

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

ISSN 0321-1339

ՁԵՎՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ
REPORTS

2019

Երևան

Երևան

Yerevan

Հիմնադրվել է 1944 թ.: Լույս է տեսնում տարին 4 անգամ

Основан в 1944 г. Выходит 4 раза в год

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Ռ. Մ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

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

Главный редактор академик Р. М. МАРТИРОСЯН

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

Editor-in-chief academician R. M. MARTIROSYAN

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

Խմբագրության հասցեն՝ 0019, Երևան 19, Մարշալ Բաղրամյան պող. 24գ
Адрес редакции: 0019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г
Communication links: address – 24g Marshal Bagramian Ave., Yerevan, 0019, Armenia

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

© НАН РА. Президиум. 2019

© Издательство "Титутюн"

НАН РА. 2019

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Հ. Ա. Ամիրջանյան, Ա. Հ. Քամալյան, Հ. Ա. Քամալյան – Մատրից-ֆունկցիաների որոշ տիպի ֆակտորիզացիաների մասին	299
---	-----

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ա. Պ. Սեյրանյան – Էվոլյուցիայի մատրիցայի և Լյապունովի ցուցիչների ածանցյալները՝ ըստ պարամետրերի	306
--	-----

ՖԻԶԻԿԱ

Բ. Մ. Ղանգլյան, Դ. Բ. Հայրապետյան, ախադեմիկոս Է. Մ. Ղազարյան – Բորի նիտրիդի բազմաշերտ նանոխողովակի արգելված գոտին և վիճակների խտությունը.....	315
---	-----

ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՖԻԶԻԿԱ

Բ. Ա. Վարդանյան – Մեթանի թերմիկ օքսիդացման ռեակցիայի արագության հաստատունության հարցի վերաբերյալ	320
--	-----

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

Գ. Ա. Հովհաննիսյան, Ֆ. Պ. Սարուխանյան, Հ. Հ. Ջաքարյան, Ն. Հ. Բարխուդարյան – Արգանդի վզիկի քաղցկեղի զարգացման հակաօքսիդանտային և իմունաբանական առանձնահատկությունները	324
--	-----

ՆԵՅԴՈՒՄԻԱ

Ս. Հ. Ղազարյան, Ռ. Գ. Պարոնիկյան, Ժ. Ռ. Ալավերդյան, Բ. Մ. Նազարյան – Ուպարա-տեղակաված ԳԱԿԹ-ի ածանցյալները և նրանց էթիլային եթերները որպես հակացնցումային միջոցներ	332
---	-----

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ք. Վ. Ղազարյան, Տ. Ա. Փիլիպոսյան, Ն. Գ. Հունանյան – Արգանդի փողի ձվարանային շրջանի ինքնավարության ազդեցությունը միջին շրջանի էլեկտրական ակտիվության վրա	338
---	-----

ԲՈՒՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ժ. Հ. Վարդանյան, Ս. Ա. Կորակյան – Երևանի կանաչապատման մեջ օգտագործվող տեղածին և ներմուծված ծառաբույսերի օպտիմալ զուգակցման էկոլոգո-կենսաբանական ասպեկտները	345
--	-----

Բովանդակություն 119-րդ հատորի	353
-------------------------------------	-----

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- Г. А. Амирджанян, А. Г. Камалян, Г. А. Камалян* – О некоторых типах факторизации матриц-функций 299

МЕХАНИКА

- А. П. Сейранян* – Производные матрицы эволюции и показателей Ляпунова по параметрам 306

ФИЗИКА

- И. М. Данглян, Д. Б. Айрапетян, Э. М. Казарян* – Запрещенная зона и плотность состояний многослойной нанотрубки нитрида бора 315

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

- И. А. Варданян* – К вопросу о постоянстве скорости термического окисления метана 320

БИОХИМИЯ

- Г. А. Оганнисян, Ф. П. Саруханян, Э. А. Закарян, Н. А. Бархударян* – Антиоксидантные и иммунологические характеристики прогрессирования рака шейки матки 324

НЕЙРОХИМИЯ

- С. А. Казарян, Р. Г. Пароникян, Ж. Р. Алавердян, И. М. Назарян* – N-паразамещенные ГАМК и их этиловые эфиры как противосудорожные средства 332

ФИЗИОЛОГИЯ

- К. В. Казарян, Т. А. Пилипосян, Н. Г. Унанян* – Влияние автоматизма овариальной зоны маточного рога на электрическую активность среднего сегмента 338

БОТАНИКА

- Ж. А. Варданян, С. А. Ктракян* – Эколого-биологические аспекты оптимального сочетания аборигенных и интродуцированных древесных растений, применяемых в озеленении г. Еревана 345

- Содержание 119-го тома 356

C O N T E N T S

MATHEMATICS

- H. A. Amirjanyan, A. G. Kamalyan, H. A. Kamalyan* – On the Some Types of Factorization of Matrix Functions 299

MECHANICS

- A. P. Seyranian* – Derivatives of an Evolution Matrix and Lyapunov Exponents with Respect to Parameters 306

PHYSICS

- I. M. Danglyan, D. B. Hayrapetyan, E. M. Kazaryan* – Band Gap and Density of States of Multiwalled Boron Nitride Nanotubes 315

CHEMICAL PHYSICS

- I. A. Vardanyan* – About the Question of Rate Constancy of Ethane Thermic Oxidation 320

BIOCHEMISTRY

- G. A. Hovhannisyan, F. P. Sarukhanyan, H. H. Zakaryan, N. H. Barkhudaryan* – Antioxidative and Immunological Patterns of Cervical Cancer Progression 324

NEUROCHEMISTRY

- S. A. Ghazaryan., R. G. Paronikyan, J. R. Alawerdyan, I. M. Nazaryan* – N-p-substituted GABA and Its Ethyl Esters as Anticonvulsants 332

PHYSIOLOGY

- K. V. Kazaryan, T. A. Piliposyan, N.G. Hunanyan* – The Influence of Automatism of the Ovarial Horn Area on the Electrical Activity of the Mid Region of the Uterine Tube 338

BOTANY

- Zh. H. Vardanyan, S. A. Ktrakyan* – Eco-Biological Aspects of the Optimal Combination of Native and Introduced Woody Plants Used in Greenery of Yerevan 345

- Contents of 119th volume 359

МАТЕМАТИКА

УДК 517.968.23

Г. А. Амирджанян¹, А. Г. Камалян², Г. А. Камалян¹

О некоторых типах факторизации матриц-функций

(Представлено академиком А. Б. Нерсисяном 30/IX 2019)

Ключевые слова: *теплицев оператор, индексное подпространство, индексная факторизация.*

¹°. Пусть $\Omega^+(\ni 0)$ – ограниченная многосвязная область комплексной плоскости $\mathbb{C}$ с границей, состоящей из конечного числа замкнутых непересекающихся жордановых спрямляемых кривых, $\Omega^- = \bar{\mathbb{C}} \setminus \bar{\Omega}^+$, $L_p^\pm$ ($1 \leq p \leq \infty$) – подпространство функций из L_p ($= L_p(\Gamma)$), совпадающих почти всюду на Γ с угловыми предельными значениями функций из класса Смирнова $E_p^\pm$ области $\Omega^\pm$ (см. [1, 2]), $\dot{L}_p^- = \{f \in L_p^-; f(\infty) = 0\}$, а P_+ (P_-) – оператор, проектирующий прямую сумму $\mathcal{L}_p = L_p^+ \dot{+} \dot{L}_p^-$ на L_p^+ (L_p^-) параллельно $\dot{L}_p^-$ (L_p^+). Далее, пространство вектор-столбцов (матриц) порядка n ($n \times m$) с элементами из линейала X будем обозначать через X^n ($X^{n \times m}$). Действие проекторов $P_\pm$ в $\mathcal{L}_p^n$ ($\mathcal{L}_p^{n \times m}$) будем понимать покомпонентно, а вместо слов матрица-функция и вектор-функция употреблять сокращения соответственно м.-ф. и в.-ф.

Пусть G – м.-ф. порядка $n \times n$, элементы которой почти всюду на контуре Γ принимают конечные комплексные значения. Ниже будем пользоваться следующими обозначениями: $\mathcal{D}_{\ell-,p}^-$ ($\mathcal{D}_{r,p}^+$) – пространство всех в.-ф. $\varphi_- \in (L_p^-)^n$ ($\varphi_+ \in (L_p^+)^n$) таких, что $G\varphi_- \in \mathcal{L}_p^n$ ($G\varphi_+ \in \mathcal{L}_p^n$); $\mathcal{D}_{\ell-,p}^+$ ($\mathcal{D}_{r+,p}^-$) – пространство всех в.-ф. $\varphi_+ \in (L_p^+)^n$ ($\varphi_- \in (L_p^-)^n$), для которых существует $\varphi \in \mathcal{L}_p^n$ такое, что $\varphi_+ = G\varphi$ ($\varphi_- = G\varphi$); τ_α ($\alpha \in \mathbb{C}$), τ'_α ($\alpha \in \bar{\mathbb{C}} \setminus \{0\}$) – операторы, действующие на функцию (в.-ф., м.-ф.) по формулам $(\tau_\alpha f)(t) = (t - \alpha)f(t)$, $\tau'_\alpha = -\alpha^{-1}\tau_\alpha\tau_0^{-1}$, $\tau'_\infty = \tau_0^{-1}$; $T_{\ell-,p,j}$, $T_{r+,p,j}$ ($j \in \mathbb{Z}$) семейства теплицевых операторов с областями определения $\mathcal{D}_{\ell-,p}^-$ и $\mathcal{D}_{r+,p}^+$ соответственно, действующие по формулам $T_{\ell-,p,j}\varphi_- = \tau_0 P_- (\tau_0^{-(j+1)} G\varphi_-)$, $T_{r+,p,j}\varphi_+ = P_+ (\tau_0^{-j} G\varphi_+)$; $N_{\ell-,p,j}^- = \ker T_{\ell-,p,j}$, $N_{r+,p,j}^+ = \ker T_{r+,p,j}$.

В.-ф. $\varphi_- = \tau_0^{-j+1} G \varphi_+$ называют (r_+, p, j) -двойственной к в.-ф. $\varphi_+ \in N_{r_+, p, j}^+$, а множество в.-ф., двойственных к элементам множества $M \subset N_{r_+, p, j}^+$, называют (r_+, p, j) -двойственным множеством к M (см. [3]). Подпространство (r_+, p, j) , двойственное к $N_{r_+, p, j}^+$, обозначим через $N_{r_+, p, j}^-$. Следуя [3], подпространство $\hat{N}_{r_+, p, j}^\pm := N_{r_+, p, j}^\pm + \tau_0^{\pm 1} N_{r_+, p, j}^+$ будем называть $(r_+, p, j)_\pm$ наследственным, а его произвольное прямое дополнение $M_{r_+, p, j}^\pm$ в $N_{r_+, p, j+1}^+$ соответственно (r_+, p, j) – индексным подпространством м.-ф. G . Как известно (см. [3]), $\dim M_{r_+, p, j}^+ = \dim M_{r_+, p, j}^-$, а число $\hat{n}_{r_+} := \sum_{j \in \mathbb{Z}} \dim M_{r_+, p, j}^+$ удовлетворяет неравенству $\hat{n}_{r_+} \leq n$. Это обстоятельство позволило ввести естественное понятие (r_+, p, j) частных индексов м.-ф. G (см. [3, 4]) вне зависимости от существования стандартной факторизации Винера – Хопфа. В случае $\hat{n}_{r_+} = n$, следуя [4], будем говорить, что м.-ф. G допускает (r_+, p) -конечную индексацию. В случае $\hat{n}_{r_+} < n$ в [4] введено понятие бесконечных индексов. В [4] изучены также факторизационные свойства м.-ф., допускающих (r_+, p) -конечную индексацию и введено понятие (r_+, p) -индексной факторизации.

В работе [5] исследована (r_+, p) -факторизация мероморфных матриц-функций. В данной работе вводятся и изучаются понятия (ℓ_-, p) частных индексов, (ℓ_-, p) конечной индексации, (ℓ_-, p) индексной факторизации. Определяются также (r_-, p) и (ℓ_+, p) варианты этих понятий.

2⁰. В.-ф. $\varphi_+ = \tau_0^{-j-1} G \varphi_-$ назовем (ℓ_-, p, j) двойственной к в.-ф. $\varphi_- \in N_{\ell_-, p, j}^-$. Множество в.-ф. (ℓ_-, p, j) , двойственных к элементам $N_{\ell_-, p, j}^-$, является подпространством, которое будем обозначать через $N_{\ell_-, p, j}^+$ и называть двойственным к $N_{\ell_-, p, j}^-$. Пространство $\hat{N}_{\ell_-, p, j}^\pm := N_{\ell_-, p, j}^\mp + \tau_\alpha^\mp N_{\ell_-, p, j}^\mp$ ($\alpha \in \mathbb{C} \setminus \{0\}$) не зависит от α и является подпространством $N_{\ell_-, p, j-1}^\mp$. Это пространство будем называть $(\ell_-, p, j)_\mp$ наследственным подпространством м.-ф. G . Произвольное прямое дополнение $\hat{N}_{\ell_-, p, j}^\mp$ в $N_{\ell_-, p, j-1}^\mp$ будем называть $(\ell_-, p, j)_\mp$ индексным подпространством G . Пространство $\hat{N}_{\ell_-, p, j}$ является $(\ell_-, p, j-1)$ двойственным к $\hat{N}_{\ell_-, p, j}^-$. Нетрудно видеть, что если $\varphi_- \in N_{\ell_-, p, j-1}^-$ ($\varphi_+ \in N_{\ell_-, p, j-1}^+$), $\tau'_\alpha \varphi_- \in \mathcal{D}_{\ell_-, p}^-$ ($\tau_\alpha^{-1} \varphi_+ \in \mathcal{D}_{\ell_-, p}^+$) при некотором $\alpha \in \bar{\Omega}^-$ ($\alpha \in \Omega_+$), то $(\tau'_\alpha)^{-1} \varphi_- \in N_{\ell_-, p, j}^-$, $(\tau_\alpha^{-1} \varphi_+ \in N_{\ell_-, p, j}^+)$. Нетрудно также убедиться, что множество элементов $(\ell_-, p, j)_-$, двойственное к элементам $(\ell_-, p, j)_-$ индексного пространства м.-ф. G , является $(\ell_-, p, j)_+$ индексным подпространством м.-ф. G . В этом смысле любое $(\ell_-, p, j)_+$ индексное подпространство является двойственным к некоторому $(\ell_-, p, j)_-$ индексному подпространству, причем размерности этих индексных подпространств совпадают. Индексные подпространства обладают следующим свойством.

