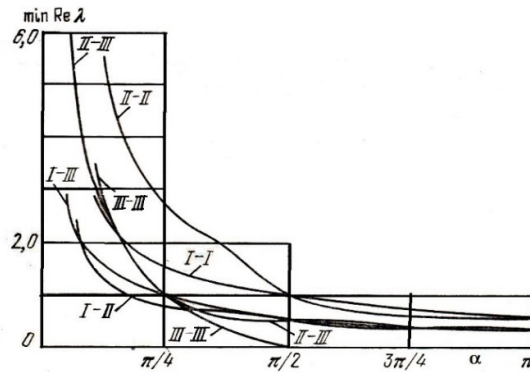


Рис. 1. График зависимости $\operatorname{Re} \lambda_{\min}$ от угла раствора сектора для шести вариантов нагружения сторон сектора.

В 1969 г. А. И. Калландия [2], используя метод комплексных потенциалов Колосова–Мусхелишвили, кроме указанных основных задач плоской теории упругости, рассмотрел также случай, когда на сторонах сектора осуществляются условия соприкасания с жестким штампом заданной формы без трения (задача III–III, гладкий контакт)

$$u_\varphi(r, \varphi) = f(r), \quad \tau_{r\varphi}(r, \varphi) = 0 \quad \text{при } \varphi = 0, \varphi = \alpha. \quad (7)$$

Рассмотрены и другие возможные виды граничных условий I–III и II–III (обозначения здесь очевидны). Получены соответствующие трансцендентные уравнения

$$(\sin \lambda \alpha + \sin \alpha)(\sin \lambda \alpha - \sin \alpha) = 0 \quad (\text{для случая III – III}), \quad (8)$$

$$\sin 2\lambda \alpha + \lambda \sin 2\alpha = 0 \quad (\text{для случая I – III}), \quad (9)$$

$$\sin 2\lambda \alpha - \lambda \sin 2\alpha/k = 0 \quad (\text{для случая II – III}), \quad (10)$$

и построены кривые зависимости $\operatorname{Re} \lambda_1$ от угла α : кривые III–III, I–III и II–III (рис. 1).

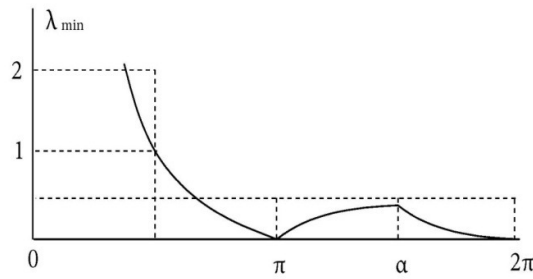


Рис. 2. График зависимости $\lambda_{\min}$ от угла раствора сектора для задачи III–III

Заметим, однако, что кривая III–III была построена только в интервале $0 < \alpha < \pi$, а корень $\lambda = 0$, соответствующий $\alpha = \pi$, исключен из рассмотрения. В дальнейшем в работах [6, 7] продолжено исследование этого случая, и кривая сингулярности построена также в интервале $\pi < \alpha < 2\pi$ (рис. 2); исходя из результатов работы [8] дана механическая интерпретация возникновения сингулярности напряжений, порядок которого стремится к единице при $\alpha \rightarrow \pi$ и $\alpha \rightarrow 2\pi$, а коэффициенты при такой сингулярности в общем случае нагружения дуговой части контура отличны от нуля. Максимальный порядок сингулярности в задачах I–III и II–III возникает при $\alpha = 2\pi$ и равен 0.75. Сингулярность напряжений возникает при любом угле α , превосходящем предельный угол $\alpha^* = \pi/2$.

Наряду с граничными условиями (2) – (4) и (8) – (10) рассмотрим новый четвертый тип граничных условий (IV–IV), когда стороны сектора взаимодействуют с двумя абсолютно жесткими при растяжении и абсолютно гибкими при изгибе накладками (стрингерами), нагруженными растягивающими силами P_0 и P_α .

$$u_r(r, \varphi) = f(r), \quad \sigma_\varphi(r, \varphi) = 0 \quad \text{при } \varphi = 0, \varphi = \alpha. \quad (11)$$

Такие граничные задачи связаны с вопросами передачи нагрузок от тонкостенных элементов в виде стрингеров к массивным упругим телам [9, 10]. Задачу, в которой на одной стороне сектора заданы напряжения, а другая сторона взаимодействует со стрингером, обозначим через I–IV. Аналогично будем иметь и случаи II–IV, III–IV.

Поступая так же, как в работе [1], для определения комплексного параметра λ получим соответствующие уравнения

$$\sin(\lambda + 1)\alpha \cdot \sin(\lambda - 1)\alpha = 0 \quad (\text{для случая IV – IV}), \quad (12)$$

$$\sin 2\lambda\alpha - \lambda \sin 2\alpha = 0 \quad (\text{для случая I – IV}), \quad (13)$$

$$\sin 2\lambda\alpha + \lambda \sin 2\alpha/k = 0 \quad (\text{для случая II – IV}), \quad (14)$$

$$\cos(\lambda + 1)\alpha \cdot \cos(\lambda - 1)\alpha = 0 \quad (\text{для случая III – IV}). \quad (15)$$

Уравнение (12) получено также в работе [11], где исследовано упругое равновесие кругового сектора, стороны которого усилены стрингерами, а на дуговой части контура заданы внешние усилия. Установлено, что в окрестности угловой точки кругового сектора напряжения имеют особенность (стремятся к бесконечности) вида $r^{-1+\varepsilon}$ ($\varepsilon > 0$; $\varepsilon \rightarrow 0$), ког-

да $\alpha \rightarrow \pi$, $\alpha \rightarrow 2\pi$, а коэффициенты при такой особенности в общем случае нагружения дуговой части контура отличны от нуля, что с точки зрения механики хрупкого разрушения недопустимо. Однако подходящим подбором внешних усилий на дуговой части контура кругового сектора можно приравнять к нулю эти коэффициенты и исключить из решения «неинтегрируемые» особенности напряжений указанного вида.

Отметим, что уравнения (12) и (8) идентичны, т.к.

$$\sin(\lambda+1)\alpha \cdot \sin(\lambda-1)\alpha = -(\cos 2\lambda\alpha - \cos 2\alpha)/2 = \sin^2 \lambda\alpha - \sin^2 \alpha = 0.$$

Следовательно, в задачах III–III и IV–IV напряжения вблизи угловой точки сектора имеют одинаковый характер [6, 7].

Уравнение (13) совпадает с трансцендентным уравнением для бесконечного клина с углом раствора 2α ($-\alpha \leq \varphi \leq \alpha$) при антисимметричном нагружении [3], когда нормальное напряжение нечетно, а касательное напряжение четно по переменной φ . Предельный угол в этом случае $\alpha^* = 257^\circ$. При симметричном нагружении бесконечного клина $\alpha^* = 180^\circ$, а соответствующее уравнение совпадает с уравнением (9). Очевидно, что в общем случае нагружения сторон клина $\alpha^* = 180^\circ$ [3].

Таким образом, однородные граничные условия (11) являются условиями антисимметрии на средней линии упругого клина ($\varphi = 0$), занимающего область $-\alpha \leq \varphi \leq \alpha$, $r \geq 0$. А однородные граничные условия (7) – это хорошо известные условия симметрии на средней линии клина ($\varphi = 0$).

Трансцендентное уравнение (14) было получено в работе [3] при рассмотрении второй основной задачи плоской теории упругости для бесконечного клина в антисимметричной постановке. Для симметричной задачи имеет место уравнение (10), т.е. и для второй основной задачи для клина однородные условия (11) являются условиями антисимметрии на средней линии упругого клина ($\varphi = 0$).

Подробно исследуем действительные и простые корни уравнения (15):

$$\lambda_k = \frac{\pi}{2\alpha}(2k+1)+1, \quad \tilde{\lambda}_n = \frac{\pi}{2\alpha}(2n+1)-1, \quad \lambda_k > 0, \quad \tilde{\lambda}_n > 0. \quad (16)$$

С помощью анализа формул (16) легко определить $\lambda_{\min}$:

$$\lambda_{\min} = \begin{cases} \tilde{\lambda}_2 = 5\pi/2\alpha - 1 & \text{при } 0 < \alpha < 2\pi, \\ \tilde{\lambda}_0 = \pi/2\alpha - 1 & \text{при } 0 < \alpha < \pi/2, \\ \lambda_{-1} = 1 - \pi/2\alpha & \text{при } \pi/2 < \alpha < \pi, \\ \lambda_1 = 3\pi/2\alpha - 1 & \text{при } \pi < \alpha < 3\pi/2, \\ \lambda_{-2} = 1 - 3\pi/2\alpha & \text{при } 3\pi/2 < \alpha < 2\pi. \end{cases} \quad (17)$$

График изменения $\lambda_{\min}$ от угла α представлен на рис. 3.

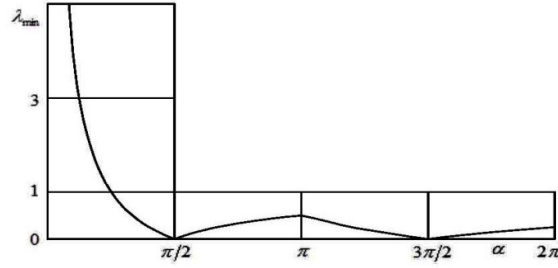


Рис.3. График зависимости $\lambda_{\min}$ от угла α для задачи III–IV.

Условия $\lambda_k > 0$ и $\tilde{\lambda}_n > 0$, в зависимости от угла раствора сектора, ограничивают область изменения параметров k и n :

- а) при $0 < \alpha < 2\pi$ имеем $k = 0, 1, 2, \dots$; $n = 2, 3, 4, \dots$; задача а),
- б) при $0 < \alpha < \pi/2$ имеем $k = 0, 1, 2, \dots$; $n = 0, 1, 2, \dots$; задача б),
- в) при $\pi/2 < \alpha < \pi$ имеем $k = -1, 0, 1, \dots$; $n = 1, 2, 3, \dots$; задача в),
- г) при $\pi < \alpha < 3\pi/2$ имеем $k = -1, 0, 1, \dots$; $n = 1, 2, 3, \dots$; задача г),
- д) при $3\pi/2 < \alpha < 2\pi$ имеем $k = -2, -1, 0, \dots$; $n = 2, 3, 4, \dots$; задача д).

(18)

На рис. 4 приведены графики корней λ_k и $\tilde{\lambda}_n$ ($k = -2, -1$; $n = 0, 1, 2, 3$; $\lambda_k > 0, \tilde{\lambda}_n > 0$), дающие при определенных значениях α бесконечные напряжения. На рисунке отчетливо видна также кривая $\lambda_{\min}$.

Пересечения графиков $\lambda_k > 0$ и $\tilde{\lambda}_n > 0$ с линией $\lambda = 1$ (рис. 4) определяют предельные углы раствора сектора для задач а) – д).

Так, в задаче а) предельный угол раствора сектора в случае конкретного вида нагружения дуговой части контура равен $\alpha_{a1}^* = 5\pi/4 = 225^\circ$. Когда $\alpha > \alpha_{a1}^*$, напряжение при $r \rightarrow 0$ имеет сингулярность, порядок которой равен $1 - \tilde{\lambda}_2$.

В научной литературе, по-видимому, отсутствует не зависящий от свойств материала такой предельный угол. Более того, в этой же задаче возникает второй тип сингулярности напряжений, связанный с корнем $\tilde{\lambda}_3$ и имеющий порядок $(1 - \tilde{\lambda}_3)$ (рис. 4). Если нагружение на дуговой части таково, что коэффициент при первой особенности становится равным нулю, возникает второй, также неизвестный предельный угол

$$\alpha_{a2}^* = 7\pi/4 = 315^\circ.$$

В задаче б) предельный угол $\alpha_b^* = \pi/4$, в задаче в) имеем $\alpha_v^* = 3\pi/4$, для задач г) предельный угол $\alpha_g^* = 5\pi/4$, а задача д) имеет предельный угол $\alpha_d^* = 7\pi/4$.

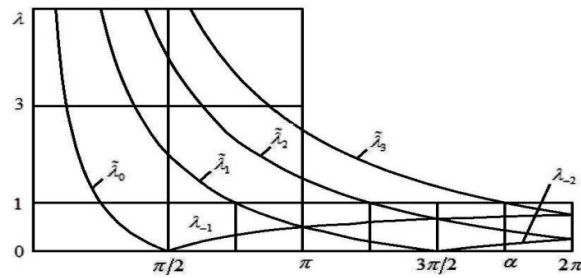


Рис. 4. График зависимости λ_k, λ_n от угла α .

3. Заключение. В работе к имеющимся типам граничных условий, заданных на радиальных сторонах сектора (задачи I–I, II–II, I–II; III–III, I–III, II–III), добавляются еще один вид граничных условий (задача IV–IV) и случаи его сочетания с известными условиями (задачи I–IV, II–IV, III–IV), связанные с вопросами передачи нагрузок от тонкостенных элементов к деформируемым телам.

Установлено следующее:

- в зависимости от вида нагружения дуговой части контура сектора в задаче III–IV возможны четыре типа предельных углов – $\pi/4$, $3\pi/4$, $5\pi/4$, $7\pi/4$. В задаче III–III их три – $\pi/2$, π и $3\pi/2$.
- если в задачах I–III и II–III сингулярность напряжений может появиться при $\alpha > \pi/2$, то в задаче III–IV она возникает уже при $\alpha > \pi/4$;
- в задаче III–IV порядок сингулярности напряжений стремится к единице, когда $\alpha \rightarrow \pi/2$ и $\alpha \rightarrow 3\pi/2$. В задаче III–III напряжения имеют стремящийся к единице порядок при $\alpha \rightarrow \pi$ и $\alpha \rightarrow 2\pi$.

Институт механики НАН РА

А. М. Саргсян

Об однородных сингулярных задачах теории упругости

Исследуется поведение напряжений вблизи вершины упругого сектора, когда 1) обе радиальные стороны усилены абсолютно жесткими при растяжении и гибкими при изгибе накладками (задача IV–IV), 2) одна сторона усилена накладкой, а на другой стороне заданы либо напряжения (задача I–IV), либо перемещения (задача II–IV), либо условие гладкого контакта (задача III–IV). Граничные условия на дуговой части контура сектора исключены из рассмотрения, т.к. они не влияют на характер напряжений в окрестности вершины сектора. Установлены не зависящие от свойств материала новые предельные углы раствора сектора, меньше (больше) которых напряжения вблизи вершины стремятся к нулю (к бесконечности).