Теорема 1. *За исключением, быть может, конечного числа $j \in \mathbb{Z}$ все $(\ell_-, p, j)_\mp$ индексные подпространства являются нулевыми. Кроме того*

для произвольного набора $(\ell_-, p, j)_{\mp}$ индексных подпространств $M_{\ell_-, p, j}^{\mp}$ справедливо неравенство

$$\hat{n}_{\ell_-} = \sum_{j \in \mathbb{Z}} \dim M_{\ell_-, p, j}^{\mp} \leq n.$$

Для $z \in \Omega^-$ подпространства $N_{\ell_-, p, j-1}^-(z)$, $M_{\ell_-, p, j-1}^-(z)$ и для $z \in \Omega^+$ подпространства $N_{\ell_-, p, j-1}^+(z)$, $M_{\ell_-, p, j-1}^+(z)$ определены следующим образом:

$$N_{\ell_-, p, j}^{\mp}(z) = \{\varphi_{\mp}(z); \varphi_{\mp} \in N_{\ell_-, p, j-1}^{\mp}\},$$

$$M_{\ell_-, p, j}^{\mp}(z) = \{\varphi_{\mp}(z); \varphi_{\mp} \in M_{\ell_-, p, j-1}^{\mp}\}.$$

Нетрудно убедиться, что для $j \in \mathbb{Z}$ и соответствующих z справедливы равенства:

$$N_{\ell_-, p, j}^{\mp}(z) \dot{+} M_{\ell_-, p, j}^{\mp}(z) = N_{\ell_-, p, j-1}^{\mp}(z) \quad (1)$$

$$\dim M_{\ell_-, p, j}^{\mp}(z) = \dim M_{\ell_-, p, j}^- = \dim M_{\ell_-, p, j}^+ \quad (2)$$

Из равенств (1) следует

Теорема 2. Пусть $k > i$ ($k, i \in \mathbb{Z}$) и $\xi_1 > \xi_2 > \dots > \xi_s$ все возможные целые значения j ($k \geq j > i$), для которых $(\ell_-, p, j)_{\mp}$ индексные подпространства ненулевые. Тогда

$$\begin{aligned} N_{\ell_-, p, j}^{\mp} &= \left(N_{\ell_-, p, k}^{\mp} + \tau_0^{\mp 1} N_{\ell_-, p, k}^{\mp} + \dots + (\tau_0^{\mp 1})^{-i+k} N_{\ell_-, p, k}^{\mp} \right) \dot{+} \\ &\dot{+} M_{\ell_-, p, \xi_1}^{\mp} \dot{+} \tau_0^{\mp 1} M_{\ell_-, p, \xi_1}^{\mp} \dot{+} \dots \dot{+} (\tau_0^{\mp 1})^{-i+\xi_1-1} M_{\ell_-, p, \xi_1}^{\mp} \dot{+} \\ &\dot{+} M_{\ell_-, p, \xi_2}^{\mp} \dot{+} \dots \dot{+} (\tau_0^{\mp 1})^{-i+\xi_s-1} M_{\ell_-, p, \xi_s}^{\mp}, \end{aligned}$$

где $M_{\ell_-, p, \xi_m}^{\mp}$ ($m = 1, \dots, s$) произвольные $(\ell_-, p, \xi_m)_{\pm}$ индексные подпространства.

3⁰. Точку $z_{\mp} \in \Omega^{\mp}$ назовем (ℓ_-, p) -регулярной для м.-ф. G , если для некоторого $j \in \mathbb{Z}$

$$\dim N_{\ell_-, p, i}^{\mp}(z_{\mp}) = \max_{z \in \Omega^{\mp}} \dim N_{\ell_-, p, i}^{\mp}(z).$$

Аналогично [3] нетрудно убедиться, что множество нерегулярных для м.-ф. G в $\Omega^{\mp}$ не более чем счетно, а числа

$$n_+ = n_+(\ell_-, p, G) := \dim \left(\bigcap_{j \in \mathbb{Z}} N_{\ell_-, p, j}^-(z) \right),$$

$$n_- = n_-(\ell_-, p, G) := n - \dim \left(\bigcup_{j \in \mathbb{Z}} N_{\ell_-, p, j}^-(z) \right)$$

одинаковы для всех регулярных точек из Ω^- . Функцию $\mu_{\ell_-, p}: \widehat{\mathbb{Z}} \rightarrow \mathbb{N}_0$ ($\widehat{\mathbb{Z}} = \mathbb{Z} \cup \{\pm\infty\}$, $\mathbb{N}_0 = \mathbb{N} \cup \{0\}$) определим с помощью равенств $\mu_{\ell_-, p}(j) = \dim M_{\ell_-, p, j}^-$ ($j \in \mathbb{Z}$) и $\mu_{\ell_-, p}(\pm\infty) = n_{\pm}(\ell_-, p, G)$. Условимся $\chi_{\pm\infty, 1} = \dots = \chi_{\pm\infty, n_{\pm}} = \pm\infty$ называть $\pm$ бесконечными (ℓ_-, p) частными индексами м.-ф. G . Пусть $\{\eta_1, \dots, \eta_s\} = \{j \in \mathbb{Z}; \mu_{\ell_-, p}(j) > 0\}$, $\eta_1 > \eta_2 > \dots > \eta_s$, $\mu_{\ell_-, p}(\eta_i) = n_i$ ($i = 1, \dots, s$). Числа $\chi_1, \dots, \chi_{\hat{n}}$, определенные равенствами $\chi_1 = \dots = \chi_{n_1} = \eta_1$, $\chi_{n_1+1} = \dots = \chi_{n_1+n_2} = \eta_2$, $\dots$, $\chi_{n_1+n_2+\dots+n_{s+1}+1} = \dots = \chi_{\hat{n}} = \eta_s$, будем называть (ℓ_-, p) частными индексами м.-ф. G . В случае $\hat{n} = n$ будем говорить, что м.-ф. G допускает конечную (ℓ_-, p) индексацию. Из равенств (1), (2) следует, что в случае конечной индексации для любого $k \in \mathbb{Z}$ справедливо равенство

$$\dim N_{\ell_-, p, k}^{\mp} = \sum_{j > k} (j - k) \mu_{\ell_-, p}(j).$$

Если $\xi_1 > \dots > \xi_s$ все возможные значения (ℓ_-, p) частных индексов м.-ф. G , а $M_{\ell_-, p, \xi_k}^{\mp}$ ($k = 1, \dots, s$) произвольные (ℓ_-, p, ξ_k) индексные подпространства м.-ф. G , то пространство $M_{\ell_-, p}^{\mp} = M_{\ell_-, p, \xi_1}^{\mp} \dot{+} \dots \dot{+} M_{\ell_-, p, \xi_s}^{\mp}$ будем называть $(\ell_-, p)_{\mp}$ индексным пространством м.-ф. G . Если $M_{\ell_-, p, \xi_k}^{\mp}$ ($k = 1, \dots, s$) являются $(\ell_-, \xi_k - 1)$ двойственными к $M_{\ell_-, p, \xi_k}^{\mp}$, то $(\ell_-, p)_{\mp}$ индексные пространства $M_{\ell_-, p}^{\mp}$ будем называть двойственными. Скажем, что м.-ф. G допускает (ℓ_-, p) индексную факторизацию, если имеет место представление

$$G = G_+ \wedge G_-^{-1}, \quad (3)$$

где а) $G_{\mp} \in (L_p^{\mp})^{n \times n}$; б) для любых $z \in \bar{\Omega}^-$, $v \in \mathbb{C}^n$, $v \neq 0$, в.-ф. $(\tau_z')^{-1} G_- v$ не принадлежит $\mathcal{D}_{\ell_-, p}^-$; в) для любых $z \in \Omega^+$, $v \in \mathbb{C}^n$, $v \neq 0$, в.-ф. $\tau_z^{-1} G_+ v$ не принадлежит $\mathcal{D}_{\ell_-, p}^+$; г) $\Lambda(t) = \text{diag}[t^{\chi_1}, \dots, t^{\chi_n}]$, $\chi_i \in \mathbb{Z}$ ($i = 1, \dots, n$) и $\chi_1 \geq \chi_2 \geq \dots \geq \chi_n$.

Справедливы следующие утверждения.

Теорема 3. Пусть м.-ф. G имеет конечную (ℓ_-, p) индексацию и $M_{\ell_-, p}^{\mp}$ – некоторые двойственные $(\ell_-, p)_{\mp}$ индексные пространства м.-ф. G . Тогда м.-ф. G допускает индексную факторизацию (3), где числа $\chi_1 \geq \dots \geq \chi_n$ совпадают с (ℓ_-, p) частными индексами G , а столбцы м.-ф. $G_{\mp}$ являются базисом $M_{\ell_-, p}^{\mp}$.

Теорема 4. Пусть м.-ф. G допускает (ℓ_-, p) индексную факторизацию (3) и $\mu_{\ell_-, p}(+\infty) = 0$. Тогда м.-ф. G допускает (ℓ_-, p) конечную индексацию с (ℓ_-, p) частными индексами, совпадающими с числами

$\chi_1, \dots, \chi_n$. Кроме того столбцы м.-ф. $G_{\pm}$ являются базисом некоторых двойственных (ℓ_-, p) индексных пространств.

Заметим, что если $G = G_+ \wedge G_-^{-1}$ и $G = G'_+ \wedge G'^{-1}_-$ две различные (ℓ_-, p) индексные факторизации, то существует невырожденная полиномиальная от z^{-1} м.-ф. $Q = (q_{ij})_{i,j=1}^n$ с элементами, удовлетворяющими условиям

$$q_{ij} = 0 \text{ при } j < i; \deg q_{ij} \leq \chi_i - \chi_j \text{ при } j \geq i, \quad (4)$$

такая, что

$$G'_- = G_- Q, G'_+ = G_+ \Lambda Q \Lambda^{-1}. \quad (5)$$

Обратно, если представление $G = G_+ \wedge G_-^{-1}$ является (ℓ_-, p) индексной факторизацией м.-ф. G , а $G'_{\pm}$ определены по формулам (5), где элементы полиномиальной от z^{-1} м.-ф. Q удовлетворяют условиям (4), то представление $G = G'_+ \wedge (G'_-)^{-1}$ также является (ℓ_-, p) индексной факторизацией м.-ф. G .

Напомним (см. [2]), что под левой факторизацией Винера – Хопфа (далее $WH(\ell, p)$) м.-ф. G в пространстве L_p ($1 < p < \infty$) относительно контура Γ понимают представление вида $G = G_+ \wedge G_-^{-1}$, где $G_{\pm} \in (L_p^{\pm})^{n \times n}$, $(G_{\pm})^{-1} \in (L_q^{\pm})^{n \times n}$ ($q = p/p - 1$), $\Lambda(t) = \text{diag}[t^{\chi_1}, \dots, t^{\chi_n}]$, $\chi_1 \geq \dots \geq \chi_n$ ($\chi_1, \dots, \chi_n$ – целые числа, называемые левыми частными p -индексами м.-ф. G).

Следующая теорема устанавливает связь между $WH(\ell, p)$ факторизацией и (ℓ_-, p) индексной факторизацией.

Теорема 5. Пусть м.-ф. G допускает $WH(\ell, p)$ факторизацию ($1 < p < \infty$). Тогда справедливы следующие утверждения:

- а) м.-ф. G допускает конечную (ℓ_-, p) индексацию, причем ее (ℓ_-, p) частные индексы совпадают с левыми частными индексами м.-ф. G ;
- б) $WH(\ell, p)$ факторизация м.-ф. G является одновременно (ℓ_-, p) индексной факторизацией;
- с) произвольная (ℓ_-, p) индексная факторизация м.-ф. G одновременно является $WH(\ell, p)$ факторизацией.

4⁰. Под (ℓ_+, p) частными индексами м.-ф. G будем понимать (r_+, p) частные индексы транспонированной м.-ф. G' . Аналогично, под (r_-, p) частными индексами м.-ф. G будем понимать (ℓ_-, p) частные индексы м.-ф. G' . Эти понятия могут быть введены независимо с помощью ядер операторов $T'_{\ell_+, p, j}$, $T'_{r_-, p, j}$ ($j \in \mathbb{Z}$), действующих соответственно в $(L_p^+)^n$ и $(L_p^-)^n$ (с естественными областями определения) по формулам:

$$T'_{\ell_+, p, j} \varphi_+ = \left(P_+ (\varphi_+^t \tau_0^{-j} G) \right)^t, \quad T'_{r_-, p, j} \varphi_- = \left(\tau_0 P_- (\varphi_-^t \tau_0^{-(j+1)} G) \right)^t.$$

Будем говорить, что м.-ф. G допускает (r_-, p) конечную индексацию

(соответственно (ℓ_+, p) конечную индексацию), если G' допускает (ℓ_-, p) конечную индексацию ((r_+, p) конечную индексацию).

Аналогичным образом могут быть введены понятия (r_-, p) и (ℓ_+, p) индексные факторизации. Свойства введенных понятий могут быть без труда сформулированы и доказаны переходом к соответствующим (ℓ_-, p) и (r_+, p) понятиям для м.-ф. G' .

¹ Армянский государственный экономический университет

² Ереванский государственный университет, Институт математики НАН РА
e-mail: ahrach83@gmail.com; armen.kamalyan@ysu.am,
kamalyan_armen@yahoo.com; h.kamalyan@gmail.com

Г. А. Амирджанян, А. Г. Камалян, Г. А. Камалян

О некоторых типах факторизации матриц-функций

Определены некоторые типы факторизации матрицы-функции, определенной на замкнутом контуре комплексной плоскости. Такие факторизации называются индексными и обобщают как левую, так и правую факторизацию Винера – Хопфа. Наиболее подробно рассматривается левая индексная факторизация, определение которой основано на понятии левых частных индексов.

Հ. Ա. Ամիրջանյան, Ա. Հ. Գամալյան, Հ. Ա. Գամալյան

Մատրից-ֆունկցիաների որոշ տիպի ֆակտորիզացիաների մասին

Սահմանված են կոմպլեքս հարթության փակ կոնտուրի վրա որոշված մատրից-ֆունկցիայի որոշ տիպի ֆակտորիզացիաներ: Այդ ֆակտորիզացիաները կոչվում են ինդեքսային և ընդհանրացնում են Վիներ-Հոպֆի ինչպես ձախակողմյան, այնպես էլ աջակողմյան ֆակտորիզացիաները: Առավել մանրամասն դիտարկվում է ձախակողմյան ինդեքսային ֆակտորիզացիան, որի սահմանումը հիմնված է ձախակողմյան մասնակի ինդեքսներ հասկացության վրա:

Н. А. Amirjanyan, А. Г. Kamalyan, Н. А. Kamalyan

On the Some Types of Factorization of Matrix Functions

Some types of factorization of matrix functions are defined in this article. Matrix functions are defined on a closed contour of the complex plane. These factorizations are called index factorizations and summarize both left and right Wiener-Hopf factorization. The left index factorization is considered most detailed which definition is based on the concept of left partial indices.

Литература

1. Привалов И. И. Граничные свойства аналитических функций. М.-Л. ГИТЛ, 1950.
2. Litvinchuk G. S., Spitkovskii I. M. Factorization of Measurable Matrix Functions. OT: Advances and Applications. V. 25. Basel-Boston, Birkhäuser, Verlag. 1987.
3. Камалян А. Г. – ДНАН РА. 2007. Т. 107. № 4. С. 316–322.
4. Камалян А. Г. – ДНАН РА. 2008. Т. 108. № 1. С. 5–11.
5. Амирджанян Р. А., Камалян А. Г. – Изв. НАН РА. Математика. 2007. Т. 42. № 6. С. 31–50.