Ա. Մ. Սարգսյան

**Առաձգականության տեսության համասեռ սինգուլյար
խնդիրների մասին**

Հետազոտվել է լարումների վարքը առաձգական սեկտորի գագաթի շրջակայքում, երբ 1. սեկտորի երկու շառավղային կողմերը ուժեղացված են ձգման նկատմամբ բացարձակ կոշտ, իսկ ծոման նկատմամբ՝ ճկուն վերդրակներով (խնդիր IV–IV), 2. մի կողմը ուժեղացված է վերդրակով, իսկ մյուսում տրված են կամ լարումները (խնդիր I–IV), կամ տեղափոխությունները (խնդիր II–IV), կամ ողորկ կոնտակտի պայման (խնդիր III–IV): Բացահայտված են նյութի հատկություններից անկախ սեկտորի բացվածքի նոր սահմանային անկյուններ, որոնցից փոքր (մեծ) անկյունների դեպքում լարումները սեկտորի գագաթի շրջակայքում ձգտում են զրոյի (անվերջության):

A. M. Sargsyan

On Homogeneous Singular Problems of Elasticity Theory

The behaviour of the stresses in the vicinity of the apex of the rigid circular sector, when: 1. the both sides are reinforced by absolutely rigid at tension and flexible at bending stringers (problem IV–IV); 2. one side is reinforced by a stringer and on the other side either stresses (problem I–IV), or displacements (problem II–IV), or the condition of the smooth contact (problem III–IV) are given, is investigated. The boundary conditions of the arch part are not considered, as they do not effect on the character of the stresses in the vicinity of the sector apex. Not dependent on the material properties, new limiting angles of the sector opening, less (more) of which the stresses in the vicinity of the sector apex vanish (tend to infinity), are established.

Литература

1. *Williams M. L.* – J.Appl. Mech. 1952. V. 19. №4. P. 526-528.
2. *Каландия А. И.* – ПММ. 1969. Т. 33. №1. С. 132-135.
Уфлянд Я. С. Интегральные преобразования в задачах теории упругости. М. Л. Изд-во АН СССР. 1963. 367 с.
3. *Черепанов Г. П.* Механика хрупкого разрушения. М. Наука. 1974. 640 с.
4. *Чобанян К. С.* Напряжения в составных упругих телах. Ереван. Изд-во АН АрмССР. 1987. 338 с.
5. *Саргсян А. М.* – Изв. НАН Армении. Механика. 2008. Т. 61. №1. С. 48-53.
6. *Саргсян А. М.* О концентрации напряжений в упругом секторе и пьезоэлектрическом клине. Germany. LAB LAMBERT Academic Publishing. 2016. 77 с.
7. *Gevorgyan S. Kh., Manukyan E.H, Mkhitaryan S.M., Mkrtchyan M.S.* On a Mixed Problem for an Elastic Space with a Crack under Antiplane Deformations. Collection of Papers. Yerevan. 2005. 282 p.
8. *Melan E.* – Ing. Archiv. 1932. Bd. 3. Heft 2. P. 123.
9. *Александров В. М., Мхитарян С. М.* Контактные задачи для тел с тонкими покрытиями и прослойками. М. Наука. 1983. 488 с.
10. *Саргсян А. М.* – МКМ. 2017. Т. 53. №1. С. 143-154.

на рис. 1 и 2, а в табл. 1 приведены концентрации некоторых продуктов реакции при фиксированном времени реакции.

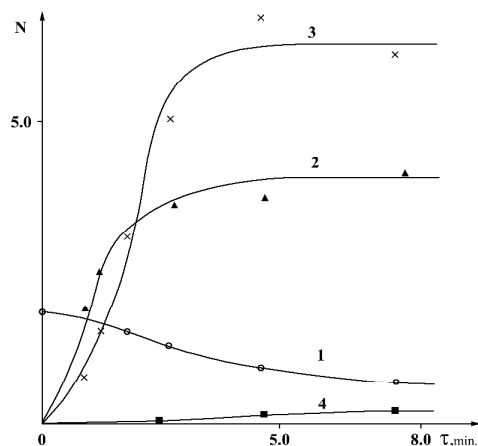


Рис. 1. Кинетические кривые расходования C_2H_5CHO (1) и накопления пероксидных радикалов (2), $C_2H_5CO_3H$ (3), C_2H_4CO (4) при $175^\circ C$ в реакторе, обработанном борной кислотой, состав исходной смеси – 8% C_2H_5CHO и 92% воздуха. $[C_2H_5CHO] = N \times 10^{18}$, $[RCO_3H] = N \times 2 \times 10^{16}$, $[RO_2] = N \times 4 \times 10^{12}$, $[C_2H_4] = N \times 10^{17}$, част./см³.

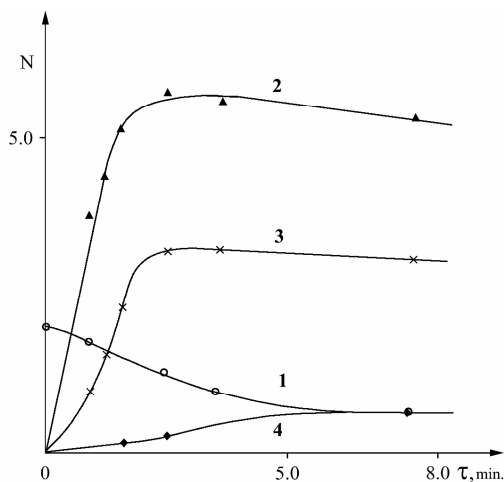


Рис. 2. Кинетические кривые расходования C_2H_5CHO (1) и накопления пероксидных радикалов (2), $C_2H_5CO_3H$ (3), $C_2H_5O_2H$ (4) при $175^\circ C$ в реакторе, обработанном KCl, состав смеси – 8% C_2H_5CHO и 92% воздуха. $[C_2H_5CHO] = N \times 10^{18}$, $[RCO_3H] = N \times 2 \times 10^{16}$, $[RO_2] = N \times 4 \times 10^{12}$, $[C_2H_5O_2H] = N \times 10^{17}$, част./см³.

Из сравнения результатов, полученных в этих реакторах, следует, что скорость процесса в реакторе, обработанном хлористым калием, превышает таковую в реакторе, обработанном борной кислотой, в то время как выход $C_2H_5CO_3H$ – продукта, ответственного за разветвление, значительно

меньше. И это неудивительно, поскольку скорость гетерогенного радикального распада пероксикислоты больше в реакторе, обработанном хлористым калием [1].

Таблица 1

Значения концентраций продуктов реакции при температуре 175°С
и времени реакции $t = 5$ мин в реакторах, обработанных H_3BO_3
и KCl ; $[C_2H_5CHO]_0 = 1.9 \times 10^{18}$ част./см³

	KCl (част./см ³)	H_3BO_3 (част./см ³)
$[C_2H_5CHO]_t$	7.5×10^{17}	9.3×10^{17}
$[C_2H_5CO_3H]_t$	6.2×10^{16}	1.3×10^{17}
$[C_2H_5CO_2H]_t$	8.4×10^{17}	3.9×10^{17}
$[RO_2]_t$	2.1×10^{13}	1.6×10^{13}
$[C_2H_4]_t$	-	1.7×10^{16}
$[CO_2]_t$	8.5×10^{16}	6×10^{16}
$[CH_3CHO]_t$	1.8×10^{17}	9.3×10^{15}

Как видно из полученных данных, концентрация пероксидных радикалов в объеме, являющаяся смесью радикалов типа $C_2H_5CO_3$ и $C_2H_5O_2$ [9], коррелирует со скоростью окисления в этих реакторах, будучи больше в реакторе, обработанном хлористым калием.

Из сравнения кривых накопления RCO_3H , полученных в обоих реакторах, следует, что отношение концентраций пероксидных радикалов в пользу радикалов RCO_3 в реакторе, обработанном борной кислотой. Исходя из этого факта можно оценить константу k скорости гомогенного взаимодействия этих радикалов с пропионовым альдегидом.

При малых временах реакции, когда можно пренебречь расходом перекислоты,

$$\frac{\Delta [RCO_3H]}{\Delta t} = k [RCO_3] [RCHO]$$

$$k = \frac{\Delta [RCO_3H]}{[RCO_3][RCHO]\Delta t}$$

Из рис. 1 в интервале $\Delta t = t_2 - t_1$, где $t_1 = 0.8$ мин, а $t_2 = 1.3$ мин, $\Delta t = 30$ с, имеем

$$\Delta [RCO_3H] = 1.4 \times 10^{16} \text{ част./см}^3$$

$$[RCO_3]_{\text{сред.}} = 4.5 \times 10^{12} \text{ част./см}^3$$

$$[RCHO]_{\text{сред.}} = 9.2 \times 10^{17} \text{ част./см}^3,$$

где индекс сред. означает среднее значение концентраций радикалов и альдегида в интервале Δt . В результате для нижнего предела значения константы при 175°С получается

$$k = 1.1 \times 10^{-16} \text{ част.}^{-1} \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}.$$

Важной особенностью процесса являются обнаружение этилена и отсутствие гидропероксида в реакторе, обработанном борной кислотой, и, наоборот, обнаружение гидропероксида и отсутствие этилена в реакторе, обработанном хлористым калием, что свидетельствует о существовании также и гетерогенных путей их образования.

Возможные пути образования этих соединений:

1. $\text{RCO}_3\text{H} \rightarrow \text{RCO}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{R} + \text{CO}_2 + \text{OH}$,
2. $\text{R} + \text{O}_2 \rightarrow \text{RO}_2$,
3. $\text{RO}_2 + \text{RCHO} \rightarrow \text{RO}_2\text{H} + \text{R}$,
4. $\text{R} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}$,
5. $\text{R} + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{HO}_2$, где под R подразумевается C_2H_5 радикал.

Отметим, что при сравнении выходов этилена и гидропероксида с полученными при окислении $\text{C}_2\text{H}_5\text{CHO}$ в тех же реакторах при 291°C [7] видно, что концентрация гидропероксида больше в реакторе, обработанном хлористым калием, хотя уже регистрируется определенное количество его и в реакторе, обработанном борной кислотой. Что касается этилена, то при более высокой температуре в реакторе, обработанном хлористым калием, наблюдается образование также и этилена.

Из полученных данных видно, что конкуренция реакции 2) с реакциями 4) и 5) в пользу 2) на поверхности KCl.

Таким образом, данное исследование позволяет сделать вывод о существовании новых каналов гетерогенных реакций радикалов C_2H_5 .

Институт химической физики им. А. Н. Нальбандяна НАН РА
e-mail: astineichph@sci.am

А. С. Мартirosян, С. В. Царукян, академик И. А. Варданян

Гетерогенное образование C_2H_4 и $\text{C}_2\text{H}_5\text{OOH}$ в процессе газофазного окисления $\text{C}_2\text{H}_5\text{CHO}$

Приводятся новые данные о возможности гетерогенного образования ряда продуктов реакции, таких, как C_2H_4 и $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{H}$, с участием радикалов C_2H_5 в процессе низкотемпературного окисления пропионового альдегида. Они получены на основании анализа кинетических закономерностей этого процесса в реакторах, обработанных борной кислотой и хлористым калием. Обнаружение C_2H_4 только в реакторе, обработанном борной кислотой, а $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{H}$ в реакторе, обработанном хлористым калием, является указанием на существование новых каналов реакций радикалов C_2H_5 на твердой поверхности.

**Ա. Ս. Մարտիրոսյան, Ս. Վ. Ծառուկյան,
ակադեմիկոս Ի. Ա. Վարդանյան**

$\text{C}_2\text{H}_5\text{CHO}$ -ի գազաֆազ օքսիդացման պրոցեսում C_2H_4 -ի և $\text{C}_2\text{H}_5\text{OOH}$ -ի հետերոգեն առաջացումը

Բերված են պրոպիոնալդեհիդի ցածրջերմաստիճանային օքսիդացման պրոցեսում C_2H_5 ռադիկալների մասնակցությամբ մի շարք արգասիքների՝ C_2H_4 և $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{H}$, հետե-

բողեն առաջացման հնարավորության մասին յուրօրինակ տվյալներ: Դրանք ստացվել են բորաթթվով և կալիումի քլորիդով մշակված ռեակտորներում, այդ պրոցեսի կինետիկական օրինաչափությունների անալիզի հիման վրա: Բորաթթվով մշակված ռեակտորում միայն էթիլենի, իսկ կալիումի քլորիդով մշակված ռեակտորում՝ $C_2H_5O_2H$ -ի հայտնաբերումը վկայում է պինդ մակերևույթին C_2H_5 ռադիկալի ռեակցիայի նոր ուղղությունների գոյության մասին:

A. S. Martirosyan, S. V. Tsarukyan, academician I. A. Vardanyan

Heterogeneous Formation of C_2H_4 and C_2H_5OOH in the Gas-Phase Oxidation of C_2H_5CHO

Original data on the possibility of the heterogeneous formation of a number of reaction products such as C_2H_4 and $C_2H_5O_2H$ with the participation of C_2H_5 radicals in the process of low temperature oxidation of C_2H_5CHO were given. They were obtained on the basis of an analysis of the kinetic regularities of this process in reactors treated by boric acid and potassium chloride. The detection of ethylene only in the reactor treated by boric acid, and $C_2H_5O_2H$ in the reactor treated by potassium chloride, indicate the existence of new channels for the reactions of C_2H_5 radicals on a solid surface.

Литература

1. *Налбандян А. Б., Варданян И. А.* Современное состояние проблемы газо-фазного окисления органических соединений. Ереван. Изд-во АН АрмССР. 1986. 228 с.
2. *Налбандян А. Б., Варданян И. А. Оганесян Эм. А.* Авт. св. № 1354668. Способ получения надпропионовой кислоты, Государственный комитет СССР. 04. 12. 81.
3. *Налбандян А. Б., Варданян И. А., Бахчаджян Р. А.* Авт. св. № 1020423. Способ получения пропионовой кислоты, Государственный комитет СССР. 06.07.81.
4. *Manucharova L. A., Tsarukyan S. V., Vardanyan I. A.* – ИЖК. 2004. V. 36. № 1. P. 591-595.
5. *Арустамян А. М., Манучарова Л. А., Джалали Х. А., Варданян И. А.* – ДНАН РА. 2012. Т. 112. С. 194-199.
6. *Rhodes Christopher J.* – Progress in Reaction Kinetics and Mechanism. 2005. V. 30. № 3. P. 145-213.
7. *Мартиросян А. С.* – ДНАН РА. 2016. Т. 116. С. 312-316.
8. *Vardanyan I. A., Arustamyan A. M., Martirosyan A. S., Tsarukyan S. V.* – Russian Journal of Physical Chemistry A. 2016. V. 90, P. 744-747.
9. *Оганесян Эм. А., Варданян И. А., Налбандян А. Б.* – Арм. хим. журн. 1977. Т. 30. № 2. С. 107-113.