MECHANICS

УДК 531.36

Foreign member of NAS RA A. P. Seyranian

Derivatives of an Evolution Matrix and Lyapunov Exponents with Respect to Parameters

(Submitted 2/X 2019)

Keywords: *nonlinear system, dependence of parameters, evolution matrix, Lyapunov exponents.*

1. Derivatives of an evolution matrix with respect to parameters. We consider a nonlinear dynamical system

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, t), \quad \mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0 \quad (1.1)$$

where $\mathbf{f}$ is a smooth vector-function of the phase vector $\mathbf{x} \in R^m$, the vector of parameters $\mathbf{p} \in R^n$ and the time t , $\mathbf{x}_0$ is a given vector of initial conditions, and the dot means derivative with respect to time. We consider a point $\mathbf{p}$ in parameter space and take a small increment Δp_j to j -th component of the vector of parameters. Then the phase vector takes an increment $\Delta \mathbf{x}$ which in the first approximation is described by the differential equation with initial conditions

$$(\Delta \mathbf{x})' = \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, t) \Delta \mathbf{x} + \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial p_j}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, t) \Delta p_j, \quad \Delta \mathbf{x}(t_0) = 0 \quad (1.2)$$

where notation for the matrix

$$\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} = \left[\frac{\partial f_i}{\partial x_k} \right] \quad (1.3)$$

is used. Dividing both sides of equation (1.2) by Δp_j and taking the limit we obtain a differential equation with respect to the vector $\mathbf{z} = \partial \mathbf{x} / \partial p_j$ [1]

$$\dot{\mathbf{z}} = \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, t) \mathbf{z} + \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial p_j}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, t), \quad \mathbf{z}(t_0) = 0. \quad (1.4)$$

Consider now equation (1.1), linearized with respect to $\mathbf{X}$, for the vector $\mathbf{y} \in R^m$

$$\dot{\mathbf{y}} = \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, t) \mathbf{y} \quad (1.5)$$

A fundamental matrix for this equation (matriciant) is described by the initial value problem

$$\dot{\mathbf{Y}} = \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, t) \mathbf{Y}, \quad \mathbf{Y}(t_0) = \mathbf{I} \quad (1.6)$$

where $\mathbf{I}$ is the unit matrix. The matrix $\mathbf{Y}(t)$ is also called the evolution matrix [1, 2]. With this matrix solution to equation (1.5) with the initial condition $\mathbf{y}(t_0) = \mathbf{y}_0$ takes the form $\mathbf{y}(t) = \mathbf{Y}(t) \mathbf{y}_0$, and solution to equation (1.4) with zero initial condition is given by the integral [1]

$$\mathbf{z}(t) = \mathbf{Y}(t) \int_{t_0}^t \mathbf{Y}^{-1}(\tau) \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{p}_j}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, \tau) d\tau \quad (1.7)$$

Now we find derivatives of the evolution matrix with respect to parameters at the point $\mathbf{p}$. Due to the increment Δp_j the matrix of evolution takes an increment $\mathbf{Y} + \Delta \mathbf{Y}$. Substituting this expression to equation (1.6) and expanding the right hand side in Taylor series we obtain an equation for the first approximation

$$\Delta \dot{\mathbf{Y}} = \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, t) \Delta \mathbf{Y} + \mathbf{C} \mathbf{Y}, \quad \Delta \mathbf{Y}(t_0) = \mathbf{0} \quad (1.8)$$

where the matrix $\mathbf{C}$ is given by the expression

$$\mathbf{C} = \frac{\partial^2 \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}^2}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, t) \Delta \mathbf{x} + \frac{\partial^2 \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x} \partial \mathbf{p}_j}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, t) \Delta p_j \quad (1.9)$$

Since $\mathbf{Y}(t)$ is the fundamental matrix, it is non-singular. We multiply both sides of equation (1.8) by the matrix $\mathbf{Y}^{-1}$ and integrate from t_0 to t . Using integration by parts with the initial condition (1.8) we obtain

$$\int_{t_0}^t \mathbf{Y}^{-1} \Delta \dot{\mathbf{Y}} d\tau = \mathbf{Y}^{-1}(t) \Delta \mathbf{Y}(t) - \int_{t_0}^t (\mathbf{Y}^{-1})' \Delta \mathbf{Y} d\tau = \int_{t_0}^t \left(\mathbf{Y}^{-1} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} \Delta \mathbf{Y} + \mathbf{Y}^{-1} \mathbf{C} \mathbf{Y} \right) d\tau \quad (1.10)$$

To find the derivative $(\mathbf{Y}^{-1})'$ we differentiate the identity $\mathbf{Y}^{-1} \mathbf{Y} = \mathbf{I}$ with respect to time and obtain $(\mathbf{Y}^{-1})' \mathbf{Y} + \mathbf{Y}^{-1} \dot{\mathbf{Y}} = \mathbf{0}$. Thus, $(\mathbf{Y}^{-1})' = -\mathbf{Y}^{-1} \dot{\mathbf{Y}} \mathbf{Y}^{-1}$ and with equation (1.6) we find

$$(\mathbf{Y}^{-1})' = -\mathbf{Y}^{-1} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} \quad (1.11)$$

We use expression (1.11) in the second equality (1.10) and obtain

$$\Delta \mathbf{Y}(t) = \mathbf{Y}(t) \int_{t_0}^t \mathbf{Y}^{-1} \mathbf{C} \mathbf{Y} d\tau \quad (1.12)$$

We substitute here relation (1.9) for the matrix $\mathbf{C}$ and divide both sides of the equality by Δp_j . As a result, we get

$$\frac{\Delta \mathbf{Y}(t)}{\Delta p_j} = \mathbf{Y}(t) \int_{t_0}^t \mathbf{Y}^{-1} \left(\frac{\partial^2 \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}^2} \frac{\Delta \mathbf{x}}{\Delta p_j} + \frac{\partial^2 \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x} \partial p_j} \right) \mathbf{Y} d\tau \quad (1.13)$$

Taking in this equation the limit and using notation $\mathbf{z} = \partial \mathbf{x} / \partial p_j$ we obtain

$$\frac{\partial \mathbf{Y}(t)}{\partial p_j} = \mathbf{Y}(t) \int_{t_0}^t \mathbf{Y}^{-1} \left(\frac{\partial^2 \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}^2} \mathbf{z} + \frac{\partial^2 \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x} \partial p_j} \right) \mathbf{Y} d\tau \quad (1.14)$$

Substituting here the vector $\mathbf{Z}$ from (1.7) we finally obtain the expression for the derivative of the evolution matrix with respect to parameters as

$$\frac{\partial \mathbf{Y}(t)}{\partial p_j} = \mathbf{Y}(t) \int_{t_0}^t \mathbf{Y}^{-1}(\tau) \left(\frac{\partial^2 \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}^2} \mathbf{Y}(\tau) \int_{t_0}^{\tau} \mathbf{Y}^{-1}(\varsigma) \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial p_j}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, \varsigma) d\varsigma + \frac{\partial^2 \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x} \partial p_j}(\mathbf{x}, \mathbf{p}, \tau) \right) \mathbf{Y}(\tau) d\tau \quad (1.15)$$

Hence, to calculate the evolution matrix $\mathbf{Y}(t)$ and its derivatives with respect to parameters we need to integrate equations (1.1) and (1.6) with the corresponding initial conditions and evaluate the integrals (1.15). It is easy to see that in this case it is necessary to integrate $m(1+m)$ differential equations of the first order, and in contrast, if we calculate the first order derivatives numerically it is necessary to integrate at least $m(1+m)(1+n)$ equations of the first order. Thus, the difference in the number of equations to be solved is $mn(1+m)$, and it is as higher as many degrees of freedom and problem parameters are involved. Knowing derivatives of the evolution matrix allows to predict behavior of a dynamical system in the vicinity of the point $\mathbf{p}$ in parameter space.

2. Periodic solutions. We consider the case when equation (1.1) possesses a periodic solution $\mathbf{x}(t) = \mathbf{x}(t+T)$ and the matrix $\partial \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), \mathbf{p}, t) / \partial \mathbf{x}$ is periodic with a period T .

Then the evolution matrix $\mathbf{F} = \mathbf{Y}(T)$ is called the monodromy matrix [2-4]. According to the Floquet theory, eigenvalues of this matrix (multipliers) are responsible for the stability of the periodic solution $\mathbf{x}(t)$: if all the multipliers by their absolute value are less than unity, then the periodic solution $\mathbf{x}(t)$ is asymptotically stable, and it is unstable if at least one of the multipliers is greater than unity by its absolute value [2-4].

In particular, if we consider a linear system $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{G}(\mathbf{p}, t)\mathbf{x}$ with the periodic matrix $\mathbf{G}(\mathbf{p}, t+T) = \mathbf{G}(\mathbf{p}, t)$ and study the stability of the trivial solution $\mathbf{x}(t) \equiv 0$, then we have

$$\mathbf{f} = \mathbf{G}\mathbf{x}, \quad \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} = \mathbf{G}, \quad \frac{\partial^2 \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}^2} = \mathbf{0}, \quad \frac{\partial^2 \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x} \partial p_j} = \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial p_j} \quad (2.1)$$

Therefore, for this case according to (1.15) we get

$$\frac{\partial \mathbf{Y}(t)}{\partial p_j} = \mathbf{Y}(t) \int_{t_0}^t \mathbf{Y}^{-1} \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial p_j} \mathbf{Y} d\tau \quad (2.2)$$

From this formula at $t = T$ we obtain the derivatives of the monodromy matrix $\mathbf{F} = \mathbf{Y}(T)$ with respect to parameters [5]

$$\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial p_j} = \mathbf{F} \int_{t_0}^T \mathbf{Y}^{-1} \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial p_j} \mathbf{Y} d\tau \quad (2.3)$$

Note that to find derivatives (2.2) and (2.3) it is necessary to know only the matriciant $\mathbf{Y}(t)$ and the derivatives of the matrix $\mathbf{G}$ with respect to parameters taken at the point $\mathbf{p}$. Using derivatives (2.3) a variation of the monodromy matrix can be given in the form

$$\mathbf{F}(\mathbf{p} + \Delta \mathbf{p}) = \mathbf{F} + \sum_{k=1}^n \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial p_k} \Delta p_k + \dots \quad (2.4)$$

Knowing the derivatives of the monodromy matrix we can calculate the value of this matrix in the vicinity of the initial point $\mathbf{p}$, and therefore estimate behavior of the multipliers responsible for the stability of the system when the problem parameters are changed. The second and higher order derivatives of the monodromy matrix were derived in [5, 6].

As an example in this subsection we consider Hill's equation with damping

$$\ddot{x} + \beta \dot{x} + [\omega^2 + \varepsilon \varphi(t)] x = 0 \quad (2.5)$$

where β is the damping coefficient, ε is the excitation amplitude, ω is the natural frequency, and $\varphi(t)$ is a continuous periodic function of time with the period 2π having zero mean value $\int_0^{2\pi} \varphi(t) dt = 0$. For the initial point we take

$t_0 = 0$. Equation (2.5) has been considered by many authors.

Our aim is to find analytically the domains of instability of the trivial solution $x = 0$ (the domains of parametric resonance) in the case of small excitation amplitude ε , damping coefficient β , and arbitrary natural frequency $\omega \neq 0$. For this purpose we represent equation (2.5) in the form (1.5)

$$\dot{\mathbf{y}} = \mathbf{G}(\mathbf{p}, t) \mathbf{y} \quad (2.6)$$

with

$$\mathbf{y} = \begin{pmatrix} x \\ \dot{x} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{G}(t, \mathbf{p}) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\omega^2 - \varepsilon \varphi(t) & -\beta \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

This system contains three parameters $\mathbf{p} = (\varepsilon, \beta, \omega)$. If we substitute in (2.7) then it is easy to find from (1.6) and (2.6), (2.7) the matriciant and its inverse as

$$\mathbf{Y}(t) = \begin{bmatrix} \cos \omega t & \omega^{-1} \sin \omega t \\ -\omega \sin \omega t & \cos \omega t \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Y}^{-1}(t) = \begin{bmatrix} \cos \omega t & -\omega^{-1} \sin \omega t \\ \omega \sin \omega t & \cos \omega t \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

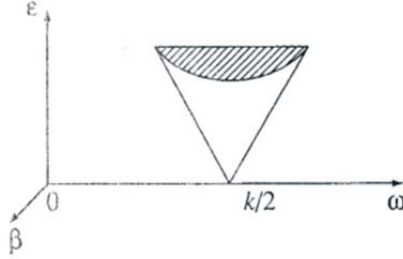


Fig. 1. The instability domains for Hill's equation with damping.

So, when $\varepsilon = 0, \beta = 0$ we have the monodromy matrix in the form

$$\mathbf{F} = \mathbf{Y}(2\pi) = \begin{bmatrix} \cos 2\pi\omega & \omega^{-1} \sin 2\pi\omega \\ -\omega \sin 2\pi\omega & \cos 2\pi\omega \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

The eigenvalues of this matrix (the multipliers) are

$$\rho_{1,2} = \cos 2\pi\omega \pm i \sin 2\pi\omega \quad (2.10)$$

If $\omega \neq k/2, k = 1, 2, \dots$ the multipliers are complex conjugate quantities lying on the unit circle (stability). We can show that when small periodic excitation and damping are added ($\varepsilon > 0, \beta > 0$) then the multipliers move inside the unit circle which implies asymptotic stability. Indeed, in this case the multipliers due to continuity property remain complex conjugate quantities. For the multipliers we have a quadratic equation

$$\rho^2 + c_1\rho + c_2 = 0 \quad (2.11)$$

According to Vieta's theorem and Liouville's formula [1,3] the last coefficient C_2 is equal to

$$c_2 = \rho_1\rho_2 = |\rho|^2 = \exp\left(\int_0^{2\pi} \text{tr}(\mathbf{G})dt\right) = \exp(-2\pi\beta) < 1 \quad (2.12)$$

This inequality means that when small periodic excitation and damping are added to the unperturbed system the complex conjugate multipliers move inside the unit circle, and the system becomes asymptotically stable.

Therefore, the instability (parametric resonance) can take place only in the vicinity of the points

$$\mathbf{P}_0 : \varepsilon = 0, \beta = 0, \omega = k/2, k = 1, 2, \dots \quad (2.13)$$

at which the multipliers are double $\rho_1 = \rho_2 = (-1)^k$.