Метаболические нарушения фракционного состава фосфолипидов у больных брюшным типом туберкулеза

Ключевые слова: *брюшной тип туберкулеза, фосфолипиды.*

Согласно сообщениям Всемирной организации здравоохранения туберкулез остается проблемой первостепенной важности, в связи с чем необходимость разработки принципиально новых подходов по изысканию совершенных и результативных средств антитуберкулезного действия является одной из важнейших задач здравоохранения. Особый интерес представляет генитальный туберкулез. Это инфекция женских половых органов, вызываемая микобактериями туберкулеза, следствием чего является бесплодие. Диагностика генитального туберкулеза основывается преимущественно на данных лапароскопии [1]. Генитальный туберкулез чаще всего является вторичным поражением, обусловленным заносом инфекции из первичных очагов поражения [2, 3].

Туберкулезное поражение мочеполовой системы занимает первое место по частоте встречаемости среди внелегочного туберкулеза и составляет среди этих форм 6.5%. На первый план в структуре туберкулеза гениталий выходит поражение фаллопиевых труб (у 90-100% пациенток), за ним следует поражение эндометрия (у 25-30% женщин). В редких случаях диагностируются такие формы генитального поражения, как туберкулез яичников, шейки матки, влагалища и вульвы. Часто ведущим и даже единственным симптомом генитального туберкулеза является бесплодие, обусловленное поражением эндометрия и маточных труб [4, 5]. Среди причин роста туберкулеза следует отметить нарастание лекарственной устойчивости возбудителя туберкулеза. Это отчетливо проявляющиеся расстройства генетического аппарата, которые ведут к многочисленным функциональным изменениям и, в частности, приобретенной устойчивости в отношении различных лекарственных средств антипалочкового действия.

Проблема выявления патобиохимических механизмов при различных патологиях остается одной из неразрешенных задач современной медицины.

Филогенетически стабилизированный в норме качественный состав и количественное содержание фосфолипидов (Фл) биологических мембран служат основой в регуляции и поддержании Фл-Фл соотношений в них как необходимого условия обеспечения норм клеточной активности в филогенетически и патологически метаболизирующем организме [6].

Отдельного внимания заслуживают результаты исследований особенностей стимулирующего действия модифицированного учеными Армении кальциевого преципитата дрожжевой низкомолекулярной двуспиральной РНК (Ca^{2+} -дс-РНК) на иммунологический статус как физиологически метаболизирующего организма, так и прежде всего при его различных экстремальных и болезненных состояниях [7-10]. Интересны также исследования по выявлению действия Ca^{2+} -дс-РНК на активность фосфолипазы А₂, катализирующей реакцию деацилирования фосфатидилхолина (ФХ) с образованием лизофосфатидилхолина (ЛФХ) и выбросом неэстерифицированных жирных кислот полиенового ряда [11, 14, 15].

Интенсивное вовлечение последних в реакции свободнорадикального окисления происходит с образованием продуктов их переокисления, обладающих в высоких концентрациях ярко выраженным мембранотоксическим, мембранолитическим действием. Имеются сведения относительно активирующего влияния ЛФХ на иммунологические особенности организма [12, 13].

Исходя из вышеизложенного мы решили изучить действие «Зетапола» на содержание различных фракций Фл в мембранах эритроцитов (МЭ) и мембранах лимфоцитов (МЛ) крови больных брюшным типом туберкулеза в париетальной брюшине и асцитической жидкости, взятых лапароскопическим методом.

Включение МЭ и МЛ в круг данного исследования было продиктовано укоренившимся в настоящее время в научной литературе мнением об универсальности МЭ, отражающих в целом структурно-функциональные и метаболические особенности всех мембранных образований тканевых систем независимо от их дифференцированности. МЭ и МЛ отводятся специальная роль в инициации, формировании и стабилизации иммунологических процессов [16].

Были проведены исследования особенностей качественно-количественных сдвигов Фл как основных структурно-функциональных компонентов мембран в норме и прежде всего при экстремальных состояниях организма, в том числе его туберкулезном поражении.

Материалы и методы. Лапароскопическим методом у 14 больных брюшным типом туберкулеза получали пробы париетальной брюшины и асцитической жидкости. Гистологическим методом подтвердилось туберкулезное поражение у 8 больных. Взятые пробы у 6 больных, у которых туберкулез не обнаружен, считались контрольными.

МЭ получали из крови, взятой у больных по Лимберу и др. [17]. Лимфоциты отделяли центрифугированием в градиенте плотности фикал-400-верографин 12 и инкубировали в 10⁷мл в 0.01М растворе трис-НСl при 37⁰С, рН 7.4 в смеси со средой 199 (в соотношении 1:4) в присутствии митогена конканавалина А (6 мг/мл). МЛ, освобождавшиеся после осмоти-

ческого шока, осаждали повторным центрифугированием с использованием их на предмет определения Фл [18].

Экстракцию Фл проводили по Фолчу и др. [19]. Фракционирование Фл осуществляли методом одномерной восходящей хроматографии в тонком слое силикагеля в системе растворителей, состоящей из хлороформа, метанола и аммиака в объемных соотношениях 65:35:5 [20].

Фракции Фл идентифицировали с применением их стандартов (Sigma, США). Количество липидного фосфора, минерализованного в среде концентрированной серной и азотной кислот, определяли спектрофотометрически по методу Фиске и Суббароу в мкг липидного фосфора на 1 г сухого остатка каждого Фл. Полученные результаты обработаны методом вариационной статистики по критерию Стьюдента – Фишера.

Результаты и обсуждения. Согласно результатам проведенных исследований, приведенным в табл. 1 и 2, при туберкулезном воспалении в МЭ и МЛ наблюдаются нарушения филогенетически стабилизированного постоянства в картине Фл-Фл соотношений в исследуемых препаратах. Среди отмеченных отклонений особого внимания заслуживает возрастание содержания лизофосфатидилхолина (ЛФХ) в МЭ.

Наиболее реальным объяснением наряду с известным путем деацилирования Фх не исключено также подключение и обратного пути – процесса реацилирования глицерил-фосфатидилхолина, при активном участии различных жирных кислот, приводящее к ресинтезу ЛФХ, как необходимое условие стимуляции определенных этапов компенсаторно-приспособительных реакций, чрезвычайно важных в реализации иммуномодулирующей активности организма в условиях патологии [20, 21]. Установленное нами количественное возрастание кислых Фл (фосфатидилсерина (ФС), фосфатидных кислот (ФК), кардиолипинов (КЛ)), является свидетельством мобилизованности компенсаторных механизмов, ответственных за максимальное поддержание резко подавленного энергетического потенциала.

Следующим этапом исследований было определение Фл состава в париетальной брюшине и асцитической жидкости, полученных лапароскопическим методом у больных брюшным типом туберкулеза. Результаты исследований показали, что в асцитической жидкости ЛФХ в контрольных пробах не обнаружены, а в париетальной брюшине ЛФХ составляют всего 4% от суммы всех Фл. У больных брюшным типом туберкулеза количество всех фракций Фл увеличивается, особенно заметно увеличиваются ЛФХ, обладающие мембранотоксическим и мембранолитическим свойством. Это явление можно объяснить участием ЛФХ в реализации определенных компенсаторно-приспособительных реакций организма, чрезвычайно необходимых в условиях патологии. Эти данные адекватны решениям отчетного собрания Нью-Йоркской академии наук 2002 г., посвященным анализу роли лизофосфолипидов, в том числе и ЛФХ, в биологии и патологической физиологии. При введении Ca^{2+} -дс-РНК мы наблюдали уменьшение количества кислых Фл, особенно ЛФХ.

Таблица 1

Динамика количественных изменений различных фракций Фл (мкг Р/1 г сухого порошка) в мембранах эритроцитов крови у больных брюшным типом туберкулеза до и после введения дс-РНК

Показатели Фл	Контрольный вариант		После введения дс-РНК		Изменения (в %) по сравнению с контролем
	Содержание Фл	% от суммы	Содержание Фл	% от суммы	
ЛФХ	6.5±0.04	5.3	12.2±0.03	10.6	+87.7
МФИ	6.2±0.3	5.0	7.4±0.02	6.45	+19.3
Сфм	20.1±0.7	16.3	18.4±0.04	16.0	-8.5
ФХ	69.2±0.08	56.3	41.1±0.01	36.0	-40.6
ФС	7.7±0.04	6.3	16.0±0.03	14.0	+100*
ФЭ	3.2±0.01	2.6	3.9±0.02	3.4	+22
ФК	4.1±0.02	3.3	5.4±0.03	4.7	+32
КФл	6.0±0.02	4.9	10.3±0.04	9	+72
Сумма Фл	123.0		114.7		
Сумма НФл	99.0		75.6		
Сумма КФл	24.0		39.1		

Примечание. Сокращения в табл. 1-4: ЛФХ – лизофосфатидилхолины, МФИ – монофосфоинозитиды, ФС – фосфатидилсерины, СФм – сфингомиелины, ФХ – фосфатидилхолины, ФЭ – фосфатидилэтаноламины, ФК – фосфатидные кислоты, НФл – нейтральные фосфолипиды, КФл – кислые фосфолипиды. * Процентная разница более ста.

Таблица 2

Динамика количественных изменений различных фракций Фл (мкг Р/1 г сухого порошка) в мембранах лимфоцитов крови у больных брюшным типом туберкулеза до и после введения дс-РНК

Показатели Фл	Контрольный вариант		После введения дс-РНК		Изменения (в %) по сравнению с контролем
	Содержание Фл	% от суммы	Содержание Фл	% от суммы	
ЛФХ	11.6±0.6	4.98	34.2±0.8	13.10	+100*
МФИ	22.4±0.8	9.62	28.0±0.6	10.80	+25
Сфм	20.3±0.7	8.72	19.0±0.7	7.30	-6.4
ФХ	78.2±0.4	33.60	62.0±0.8	24.00	-20.7
ФС	41.3±0.5	17.74	49.0±0.3	18.90	+18.6
ФЭ	39.0±0.3	16.76	42.0±0.4	16.20	+7.7
ФК	8.1±0.3	3.48	10.0±0.2	4.00	+23.46
КЛ	11.8±0.2	5.10	15.0±0.2	6.00	+27
Сумма Фл	232.7		259.2		
Сумма НФл	149.1		157.2		
Сумма КФл	83.6		102		

Таблица 3

Корректирующее действие дс-РНК на содержание различных фракций Фл (мкг Р /1 г сухого порошка) в париетальной брюшине у больных брюшным типом туберкулеза

Показатель Фл	Контроль		Больные		Изменения (в %) по сравнению с контролем	Введение дс-РНК		Изменения (в %) по сравнению с контролем
	содержание Фл	% от суммы Фл	содержание Фл	% от суммы		содержание Фл	% от суммы	
ЛФХ	25.0± 0.3	4.0	70.0± 0.4	12.5	+100*	35.0± 0.1	5.8	+40
МФИ	42.0± 0.2	6.8	58.0± 0.3	10.3	+38	31.0± 0.2	5	-26
Сфм	158.0± 0.4	25.5	120.0± 0.4	21.4	-24	149.0± 0.3	24.5	-5.7
ФХ	202.0± 0.4	32.7	115.0± 0.3	20.5	-43	212.0± 0.3	35	+6
ФС	98.5± 0.3	16	110.0± 0.4	20	+11.68	90.0± 0.1	15	-8.6
ФЭ	62.3± 0.2	10	40.0± 0.2	7	-36	59.0± 0.2	9.7	-5.3
ФК	18.2± 0.2	3	26.0± 0.1	4.6	+43	19.0± 0.1	3.0	+4.4
КЛ	11.1± 0.1	2	21.0± 0.1	3.7	+89	12.3± 0.1	2	+10.8
Сум. Фл	617.1		560.0		-9.25	607.3		-1.64
Сум. НФл	447.3		345.0		-22.87	455.0		+1.7
Сум. КФл	169.8		215.0		+26.6	152.3		-10.3

Корректирование уровня ЛФХ под действием Ca^{2+} -дс-РНК расценивается как адекватная ответная реакция организма, с подключением их как иммунотестимулирующих факторов. Согласно результатам наших исследований становится очевидным корректирующее действие Ca^{2+} -дс-РНК на расстроенные звенья метаболизма Фл. Последнее выражается в восстановлении филогенетически стабилизированного постоянства качественно-количественного состава Фл различных категорий и Фл-Фл соотношений в биологических системах организма.

Таблица 4

**Корректирующее действие дс-РНК на содержание различных фракций
фосфолипидов (мкг/гр сухого порошка) в асцитической жидкости у больных
брюшным типом туберкулеза**

Пок. Фл	Контроль		Больные		Изменения (в %-ах) По сравн. с контр.	Введение дс-РНК		Изменени я % По сравн. с контр.
	сод. Фл	% от суммы Фл	сод. Фл	% от суммы		сод. Фл	% от суммы	
ЛФ Х	-		65.0± 0.1	15.2	-	20.0± 0.2	4.6	-
МФ И	24.0± 0.3	5.6	41.3± 0.1	9.7	+72	35.0± 0.1	8.1	+46
Сфм	98.0± 0.2	23	72.0± 0.2	17	-26	89.0± 0.2	20.7	-9
ФХ	150.0± 0.4	35.2	75.0± 0.3	17.6	-50	140.0± 0.3	32.5	-7
ФС	72.0± 0.1	17	90.0± 0.3	21.1	+25	70.0± 0.1	16.3	-3
ФЭ	52.0± 0.2	12.2	36.0± 0.4	8.4	-30.7	49.0± 0.2	11.4	-5.7
ФК	16.1± 0.1	3.8	25.0± 0.1	5.8	+55.2	14.8± 0.1	3.4	-8
КЛ	13.2± 0.2	3.2	22.0± 0.1	5.2	+67	12.8± 0.2	3	-3
Сум ма Фл	425.3		426.3		-	430.6		
Сум ма НФл	300		248		-18.3	298		-
Сум ма КФл	125.3		178.3		+42.2	132.6		+5.8

¹Научно-технологический центр органической и фармацевтической химии НАН РА

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

**С. С. Овакимян, М. Д. Сафарян, Сур. С. Овакимян,
А. Г. Мелконян**

**Метаболические нарушения фракционного состава фосфолипидов
у больных брюшным типом туберкулеза**

Результаты проведенных исследований привели к заключению о глубоких метаболических изменениях различных фракций фосфолипидов в мембранах лимфоцитов и эритроцитов в крови, в асцитической жидкости и париетальной брюшине у женщин, больных брюшным типом туберкулеза. Показана регуляторная роль Ca^{2+} -дс-РНК, выражающаяся в межфракционных изменениях фосфолипидов в изученных биологических системах организма.