To find the instability domains we expand the monodromy matrix $\mathbf{F}$ in Taylor's series in the vicinity of the points $\mathbf{p}_0$ with respect to the parameters ε , β , and $\Delta\omega = \omega - k/2$

$$\mathbf{F}(\mathbf{p}) = \mathbf{F}(\mathbf{p}_0) + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \varepsilon} \varepsilon + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \beta} \beta + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \omega} \Delta\omega + \dots \quad (2.14)$$

According to formula (2.3) and with the use of (2.6)-(2.8) we calculate the derivatives $\partial \mathbf{F} / \partial \varepsilon$, $\partial \mathbf{F} / \partial \beta$, and $\partial \mathbf{F} / \partial \omega$ at $\mathbf{p} = \mathbf{p}_0$. Then, up to the first order terms (2.14) we get

$$\mathbf{F}(\mathbf{p}) = \cos \pi k \begin{bmatrix} 1 + \pi a_k \varepsilon / k - \pi \beta & 2\pi(2\Delta\omega k - b_k \varepsilon) / k^2 \\ -\pi(\Delta\omega k + b_k \varepsilon / 2) & 1 - \pi a_k \varepsilon / k - \pi \beta \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Here we have introduced notation for the Fourier coefficients of the periodic function $\varphi(t)$

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \varphi(t) \sin ktdt, \quad b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \varphi(t) \cos ktdt, \quad k = 1, 2, \dots \quad (2.16)$$

The eigenvalues of matrix (2.15) (the multipliers) can be found approximately as

$$\rho_{1,2} = (-1)^k (1 - \pi \beta) \pm \pi \sqrt{D}, \quad (2.17)$$

$$D = (a_k^2 + b_k^2) \varepsilon^2 / k^2 - 4(\Delta\omega)^2 \quad (2.18)$$

The system is unstable if the absolute value of at least one multiplier is greater than one. This condition is fulfilled for $\beta < 0$, and the system becomes unstable. But if $\beta \geq 0$ this instability condition is satisfied only when $\sqrt{D} > \beta$. Hence, using (2.18) we obtain the instability (parametric resonance) domain as

$$4(\omega - k/2)^2 + \beta^2 < (a_k^2 + b_k^2) \varepsilon^2 / k^2, \quad \beta \geq 0 \quad (2.19)$$

It is half of the cone in three-parameter space joining the half-space $\beta < 0$, Fig 1.

Formula (2.19) agrees with those obtained earlier for some specific cases. For instance, if we put in (2.19) $\beta = 0$, $\varphi(t) = \cos t$ we get the Mathieu equation. In this case for the domain of the first resonance $k=1$ we get according to (2.16) $a_1 = 0$, $b_1 = 1$, and from (2.19) we obtain the well known relation $1 - \varepsilon < 2\omega < 1 + \varepsilon$, see [2, 4]. Thus, for periodic systems it is shown how derivatives of the evolution matrix provide the instability domains.

3. The Lyapunov exponents. Consider now an autonomous system (1.1)

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{p}), \quad \mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0 \quad (3.1)$$

The evolution matrix $\mathbf{Y}(t)$ is found from a linearized equation

$$\dot{\mathbf{Y}} = \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \mathbf{Y}, \quad \mathbf{Y}(t_0) = \mathbf{I} \quad (3.2)$$

In [7, 8] the Lyapunov exponents are defined by means of an eigenvalue problem for the matrix $\mathbf{V}_T = \mathbf{Y}_T^+ \mathbf{Y}_T$, where cross means transposition, and T is an upper boundary for the time integration

$$\mathbf{V}_T \mathbf{u} = \kappa \mathbf{u} \quad (3.3)$$

The matrix $\mathbf{V}_T$ is symmetric and positive definite. Indeed, $(\mathbf{Y}_T^+ \mathbf{Y}_T)^+ = \mathbf{Y}_T^+ \mathbf{Y}_T$ and for an arbitrary vector $\mathbf{y}$ the inequality $\mathbf{y}^+ \mathbf{Y}_T^+ \mathbf{Y}_T \mathbf{y} = (\mathbf{Y}_T \mathbf{y})^+ \mathbf{Y}_T \mathbf{y} = \|\mathbf{Y}_T \mathbf{y}\|^2 > 0$ is satisfied. The strict inequality takes place since $\mathbf{Y}_T$ is fundamental and thus, non-singular matrix. Hence, all the eigenvalues κ_s , $s=1, \dots, m$ of the matrix $\mathbf{V}_T$ are positive. The eigenvalues of the matrix $\sqrt{\mathbf{V}_T}$ are called singular values of the matrix $\mathbf{Y}_T$.

The Lyapunov exponents are defined as a limit of the ratio [7, 8]

$$\Lambda_s = \lim_{T \rightarrow \infty} \left(\frac{\ln \kappa_s}{2T} \right) \quad (3.4)$$

Let $\mathbf{u}_s$ be an eigenvector, corresponding to a simple eigenvalue κ_s of the matrix $\mathbf{V}_T$. Then, the derivative of the eigenvalue κ_s with respect to parameters is

$$\frac{\partial \kappa_s}{\partial p_j} = \mathbf{u}_s^+ \frac{\partial (\mathbf{Y}_T^+ \mathbf{Y}_T)}{\partial p_j} \mathbf{u}_s / (\mathbf{u}_s^+ \mathbf{u}_s) = \mathbf{u}_s^+ \left[\left(\frac{\partial \mathbf{Y}_T}{\partial p_j} \right)^+ \mathbf{Y}_T + \mathbf{Y}_T^+ \left(\frac{\partial \mathbf{Y}_T}{\partial p_j} \right) \right] \mathbf{u}_s / (\mathbf{u}_s^+ \mathbf{u}_s) \quad (3.5)$$

For the Lyapunov exponents we have

$$\frac{\partial \Lambda_s}{\partial p_j} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \frac{\partial \ln \kappa_s}{\partial p_j} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T \kappa_s} \frac{\partial \kappa_s}{\partial p_j}. \quad (3.6)$$

Substituting expression (3.5) in formula (3.6) we finally obtain

$$\frac{\partial \Lambda_s}{\partial p_j} = \lim_{T \rightarrow \infty} \mathbf{u}_s^+ \left[\left(\frac{\partial \mathbf{Y}_T}{\partial p_j} \right)^+ \mathbf{Y}_T + \mathbf{Y}_T^+ \left(\frac{\partial \mathbf{Y}_T}{\partial p_j} \right) \right] \mathbf{u}_s / (2T \kappa_s \mathbf{u}_s^+ \mathbf{u}_s) \quad (3.7)$$

This formula relates derivatives of the Lyapunov exponents with respect to parameters to the derivatives of the evolution matrix derived in (1.15).

Institute of Mechanics, Lomonosov Moscow State University. Russia
e-mail: seyran@imec.msu.ru

Foreign member of NAS RA A. P. Seyranian

**Derivatives of an Evolution Matrix and
Lyapunov Exponents with Respect to Parameters**

A nonlinear dynamical system dependent on parameters is considered. Formulas for derivatives of an evolution matrix of the system with respect to parameters are derived in the form of integrals of a function depending on the phase vector, its derivatives with respect to parameters and the evolution matrix taken at a given point in the parameter space. For autonomous systems formulas for derivatives of the Lyapunov exponents are derived and expressed through the derivatives of the evolution matrix with respect to parameters. The obtained formulas simplify analysis of behavior of the dynamical system under change of problem parameters.

ՀՀ ԳԱԱ արտասահմանյան անդամ Ա. Պ. Մեյրանյան

**Էվոլյուցիայի մատրիցայի և Լյապունովի ցուցիչների
ածանցյալները՝ ըստ պարամետրերի**

Դիտարկված է պարամետրերից կախված ոչ գծային դինամիկ համակարգ: Համակարգի էվոլյուցիայի մատրիցայի համար դուրս են բերված նրա ըստ պարամետրերի ածանցյալները: Ստացված ածանցյալները պարամետրերի տարածության տրված կետում ներկայացված են ըստ ժամանակի ինտեգրալների տեսքով, վերցված ֆազային ֆունկցիայի վեկտորից, նրա ըստ պարամետրերի ածանցյալներից և էվոլյուցիայի մատրիցայից: Ստացված են Լյապունովի ցուցիչների ածանցյալների բանաձևերը ինքնավար համակարգերի համար, որոնք արտահայտված են էվոլյուցիայի մատրիցայի ըստ պարամետրերի ածանցյալներով: Ստացված բանաձևերը թույլ են տալիս պարզեցնել համակարգի դինամիկայի վարքի վերլուցությունը պարամետրերի փոփոխության ընթացքում:

Иностранный член НАН РА А. П. Сейранян

**Производные матрицы эволюции и
показателей Ляпунова по параметрам**

Рассматривается нелинейная динамическая система, зависящая от параметров. Выведены формулы для производных матрицы эволюции системы по параметрам в виде интегралов по времени от функции фазового вектора, его производных по параметрам и матрицы эволюции системы в заданной точке пространства параметров. Для автономных систем найдены формулы для производных показателей Ляпунова, выраженные через производные матрицы эволюции по параметрам. Полученные формулы позволяют упростить анализ динамического поведения системы при изменении параметров.

References

1. *Pontryagin L. S.* Ordinary Differential Equations. 4 edition. Moscow. Nauka. 1974. 331 p.
2. *Nayfeh A. H., Mook D. T.* Nonlinear Oscillations. New York. Wiley. 1985. 720 p.
3. *Yakubovich V. A., Starzhinskii V. M.* Parametric Resonance in Linear Systems. Moscow. Nauka. 1987. 328 p.
4. *Merkin D. R.* Introduction to the Theory of Stability. New York. Springer. 1997. 320 p.
5. *Seyranian A. P., Solem F., Pedersen P.* – Journal of Sound and Vibration. 2000. V. 229. № 1. P. 89-111.
6. *Seyranian A. P., Mailybaev A. A.* Multiparameter Stability Theory with Mechanical Applications. New Jersey. World Scientific. 2003. 420 p.
7. *Greene J. M., Kim J.-S.* – Physica D. 1987. V. 24. P. 213-225.
8. *Kuznetsov S. P.* The Dynamic Chaos. Moscow. Fizmatlit. 2006. 356 p.

PHYSICS

УДК 538.91

I. M. Danglyan¹, D. B. Hayrapetyan², academician E. M. Kazaryan²

Band Gap and Density of States of Multiwalled Boron Nitride Nanotubes

(Submitted 6/XI 2019)

Keywords: *multiwalled boron nitride nanotube; band gap; density of states.*

1. Introduction Theoretical investigation of boron nitride nanotubes (BNNT) was firstly reported in 1994 [1,2] and successful synthesis of BNNT was done in 1995. [3]. Though the structure of BNNT is very similar to carbon nanotubes there are significant differences in their mechanical properties. Unlike carbon nanotubes large radius BNNT has constant band gap [2]. The significant difference in structure and stability has been founded with small tube size [4-5]. The BNNTs with controllable properties can be found their possible applications in the field of design and developing of optoelectronic devices of new generation. In the current paper the influence of diameter and number of walls on Multiwalled Boron Nitride Nanotubes (MW-BNNT) has been investigated in the framework of DFT generalized-gradient approximation (GGA) method.

2. Investigation method and tool Simulations and calculations of MW-BNNT has been done with QuantumATK software tool. Calculations has been done in the framework of DFT generalized-gradient approximation (GGA) method. In order to estimate the influence of number of walls' quantity on MW-BNNT properties, at first it has been created single-walled boron nitride nanotube with (6,0) chirality. The number of tubes have increased up to three with the same chirality indexes. The mentioned single and multiwall nanotubes have been presented in Fig. 1 a, b, c. Length of all types nanotube is 11.37Å. The diameter of single BNNT and inner radius of multiwall BNNTs is the same and equal to 4.70 Å. Second wall's diameter equal to 9.40 Å. And the third one is equal to 18.80Å.

Besides the number of BNNT walls, it is interesting also to investigate the influence of the chirality number on physical properties of these structures. For this purpose, the another set of BNNTs have been chosen, namely BNNTs with

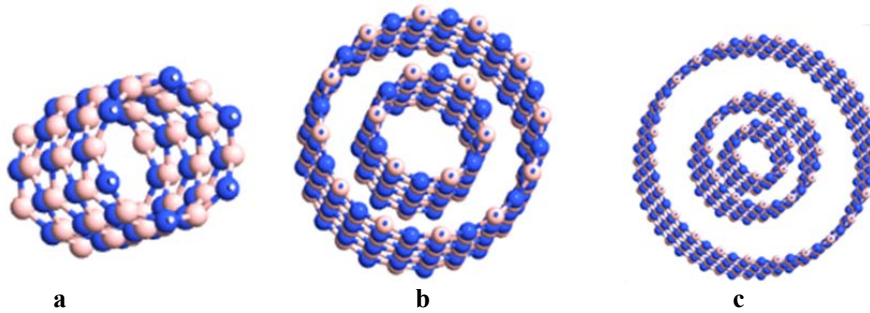


Fig. 1. The schematic view of single- and MW-BNNT for **a)** (6,0); **b)** (6,0) (12,0); **c)** (6,0) (12,0) (24,0). Black balls – Nitrogen atoms, white balls – Boron atoms.

these parameters: single wall BNNT with chirality indexes (8,0), double wall BNNT with chirality indexes (8,0) (16,0) and finally three wall BNNT with chirality indexes (8,0) (16,0) (32,0). The schematic views of these structures have been presented in Fig. 2 a, b, c. For all nanotubes the length has been fixed and equal to 11.37Å. The diameter of single BNNT and inner radius of multiwall BNNTs is the same and equal to 6.27 Å. Second wall's diameter equal to 12.53 Å. And the third one is equal to 25.07Å.

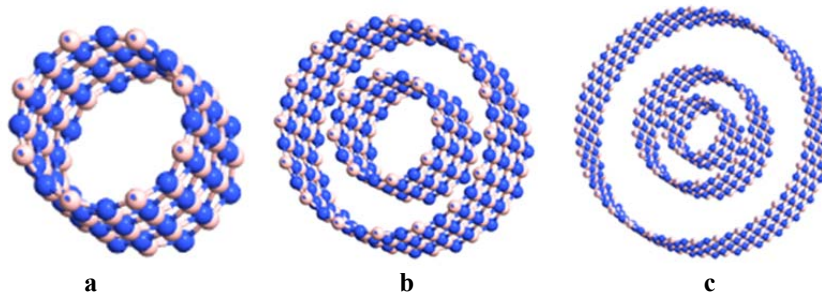


Fig. 2. The schematic view of single- and MW-BNNT **a)** (8,0) **b)** 8,0) (16,0) **c)** (8,0) (16,0) (32,0) structures.

It should be noted, that with the increase of number of atoms in the structure of nanotubes the calculation times increased non linearly. That is why the cases with more number of walls is not discussed in the current paper.

3. Results and discussions As we mentioned above, the numerical calculations have been done by the DFT GGA method. For all types of nanotubes the band gaps have been calculated and the results have been shown in Fig. 3. Results show that with the increase of nanotubes diameter the band gap value also increases. The band gap is changed passing from single-walled BNNT to double-walled. For the obvious the numerical results for the band gap presented in Table 1.

It should be noted that increasing number of walls from 2 to 3 the number of walls has insignificant impact on band gap. In our opinion the small variation in the band gap values connected to the accuracy of DFT GGA method and it

can be taken as the same for 2 and 3 walls nanotubes. It is clear from the Figure 3 that density of states increased and it is more obvious in DOS analyze.