**Ս. Ս. Հովակիմյան, Մ. Դ. Սաֆարյան, Սուր. Ս. Հովակիմյան,
Ա. Գ. Մելքոնյան**

**Ֆոսֆոլիպիդների ֆրակցիոն կազմի մետաբոլիկ խախտումները
որովայնային տիպի տուբերկուլյոզով հիվանդների մոտ**

Կատարված հետազոտությունները մեզ հանգեցրին այն եզրակացության, որ տեղի են ունենում խորը մետաբոլիկ փոփոխություններ, արյան լիմֆոցիտների և էրիթրոցիտների թաղանթների, ասցիտիկ հեղուկի և պարիետալ որովայնի ֆոսֆոլիպիդների տարբեր ֆրակցիաներում, որովայնային տիպի տուբերկուլյոզով հիվանդ կանանց մոտ: Ցույց է տրված երկպարոյր ՌՆԹ-ի ցածրամոլեկուլային կալցիումական պրեցիպիտատի կարգավորիչ դերը, որն արտահայտվում է ֆոսֆոլիպիդների միջֆրակցիոն փոփոխություններում՝ հետազոտված կենսաբանական համակարգերում:

**S. S. Hovakimyan, M. D. Safaryan, Sur. S. Hovakimyan,
A. G. Melkonyan**

**Metabolic Disorders of the Fractional Composition of Phospholipids
in Patients with Abdominal Type of Tuberculosis**

The results of these studies have led us to the conclusion that deep metabolic changes of various phospholipids fractions in the membranes of red blood cells and lymphocytes in the blood, ascites and the parietal peritoneum in women with abdominal type of tuberculosis. It is shown that the regulatory role of Ca^{2+} -ds-RNA is expressed in the factional phospholipids changes in the studied biological systems of the organism.

Литература

1. *Попова С. С., Семеновский А. В.* – Проблемы туберкулеза. 1999. № 3. С. 36-39.
2. *Соцкая О. Л., Сафарян М. Д., Соцкий П. О.* – Туберкулез и болезни легких. 2012. № 9. С. 25-30.
3. *Крайненко Е. В.* Современные аспекты туберкулеза женских репродуктивных органов. Автореф. канд. дис. М. 2002.
4. *Яковлева А. А.* – Сибирское мед. обозрение. 2011. № 6. С. 90-94.
5. *Макаров О. В., Стаханов В. А., Каюкова С. И.* – Российский мед. журнал. 2009. № 1. С. 42-45.
6. *Крепс Е. М.* В кн.: Липиды клеточных мембран. Л. Наука. 1981. С. 330.
7. *Агабалян А. С., Аветисян И. В., Карагезян К. Г.* – Нейрохимия. 1998. Т.15. № 2. С. 207-208.
8. *Агабалян А. С., Агавелян А. М., Карагезян К. Г.* – ДНАН РА. 1997. Т. 98, № 2. стр. 166-169.
9. *Агабалян А. С., Агавелян А. М., Карагезян К. Г.* В кн.: Сб. науч. трудов, посвященный 70-летию Ер. ГМУ. 2000. С. 59-61.
10. *Агабалян А.С., Назаров Л.У., Базиян А.Р. и др.* – ДНАН РА. 1993. Т. 94. № 3. С. 173-177.
11. *Goetzl E. J., Zynch K. R.* – Annals of the New York Academy of Sciences. 2002. V. 905. P. 357. 2002.

13. Дятловитская Э. В. – Биохимия. 1995. Т. 60. № 6. С. 843-850.
14. Бергельсон Л. Д., Дятловитская Э. В. – Итоги науки и техники. Серия “Иммунология”. М. ВИНТИ. 1988. Т. 22. С. 6-21.
15. Touqui L., Wu J. et al. – Acta pharmacol. Six. 2003. V.24. № 12. P. 1292-1296.
16. Hirabayashi T., Shimizu T. – Biochemica et Biophysica Acta. 2000. V. 1488. P. 124-138.
17. Дятловитская Э. В., Андреасян Г. О., Малых Я. Н., Фылов С. Н. – Биохимия. 1977. Т.62. С. 651-656.
18. Limber G. K., Davis R. F., Bakerman S. – Acrilamide gel electrophoresis» studies of human erytrocite membrane Blood. 1970. V. 36. № 1. P. 111-118.
19. Ковальчук Л. В. и др. Иммунология: практикум. Учеб. пособие. 2010. 176 с.
20. Folch. J., Zess M., Sloan-Stenley G.H. – J. Biol. chem. 1957. V. 226. P. 497-509.
21. Карагезян К. Г. В кн.: Фосфолипиды и их роль в жизнедеятельности организма. Ереван. Айастан. 1972. С.267.
22. Дятловитская Э. В. – Биохимия. 1991. Т. 56. № 4. С. 560-564.

протеолитическое расщепление фибрина (фибринолиз) всегда сопровождают друг друга и связь между ними происходит при активации одного и того же ферментативного каскада, было целесообразно исследовать возможное участие ПБП-1 в процессе фибринолиза, что и явилось целью настоящей работы.

Материалы и методы. Эксперименты проведены на нелинейных белых крысах-самцах Альбино массой 180-200 г. Всего было использовано 64 животных, которые были распределены на 2 группы: особи группы 1 получили внутривенные инъекции физиологического раствора (0.85% NaCl) – контроль. Животные группы 2 получили ПБП-1, введённый в яремную вену в дозе 1 и 2 мкл/100 г массы тела. Кровь для исследования брали из той же вены с антикоагулянтом 3.8%-ным цитратом натрия в соотношении 9:1. Для определения действия ПБП-1 на фибринолитическую активность плазмы крови крыс были использованы базисные методы исследования системы фибринолиза: спонтанный эуглобулиновый фибринолиз и Хагеман (ХПа)-калликреинзависимый фибринолиз, которые позволяют оценить состояние внутреннего и внешнего механизмов растворения фибринового сгустка. Для спонтанного эуглобулинового фибринолиза выделяли эуглобулиновую фракцию плазмы. Для ХПа – калликреинзависимого фибринолиза выделяли эуглобулиновую фракцию из обработанной каолином плазмы [5, 6].

В опытах использовали синтетический препарат ПБП-1, полученный в лаборатории природных соединений химического факультета Санкт-Петербургского государственного университета. Для определения статистической достоверности различий между контрольными опытными выборками использован непараметрический критерий Манна – Уитни U. Уровень значимости $P \leq 0.05$ считали достоверным по сравнению с контролем.

Результаты и обсуждение. Фибринолиз – неотъемлемая часть системы гемостаза, которая предотвращает закупорку кровеносных сосудов сгустками фибрина путём его протеолитического расщепления под воздействием фермента плазмина. Плазмин – сериновая протеаза, образуется из своего неактивного предшественника плазминогена под действием ферментов и белков, которые появляются и активируются в крови при различных процессах.

Фибринолиз, как и процесс свёртывания, протекает по внешнему и внутреннему механизму. Активация внешнего пути осуществляется при помощи тканевых активаторов (тканевой активатор плазминогена и урокиназа), которые в основном синтезируются в эпителии сосудов. В активации фибринолиза по внутреннему механизму принимают участие лизокиназы крови: ХПа фактор, прекалликреины, высокомолекулярный кининоген (ВМК), фактор Виллебранда. Комплекс ХПа + ВМК способен превращать проактиваторы в активаторы плазминогена или непосредственно действовать на плазминоген, переводя его в плазмин.

Полученные данные свидетельствуют о выраженном замедлении процесса фибринолиза. При низких дозах (1 мкг/100 г массы животного) наблюдалось подавление фибринолитической активности плазмы крови как при спонтанном эуглобулиновом фибринолизе, так и при ХПа-калли-

креинзависимом фибринолизе, на 65 и 64% соответственно (рис. 1, А). Увеличение дозы ПБП-1 до 2 мкг/100 г действовало на время спонтанного эуглобулинового фибринолиза, уменьшая этот показатель до 32 %, а при ХШа-калликреинзависимом фибринолизе наблюдалось уменьшение торможения фибринолитической активности плазмы крови до 20% (рис. 1, Б). Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что в процессе фибринолиза ПБП-1 обладает дозозависимым эффектом и при увеличении его количества наблюдается значительное снижение антифибринолитической активности плазмы крови.

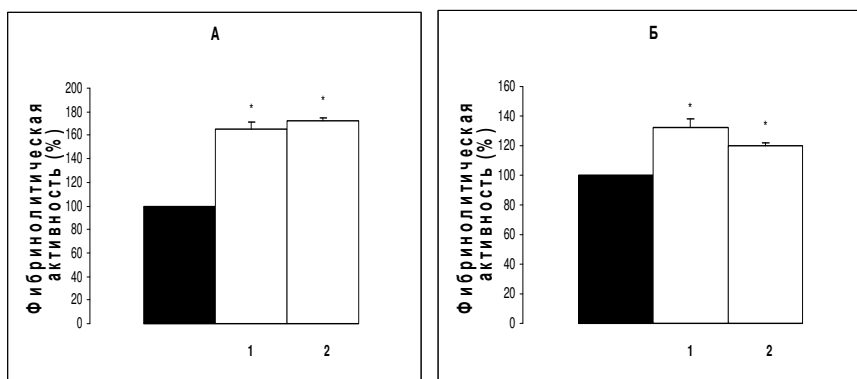


Рис.1. Изменение фибринолитической активности плазмы крови крыс под действием ПБП-1 в дозе: А – 1мкг/100 г; Б – 2 мкг/100 г; чёрный столбик – контроль, 1 – спонтанный эуглобулиновый фибринолиз, 2 – ХШа-калликреинзависимый фибринолиз. Достоверные различия между контролем и опытом ($p \leq 0.05$).

Замедление лизиса фибринового тромба означает, что фибринолитический потенциал плазмы, который зависит от состояния эуглобулиновой фракции, уменьшен. Известно, что фибринолитическая активность регулируется или действием прямых ингибиторов, или нарушением связывания ферментов с субстратом. Так как в эуглобулиновой фракции плазмы исключается присутствие ингибиторов фибринолиза, скорость эуглобулинового лизиса может зависеть от содержания активаторов плазминогена, плазмина, фибриногена.

Одной из причин снижения фибринолитической активности, возможно, является отклонение содержания фибриногена в плазме в сторону увеличения, что ранее было обнаружено нами при исследовании действия ПБП-1 в регуляции системы гемостаза [7].

Имеющиеся в литературе данные показывают, что фибринолитическая активность зависит не только от активности ферментов, но и от свойств фибринового сгустка: полнота поперечной сшивки под действием фибринстабилизирующего фактора (ХШа), плотность, толщина, разветвлённость волокон и др. [8]. Она зависит также от таких физических факторов, как проницаемость ферментов, площадь поверхности фибриновых волокон, адсорбция и десорбция белков [9]. Скорость фибринолиза замет-

но замедляется при механической деформации фибрина и повышенной механической прочности фибриновых сгустков [10, 11].

Учитывая тот факт, что ПБП-1 в эуглобулиновой фракции плазмы крови (при отсутствии ингибиторов фибринолиза) дозозависимо подавляет фибринолиз от 20 до 65%, можно предположить, что он может быть использован при лечении кровотечений различных этиологий, которые поддаются лечению антифибринолитическими препаратами.

Институт биохимии им. Г. Бунятына НАН РА

**З. Х. Паронян, Л. С. Григорян, А. А. Степанян,
Р. М. Срапионян**

**Влияние пролином богатого пептида ПБП-1
на фибринолитическую активность плазмы крови крыс**

Исследовано влияние пролином богатого пептида ПБП-1 на фибринолитическую активность плазмы крови крыс. Для оценки внутреннего и внешнего механизмов деградации фибринового сгустка были использованы методы спонтанного эуглобулинового и XIIa0-калликреинзависимого фибринолиза. Установлено, что ПБП-1 подавляет фибринолитическую активность плазмы крови, в зависимости от дозы продлевая время фибринолиза на 20 -65%.

**Զ. Խ. Պարոնյան, Լ. Ս. Գրիգորյան, Հ. Ա. Ստեփանյան,
Ր. Մ. Սրապիոնյան**

**Պրոլինով հարուստ պեպտիդ ՊՀՊ-1-ի ազդեցությունը
առնետի արյան պլազմայի ֆիբրինոլիտիկ ակտիվության վրա**

Ուսումնասիրվել է պրոլինով հարուստ պեպտիդ ՊՀՊ-1-ի ազդեցությունը առնետի արյան պլազմայի ֆիբրինոլիտիկ ակտիվության վրա: Ֆիբրինային մածուկի քայքայման ներքին և արտաքին մեխանիզմները գնահատելու համար օգտագործվել են սպոնտան էուգլոբուլինային և XIIa – կալիկրեին կախյալ ֆիբրինոլիզի մեթոդները: Ստացված տվյալները վկայում են, որ ՊՀՊ-1-ը ճնշում է արյան պլազմայի ֆիբրինոլիտիկ ակտիվությունը՝ չափաբաժնից կախված երկարացնելով ֆիբրինոլիզի ժամանակը 20-65%-ով:

**Z. Kh. Paronyan, L. S. Grigoryan, H. A. Stepanyan,
R. M. Srapionyan**

**Influence of Proline-Rich Peptide PRP-1 on Fibrinolytic
Activity of Rat Blood Plasma**

The effect of proline-rich peptide PRP-1 on fibrinolytic activity of rat plasma was investigated. spontaneous euglobulin and XIIa-kallikrein dependent fibrinolysis methods were used to evaluate the internal and external mechanisms of fibrin clot degradation. The data suggest that PRP-1 suppresses the fibrinolytic activity of the blood plasma, and depending on the dose prolongs the time of fibrinolysis by 20-65%.

Литература

1. Galoyan A. A. Brain Neurosecretory Cytokines. New York: Academic Plenum Publishers. 2004.
2. Aprikyan V. S., Galoyan A. A. – Neurokhimiya. 2000. V. 17. N.1. P. 60-63.
3. Srapioryan R. M., Paronyan Z. Kh., Saakyan F. M., Galoyan A. A. – Neurochemical Journal. 2014. V.8. № 1. P.44-46.
4. Brecher A. S., Galoyan A. A., Srapioryan R. M., Goggin M. H. J. Investig. Med. – 2000. V.129. Suppl. 5. P. 234 A.
5. Баркаган З. С., Момот А. П. Диагностика и контролируемая терапия нарушений гемостаза, М. Ньюдиамед – АО. 2008. 292 с.
6. Момот А. П. Патология гемостаза. Принципы и алгоритмы клинико-лабораторной диагностики. СПб. Формат. 2006. 208 с.
7. Срапиорян Р. М., Паронян З. Х., Саакян Ф. М, Галоян А. А. – Нейрохимия. 2014. Т. 31. № 1. С. 54-57.
8. Weisel J. W. – J. Thromb. Haemost. 2007. V. 5. Suppl. 1. P. 116-124.
9. Weisel J. W., Litvinov R. I. – Hematol. Agents Med Chem. 2008. V. 6. P. 161-180.
10. Varju I., Satonyi P., Machovich R. et al. – J. Thromb. Haemost. 2011. V. 9. P. 979-986.
11. Collet J. P., Allali Y., Lesty C. et al. – Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. 2006. V. 26. P. 2567-2573.

УДК 615.213:615.214

С. А. Казарян, Р. Г. Пароникян

Литиевые и цинкпроизводные салицилиден-аминокислот как новые нейротропные средства

(Представлено чл.-кор. НАН РА В. О. Топузяном 9/V 2018)

Ключевые слова: нейротропные соединения, коразоловые судороги, нейроаминокислоты, литиевые и цинкпроизводные аминокислот.