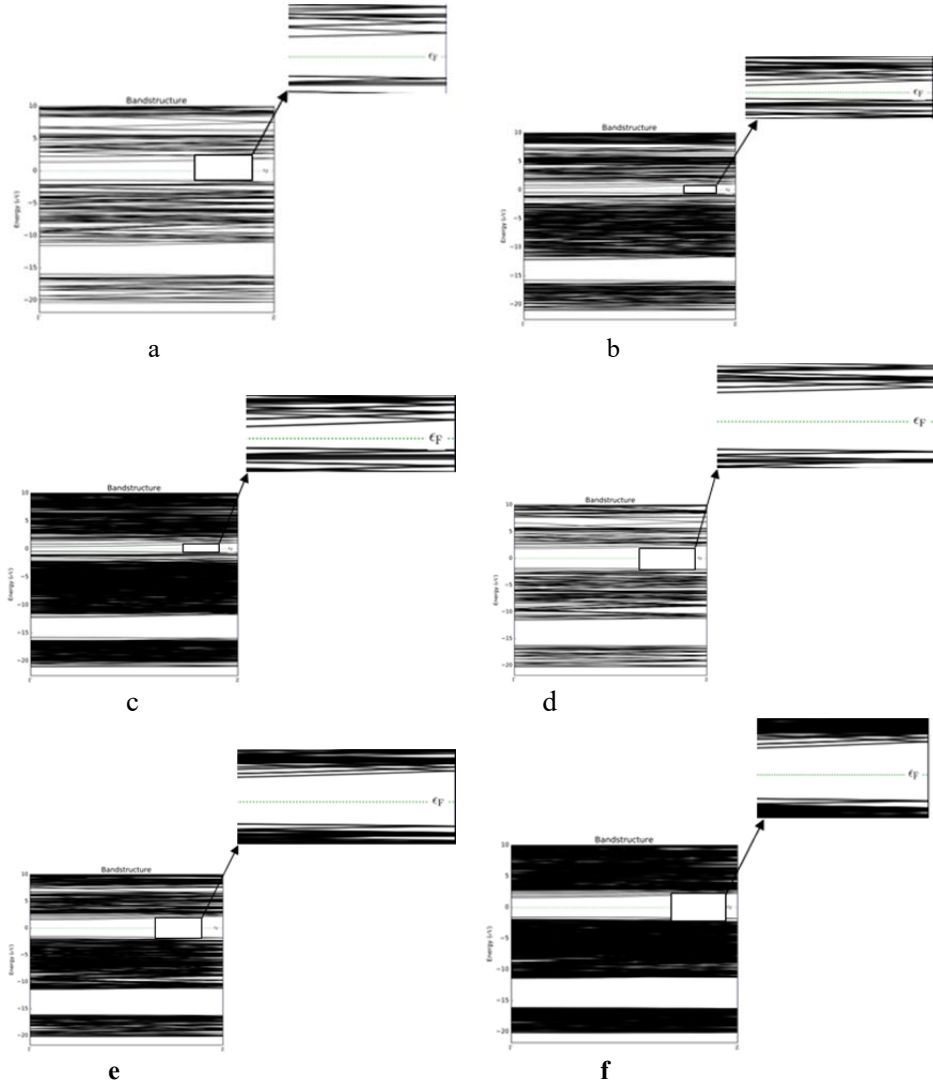


Fig. 3. Band structure of **a)** (6,0) **b)** (6,0) (12,0) **c)** (6,0) (12,0) (24,0) **d)** (8,0) **e)** (8,0) (16,0) **f)** (8,0) (16,0) (32,0) MW-BNNT

Table 1. Values of band gaps for different nanotubes.

Chirality index	Band Gap (eV)
1. (6,0) BN	2.8241
2. (6,0) (12,0) BN	0.8582
3. (6,0) (12,0) (24,0) BN	0.8589
4. (8,0) BN	3.6597
5. (8,0) (16,0) BN	3.1272
6. (8,0) (16,0) (24,0) BN	3.1277

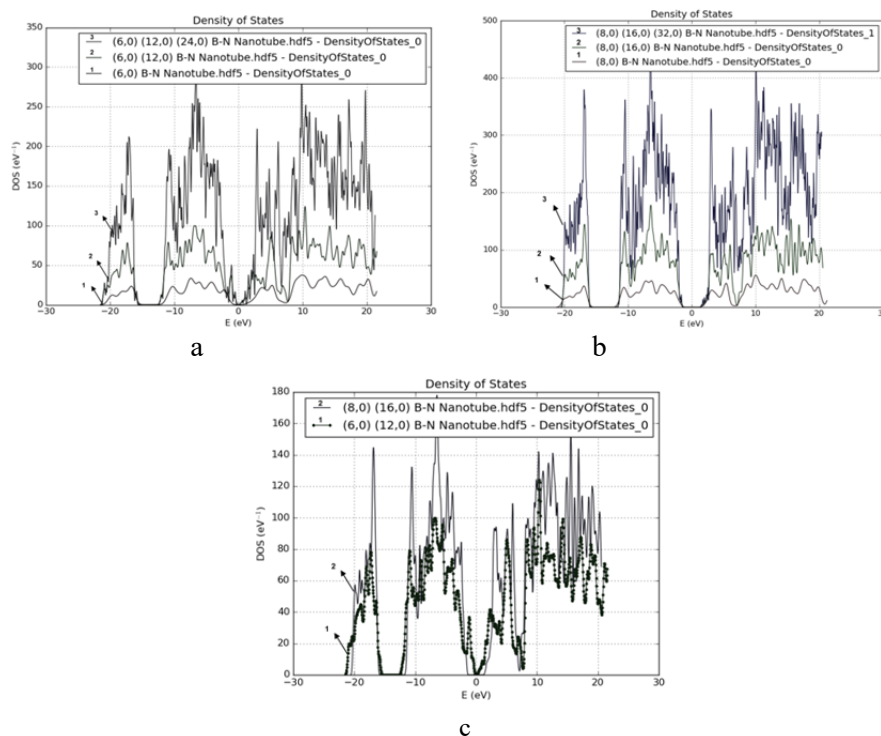


Fig. 4. DOS comparisons of **a)** (6,0); (6,0) (12,0); (6,0) (12,0) (24,0); **b)** (8,0); (8,0) (16,0); (8,0) (16,0) (32,0); **c)** (6,0) (12,0); (8,0) (16,0) zigzag MW-BNNT.

The DOS analyze of BNNT has been demonstrated in Fig. 4. Fig. 4 a presented the comparison of DOS for the first set of nanotubes, namely BNNTs with these chirality indexes (6,0); (6,0) (12,0); (6,0) (12,0) (24,0). It shows that the DOS increases when increases with number of walls. Fig. 4 b presented the same comparison for the second set of nanotubes, namely BNNTs with these chirality indexes (8,0); (8,0) (16,0); (8,0) (16,0) (32,0).

In the Fig. 4 c the comparison has been done for the nanotubes with the same structure (two walls) but with different chirality indexes. With the increase of chirality index, the band gap increase significantly.

Conclusion. In summary, DFT GGA method has been used to estimate the band gap dependence of MW-BN nanotube on number of walls and diameter for zigzag structure. It has been found that number of walls starting from two is not influence on bandgap but increases the density of states significantly. Keeping number of walls of nanotube constant and increasing the diameter of nanotubes brings significantly band gap gain and increases the density of states.

¹Synopsys Armenian

²Russian-Armenian University

e-mail: irena.danaglyan@synopsys.cc

I. M. Danglyan, D. B. Hayrapetyan, academician E. M. Kazaryan

Band gap and density of states of Multiwalled Boron Nitride Nanotubes

The structure, stability of the zigzag single-walled and multiwalled Boron Nitride nanotubes have been investigated in the framework of generalized-gradient approximation (GGA) density functional theory (DFT). Results show that number of walls starting from two have not impact on band gap but increase density of states significantly

Ի. Մ. Դանգլյան, Դ. Բ. Հայրապետյան, ակադեմիկոս Է. Մ. Դազարյան

Բորի նիտրիդի բազմաշերտ նանոխողովակի արգելված գոտին և վիճակների խտությունը

Միաշերտ և բազմաշերտ զիգզագ կառուցվածքով բորի նիտրիդի նանոխողովակի կառուցվածքը և կայունությունը ուսումնասիրվել են խտության ֆունկցիոնալի տեսության ընդհանուր գրադիենտի մոտավորության շրջանակներում: Արդյունքները ցույց են տալիս, որ շերտերի քանակը, սկսած երկրորդից, չի ազդում արգելված գոտու էներգիայի վրա, բայց զգալի փոխում է վիճակների խտությունը:

И. М. Данглян, Д. Б. Айрапетян, академик Э. М. Казарян

Запрещенная зона и плотность состояний многослойной нанотрубки нитрида бора

Структура и стабильность однослойных и многослойных зигзажных нанотрубок из нитрида бора исследована в рамках теории функционала плотности в обобщенном градиентном приближении (GGA). Результаты показывают, что число слоев, начиная со второго слоя, не влияет на ширину запрещенной зоны, но значительно увеличивает плотность состояний.

References

1. Rubio A., Corkill J. L., Cohen M. L. – Phys. Rev. B. 1994. V. 49. P. 5081 .
2. Blase X., Rubio A., Louie S. G., Cohen M. L. – Europhys. Lett. 1994. V. 28. P. 335 .
3. Chopra N. G., Luyken R. J., Cherrey K. at al. – Science. 1995. V. 269. P. 966 .
4. Jia J.-F., Wu H.-S., Jiao H. – 2006. Physica B. V. 381. P. 90-95.
5. Danglyan I. M., Kazaryan E. M., Hayrapetyan D. B., The Impact of Carbon Atoms on Boron Nitride Nanotubes, Journal of Physics: Conference Series, 2019.

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

УДК 541.124

Академик И. А. Варданян

К вопросу о постоянстве скорости термического окисления метана

(Представлено 24/X 2019)

Ключевые слова: окисление, метан, поверхность, пероксидные радикалы.

Одним из интересных явлений, наблюдаемых в процессе термического окисления метана, является постоянство скорости его окисления в диапазоне 700-900 К и 10-75% превращения реакции [1, 2]. Еще Н. Н. Семёнов говорил, что “это удивительное явление требует внимательного изучения, так как раскрытие его сущности приведет к некоторым новым представлениям в химической кинетике” [1]. Известно, что реакция термического окисления метана протекает по цепному вырожденно-разветвленному механизму с участием гидропероксидных радикалов HO_2 и пероксидных радикалов RO_2 , а продуктом, ответственным за разветвление цепей, является пероксидное соединение – H_2O_2 или CH_3OON [3-5].

В свете относительно новых опубликованных данных [6, 7, 17-21], касающихся как реакций атомов Н на твердой поверхности [6, 7], гетерогенного взаимодействия радикалов HO_2 [8, 9, 13, 14] и пероксидных радикалов с органическим соединением, в частности с метаном, полученных косвенным путем [10-12, 15, 16], а также методом ЭПР [17-21], так и воспламенения ацетальдегид-кислородных смесей, инициированных гетерогенным радикальным распадом органических пероксидных соединений [22, 23], фотоокисления и фотораспада органических соединений [24-26], представляющих интерес с точки зрения процессов, происходящих в атмосфере [27], предлагается объяснение вышеуказанного явления.

Основные результаты, имеющие отношение к поставленному вопросу, следующие:

1. Обнаружение и установление возможности взаимодействия пероксидных радикалов CH_3O_2 с CH_4 на твердой поверхности экспериментально методом ЭПР [17-21] и расчетным путем [4], а также радикалов HO_2 с пропионовым альдегидом [8, 9].

2. Гетерогенное разветвление цепей в цепных газофазных процессах окисления альдегидов вследствие гетерогенного радикального распада органических пероксидных соединений, в частности соответствующих пероксикислот RCO_3H , образующихся в этих реакциях [5].

Использование новой методики изучения реакций пероксидных радикалов с органическим соединением на твердой поверхности в капиллярном реакторе, обработанном тем или иным веществом, в условиях, исключающих гомогенные реакции [17, 18], позволило прямыми опытами продемонстрировать наличие гетерогенной реакции радикалов CH_3O_2 с метаном [17-21]. На основании экспериментальных данных по термическому окислению метана, полученных методом ЭПР, в реакторах, обработанных борной кислотой и бромистым калием [3, 5], и оценки скорости образования CH_3OOH в [4] сделан вывод о реализации гетерогенных реакций радикалов CH_3O_2 с метаном и формальдегидом. Кроме того было заключено, что окисление метана представляет собой гомогенно-гетерогенный процесс с участием радикалов как в газовой фазе, так и на поверхности. В [8, 9] при газофазном окислении пропионового альдегида при 803 К было обнаружено увеличение скорости процесса и выхода пероксида водорода, сопровождающееся уменьшением концентрации радикалов HO_2 в газовой фазе с увеличением величины поверхности реактора при заполнении его насадкой, что было объяснено гетерогенным взаимодействием радикалов HO_2 с альдегидом, приводящим к образованию H_2O_2 .

Известно, что разветвление цепей в процессах низкотемпературного окисления альдегидов связано с гетерогенным радикальным распадом органических пероксидных соединений, а при высоких температурах – пероксида водорода, образующихся в этих реакциях [5]. Не исключено, что последнее может иметь место и в случае метана наряду с гомогенным распадом пероксидных соединений. Кстати, в [1] на основании зависимости скорости реакции окисления метана от диаметра реакционного сосуда, обнаруженной в [28], высказано предположение о возможности гетерогенного разветвления цепей. Причем в зависимости от состояния поверхности реакционного сосуда будет преобладать либо гомогенный, либо гетерогенный процесс разветвления.

В пользу сказанного свидетельствуют полученные методом ЭПР данные о радикальном распаде на твердой поверхности CH_3OOH и H_2O_2 [5, 29], ответственных за разветвление цепей в процессе термического окисления метана.

Обобщая изложенные выше данные, постоянство скорости термического окисления метана можно объяснить заполнением поверхности реактора, ограничивающим гетерогенные реакции радикалов и радикального распада пероксидных соединений, ответственных за разветвление цепей.

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

Академик И. А. Варданын

**К вопросу о постоянстве скорости термического
окисления метана**

Рассмотрены и обсуждены литературные данные, касающиеся постоянства скорости термического окисления метана. Принимая во внимание возможность гетерогенного радикального распада пероксидных соединений, ответственных за разветвление цепей в этой реакции, а также гетерогенных реакций пероксидных радикалов с органическими соединениями, в частности с метаном, сделан вывод, что постоянство скорости вызывается насыщением поверхности вследствие ограниченности числа активных центров на ней.

Ակադեմիկոս Ի. Ա. Վարդանյան

**Մեթանի թերմիկ օքսիդացման ռեակցիայի արագության
հաստատունության հարցի վերաբերյալ**

Քննարկվել են մեթանի թերմիկ օքսիդացման ռեակցիայի արագության հաստատունության մասին առկա գրական տվյալները: Նկատի ունենալով այդ ռեակցիայում ճյուղավորման համար պատասխանատու պերօքսիդային միացությունների հետերոգեն ռադիկալային քայքայումը և օրգանական միացությունների հետ պերօքսիդային ռադիկալների հետերոգեն ռեակցիաների հնարավորությունը՝ եզրակացվել է, որ այն կապված է ռեակցիոն անոթի մակերևույթի հագեցման հետ, որը սահմանափակում է ռեակցիայի արագությունը:

Academician I. A. Vardanyan

**About the Question of Rate Constancy of Methane
Thermic Oxidation**

The data regarding to the question of rate constancy of methane thermic oxidation have been considered and discussed. Taking into consideration the last data about the possibility of heterogeneous radical decay of peroxide compounds, responsible for chain branching, and heterogeneous reactions of peroxy radicals with organic compounds, the conclusion has been made that the rate constancy is connected with the surface saturation.