Исследования по созданию новых психотропных средств на базе таких нейроактивных аминокислот, как ГАМК, глутаминовая кислота, глицин, β -аланин, триптофан, валин, находятся в центре внимания экспериментаторов [1]. Правильное сочетание различных нейроаминокислот с катионом лития представляет особенный интерес в связи с тем, что соли лития применяются для лечения и профилактики маниакально-депрессивного психоза, различных аффективных состояний. Медицинское применение имеют и различные соли цинка. Данный микроэлемент активизирует ферментные процессы, регулирует работу желез внутренней секреции. Растворимые соли цинка малотоксичны, обладают антибактериальным и противовоспалительным и другими биологическими действиями [2].

Предлагаемое сообщение является продолжением ранее проводимых исследований по изучению нейротропных свойств различных производных нейроаминокислот [3-7].

Материал и методы. Исследование противосудорожной активности 11 соединений, из которых шесть литиевые соли салицилиден DL-валина, DL-β-фенил-α-аланина, D-β-фенил-α-аланина, β-аланина, ξ-аминокапроновой кислоты, DL-β-фенил-β-аланина, а пять цинковые соли салицилиден DL-валина, DL-β-фенил-α-аланина, D-β-фенил-α-аланина, β-аланина, ξ-аминокапроновой кислоты, проводили на 180 белых лабораторных мышах обоего пола массой 18-24 г. Использовали модели судорог, вызванных коразолом (пентилентетразол), никотином, ареколином и электрическим током [8-10]. О противосудорожной и прогностической транквилизирующей активности соединений судили по предупреждению коразоловых клонических судорог [8]. Коразоловые клонические судороги получали при подкожном введении коразола в дозе 80 мг/кг. Противосудорожную активность соединений определяли также по предупреждению тонико-

экстензорной фазы судорожного припадка максимального электрошока, никотиновых судорог (никотин вводили в/б в дозе 8 мг/кг) и ареколинового тремора (ареколин вводили п/к в дозе 15 мг/кг). Параметры максимального электрошока – 50 мА, длительность – 0.2 с, частота колебаний 50 имп/с, критерием оценки является предупреждение тонико-экстензорной фазы судорожного припадка.

Исследуемые соединения вводили внутрибрюшинно в дозах 50-200 мг/кг во взвеси с карбоксиметилцеллюлозой с твин-80 за 45 мин до введения судорожных агентов и нанесения электрического раздражения. Контрольным животным вводили эмульгатор. Каждую дозу соединений по каждому тесту изучали на 5 животных. Аналогом сравнения служил известный противоэпилептический препарат этосуксимид (заронтин), применяющийся при лечении абсансов и миоклонических судорог [1].

Изучено побочное нейротоксическое (миорелаксантное) действие соединений и этосуксимида в дозах от 50 до 600 мг/кг при внутрибрюшинном введении. Миорелаксацию исследовали у мышей по тесту «вращающегося стержня» [11]. С этой целью мышей помещали на металлический стержень с гофрированным резиновым покрытием, который вращался со скоростью 5 оборотов в минуту. Определяли число животных, не способных удерживаться на нем в течение 2 мин. Определяли также острую суточную токсичность соединений при внутрибрюшинном введении. Для определения 50%-ных эффективных доз – ЭД₅₀ (вызывающих противосудорожный эффект у 50% животных), а также 50%-ных нейротоксичных доз – ТД₅₀ и 50%-ных летальных доз – ЛД₅₀ использовали статистический метод пробит-анализа по Литчфильду и Уилкоксону [12].

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что изучаемые соединения и этосуксимид не проявляют антиэлектрошоковое действие, не предупреждают никотиновые судороги (что указывает также на отсутствие центрального н-холинолитического действия) и ареколиновый тремор (это указывает также на отсутствие центрального м-холинолитического действия). В дозе 200 мг/кг у литиевых производных салицилиден-аминокислот и сравниваемого заронтина не выявлено миорелаксантное действие, тогда как цинкпроизводные начиная с дозы 50 мг/кг проявляют некоторое миорелаксантное действие. У всех изучаемых цинкпроизводных-аминокислот выявлен выраженный антагонизм с коразолом, а литиевые производные обладают более слабым антикоразоловым действием (таблица). Кроме литиевых солей салицилиден DL-β-фенил-α-аланина, DL-β-фенил-β-аланина, β-аланина, остальные соединения проявляют 40%-ную эффективность. В таблице представлено антикоразоловое действие наиболее активных соединений, миорелаксация и острая суточная токсичность этих веществ и сравниваемого противосудорожного препарата этосуксимида.

Как видно из таблицы, ЭД₅₀ изучаемых соединений по антагонизму с коразолом находится в пределах от 35 до 145 мг/кг. По антикоразоловой активности и нейротоксичности литиевые соли салицилиден-аминокислот проявляют примерно одинаковое действие по сравнению с этосуксимидом. У этих веществ острая суточная токсичность обнаруживается в дозах,

в несколько раз превышающих противосудорожные дозы (LD_{50} находится в пределах от 760 до 880 мг/кг). Этосуксимид несколько менее токсичен в сравнении с вышеуказанными исследованными веществами (LD_{50} равняется 1325 мг/кг). По терапевтическому индексу ($ТИ = LD_{50}/ED_{50}$) и защитному индексу ($ЗИ = TD_{50}/ED_{50}$) изучаемые соединения почти не уступают этосуксимида. Наиболее активны цинкпроизводные салицилиден-аминокислот. По антикоразоловой активности они в несколько раз превосходят этосуксимид, но более нейротоксичны и токсичны (TD_{50} и LD_{50} находятся в пределах от 58 до 130 мг/кг).

Противосудорожное действие и токсичность наиболее активных литиевых и цинкпроизводных салицилиден-аминокислот и этосуксимида

Соединение (химическое название)	Антагонизм с коразолом (ED_{50} мг/кг)*	TD_{50} мг/кг*	LD_{50} мг/кг*
Литиевая соль салицилиден DL-β-фенил-α-аланина	110 (73.5÷165)	425(354÷510)	800(597÷1072)
Литиевая соль салицилиден DL-β-фенил-β-аланина	105(87.5÷131.25)	560(430÷728)	880(520÷1490)
Литиевая соль салицилиден β-аланина	145(112÷189)	400(320÷500)	760(608÷950)
Цинковая соль салицилиден DL-валина	37(33.3÷41.1)	80(57.1÷112)	120(92.3÷156)
Цинковая соль салицилиден DL-β-фенил-α-аланина	37(26.4÷51.8)	58(48.3÷69.6)	130(104÷162.5)
Цинковая соль салицилиден D-β-фенил-α-аланина	48(32÷72)	69(46÷103.5)	90(73.8÷109.8)
Цинковая соль салицилиден β-аланина	40(27.05÷78.2)	70.0(53.8÷91)	95(79.2÷114)
Цинковая соль салицилиден ξ-аминокапроновой кислоты	35(29.1÷42)	9.0(56.3÷144)	100(80÷120)
Этосуксимид	155(117.5÷204.5)	520(412.6÷655)	1325(1200÷1460)

*Доверительные интервалы при уровне вероятности P=0.05

Таким образом, среди литиевых производных наибольшую противосудорожную активность по антагонизму с коразолом проявляют литиевые соли салицилиден β-аланина, DL-β-фенил-α-аланина, β-фенил-β-аланина. Среди цинкпроизводных салицилиден-аминокислот все изученные соединения проявляют выраженную противосудорожную активность по тесту коразоловых судорог.

Следует отметить, что у всех изученных литиевых и цинкпроизводных салицилиден-аминокислот в той или иной степени выявлено противосудорожное действие по антагонизму с коразолом. Новые синтезированные производные аминокислот представляют биологическую ценность как нейротропные вещества, обладающие противосудорожными свойствами. Цинкпроизводные салицилиден-аминокислот более активны по сравнению

с литиевыми солями, но одновременно более токсичны. Изученные вещества перспективны для создания новых противоэпилептических препаратов.

Научно-технологический центр органической
и фармацевтической химии НАН РА,
Институт тонкой органической химии им. А. Мнджояна
e-mail: sedrham@yahoo.com, paronikyanruzanna@gmail.com

С. А. Казарян, Р. Г. Пароникян

**Литиевые и цинкпроизводные салицилиден-аминокислот
как новые нейротропные средства**

Исследовалось нейротропное действие новых соединений – 11 литиевых и цинкпроизводных салицилиден-аминокислот на различных общепринятых судорожных моделях (коразоловые судороги, максимальный электрошок, никотиновые судороги и ареколиновый тремор). Изучены также побочное нейротоксическое (миорелаксантное) действие соединений и их острая суточная токсичность. У всех изученных литиевых и цинкпроизводных салицилиден аминокислот в той или иной степени выявлено противосудорожное действие по антагонизму с коразолом. По широте фармакологического и защитного действия литиевые производные салицилиден аминокислот сходны с известным противоэпилептическим препаратом этосуксимид. Наиболее выраженную активность проявляют цинкпроизводные салицилиден аминокислот, которые по антагонизму с коразолом превосходят этосуксимид. Изученные нейротропные средства перспективны для создания новых противоэпилептических препаратов.

Ս. Հ. Ղազարյան, Ռ. Գ. Պարոնիկյան

**Սալիցիլիդեն-ամինաթթուների լիթիումական և ցինկ ածանցյալները
որպես նոր նեյրոտրոպ միջոցներ**

Ուսումնասիրվել է սալիցիլիդեն-ամինաթթուների նոր 11 լիթիումական և ցինկ աղերի նեյրոտրոպ ազդեցությունը զանազան ջղաձգական մոդելների վրա՝ կորազոլային ցնցումների, մաքսիմալ էլեկտրաշոկի, նիկոտինային ցնցումների և արեկոլինային տրեմորի թեստերով: Հետազոտվել են նաև նեյրոտոքսիկ (մկանաթուլացնող) կողմնակի էֆեկտները և նրանց սուր օրական թունավորությունը: Սալիցիլիդեն ամինաթթուների բոլոր ուսումնասիրված լիթիումական և ցինկ ածանցյալների մոտ այս կամ այն չափով բացահայտված է հակացնցումային ազդեցություն կորազոլային ցնցումների թեստով: Լիթիումի ածանցյալները կորազոլային անտագոնիզմի թեստով, դեղաբանական և պաշտպանիչ ազդեցության լայնությամբ նման են հայտնի հակաէպիլեպտիկ դեղամիջոց Էտոսուկսիմիդին: Առավել արտահայտված ազդեցություն ցուցաբերում են սալիցիլիդեն ամինաթթուների ցինկ ածանցյալները, որոնք հակացնցումային ակտիվությամբ գերազանցում են Էտոսուկսիմիդին: Հետազոտված նեյրոտրոպ միացությունները հեռանկարային են նոր հակաէպիլեպտիկ դեղամիջոցների ստեղծման համար:

S. A. Ghazaryan, R. G. Paronikyan

**Lithium and Zinc Derivatives of Salicylidene-Amino Acids
as New Neurotropic Drugs**

The neurotropic effect of the new compounds – 11 lithium and zinc-derivatives of salicylidene-amino acids on various common convulsive models was studied: corazol convulsions, maximum electroshock, nicotine convulsions and arecolin tremor. Neurotoxic (muscle relaxant) side effects and their acute daily toxicity were also studied. In all studied lithium and zinc derivatives of salicylidene-amino acids, an anticonvulsant effect on antagonism with corazole has been revealed to varying degrees. Lithium derivatives, although less toxic than zinc derivatives, but are yielding them by activity. On antagonism with corazole, in the breadth of pharmacological and protective action they are similar to the known anticonvulsant drug Ethosuximide. The most pronounced activity is exhibited by zinc-derivatives of salicylidene amino acids, which exceed Ethosuximide in antagonism with corazole. The studied neurotropic compounds are promising for the creation of new antiepileptic drugs.

Литература

1. *Meldrum B. S.* In: Excitatory Amino Acids. Eds: Meldrum B.S., Moroni F. and Simon R.P. New York. Raven Press. 1991. P. 655-670.
2. *Харкевич Д. А.* Фармакология. М. Геотар-Медия. 2006. 750 с.
3. *Казарян С. А., Пароникян Р. Г., Агаджанян А. С., Самвелян В. М., Гевондян А. И., Григорян К. П.* – Хим. фарм. ж. 2001. Т. 35. №2. С.7-8.
4. *Казарян С. А., Пароникян Р. Г., Экмекджян Э. А., Григорян К. П., Тадевосян А. А.* Кровь. 2012. 1(13). С.43-45.
5. *Պիրիվիլյան Լ. Գ., Նիզիարյան Ս. Հ., Ջաղացիանյան Բ.Ա., Սուրիանյան Լ. Ս., Նիզիարյան Բ. Ս., Հովսեփյան Հ. Հ., Թադևոսյան Ս. Հ.* – Фарма. 2015. N 11, 7-13.
6. *Казарян С. А., Пароникян Р.Г., Назарян И. М., Акобян А. Г., Григорян М. А., Григорян К. П., Кобалян Е. В., Гринвей Ф. Т.* В кн.: V научная конференция армянского химического общества «Актуальные задачи фундаментальной и прикладной химии». 3-7 октября 2017 г. Ереван. С. 85.
7. *Казарян С. А., Пароникян Р. Г.* – ДНАН РА. 2017. Т. 117 № 4, стр.328-332.
8. *Vogel H. G., Vogel W. H.* In: Drug Discovery and Evaluation. Pharmacological Assays. W. H. Vogel (Eds.). Berlin and N.Y. Springer. 2008. P.569-874.
9. *Swinyard E. A.* In: Experimental models of Epilepsy. New York. Raven press. 1992. P. 433-458
10. *Геворкян К. А., Папаян Г. Л., Чимаритян С. Г., Пароникян Р. Г.* – Хим. фарм. ж. 1987. Т. 21(2). С. 167-170.
11. *Jones B. J., Roberts D. J.* – J. Pharm. Pharmacol. 1968. V. 20 (4). P. 302–304.
12. *Litchfield J. T., Wilcoxon F.* – J. Pharmacol. Exp. Ther. 1949. V. 96. P. 99-113.

Staphylococcus aureus 1) и грамотрицательные палочки (*Shigella flexneri* 6858, *Escherichia coli* 0-55).

При диффузионном методе растворы соединений и контрольного препарата готовили в ДМСО в разведении 1:20. В чашки Петри одинакового диаметра разливали расплавленные среды в два слоя.

Для нижнего слоя использовали незасаженные среды в количестве 10 мл, для верхнего слоя – агаровую среду с предварительно засеянной соответствующей тест-культурой. После застывания засеянного агара на его поверхности расставляли стерильные цилиндрики из нержавеющей стали одинакового размера (6×10 мм).

В цилиндрики каждой чашки одновременно пипеткой наносили 0.1 мл раствора испытуемых веществ. Учет результатов производили по диаметру (d, мм) зоны отсутствия роста микробов на месте нанесения веществ после суточного выращивания тест-культур в термостате при 37°C.