Литература

1. Семенов Н. Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности. М. Изд-во АН СССР. 1958. 605 с.
2. Штерн В. Я. Механизм окисления углеводородов в газовой фазе. М. Изд-во АН СССР. 1960. 281 с.
3. Vardanyan I. A., Nalbandyan A. B. – Int. J Chem. Kinet. 1985. V. 17. P. 901.
4. Keheyan Ye. G., Vardanyan I. A. – Chem. J Arm. 1998. V. 51. № 3-4. P. 177.

5. *Налбандян А. Б., Варданын И. А.* Современное состояние проблемы газо-фазного окисления органических соединений. Ереван. Изд-во АН Арм. ССР. 1986. 228 с.
6. *Азатян В. В.* – Хим. физика. 1982. Т. 1. № 4. С. 491.
7. *Азатян В. В.* Цепные реакции в процессах горения, взрыва и детонации газов. Черноголовка, Редакционно-издательский отдел ИПХФ РАН. 2017. 448 с.
8. *Луспарян А. П., Оганесян Эм. А., Варданын И. А., Налбандян А. Б.* – Арм. хим. журн. 1985. Т. 38. № 5. С. 333.
9. *Луспарян А. П., Оганесян Эм. А., Варданын И. А., Налбандян А. Б.* – Кин. и ка тализ. 1985. Т. 26. № 4. С. 993.
10. *Бахчаджян Р. А., Варданын И. А., Налбандян А. Б.* – ДАН СССР. 1985. Т. 281. № 3. С. 611.
11. *Бахчаджян Р. А., Варданын И. А., Налбандян А. Б.* – Хим. физика. 1986. Т. 5. № 3. С. 393.
12. *Бахчаджян Р. А., Варданын И. А., Налбандян А. Б.* – ДАН АН ССР. 1988. Т. 86. № 4. С. 170.
13. *Behnke W., Nolting F., Zetzsch C.* – J Aerosol Science. 1987. V. 18. № 1. P. 65.
14. *Behnke W., Hollander W., Koch W. et al.* – Atmospheric Environment. 1988. V. 22. № 6. P. 1113.
15. *Бахчаджян Р. А., Газарян К. Г., Варданын И. А.* – Хим. физика. 1991. Т. 10. № 5. С. 659.
16. *Bakchadjyan R. H., Vardanyan I. A.* – Int. J Chem. Kinet. 1994. V. 26. № 11. P. 595.
17. *Манучарова Л. А., Царукян С. В., Варданын И. А.* – ДНАН РА. 2003. Т. 103. № 2. С. 121.
18. *Manucharova L. A., Tsarukyan S. V., Vardanyan I. A.* – Int. J Chem. Kinet. 2004. V. 36. № 1. P. 591.
19. *Манучарова Л. А., Царукян С. В., Варданын И. А.* – ДНАН РА. 2007. Т. 107. № 3. С. 239.
20. *Jalali H. A., Manucharova L. A., Tsarukyan S. V., Vardanyan I. A.* – Russian J Phys. Chem. A. 2011. V. 85. № 3. P. 83.
21. *Vardanyan I. A., Manucharova L. A., Jalali H. A., Tsarukyan S. V.* – Chem. J Arm. 2012. V. 65. № 1. P. 132.
22. *Арустамян А. М., Варданын И. А.* – Хим. физика. 1997. Т. 16. № 11. С. 86.
23. *Арустамян А. М., Варданын И. А.* – Хим. физика. 1999. Т. 18. № 4. С. 34.
24. *Jenkins C. A., Murphy D. M., Rowlands C. C., Egerton T. A.* – J Chem. Society, Perkin Transactions 2. 1997. P. 2479.
25. *Attwood A. L., Murphy D. M., Edwards J. L. et al.* – Research on Chemical Intermediates. 2003. V. 29. № 5. P. 449.
26. *Attwood A. L., Edwards J. L., Rowlands C. C., Murphy D. M.* – J Phys. Chem. A. 2003. V. 107. P. 1779.
27. *Ravishankara A. R.* – Science. 1997. V. 276. P. 1058.
28. *Norrish R. G. W., Reagh J. D.* – Proc. Roy. Soc. 1940. A-176. P. 429.
29. *Багдасарян Г. О., Варданын И. А., Налбандян А. Б.* – ДАН СССР. 1976. Т. 231. № 2. С. 362.

BIOCHEMISTRY

УДК 577.1+577.15+616-006.6

**G. A. Hovhannisyan, F. P. Sarukhanyan, H. H. Zakaryan,
N. H. Barkhudaryan**

**Antioxidative and Immunological Patterns of Cervical
Cancer Progression**

(Submitted by corresponding member of NAS RA E. S. Gevorgyan 2/IX 2019)

Keywords: *calcineurin, interleukin-2, tumor necrosis factor alpha, glutathione, catalase, cervical cancer.*

Cervical cancer is the fourth most frequent female cancer in the world [1] and the second one in Armenia [2]. A large number of evidence indicates that infection with the human papillomavirus (HPV) is the primary risk factor for cervical cancer and plays a key role in cervical carcinogenesis [3]. However, few prospective studies suggest that HPV infection alone may not be sufficient to promote cervical carcinogenesis and a number of co-factors such as deficiency in antioxidants and inflammation are involved in the development of cancer [3]. Intriguingly, despite the availability of various studies, the interdependent nature of oxidative stress and inflammation is discussed relatively recently [4]. Selection of antioxidants that do not simultaneously inhibit both oxidative stress and inflammation or use of nonselective anti-inflammatory agents that block some of the oxidative and/or inflammatory pathways but exaggerate the others might be responsible for the failures of the antioxidant clinical trials [4]. Thus, to establish the validity of schemes involved in all stages of cancer progression and to increase the positive outcome from the future treatment it would be essential to quantify both redox and inflammatory status of cancer patients.

Calcineurin (CN) is a key enzyme leading to the activation of the immune system by participating in the synthesis of several cytokines (interleukin (IL)-2, tumor necrosis factor (TNF)- α , etc.) via dephosphorylation and activation of NFAT (nuclear factor of active T cells) transcription factors [5]. Being closely and widely involved in various signaling pathways related to immune response, inflammation and cancer pathophysiology [5-6], CN levels in plasma and tissue not only express the extent of the immune system activity, but the tumor driven inflammation as well. Moreover, redox sensitive nature of CN active center [7]

additionally makes CN being closely related to redox systems as well. Hence, in the terms of cervical cancer, taking into account its multifactor origin, the study of the activity of CN with its dualistic nature described previously [8], could serve as a complex estimator of the complicity of the interplay between host immune and antioxidant systems' and the tumor microenvironment. In this concept, to evaluate simultaneous contribution of host immunity, antioxidant defense system and tumor driven inflammation in pathogenesis of cervical cancer we considered advisable to study the parallel changes in the activity of CN as a major activator of the immune system, immunoregulatory cytokine IL-2, pro-inflammatory cytokine TNF- α , glutathione (GSH) as the most abundant intracellular non enzymatic antioxidant, and catalase (CAT) as one of the potent scavengers of the reactive oxygen species (ROS).

Material and methods. The blood and tissue samples from postoperative material of untreated patients with the I (n=15), II (n=5) and III (n=11) stages of cervical cancer were provided by the National Centre of Oncology after V.A. Fanarjyan (NCO MH RA). The plasma of healthy donors (n=6) and histologically checked healthy parts of remote tissue (n=8) were used as a control. Histological study of the postoperative material was conducted by the Laboratory of Clinical Pathomorphology at the NCO MH RA. The most cases of cervical cancer were diagnosed as a moderately and poorly differentiated squamous cell carcinoma. Age of patients ranged from 33-73, and the average age was 50 years. Among these patients women with the age of 35-65 (86,7%) were predominated.

Blood (1.5-2 ml) was collected into sodium citrate (3.2%)-coated vacutainer tubes and centrifugated at 1500 rpm for 10 min. Plasma was separated and stored at -32°C. Tissue samples were homogenized with 2.5 volumes of 50 mM Tris-HCl, pH 7.5 buffer, containing 0.05% Triton-X-100, 0.1 mM EDTA, 1 mM DTT, protease inhibitors, and centrifugated at 20000 *g* for 60 min at 4°C. The supernatant was separated and stored at -32°C as well. The protein content in samples was determined by Bradford assay [9].

Calcineurin activity was measured by spectrofluorimetric assay using 4-methylumbelliferyl phosphate (4-MUP) as a substrate [10]. We have adapted the assay for our research as described before [11]. One unit of enzyme activity is defined as amount of enzyme that caused the formation of 0.1 nM of 4-methylumbelliferon (4-MU) at 32°C for 1 h. The quantity of 4-MU was determined fluorimetrically using a Perkin-Elmer MPF-44A spectrofluorimeter (PerkinElmer Inc., USA). TNF- α and IL-2 levels in plasma and tumor tissue samples were determined using human TNF α ELISA MAX kit (BioLegend Inc., USA) and human IL-2 ELISA MAX™ kit (BioLegend Inc., USA), respectively, according to the manufacturer's recommendations. The optical density was measured in each well at the 450 nm using LABLine-022 microplate reader (LABLINE Diagnostics, Austria). The activity of GSH was studied using DTNB/GR enzyme recycling method [12] and the activity of CAT was determined using the spectrophotometric assay of hydrogen peroxide based on formation of its stable complex with ammonium molybdate [13].

Data were analyzed statistically by one-way ANOVA using Origin 6.1 software. Statistical significance – $p < 0.05$. All data were expressed as mean $\pm$ SEM.

Results and discussion. Data obtained revealed that CN activity in both plasma and tissue samples of patients with cervical cancer were changed in a parallel manner (Fig. 1a). It demonstrated a statistically significant 2.5 fold and 10.7 fold increase in tumor tissue and in plasma, respectively, for the I stage of disease compared with the control groups. In the II and III stages of disease CN activity was shown to be decreased 1.45 and 1.7 fold in tumor tissue, and 1.8 and 2.1 fold in plasma, respectively, compared with the I stage of disease. TNF- α has been shown to be decreased by 1.9 and 1.8 times in plasma and tumor tissue, respectively, in the I stage of disease compared with the control groups (Fig. 1b). In plasma it was shown to be increased significantly for the II (2.7 fold) and III (3.3 fold) stages of disease compared with the I stage. In contrary, in tumor tissue TNF- α demonstrated 2.2 fold and 1.3 fold decrease for the II and III stages, respectively, compared with the I stage. As one can see from Fig. 1c, IL-2 activity in plasma of patients with cervical cancer, demonstrated 2.48 fold increase for the I stage compared with the control group, and 1.4 fold and 1.39 fold decrease for the II and III stages, respectively, compared with the I stage of disease. In tumor tissue IL-2 level demonstrated significant increase for the I (2 fold) and II (1.6 fold) stages compared with the control and the I stage, respectively. In the III stage IL-2 was shown to be decreased significantly (5.2 fold) compared with the I stage.

Results obtained have also shown 1.14 fold (not statistically significant) and 1.5 fold decrease in both tissue and plasma GSH activity, respectively, for the I stage compared with the control (Fig. 2a). However, the decrease in GSH activity was more marked in the tumor tissue in advanced stages of cancer (1.9 fold and 5.9 fold, respectively, for the II and III stages compared with the I stage). In plasma GSH activity demonstrated 1.6 fold and 4 fold increase in the II and III stages of cancer compared with the I stage.

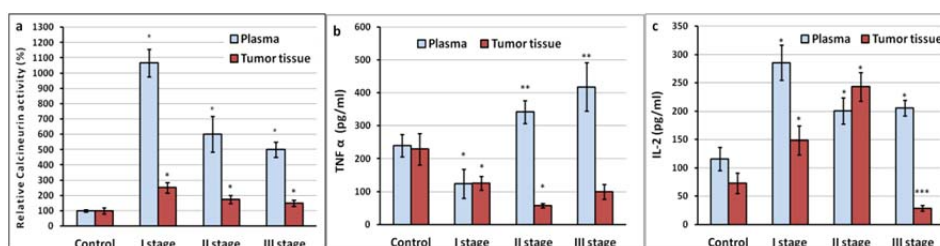


Fig. 1. Calcineurin activity (a), TNF- α (b) and IL-2 (c) levels in plasma (grey) and tumor tissue (black) of the primary cervical cancer patients with the I, II and III stages of disease. Control for calcineurin activity considered as 100% and data expressed as % of control. * $P < 0.05$ for the I stage compared with control, as well as for the II and III stages compared with the I stage; ** $P < 0.01$ for the II and III stages compared with the I stage (b); *** $P < 0.001$ for the III stage compared with the I stage (c).

Concerning the changes in CAT activity, we have revealed modest, but statistically significant 1.35 fold decrease in tumor tissue for the I stage of cancer compared with the control group and 1.5 fold and 2.4 fold increase for the II and III stages, respectively, compared with the I stage (Fig. 2b). In contrary, in plasma we have found 1.6 fold increase for the I stage compared with the control and 1.5 fold and 1.6 fold decrease for the II and III stages, respectively, compared with the I stage.

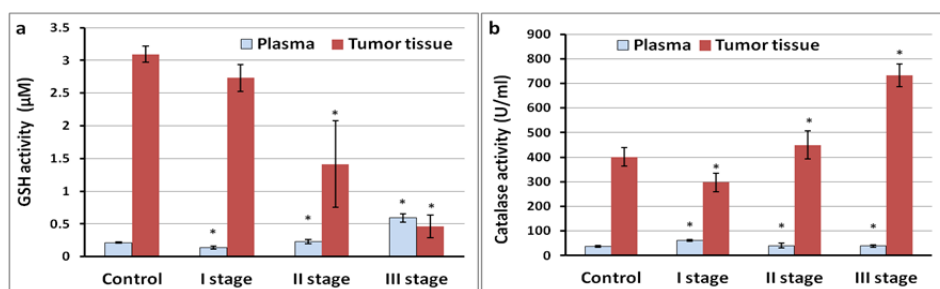


Fig. 2. Glutathione (a) and catalase (b) activity in plasma (grey) and tumor tissue (black) of the primary cervical cancer patients with the I, II and III stages of disease.
* $p < 0.05$ for the I stage compared with control, and for the II and III stages compared with the I stage.