В методе серийных разведений на каждый подопытный микроорганизм составляли ряды по 8-10 пробирок, содержащих питательную среду с различными концентрациями испытуемых веществ начиная с концентраций 1000 мкг/мл. Пробирки засеивали одинаковым количеством бактериальной взвеси, приготовленной из 18-часовой культуры микроорганизмов. Результаты опытов учитывали визуально по наличию и интенсивности роста микробов после суточной инкубации в термостате при 37°C. За действующую дозу принимали наименьшую концентрацию вещества в мкг/мл, которая в состоянии ингибировать рост микроорганизмов (минимальная ингибирующая концентрация – МИК). В качестве положительно-го контроля в аналогичных условиях использовали лекарственный препарат фуразолидон [8].

Результаты и обсуждение. Исследования антибактериальной активности $Zn(II)$ солей N-п-алкоксибензоил-γ-аминомасляной кислоты (ГАМК) методом диффузии в агаре показали, что все изучаемые соединения обладают противомикробными свойствами. При этом соединения с пропокси- и амилоксирадикалами (соед. 3, 4) в отношении *Staphylococcus aureus* 209P проявляют равную с контрольным препаратом – фуразолидоном активность, подавляя рост микробов в зоне диаметром 25 мм (табл. 1).

Данные вещества на остальных штаммах оказывают умеренное действие (15-20 мм). Умеренную активность проявляют также вещества с метокси- и изо-пропоксирадикалами (1, 3) в отношении стафилококков и кишечной палочки (d=17-20 мм).

На штамм *Shigella flexneri* 6858 они оказывают слабое антибактериальное действие (d=12-15 мм). В отличие от указанных соединений вещество с изо-амилоксирадикалом (соед. 5) проявляет слабую активность в отношении всех использованных штаммов (d=11-14 мм).

Таблица 1

N	Название соединения	Диаметр зоны задержки роста микроорганизмов, Мм			
		S. aureus		Shigella flexneri 6858	E. coli 0-55
		209P	1		
1	Zn(II) соль N-пара-метоксибензоил-γ-аминомасляной кислоты	18	18	13	20
2	Zn(II) соль N-пара-пропокси-бензоил-γ-аминомасляной кислоты	17	17	12	17
3	Zn(II) соль N-пара-изопропоксибензоил-γ-аминомасляной кислоты	25	20	16	15
4	Zn(II) соль N-пара-амиоксилбензоил-γ-аминомасляной кислоты	25	18	15	15
5	Zn(II) соль N-пара-изоамилоксибензоил-γ-аминомасляной кислоты	14	11	14	14
	Фуразолидон	25	24	24	24

Таблица 2

N	Название соединения	МИК, мкг/мл			
		S. aureus		Shigella flexneri 6858	E. coli 0-55
		209P	1		
1	Zn(II) соль N-пара-метоксибензоил-γ-аминомасляной кислоты	250	250	>1000	250
2	Zn(II) соль N-пара-пропоксибензоил-γ-аминомасляной кислоты	250	250	>1000	250
3	Zn(II) соль N-пара-изопропоксибензоил-γ-аминомасляной кислоты	31,7	125	1000	1000
4	Zn(II) соль N-пара-амиоксилбензоил-γ-аминомасляной кислоты	31,7	250	>1000	>1000
5	Zn(II) соль N-пара-изоамилоксибензоил-γ-аминомасляной кислоты	>1000	>1000	>1000	>1000
	Фуразолидон	31,2	31,2	31,2	31,2

В опытах по методу серийных разведений также использовали вышеуказанные 4 штамма. Исследования показали, что соединения с пропокси-, амилоксирадикалами (соед. 3, 4) подавляют рост *Staphylococcus aureus* 209P в концентрации 31,7 мкг/мл. А на *Staphylococcus aureus* 1 МИК данных веществ составляет 125 мкг/мл (табл. 2). Соединения с метокси- и изо-пропоксирадикалами (1, 3) подавляют рост стафилококков и кишечной палочки в концентрации 250 мкг/мл. В отношении *Shigella*

flexneri 6858 указанные вещества проявляют активность в концентрации ≥ 1000 мкг/мл. Следует отметить, что изученные соединения на стафилококках и кишечной палочке значительно уступают по активности контрольному препарату – фуразолидону ($d=24-25$ мм), МИК=31.2 мкг/мл.

Таким образом, на основании полученных результатов можно заключить, что целесообразно продолжать поиски новых высокоэффективных веществ в ряду Zn(II) солей N-п-алкоксибензоил-γ-аминомасляной кислоты (ГАМК).

Научно-технологический центр органической и фармацевтической химии НАН РА, Институт тонкой органической химии им. А. Мнджояна
e-mail: sedrham@yahoo.com

С. А. Казарян, Г. М. Степанян, Р. В. Пароникян, К. П. Григорян

**Антибактериальная активность Zn(II) солей производных
нейроаминокислоты ГАМК**

Показано, что испытываемые Zn(II) соли производных ГАМК обладают антибактериальными свойствами как в отношении грамположительных *Staphylococcus aureus* (209P, 1), так и грамотрицательных (*Shigella flexneri* 6858, *Esherichia coli* 0-55) микроорганизмов. При этом пропоксид- и амилосипроизводные ГАМК проявляют равную с фуразолидоном активность ($d=25$ мм) на штамме *Staphylococcus aureus* 209P.

**Ս. Հ. Ղազարյան, Հ. Մ. Ստեփանյան, Ռ. Վ. Պարոնիկյան,
Կ.Պ. Գրիգորյան**

**Նեյրոամինաթթվի ածանցյալների Zn(II) աղերի
հակամանրէային ակտիվությունը**

Ցույց է տրված, որ ուսումնասիրված γ-ամինակարապաթվի Zn(II) որոշ աղեր ցուցաբերում են հակամանրէային ակտիվություն թե՛ գրամդրական (*Staphylococcus aureus* 209P, 1) և թե՛ գրամբացասական (*Shigella flexneri* 6858, *Esherichia coli* 0-55) մանրէների նկատմամբ: Պարզվել է, որ այդ շարքում *Staphylococcus aureus* 209P-ի նկատմամբ ֆուրազոլիդոնին հավասար ակտիվություն են ցուցաբերում γ-ամինակարապաթվի, պրոպոքսի և ամիլոքսի ածանցյալները:

**S. H. Ghazaryan, H. M. Stepanyan, R. V. Paronikyan,
K. P. Grigoryan**

**Antibacterial activity of Zn(II) Salts of Neuroamino Acid
Derivatives GABA**

It has been shown that Zn (II) salts of GABA derivatives have antibacterial properties both in relation to Gram-positive *Staphylococcus aureus* (209p, 1) and Gram-negative (*Shigella flexneri* 6858, *Esherichia coli* 0-55) microorganisms. At the same

time, propoxy- and amyloxy derivatives of GABA show an activity equal to that of furazolidone (d = 25 mm) on the *Staphylococcus aureus* 209P strain.

Литература

1. *Crouch P.K., Kensler T. W., Oberley L. W., Sorenson J. R. J.* In: Karlin, K.D., Zubietta, J. Eds. Biological J. Inorganic Copper Chemistry. Guilderland, New York. Adenine Press. 1985. P.139-157.
2. *Sorenson J. R. J.* In: Biology of copper complexes, Synthesis and Biological Activity of Some Copper-Tridentate Schiff Bases. 1985. P. 533-540.
3. *Ghangbin, Wang; Ma, Shikim; Jinling, Wang; Fangming, Mino* – Synth. React. Inorg. Met-Org. Chem. 199. V. 19. № 6. P. 1023-1031.
4. *Zhang L.M., Croix C. St., Cao R. et al.* – Exp. Biol. and Med. 2006. V. 231. № 9. P.1507-1515.
5. *Minasyan S. H., Ghazaryan S. H., Tonoyan V. J., Bajinyan S. A., Grigoryan K. P., Greenaway F. T., Sorenson J. R. J.* – Inorganic, Metal-Organic and Nanometal Chemistry. 2006. V. 36. № 5. P. 425-434.
6. *Казарян С. А., Пароникян Р. Г., Экмекджян Э. А., Тадевосян А. А., Григорян К. П., Карапетян А. Г.* – Кровь. 2012. Т. 13. № 1. С. 46-49.
7. *Казарян С. А., Степанян Г. М., Пароникян Р. В., Григорян К. П.* – Доклады НАН РА. 2017. Т. 117. № 3. С. 259-264.
8. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Под ред. Миронова А. Н. М Медицина. 2012. С. 509-525.
9. *Машиковский М. Д.* Лекарственные средства. М. Новая волна. 2010. 851 с.

Работа выполнена в условиях *in situ* на крысах массой 250-300 г, наркотизированных внутрибрюшинно нембуталом (45-50 мг/кг). Мочеточник денервировался путем перерезки корешков чревного и тазового нервов. Денервация мочевого пузыря осуществлялась перерезкой корешков помимо тазового нерва также срамного и подчревного нервов [14]. Спайковые разряды мочеточников отводили биполярными электродами (расстояние между воспринимающими кончиками 2 мм). Активность мочевого пузыря регистрировалась с внутренней поверхности проксимальной зоны органа. С этой целью предварительно проводился небольшой надрез в дистальном отделе мочевого пузыря, через который вводился электрод и осуществлялся отток остаточной мочи. Использовался гистамин (Sigma-Aldrich, Германия). Исходный раствор готовили в дистиллированной воде, последующие разведения проводились в изотоническом растворе хлористого натрия. Препарат вводили в бедренную вену (по 0.2 мл в виде раствора в концентрации 10^{-4} моль/л). В каждом эксперименте использовалось одно введение.

Все эксперименты были острыми, и после завершения регистраций животные умерщвлялись введением дополнительного количества нембутала.

Анализ электрофизиологических регистраций проводился путем определения значений следующих параметров спонтанных потенциалов действия: частоты (F), амплитуды (A), скорости нарастания амплитуды (V), продолжительности нарастания (продолжительность увеличения амплитуды потенциала действия до максимального значения при фазе нарастания) (T/2), половины ширины (время, за которое формируется верхняя часть пика начиная с уровня мембранной поляризации, соответствующей половине амплитуды потенциала действия при фазе нарастания до этого же уровня потенциала при фазе падения) (t). Морфогистохимические исследования проводили методом выявления активности Ca^{2+} -зависимой кислой фосфатазы [15].

Все работы с животными были проведены в соответствии с правилами «Европейской конвенции о защите животных, используемых в экспериментах» (Директива 2010/63/EU).

На рис. 1, А схематически представлены мочеточники с мочевым пузырем и указанными областями регистрации активности. Как видно из рис. 1, Б, спонтанная электрическая активность мочеточников представлена высокоамплитудными, с быстрой начальной фазой всплесками типичных потенциалов действия [3, 4]. В отличие от строго ритмичного описанного автоматизма пейсмекерная активность мочевого пузыря представлена низкоамплитудными, с присущими ему не очень регулярными спайками, которые зачастую могли группироваться во всплески [5, 6].

Сравнение исследуемых параметров потенциалов действия обоих мочеточников и мочевого пузыря выявило определенные различия в их значениях (рис. 2). Весьма интересен тот факт, что мочеточники, будучи парными органами с идентичной физиологической ролью, имеют различные величины характеризующей их активности. При этом левый мочеточник по сравнению с правым определяется более высокими значениями таких

показателей активности, как амплитуда, скорость нарастания пика и частота ритмогенеза.

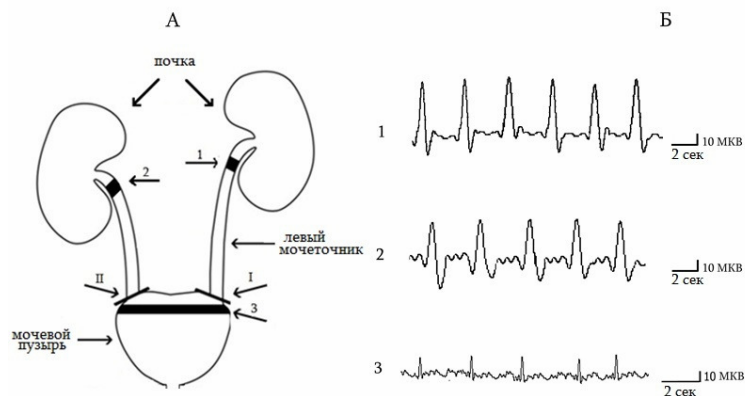


Рис. 1. А.– Схематическое изображение мочеточников и мочевого пузыря; Б.– спонтанная активность данных органов; 1, 2, 3 – соответственно зоны регистрации.

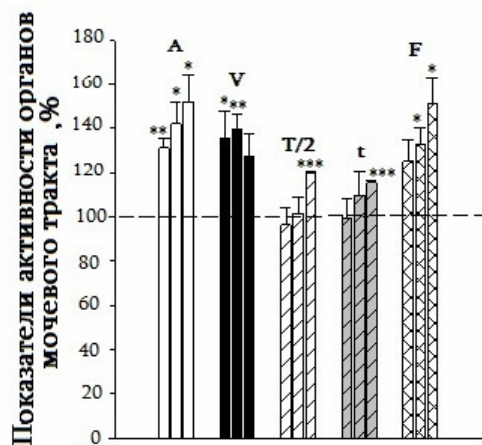


Рис. 2. Процентное соотношение показателей потенциалов действия левого и правого мочеточников и мочевого пузыря после введения гистамина по отношению к норме. Норма – штриховой контур. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$. $n = 16$.

Введение гистамина в бедренную вену животного в концентрации 10^{-4} М, являющейся оптимальной дозой для возбуждения органов мочевого тракта [16], сопровождается увеличением активности всех трех исследуемых органов. Для наглядности данный анализ проводился в процентах по

отношению к параметрам активности в норме (рис. 2). Данный медиатор способствует увеличению величин амплитуды потенциалов действия, средней скорости их нарастания и частоты ритмогенеза для того и другого мочеточников. При этом, несмотря на более высокие значения данных характеристик в норме, для левого мочеточника наблюдается меньшая возбудимость его активности при воздействии гистамина по сравнению с таковыми правого мочеточника. Так, изменения отмеченных параметров потенциалов действия соответственно равны: для левого мочеточника – 31.2, 37.7, 25 %; для правого мочеточника – 42, 39.3, 32.5 %. Вышеописанное поведение изменений характеристик спонтанной активности, видимо, связано с некой особенностью электрофизиологических свойств мочеточников, позволяющей компенсировать функцию одного из мочеточников при патологических условиях. Воздействие гистамина на спонтанную активность мочевого пузыря в отличие от мочеточников способствовало лишь значительному увеличению амплитуды потенциалов действия (на 51.9 %) и частоты ритмогенеза (на 51.3 %).

Таким образом, в результате анализа вышеприведенных изменений показателей активности всех трех органов выявлена способность гистамина формировать быстрые остроконечные потенциалы действия.