The involvement of the host immune and antioxidant systems in the control of cervical cancer progression was suspected but remained inconclusive for many years due to the lack of convincing evidences. Earlier, Padma et al. have shown downregulation of CN activity in both serum and biopsy samples of the cervical cancer patients [14]. In contrary, we have found increased CN activity in both plasma and tumor tissue of the cervical cancer patients. This could be due to the difference in studied specimens as well as different methods used. The significant increase in CN activity in the I stage of cervical cancer indicates on similar increase in the level of proinflammatory cytokines, such as TNF- α and IL-2, because, CN participates in the synthesis of these cytokines via activation of NFAT [5]. Indeed, we have found the increase of IL-2 level in the I stage of cervical cancer. This could be considered as the very first and rapid response of the host immune system to malignant transformation since the organism uses the inflammation to fight against the neoplasms. Actually, the role of IL-2 in the activation of the immune system against tumor cells has been established [15]. However, there are numerous mechanisms through which the tumor can escape from the immune system. For example, the presence of functional IL-2 receptor (IL-2R) expression on cervical cancer cell lines has been determined, although, normal cervical cells do not express IL-2R [16]. It was shown that exogenous IL-2 induces the proliferation of these cells. By blocking IL-2R using specific antibodies, the proliferation of these cancer cells had been inhibited. Furthermore, these cells not only express IL-2R, but also produce and secrete IL-2. Intriguingly, the amount of IL-2R expressed by

cervical cancer cells in vivo was shown to be increased along with the tumor stage [17]. Indeed, in contrary to the decline of CN activity in the II stage of disease, we have found the continuous increase of IL-2 level in tumor tissue in the same stage. Similarly, TNF- α , the main pro-inflammatory cytokine of the organism, also demonstrates both tumorigenic and antitumor properties. It has been demonstrated that the HPV E6 and E7 proteins suppress the protective effect of TNF- α , as E6 induces resistance to TNF- α -mediated apoptosis and E7 inhibits the antiproliferative effect of this cytokine [18]. This suggests that acquisition of resistance to TNF- α may be an important step in HPV-induced carcinogenesis. This data are in accordance with our finding that the level of TNF- α in tumor tissue is decreased depending on the stage of disease compared with the control. However, there is also evidence that, under certain conditions, TNF- α can act as a tumor promoter [18]. TNF- α level has been found to be increased in local tissue samples from cervical cancer and, hence, blocking antibodies have found therapeutic application. Very interestingly, TNF- α gene polymorphism can increase or decrease the susceptibility to cervical cancer depending on whether it is TNF- α -238A allele or TNF- α -308G>A which is altered [19]. Thus, decreased level of tumor tissue TNF- α and increased one for plasma, as well as levels of IL-2 opposite to TNF- α in our study are underlying the whole complexity of the interactions established between the broad spectrum of cytokines produced during the inflammatory response, in which certain cytokines have effects and functions that are occasionally contradictory, depending on the context in which they operate. Concerning the divergence in tumor tissue and plasma levels of IL-2 and TNF- α , this is most probably indicating the difference in modulation of local and systemic responses to active growth of neoplastic tissue. To explain the finding that changes in TNF- α levels in plasma and tumor tissue were not entirely consistent with changes in CN activity, it's worth to mention that while NFAT is a major target of CN, the study of Padma et al. rules out the involvement of this transcriptional factor indicating presence of a NFAT independent calcineurin pathway atleast in cervical cancer [14]. Moreover, in our study the simultaneous detection of the levels of IL-2 and TNF- α , as the constituent chains of Ca²⁺/CaM/CN/NFAT pathway, generally have not shown changes parallel to CN activity. This indirectly points the existence of posttranslational modifications and/or CN independent pathways of NFAT regulation in cervical cancer cells.

Inflammatory processes are closely related to oxidative stress. Pro-inflammatory cytokines, including TNF- α , contributes the production of ROS which in turn can activate redox-sensitive transcription factors, inducing an additional synthesis of inflammatory cytokines. Although oxidative stress is a primary stimulus for the induction of antioxidative enzymes, however, their induction in cancer cells and systematically most commonly undergoes different modulation [3]. In this regard, gradually increasing CAT activity in cervical cancer tissue samples, could be the reflection of cancer cells adaptation to exacerbating oxidative stress, meanwhile decrease in plasma for the II and III stages of disease (compared to the I stage) is most probably indicating the growing imbalance between CAT reserves and H₂O₂ level. It is known that GSH is responsible for recycling of redox-sensitive proteins. However, high intracellular GSH levels are important contributors to pathologies such as,

cellular transformation and resistance to radiation and antineoplastic treatments in cancer cells [20]. Current study has shown reduction in both tumor tissue and plasma GSH activity for the I stage of disease compared to healthy counterparts. These data are in full compliance with other study showing a significant reduction in the GSH and GSH-peroxidase content compared to normal controls [21]. Similar to our data for the tumor tissue, Ahmed et al. also have demonstrated that the decrease for GSH level was more relevant for the advanced stages (III, IV) than for early stages (I, II) [22]. However, at early stages, GSH activity showed no substantial changes compared to control (healthy women). Changes in GSH activity can be affected by metabolic enzymes that use tripeptide as a substrate [23]. GSH is known to protect disulfide bonds of CN from ROS attacks via reduction of oxidized ones and, thus, protect CN from inactivation [24]. There is need for additional studies to explain the finding that changes in CN and GSH activities in cervical cancer were not parallel.

Thus, although this study has generated a lot of questions that need to be solved with the help of additional and detailed researches, however, data obtained reveal the light on the stage dependent changes in activity of calcineurin, IL-2, TNF- α , GSH and CAT in the pathophysiology of cervical cancer. Further studies aiming at understanding how immune and antioxidative defense systems are regulated in tumor context would most probably determine how they could be involved in effective anticancer therapy for cervical cancer as well.

Acknowledgment. The study was supported partially by the State Committee of Science, Ministry of Education and Science, RA in the frame of the project #16A1f10. We thank to National Center of Oncology MH RA for the provided oncological samples.

H. Buniatian Institute of Biochemistry of NAS RA
e-mail: gayane90.30@gmail.com

**G. A. Hovhannisyan, F. P. Sarukhanyan, H. H. Zakaryan,
N. H. Barkhudaryan**

Antioxidative and Immunological Patterns of Cervical Cancer Progression

The changes in activity of mutually related immune and antioxidant factors: calcineurin, IL-2, TNF- α , glutathione and catalase have been investigated in plasma and tumor tissue samples of untreated patients with primary cervical cancer with the I, II and III stages. Results obtained demonstrated that activities of pro-inflammatory cytokines, antioxidants, as well as immunomodulating enzyme calcineurin in pathophysiology of cervical cancer changes in a stage-dependent manner. This study expands the knowledge about the complicity of the stage dependent interplay between host immunity, inflammation, antioxidants and cervical cancer.

**Գ. Ա. Հովհաննիսյան, Ֆ. Պ. Սարուխանյան, Հ. Հ. Զաքարյան,
Ն. Հ. Բարխուդարյան**

**Արգանդի վզիկի քաղցկեղի զարգացման հակաօքսիդանտային և
իմունաբանական առանձնահատկությունները**

Ուսումնասիրվել է փոխկապակցված իմունային և հակաօքսիդանտային գործոնների՝ կալցինեյրինի, IL-2-ի, TNF- α -ի, գլուտաթիոնի և կատալազի ակտիվության փոփոխությունն առաջնային արգանդի վզիկի քաղցկեղի I, II և III փուլերում գտնվող, բուժում չստացած հիվանդների պլազմայի և ուռուցքային նմուշներում: Արդյունքները ցույց են տվել, որ արգանդի վզիկի քաղցկեղի ժամանակ նախաբորբոքային ցիտոկինների, հակաօքսիդանտների, ինչպես նաև իմունակարգավորիչ կալցինեյրին ֆերմենտի ակտիվությունը փոփոխվում է հիվանդության փուլից կախված: Այս տվյալներն ընդլայնում են գիտելիքներն իմունիտետի, բորբոքման, հակաօքսիդանտների և արգանդի վզիկի քաղցկեղի միջև փոխկապակցված բարդ փոխգործակցության մասին:

Г. А. Оганнисян, Ф. П. Саруханян, Э. А. Закарян, Н. А. Бархударян

**Антиоксидантные и иммунологические характеристики
прогрессирования рака шейки матки**

Исследованы изменения активности взаимосвязанных иммунных и антиоксидантных факторов: кальцинейрина, IL-2, TNF- α , глутатиона и каталазы, в образцах плазмы и опухолевой ткани нелеченных пациентов с первичным раком шейки матки в I, II и III стадиях заболевания. Показано, что активность провоспалительных цитокинов, антиоксидантов, а также иммуномодулирующего фермента кальцинейрина при раке шейки матки изменяется в зависимости от стадии. Эти данные расширяют знания о сложности стадия-зависимых взаимодействий между иммунитетом хозяина, воспалением, антиоксидантами и раком шейки матки.

References

1. <https://www.who.int/cancer/prevention/diagnosis-screening/cervical-cancer/en/>
2. Statistical yearbook. Health and Healthcare. 2018. Yerevan, Armenia.
3. Valluru L., Dasari S., Wudayagiri R. – Oxid Antioxid Med Sci. 2014. V. 3(1). P. 15-26.
4. Biswas S. K. – Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2016. doi:10.1155/2016/5698931.
5. Hogan P. G., Chen L., Nardone J., Rao A. – Genes Dev. 2003. V. 17. P. 2205-2232.
6. Shou J. J., Xie J., You L. et al. – Cancer Letters. 2015. V. 361. P. 174-184.
7. Alba G., Santa-Mari'a C., Reyes-Quiroz E. M. et al. – Journal of Endocrinology. 2012. V. 214. P. 399-408.
8. Fernandez A. M., Fernandez S., Carrero P. – Journal of Neuroscience. 2007. V. 27 (33). P. 8745-8756.
9. Bradford M. M. – Anal. biochem. 1976. V. 72. P. 248-254.
10. Anthony F. A., Merat D. L., Cheung W. Y. – Anal. Biochem. 1986. V. 155. P. 103-107.

11. *Sarukhanyan F. P., Hovhannisyan G. A., Hunanyan O. V. et al.* –Biolog. Journal of Armenia. 2017. V. 3 (69). P. 159-163.
12. *Tipple E. T., Rogers K. L.* – Methods Mol Biol. 2012. V. 889. P. 315–324.
13. *Goth L.* – Clinica Chimica Acta. 1991. V.196. P. 143-152.
14. *Padma S., Sowjanya A. P., Poli U. R. et al.* – Cancer Cell International. 2005. V.
15. *Quan Jr W. D., Walker P. R., Picton M. et al.* – Cancer BiotherRadiopharm, 2008; 23(5). P. 641–646.
16. *Rangel-Corona R., Corona-Ortega T., Soto-Cruz I. et al.* – Cytokine. 2010. V. 50. P. 273–277.
17. *Rangel-Corona R., Rodríguez-Cruz L., Flores-Flores G. et al.* In: Moraes M, Brentani R, Bevilacqua R ed. Proceedings of the 17th international cancer congress. Italy. 1998. P. 1239–1243.
18. *Fernandes J. V., De Medeiros Fernandes T. A. A., De Azevedo J. C. V. et al.* – Oncology Letters. 2015. V. 9. P. 1015-1026.
19. *Pan F., Tian J., Ji C. S. et al.* – Asian Pac J Cancer Prev. 2012. V. 13. P. 5777-5783.
20. *Traverso N., Ricciarelli R., Nitti M. et al.* – Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2013. doi: [10.1155/2013/972913](https://doi.org/10.1155/2013/972913).
21. *Daukantiene L., Kazbariene B., Valuckas K. P. et al.* – Medicina. 2014. V. 50. P. 222-229.
22. *Ahmed M. I., Fayed S. T., Hossein H., Tash F. M.* – Disease markers. 1999. V. 15(4). P. 283–291.
23. *Lushchak V. I.* – Journal of amino acids. 2012. doi:10.1155/2012/736837.
24. *Alba G., Santa-Mari'a C., Reyes-Quiroz E. M. et al.* – Journal of Endocrinology. 2012. V. 214. P. 399–408.

НЕЙРОХИМИЯ

УДК 615.213:615.214

С. А. Казарян, Р. Г. Пароникян, Ж. Р. Алавердян, И. М. Назарян

N-пара-замещенные ГАМК и их этиловые эфиры как противосудорожные средства

(Представлено чл.-кор. НАН РА В. О.Топузяном 16/VII 2019)

Ключевые слова: *противосудорожные соединения, коразоловые судороги, производные ГАМК.*

Биологически активные вещества, близкие к метаболитам и их аналогам, привлекают в последнее время внимание экспериментаторов и клиницистов. На основе таких веществ создаются многие эффективные и малотоксичные лекарственные препараты [1]. Одной из групп биологически активных веществ являются нейроактивные аминокислоты, для которых доказаны медиаторная роль и функции модуляторов различных процессов в организме. Многие лекарства созданы на базе таких нейроаминокислот, как ГАМК, глутаминовая кислота, глицин, таурин, в том числе аминалон, фенибут, баклофен, пирацетам, оксибутират натрия, пантогам, калия глутаминат. При терапии противоэпилептическими препаратами, в основном второго поколения, намечается тенденция оптимизации лечения, направленная на использование антиконвульсантов с расширенными комбинированными свойствами [2]. В связи с этим для новых противосудорожных препаратов немаловажно и нейропротекторное действие, т.е. предупреждение повреждений нервной ткани, возникающих вследствие пароксизмальной активности нейронов [3, 4]. Перспективность создания новых психотропных лекарственных препаратов на основе ГАМК не вызывает сомнения. В связи с этим мы продолжаем изучение противосудорожного действия новых производных нейроаминокислот с психотропными свойствами, и данное сообщение является продолжением ранее проводимых исследований [5-7].

Материал и методы. Исследование противосудорожной активности 8 соединений – 4 нейроаминокислот (N-п-этоксibenзоил-β-аланил-γ-аминомасляной кислоты (ГАМК), N-п-пропоксибензоил-β-аланил-γ-амино-

масляной кислоты, N-п-бутоксibenзоил-β-аланил-γ-аминомасляной кислоты, N-п-изобутоксibenзоил-β-аланил-γ-аминомасляной кислоты) и 4 этиловых эфиров тех же дипептидов проводили на белых лабораторных мышах обоего пола массой 18-24 г. Использовали модели судорог, вызванных коразолом (пентилентетразол), никотином, ареколином, тиосемикарбазидом и электрическим током [8-12]. О противосудорожной и прогностической транквилизирующей активности соединений судили по предупреждению коразоловых клонических судорог [8], являющихся моделью малых судорожных припадков. Коразоловые клонические судороги получали при подкожном введении коразола в дозе 90 мг/кг. Противосудорожную активность соединений определяли также по предупреждению тонико-экстензорной фазы судорожного припадка максимального электрошока (МЭШ), который является моделью больших судорожных припадков, никотиновых судорог (никотин вводили в/б в дозе 8 мг/кг; центральное N-холинолитическое действие), и ареколинового тремора (ареколин вводили п/к в дозе 15 мг/кг; центральное M-холинолитическое действие). Исследовали также влияние соединений на тиосемикарбазидные (ТСК) судороги (вводили в дозе 18 мг/кг, п/к) для косвенного определения механизма действия соединений. Параметры максимального электрошока – 50 мА, длительность – 0.2 с, частота колебаний – 50 имп/с, критерием оценки является предупреждение тонико-экстензорной фазы судорожного припадка.

N-п-замещенную-β-аланил-γ-аминомасляную кислоту, содержащую пептиды и их этиловые эфиры, 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], который вводили мышам в дозах 50-300 мг/кг внутрибрюшинно.