Анализ морфогистохимических данных показал, что методом выявления активности Ca^{2+} -зависимой кислой фосфатазы на фронтальных срезах мочеточника и мочевого пузыря intactных крыс выявляются клеточные структуры стенки по всей длине обоих отделов мочевыделительной системы. Мочеточники состоят из трех слоев: внутреннего, слизистого; среднего, мышечного; наружного, адвентициального (серозной оболочки) (рис. 3, А, Б). Снаружи, непосредственно к субуротелию, прилегает мышечная оболочка, где количество продольных и циркулярных мышечных слоев варьирует в разных отделах мочеточника. Миогенные структуры наиболее интенсивно выявляются в околопочечном и околопузырном отделах мочеточника (рис. 3, А, Б).

Мочевой пузырь представляет собой полый орган, расположенный в опустошенном виде в тазовой полости. Он, так же как и мочеточник, состоит из трех слоев: внутреннего, слизистого; среднего, мышечного; наружного, серозного (рис. 3, В, в; Е, е). Снаружи стенка пузыря покрыта висцеральной брюшиной – серозной оболочкой. Выявление клеточных элементов мышечного слоя стенки мочевого пузыря почти идентично околопузырному отделу мочеточника, и среди большинства светлоокрашенных элементов обнаруживаются отдельные темноокрашенные (рис. 1, В, в).

Высокой активностью кислой фосфатазы обладают миогенные структуры краниального отдела мочевого пузыря (рис. 3, В, в). В этом отделе они очень четко выявляются и расположены равномерно, с умеренной степенью интенсивности окрашивания (рис. 3, В). Местами эти структуры плотно собираются в пучки, и создается впечатление диффузного затемненного окрашивания (рис. 3, в).

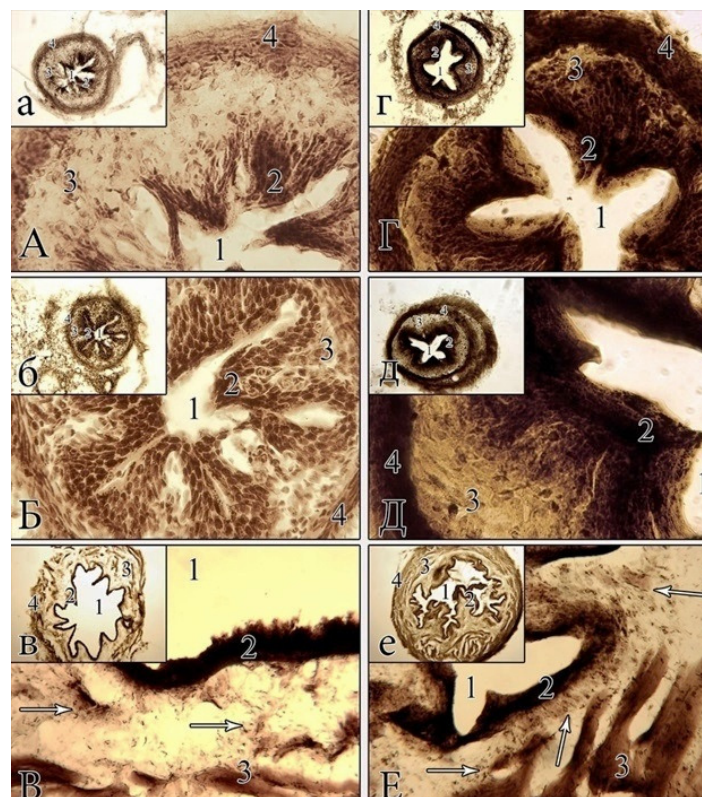


Рис. 3. Фронтальные срезы: околопочечной (А), околопузырной(Б) областей мочеточника и мочевого пузыря (В) intactной крысы; околопочечной (Г), околопузырной (Д) областей мочеточникаи мочевого пузыря (Е) под воздействием гистамина; 1– просвет; 2 – слизистая оболочка; 3 – мышечный слой, гладкие миоциты; 4 – серозная оболочка; стрелки – клеточные элементы с высокой активностью кислой фосфатазы. Метод выявления активности Ca^{2+} -зависимой кислой фосфатазы. Увеличение: $\times 25$ (в, е); $\times 100$ (Б, д, Е); $\times 160$ (а,б, г); $\times 400$ (А, Б, Г, Д); цифровое ув. 8 Мп.

Учитывая, что фосфорсодержащие соединения занимают ключевые позиции в обменных энергетических процессах клеток тканей органов, неудивительно, что неодинаковая чувствительность миогенных элементов как мочеточников, так и мочевого пузыря обусловлена различным уровнем окислительных процессов.

Проведен морфологический анализ характеристики воздействия гистамина. Выявлено интенсивное окрашивание клеточных элементов мышечной оболочки в отделах околопочечного участка мочеточника и краниального отдела мочевого пузыря, свидетельствующее о высоком функциональном состоянии указанных областей.

Под воздействием гистамина во всех исследуемых нами отделах мочеточника и в мочевом пузыре однозначно наблюдается усиление активности выявления кислой фосфатазы. Наибольшей интенсивностью окрашивания выделяются миогенные структуры околопочечного отдела мочеточника (рис. 3, Г, г). Активность кислой фосфатазы в клеточных структурах настолько усилена, что создается впечатление диффузного затемненного окрашивания (рис. 3, Г). В околопузырном отделе мочеточника (рис. 3, Д) и в краниальной части мочевого пузыря (рис. 3, Е, е) под воздействием гистамина отчетливо выявляются миогенные элементы, однако в сравнении с интактными животными здесь превалируют интенсивно окрашенные, которые повсюду скапливаются в темные глыбчатые образования (рис. 3, Д, Е). Данные морфо-гистохимических исследований показали, что на срезах выявляются все три слоя стенки мочеточника и мочевого пузыря, причем в слизистой и адвентициальной оболочках особых различий в степени интенсивности окрашивания разных отделов не наблюдается. Что же касается мышечной оболочки, то здесь наблюдаются значительные различия в метаболизме миогенных элементов, и наиболее интенсивно окрашиваются миогенные структуры вблизи почечной лоханки мочеточника и в краниальном отделе мочевого пузыря как интактных крыс, так и под воздействием гистамина.

Таким образом, вышеприведенные морфогистохимические результаты полностью подтверждают данные электрофизиологических исследований по воздействию гистамина на пейсмекерную активность комплексно взаимосвязанных друг с другом мочеточников и мочевого пузыря.

Институт физиологии им. Л. Орбели НАН РА

К. В. Казарян, М. А. Даниелян, Р. Г. Чибухчян, Э. Х. Мкртчян

Активация гистамином пейсмекерного ритмогенеза мочеточников и мочевого пузыря

Изучено воздействие гистамина на характеристики пейсмекерной активности мочеточников и мочевого пузыря в условиях их комплексной взаимосвязи. Сравнительный анализ показателей потенциалов действия исследуемых органов при воздействии гистамина выявил большее повышение значений в основном таких параметров активности, как амплитуда, скорость ее нарастания и частота ритмогенеза в основном для правого мочеточника. Введение гистамина способствует значительной активации также и автоматизма мочевого пузыря. Полученные данные свидетельствуют о полном соответствии морфогистохимических и электрофизиологических результатов.

**Ք. Վ. Ղազարյան, Մ. Հ. Դանիելյան, Ռ. Գ. Չիբուխչյան,
Հ. Խ. Մկրտչյան**

**Հիստամինի ազդեցությամբ միզապարկի և միզաձորանների
ինքնաբուխ ռիթմոգենեզի ակտիվացումը**

Ուսումնասիրվել է հիստամինի ազդեցությունը միզապարկի և միզաձորանների ինքնաբուխ ակտիվության բնութագրերի վրա այդ օրգանների կոմպլեքս փոխազդեցության պայմաններում: Հիստամինի ազդեցությամբ ուսումնասիրվող օրգանների գործողության պոտենցիալների բնութագրերի համեմատական վերլուծությունը ցույց է տվել, հիմնականում աջ միզաձորանի համար, ակտիվության այնպիսի պարամետրերի արժեքների զգալի բարձրացում, ինչպիսիք են՝ ամպլիտուդան, նրա վերելքի արագությունը, ռիթմոգենեզի հաճախականությունը: Հիստամինի ներարկումը նպաստում է նաև միզապարկի ինքնավարության զգալի ակտիվացմանը: Ստացված արդյունքները փաստում են մորֆոհիստոքիմիական և էլեկտրաֆիզիոլոգիական արդյունքների միջև լիարժեք համապատասխանություն:

**K. V. Kazaryan, M. H. Danielyan, R. G. Chibukhchyan,
H. Kh Mkrtchyan**

**Activation of Pacemaker Rhythmogenesis of Ureters
and Bladder with Histamine**

The effect of histamine on the characteristics of pacemaker activity of the ureters and bladder under conditions of complex interrelation of organs to each other was studied. Under histamine exposure the comparative analysis of the indicators of action potentials of the organs under study revealed a significant increase in the values of mainly such parameters of activity as amplitude, speed of its growth and frequency of rhythmogenesis, mainly for the right ureter. Histamine also contributes a significant activation of automatism of the bladder. The obtained results showed complete compliance of morphohistochemical results with electrophysiological results.

Литература

1. *McHale N. G., Hollywood M. A., Sergeant G. P., Shafei M., Thornbury K. T., Ward S. M.* – J Physiol. 2006. V. 576 (Pt 3). P. 689-94.
2. *McCloskey K. D.* – Handb Exp Pharmacol. 2011. V. 202. P. 233-54.
3. *Santicioli P., Maggi C. A.* – Pharmacol Rev. 1998. V. 50: № 4. P. 683-722.
4. *Osman F., Romics I., Nyírády P., Monos E., Nádasz G. L.* – Acta Physiol Hung. 2009. V. 96. № 4. P. 407-26.
5. *Drake M. J., Harvey I. J., Gillespie J. I.* – Exp. Physiol. 2003. V. 88. P. 19-30.
6. *Andersson K. E., Arner A.* – Physiol Rev. 2004. V. 84. № 3. P. 935-86.
7. *Կազարյան Կ. Վ., Չիբուխչյան Ր. Գ., Մկրտչյան Յ. Խ.* – Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 2017. Т. 103. № 8. С. 902-11.
8. *Bertaccini G., Zappia L., Bezzi E., Potnezoni D.* – Res. Commun. 1983. V. 15. P. 157-166.

9. Soll A.H. Toomey M., Culp D., Shanahan F., Beaven M. A. – Am J Physiol. 1988. Jan. V. 254 (1 Pt 1). G40-8.
10. Ugaily-Thulesius L., Thulesius O., Angelo-Khattar M., Sivanandasingham P., Sabha M. – Urol Res. 1988. V. 16. № 4. P. 287-93.
11. Neuhaus J., Weimann A., Stolzenburg J. U., Dawood W., Schwalenberg T., Dorschner W. – World J Urol. 2006. Jun. V. 24. № 2. P. 202-9.
12. Bennedito S., Prieto D., Rivera L., Costa Garcia-Saeriston A. – J. Urol. 1991. 1991.V. 146. № 1. P. 184-187.
13. Shuba M. F. – J. Physiol. 1977b. V. 246. P. 853-864.
14. Moore K., Agur A. In: Essential Clinical Anatomy. Third edition. Piladelphia. Lippincot Williams and Wilkins. 2007. P. 227-228.
15. Meliksetyan I. – Morfologia. 2007. V. 131. P. 77–80.
16. Казарян К. В., Ванцян В. Ц., Симонян Л. Г. – Рос. физиол. журн. 2011. Т. 97. № 12. С. 1319-1326.

Качество сырья лекарственных растений зависит не только от правильного определения вида растения, времени и места сбора, условий заготовки сырья, но и от фитопатологического состояния растений в период вегетации, сбора и хранения. Этому вопросу большое значение придает Всемирная организация здравоохранения, включающая в понятие безопасность кроме чистоты сырья и готовой лечебной продукции также и микробиологический контроль на наличие специфических патогенных микроорганизмов и установление допустимых пределов загрязнения ими [3].

Настоящее сообщение посвящено фитопаразитным микроскопическим грибам из рода *Septoria*, произрастающим в РА и вызывающим заболевание септориозом. Список лекарственных растений Армении составлен нами по нашим сборам и литературным источникам [1-6]. Современная таксономия видов растений-хозяев уточнена по С. К. Черепанову [7], а видов *Septoria* – по indexfungorum.org. [8].

Возбудители септориоза – филлотрофные грибы, развивающиеся в основном на листьях, а иногда и на плодах, черешках, зеленых побегах. Они вызывают образование пятен отмирающей ткани, что уменьшает ассимилирующую поверхность, ослабляет растение и снижает его лечебные свойства. Размер пятен колеблется от точечных до захватывающих большие участки, на которых формируются органы бесполого размножения в виде черных одиночных или многочисленных точек – пикнид. В них формируются и созревают удлинено-нитевидные, удлинено-булавовидные споры, которые через отверстие выходят на поверхность пораженного органа и распространяются, заражая новые растения.

Ниже приводится таблица видов *Septoria* с указанием семейства, рода и вида поражаемых растений в РА.

Поражаемость лекарственных растений в РА видами *Septoria*

N	Семейство растения-хозяина	Род растения-хозяина	Виды растений-хозяев	Виды <i>Septoria</i>
1	Aceraceae	Acer	A. campestre	S. acerella Sacc. v. acerella
			A. ibericum *A. trautvetteri	S. pseudoplatani Roberge ex Desm.; S. aceris (Lib.) Berk. & Broome
2	Alliaceae	Allium	A. artroviolaceum	S. alliicola Bäumler
3	Anacardiaceae	Cotinus	C. coggygria	S. leveillii Sacc.
		Pistacia	P. mutica, P. vera	S. pistaciae Desm.
4	Apiaceae(Umbelliferae)	Anthriscus	A. sylvestris	S. anthrisci Pass. & Brunaud
		Apium	A. graveolens	S. apii Chester
		Berula	B. erecta	S. sii Roberge ex Desm.

		Chaerophyllum	C. aureum	S. chaerophylli-aromatici Kabát & Bubák, S. weissii Allesch.
		Coriandrum	C. sativum	S. umbelliferarum Kalchbr.
		Heracleum	H. pascinacifolium	S. heraclei (Lib.) Desm.; S. heracleicola Kabát & Bubák
		Laserpitium	L. hispidum	S. laserpitii Cavara
		Pastinaca	P. armena	S. pastinacae Westend.
		Petroselinum	P. sativum	S. petroselini (Lib.) Desm.
		Prangos	P. ferulaca	S. prangi D.N. Babajan
5	Araliaceae	Hedera	H. helix	S. hederiae Desm.
6	Asclepiadaceae	Vincetoxicum	V. hicundinaria V. sanders	S. vincetoxici (Ficinus & C. Schub.) Auersw.
7	Asteraceae	Arctium	A. lappa	S. lapparum Sacc.
		Artemisia	A. vulgaris	S. tabacina Died. var. tabacina
		Aster	A. ibericum	S. astericola Ellis & Everh.; S. tharpiana Trotter
		Bidens	B. tripartita	S. bidentis Sacc.
		Cicerbita	C. macrophylla	S. mulgedii Thüm.
		Cichorium	C. intybus	S. endiviae Thüm.
		Cirsium	C. arvense	S. bulgarica Bubák & Malkoff; S. cirsii Niessl.
		Lactuca	L. seriola	S. lactucae Pass.
		Leontodon	L. hispidus	S. leontodontis A.L. Sm.
		Leucanthemum	L. vulgare	S. leucanthemi Sacc.
		Pyrethrum	P. balsamita	S. pyrethri Bres. & Krieg.
		Tanacetum	T. vulgare	S. tanaceti Niessl
		Taraxacum	T. officinale	S. taraxaci Hollós
8	Berberidaceae	Berberis	B. vulgaris	S. berberidis Niessl
		Mahonia	M. aquifolium	S. mahoniae Pass.
9	Betulaceae	Betula	B. pubescens	S. betulina Pass.
10	Brassicaceae	Hesperis	H. martonalis	S. hesperidis D.N. Babajan
		Lepidium	L. perfoliatum, L. draba, L. latifolium	S. lepidii Desm.

11	Campanulaceae	Campanula	C. rapunculoides	S. campanulae Sacc.
		Michauxia	M. laevigata	S. negrui D.N. Babajan et Simonyan
12	Cannabaceae	Cannabis	C. sativa	S. cannabis (Lasch) Sacc.
13	Caprifoliaceae	Lonicera	L. capriforium	S. xylostei Sacc. et G. Winter
		Sambucus	S. edulis	S. ebuli Roberge ex Desm.
			S. nigra	S. sambucina Peck
14	Chenopodiaceae	Chenopodium	C. vulgare	S. chenopodii Westend.
15	Colchicaceae	Merendera	M. trygina	S. monticola D.N. Babajan et. Simonian
16	Convallariaceae	Convallaria	C. majalis	S. brunneola (Fr.) Niessl
		Polygonatum	P. glabellum, P. odoratum	S. polygonati Kabát & Bubák
17	Convolvulaceae	Calystegia	C. sepium	S. calystegiae Westend.
18	Cornaceae	Cornus	C. mas, C. sanguinea	S. cornicola Desm. var. cornicola
		Swida	S. australis	S. cornicola Desm. var. Cornicola
19	Cucurbitaceae	Cucumis	C. melo. C. sativus	S. cucurbitacearum Sacc.
20	Dipsacaceae	Cephalaria	C. gigantea	S. cephalariae-alpinae Roum.; S. scabiosicola Desm. f. cephalariae
		Dipsacus	D. strigosus	S. dipsaci-strigosi D.N. Babajan
		Scabiosa	S. caucasica	S. scabiosicola f. scabiosicola Desm
21	Elaeagnaceae	Elaeagnus	E. angustifolia	S. elaeagni (Chevall.) Desm.
22	Fabaceae	Alhagi	A. pseudoalhagi	S. alhagi Szemb.
		Anthyllis	A. variegata, A. silvestris	S. anthyllidis Sacc.
		Astragalus	A. cicer	S. bubakii Jacz.
		Caragana	C. arborescens	S. astragali Rob. f. astragali; S. caraganae P. Henn.
		Glycyrrhiza	* G. Glabra	S. glycyrrhizae Ellis et Kellerm.
		Lathyrus	L. miniatus	S. lathyri Ellis et Everh.; S. fulvescens Sacc.
		Robinia	R. pseudoacacisa	S. curvata (Rabenh.) Sacc.; S. robiniae Desm. var. robiniae

23	Fagaceae	Quercus	Q. iberica, Q. macranthera	S. quercicola Sacc.; S. quercina Desm.
24	Grossulariaceae	Grossularia	G. relictina	S. grossulariae (Lib.) West.
		Ribes	R. nigrum, R. orientale, R. rubrum	S. ribis (Lib.) Desm.
25	Hyacinthaceae	Ornithogalum	O. magnum, O. pyrenaicum	S. ornithogali Pass.
26	Hypericaceae	Hypericum	H. perforatum	S. hyperici Desm.
27	Iridaceae	Gladiolus	*G. atroviolaceus	S. gladioli Pass.
28	Lamiaceae	Ajuga	A. genevensis	S. ajugae Ranoj.
		Galeopsis	G. tetrahit	S. galeopsidis Westend.
		Lamium	L. album, L. maculatum	S. lamii Sacc.
		Leonurus	L. cardiaca	S. sevani D.N. Babajan
		Mentha	M. longifolia	S. menthae (Thüm.) Oudem.
		Melissa	M. officinalis	S. melissae Desm.
		Origanum	O. vulgare	S. origanicola Allesch.
		Phlomis	P. prengens	S. phlomidis Bond. et Lebedeva
		Prunella	P. vulgaris	S. prunellae Trail
		Salvia	S. nemorosa	S. salviae Pass. var. sclareae; S. salviae-pratensis Pass.
29	Lythraceae	Lythrum	L. salicaria	S. brissaceana Sacc. et Letendre
30	Malvaceae	Malva	M. neglecta	S. heterochroa Desm.
31	Melanthiaceae	Veratrum	V. album, V. lobelianum	S. sublineolata Thüm.
32	Oleaceae	Fraxinus	F. excelsior	S. fraxini Desm.
33	Onagraceae	Epilobium	E. europaeus, E. hirsutum	S. epilobii West.
34	Orchidaceae	Platanthera	P. chlorantha	S. orchidearum Westend.
35	Papaveraceae	Chelidonium	C. majus	S. chelidonii (Lib.) Desm.
		Papaver	*P. orientale, P. rhoeas	S. rhoeadis Tassi
36	Plantaginaceae	Plantago	P. lanceolata, P. major, P. media	S. plantaginis (Ces.) Sacc.; S. plantaginis- majoris (Sacc.) Nannf.
37	Poaceae	Avena	A. fatua	S. avenae A.B. Frank
		Dactylis	D. glomerata	S. graminum Desm.

				f. dactylidis
		Elytrigia	E. repens	S. graminum Desm. var. graminum; S. agrestis Sacc.; S. agropyri Ellis et Everh.; S. gracilis Pass.; S. oxyspora Penz. et Sacc. var. oxyspora
		Hordeum	H. distichon, H. bulbosum	S. graminum Desm. var. graminum; S. nodorum (Berk.) Berk.
		Phleum	P. pratense	S. alopecuri (Trail) Grove var. phalaridis; S. alopecuri (P. Karst.) P. Syd.; S. oxyspora Penz. & Sacc.
		Phragmites	P. australis	S. arundinacea Sacc.
		Secale	S. sereale	S. secalis Prill. & Delacr.
		Setaria	S. viridis	S. sigmoidea Ell et Ev.
		Triticum	T. aestivum (T. vulgare)	S. graminum Desm. var. graminum; S. tritici Rob. et Desm.; S. triticolica Lob.
38	Polemoniaceae	Polemonium	*P. caeruleum	S. polemonii Thüm.
39	Polygonaceae	Polygonum	P. alutum, P. persicaria	S. polygonorum Desm.
		Persicaria	P. alpine, P. hydropiper, P. lapathifolia, P. maculosa	S. polygonina var. polygonina Thüm., S. polygonorum Desm.; S. polygonicola (Lasch) Sacc.
		Rumex	R. acetosa	S. rumicis Trail
40	Primulaceae	Glaux	G. maritima	S. glaucis Syd.
		Lysimachia	L. vulgare, L. verticillata	S. lysimachiae Westend.
		Cyclamen	C. coum subs. caucasicum	S. cyclaminis Durieu et Mont.
41	Ranunculaceae	Aconitum	A. nasatum	S. lycoctoni Speg. var. lycoctoni
42	Rhamnaceae	Paliurus	P. spina-christi	S. ascochyella Sacc.
		Rhamnus	R. cathartica	S. rhamni- catharticae Ces.

43	Rosaceae	Crataegus	C. kozlovi, C. kyrtostyla, C. meyeri, C. sanguine, C. rhipidophylla, C. wattiana	S. crataegi J. Kickx var. crataegi; S. crataegicola Bond. et Tranzschel
		Filipendula	F. ulmari	S. magnusiana Allesch.
		Fragaria	F. vesca	S. fragariae Desm.
		Geum	G. rivale, G. urbanum	S. gei Roberge ex Desm.
		Potentilla	P. reptans, P. erecta	S. tormentillae Roberge ex Desm.
		Pyrus	P. commutatus, P. erecta	S. pyricola Desm.
		Rosa	R. canina	S. rosae Desm. var. rosae; S. rosae- arvensis Sacc.
		Rubus	R. caesius, R. ideus, R. sacsatilis	S. rubi Westend. var. rubi
		Sorbus	S. boissieri	S. hyalospora (Mont. & Ces.) Sacc.
44	Rutaceae	Dictamnus	D. glomerata	S. dictamni Fockel
45	Salicaceae	Populus	P. hybrida, P. tremula, P. nigra	S. populi Desm. var. populi
		Salix	S. caprea	S. capreae Westend.
46	Scrophulariaceae	Digitalis	D. ferruginea, D. nervosa	S. digitalis Pass.
		Rhinanthus	R. pectinatus	S. rhinanthi Bondartsev
47	Solanaceae	Atropa	A. caucasica	S. atropae- caucasicae D.N. Babajan et Husseinova
		Lycopersicum	L. aesculentum	S. lycopersici Speg.
		Nicotiana	N. tabacum	S. nicotianae Pat.
48	Urticaceae	Urtica	U. dioica, U. urens	S. urticae Roberge ex Desm.
49	Valerianaceae	Valeriana	V. tiliifolia	S. valerianae Sacc. & Fautrey
Итого:		121	162	150

*Виды, включенные в «Красную книгу Армении» [9].

Из приведенной таблицы явствует, что в РА выявлено 150 видов *Septoria*, развивающихся на 162 видах лекарственных растений. Септориозом поражается 161 вид лекарственных растений, которые относятся к 121 роду из 49 семейств. К числу наиболее поражаемых семейств относятся Rosaceae (18 видов *Septoria*), Asteraceae (15), Apiaceae, Lamiaceae, Rosaceae (по 11), Fabaceae (10). Являясь облигатными паразитами, виды *Septoria* не

всегда узко специализированы только к одному виду растения. Иногда они встречаются на двух и более видах, реже на всех видах одного рода растений, еще реже на видах разных родов из одного семейства. Последнее может свидетельствовать о возможной филогенетической связи этих родов.

Наиболее подвержены септориозу травянистые растения. Многие виды *Septoria* развиваются ежегодно преимущественно к концу вегетации, в разной степени поражая больные растения. Особенно сильно из дикорастущих и возделываемых травянистых растений повреждаются петрушка, кориандр, сельдерей, земляника, ряд злаковых, а из древесно-кустарниковых – многие виды груш, смородины, ежевики, фисташки, лоха.

При сборе и хранении пораженных растений в неблагоприятных условиях они легко подвергаются вторичному инфицированию сапротрофными грибами, что приводит к недопустимости использования такого лекарственного сырья в качестве лечебного средства. Учитывая это, следует избегать использования растений с признаками септориоза в качестве лечебных средств. Не рекомендуется также сбор редких и исчезающих видов растений, которые включены в «Красную книгу Армении».

Ереванский государственный университет
e-mail: losipyan@ysu.am

Академик Л. Л. Осипян, Е. Ю. Согоян

Грибы рода *Septoria*, поражающие лекарственные растения в Республике Армения

Представлены данные о фитопатогенных микроскопических грибах рода *Septoria*, поражающих лекарственные растения в Республике Армения. Приводится список видов *Septoria* с указанием семейства, рода и вида поражаемых растений. Выявлено 150 видов *Septoria*, развивающихся на 162 видах лекарственных растений, которые относятся к 121 роду из 49 семейств. Наиболее подвержены заболеванию дикорастущие и культивируемые травянистые растения, широко используемые населением в качестве лечебных средств.

Ակադեմիկոս Լ. Լ. Օսիպյան, Ե. Յու. Սոգոյան

Դեղաբույսերը ախտահարող *Septoria* ցեղի սնկերը Հայաստանի Հանրապետությունում

Ներկայացվում են տվյալներ *Septoria* ցեղին պատկանող ֆիտոպաթոգեն մանրադիտակային սնկերի վերաբերյալ, որոնք մակաբուծում են Հայաստանի Հանրապետությունում տարածված դեղաբույսերի վրա: Բերվում է *Septoria*-ի տեսակների ցանկը, որտեղ նշվում են նաև տեր-բույսերի ընտանիքը, ցեղը և տեսակը: Բացահայտվել են *Septoria* ցեղին պատկանող 150 տեսակի սնկեր, որոնք զարգանում են 162 տեսակի դեղաբույսերի վրա՝ 121 ցեղից և 49 ընտանիքներից: Առավել ենթակա են սնկային հիվանդությունների վայրի և մշակովի խոտաբույսերը, որոնք լայնորեն օգտագործվում են որպես բուժական միջոց:

Academician L.L.Osipyan, Y.Y. Soghoyan
Fungi of the Genus *Septoria* Causing Diseases in Medicinal
Plants in the Republic of Armenia

The article presents data on phytopathogenic microscopic fungi of the genus *Septoria*, causing diseases in medicinal plants in the Republic of Armenia. A list of species of *Septoria* is given, indicating the family, genus and species of the damaged plants. There are 150 species of *Septoria* developing on 162 species of medicinal plants, which belong to 121 genera from 49 families. The most susceptible to disease are the wild and cultivated herbaceous plants that are widely used by the population as the rapeutic agents.

Литература

1. *Торосян А. А.* Лекарственные растения Армении. Ереван. Айастан. 1983. 295 с. (на арм. яз.).
2. *Цатурян Т. Г., Геворкян М. Л.* Дикорастущие лекарственные растения Армении. Ереван. 2014. 315 с. (на арм. яз.).
3. Монографии ВОЗ о лекарственных растениях, широко используемых в Новых независимых государствах (ННГ). Всемирная организация здравоохранения. Женева. 2006. 453 с.
4. *Золотницкая С. Я.* Лекарственные ресурсы флоры Армении. Т. 1. Ереван, 2014. 233 с.; Т. 2. Ереван. 2014. 295 с.
5. *Ревазова Л. В., Мусаелян М. С.* Латино-армянский словарь названий лекарственных растений. Ереван. 1997. 218 с. (на арм. яз.)
6. Флора Армении. Под ред. А.Л. Тахтаджяна Т. 1-11. Ереван. 1954-2010.
7. *Черепанов С. К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств в пределах бывшего СССР. СПб. 1992. 990 с.
8. <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>
9. The Red Book of Plant of the Republic of Armenia. Plants and Fungi. Yerevan, 2010. 591 p.