Изучено побочное нейротоксическое (миорелаксантное) действие соединений и этосуксимида в дозах от 50 до 200 мг/кг при внутрибрюшинном введении. Миорелаксацию исследовали по тесту “вращающегося стержня” у мышей [13, 14]. 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 точную токсичность соединений при внутрибрюшинном введении. Для определения 50%-ных эффективных доз (ЭД₅₀, доза, вызывающая противосудорожный эффект у 50% животных), а также 50%-ных нейротоксичных доз (ТД₅₀) использовали статистический метод пробит анализа по Литчфильду и Уилкоксону [15]. Вычисляли защитные индексы (ЗИ) изучаемых соединений – $ЗИ = ТД_{50} / ЭД_{50}$, которые указывают на безопасность применения препаратов, связанных с нейротоксичностью соединений.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что изучаемые соединения и этосуксимид не проявляют антиэлектрошокового действия, не предупреждают никотиновых судорог (что указывает также на отсутствие центрального н-холинолитического действия) и ареколинового тремора (это указывает также на отсутствие центрального м-холинолитического действия). В дозе 200 мг/кг у исследуемых соединений и сравняемого заронтина не выявлено миорелаксанта действия. На модели ТСК судорог животные, получавшие изучаемые соединения и этосуксимид, ведут себя как контрольная группа животных, они не предупреждают судороги и не удлиняют латентный период клонических судорог, что может свидетельствовать об отсутствии ГАМК-ергического механизма действия.

Однако у соединений выявлен антагонизм с коразолом. N-замещенные нейроаминокислоты в дозе 50 мг/кг проявляют выраженное антикоразоловое действие (таблица). В таблице представлено антикоразоловое действие изучаемых соединений, миорелаксация этих веществ и сравняемого противосудорожного препарата этосуксимида.

Как видно из таблицы, ЭД₅₀ изучаемых соединений по антагонизму с коразолом находится в пределах от 32 до 175 мг/кг. По антикоразоловой активности исследуемые N-п-замещенные-β-аланил-ГАМК пептиды уступают их же этиловым эфирам и проявляют почти одинаковое действие по сравнению с этосуксимидом, тогда как этиловые эфиры в несколько раз превосходят сравниваемый аналог. По нейротоксичности все вышеуказанные соединения проявляют одинаковое действие по сравнению с этосуксимидом. По защитному индексу изучаемые производные N-замещенных нейропептидов не уступают этосуксимиду, а их этиловые эфиры намного превосходят функциональный аналог. Фактически этиловые эфиры нейропептидов намного безопаснее по побочному нейротоксичному эффекту, чем этосуксимид.

Выявлена связь между химическим строением исследуемых соединений с их фармакологической активностью. Так, наибольшую противосудорожную активность по антагонизму с коразолом проявляют этиловые эфиры N-замещенных-β-аланил-ГАМК, они же наиболее безопасны по нейротоксичности по сравнению с N-замещенными-β-аланил-ГАМК, независимо от замещенного радикала.

Таким образом, у всех изучаемых N-замещенных-β-аланил-ГАМК дипептидов и их этиловых эфиров выявлено противосудорожное действие по антагонизму с коразолом.

Новые синтезированные производные нейроаминокислот ГАМК и β-аланина представляют научный интерес особенно как противосудорожные вещества, некоторые из которых имеют высокие защитные индексы.

**Противосудорожное действие и нейротоксичность
изученных соединений и этосуксимида**

Соединение (химическое название)	Антагонизм с коразолом, ЭД ₅₀ , мг/кг*	Миорелаксация, ТД ₅₀ , мг/кг*	ЗИ
Этиловый эфир N-п-этоксibenзоил-β-аланил-γ-аминомасляной кислоты	44(30.1 ÷ 57.9)	375(300 ÷ 468.75)	8.5
N-п-этоксibenзоил-β-аланил-γ-аминомасляная кислота	125 (100 ÷ 156)	425(354÷510)	3.4
Этиловый эфир N-п-пропоксибензоил-β-аланил-γ-аминомасляной кислоты	32(24.8 ÷ 43.8)	500(385÷650)	15.6
N-п-пропоксибензоил-β-аланил-γ-аминомасляная кислота	135(112.5 ÷ 68.7)	525(438 ÷ 630)	3.8
Этиловый эфир N-п-бутоксibenзоил-β-аланил-γ-аминомасляной кислоты	45(37.5 ÷ 56.3)	465(372 ÷ 581)	10.3
N-п-бутоксibenзоил-β-аланил-γ-аминомасляная кислота	175(113 ÷ 271)	555(444 ÷ 694)	3.17
Этиловый эфир N-п-изобутоксibenзоил-β-аланил-γ-аминомасляной кислоты	48(36.0 ÷ 68.0)	505(413.9 ÷ 616.1)	10.5
N-п-изобутоксibenзоил-β-аланил-γ-аминомасляная кислота	130(105 ÷ 158.6)	482(395 ÷ 588)	3.7
Этосуксимид	155(117.5 ÷ 204.5)	520(412.6÷655.2)	3.35

*Доверительные интервалы при уровне вероятности P=0.05.

По сравнению с аналогом этосуксимида этиловые эфиры N-п-замещенных-β-аланил-ГАМК более активны и менее нейротоксичны. Они перспективны для дальнейших исследований по выявлению противосудорожной активности и создания новых противоэпилептических препаратов.

Научно-технологический центр органической
и фармацевтической химии НАН РА,
Институт тонкой органической химии им. А. Мнджояна
e.mail: paronikyan.ruzanna@mail.ru

С. А. Казарян, Р. Г. Пароникян, Ж. Р. Алавердян, И. М. Назарян

**N-пара-замещенные ГАМК и их этиловые эфиры как
противосудорожные средства**

Исследовалось противосудорожное действие новых 8 соединений – N-п-замещенных-β-аланил-ГАМК и их этиловых эфиров на различных и общепринятых судорожных моделях: коразоловые судороги, максимальный электрошок, никотиновые и тиосемикарбазидные судороги и ареколиновый тремор. Изучено также побочное нейротоксическое (миорелаксантное) действие этих соединений. Сравнение проводили с известным противосудорожным препаратом этосуксимидом. У всех изучаемых N-замещенных ГАМК и их этиловых эфиров выявлено противосудорожное действие по антагонизму с коразолом. Наиболее выраженную активность проявляют этиловые эфиры N-п-замещенных-β-аланил-ГАМК, которые по активности и широте защитного действия превосходят этосуксимид.

Ս. Հ. Դազարյան, Ռ. Գ. Պարոնիկյան, Ջ. Ր. Ալավերդյան, Ի. Մ. Նազարյան

**N-պարա-տեղակալված ԳԱԿԹ-ի ածանցյալները և նրանց էթիլային եթերները
որպես հակացնցումային միջոցներ**

Հետազոտվել է 8 նոր N-պարա-տեղակալված ԳԱԿԹ-ի ածանցյալների և նրանց էթիլային եթերների հակացնցումային ազդեցությունը տարբեր և ընդունված ցնցումային մոդելների վրա՝ կորազոլային ցնցումներ, մաքսիմալ էլեկտրաշոկի թեստ, նիկոտինային և թիոսեմիկարբազիդային ցնցումներ և արեկոլինային տրեմորի մոդել: Հետազոտվել է նաև միացությունների կողմնակի նեյրոտոքսիկ(մկանաթուլացնող) ազդեցությունը: Համեմատությունը կատարվել է հայտնի հակաէպիլեպտիկ դեղամիջոց էտոսուկսիմիդի հետ: Բոլոր ուսումնասիրված N-տեղակալված ԳԱԿԹ-ի ածանցյալները և նրանց էթիլային եթերները ցուցաբերում են հակացնցումային ազդեցություն կորազոլի հետ անտագոնիզմի թեստով: Ամենաբարձր ակտիվություն ցուցաբերում են նշված տեղակալված դիպեպտիդների ածանցյալների էթիլային եթերները, որոնք իրենց հակացնցումային ակտիվությամբ և պաշտպանիչ ազդեցության լայնությամբ գերազանցում են էտոսուկսիմիդին:

S. A. Ghazaryan., R. G. Paronikyan, J. R. Alaverdyan, I. M. Nazaryan

N-p-substituted GABA and Its Ethyl Esters as Anticonvulsants

The anticonvulsant effect of the new 8 compounds, N-p-substituted-β-alanyl-GABA and their ethyl esters, was studied on various and common convulsive models: corazol convulsions, maximal electroshock, nicotine and thiosemicarbazide convulsions and arecolin tremor. The side neurotoxic (muscle relaxant) effects of the compounds has also been studied. A comparison was made with the known antiepileptic drug ethosuximide. All the studied N-substituted GABA peptides and their ethyl esters revealed an anticonvulsant antagonistic effect with corazole. N-p-substituted-β-alanyl-GABA ethyl esters exhibit the most pronounced activity, which are more active than ethosuximide in their activity and breadth of protective action.

Литература

1. Фармакология и клиническое применение нейроаминокислот и их аналогов. Под ред. Г.В. Ковалева. Волгоград. 1985. 295 с.
2. *Robert, M. A. Hirschfeld*: Guideline Watch: Practice Guideline for the Treatment of Patients With Bipolar Disorder, 2nd Edition, in American Psychiatric Association Practice Guidelines for the Treatment of Psychiatric Disorders 2004. Copyright ©2011 American p.82.
3. *Meldrum B. S.* In: Excitatory Amino Acids. Eds: Meldrum B. S., Moroni F., Simon R.P. New York. Raven Press. 1991. P. 655-670.
4. *Харкевич Д. А.* Фармакология. М. Геотар-Медия. 2006. 750 с.
5. *Казарян С. А., Пароникян Р. Г., Агаронян А. С. и др.* – Хим. фарм. ж. 2001. Т. 35. № 2. С.7-8.
6. *Казарян С. А., Пароникян Р. Г., Эмекджян Э. А. и др.* – Кровь. 2012. Т. 13. № 1. С. 43-45.
7. *Պարոնիկյան Ռ. Գ., Ղազարյան Ս. Հ., Զաղաճյանյան Բ. Ս. և այլք.* – Фарма. 2015. № 11. С. 7-13.
8. *Vogel H. G., Vogel W. H.* In: Drug Discovery and Evaluation: Pharmacological Assays, ed. H. E. Vogel. Berlin and N. Y. Springer. 2008. P. 569-874.
9. *Loscher W., Schmidt D.* – Epilepsy Res. 1988. № 2. P. 145-181.
10. *Swinyard E. A.* In: Experimental models of Epilepsy. New York. Raven press. 1992. P. 433-458.
11. *Геворкян К. А., Папаян Г. Л., Чимаритян С. Г., Пароникян Р. Г.* – Хим.-фарм. журн. 1987. Т. 21 (2). С. 167-170.
12. Drugs used in generalized seizures. Basic and Clinical pharmacology, 9th ed.; Katzung, B. (Ed.); Large Medical Books/McGraw-Hill, 2003.
13. *Dunham N. W., Miya T. S.* – J. Am. Pharm. Ass. Sci. Ed. 1957. V. 46. № 3. P. 208-209.
14. *Jones B. J., Roberts D. J.* – J. Pharm Pharmacol. 1968. V. 20 (4). P. 302-304.
15. *Litchfield J. T., Wilcoxon F.* – J. Pharmacol. exp. Ther. 1949. V. 96. P. 99-113.

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.73+612.468

К. В. Казарян, Т. А. Пилипосян, Н. Г. Унанян

Влияние автоматизма овариальной зоны маточного рога на электрическую активность среднего сегмента

(Представлено чл.-кор. НАН РА Л. Р. Манвеляном 8/X 2019)

Ключевые слова: маточная труба, овариальная зона, спонтанная активность, потенциал действия, средняя зона, параметры активности.

Спонтанная электрическая активность в фаллопиевых трубах небеременных крыс представляет собой электрические разряды, которые в виде всплесков потенциалов действия регулярно, однако асинхронно возникают и затухают [1, 2]. Данные разряды активности, как правило, наблюдаются в определенных зонах маточных труб (овариальная и цервикальная локусы миометрия) и характеризуются миогенной природой [3, 4]. В ранних исследованиях было показано, что каждая электрическая вспышка сопровождается контрактурой, которая возникает несколько позже, чем разряд потенциалов действия, и обеспечивает основную функциональную роль репродуктивного органа [5, 6]. На сегодняшний день остается открытым вопрос относительно возможности среднего сегмента маточного рога генерировать автономные пейсмекерные сигналы, поскольку в данной зоне рога отсутствуют ритмогенные образования [7, 8]. Если в крайних областях маточной трубы независимо от физиологического состояния наблюдаются периодически возникающие активности, то для центральной зоны гладкомышечной ткани рога выявлены противоречивые данные: наряду с отсутствием какого-либо типа электрической активности возможно возникновение как разрядов всплесков, так и единичных потенциалов действия [6, 16]. Выявление как характера ритмогенеза данной области миометрия, так и его зависимости от проксимальной пейсмекерной зоны и явилось задачей настоящего исследования.

Материал и методика. Работа выполнена в условиях *in situ* на самках крыс массой 200-250 г. Животные анестезировались нембуталом (40-45 мг/кг) внутрибрюшинно. Эксперименты были острыми и после завершения регистрации животные забивались. Вскрывалась брюшная полость и

обнажался корпус матки с расположенными с двух сторон маточными трубами.

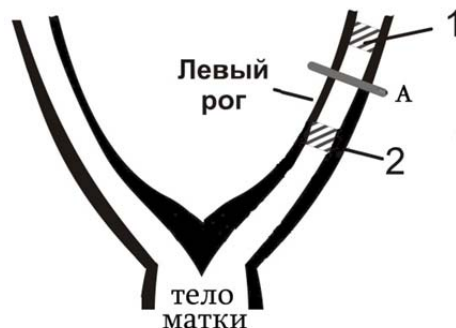


Рис. 1. Схематическое изображение маточных труб: 1, 2 – соответственно области регистрации активности из овариального и среднего отделов левой маточной трубы; А – область перерезки. n=20.

Матка денервировалась перерезкой корешков нервов plexus hypogastricus, uterinus, uterovaginalis. Регистрация активности проводилась одновременно с овариальной и средней областей левого рога (рис. 1). Спонтанная электрическая активность из описанных отделов органа отводилась биполярными электродами (межэлектродное расстояние соответствовало 2 мм). Исключение взаимосвязи между ритмогенными областями осуществлялось путем перерезки маточного рога в соответствующей области (рис. 1). После столь резкого травмирования и нарушения целостности ткани стабилизация активности, как правило, наблюдалась через 5 – 10 мин, и поэтому проводился анализ тех данных, которые были зарегистрированы по истечении этого времени. Последующая регистрация еще через 15 мин позволяла проследивать дальнейшие возможные изменения в параметрах, обусловленные перестройкой механизмов ритмогенеза к условиям изоляции пейсмекерной области.

Анализ результатов проводился путем определения значений следующих параметров спонтанных потенциалов действия: амплитуда (А), средняя скорость нарастания пика (V), продолжительность нарастания пика (Т) (продолжительность увеличения амплитуды потенциала действия до максимального значения), половина ширины (t) (продолжительность формирования вершины потенциала действия, соответствующей верхней половине его амплитуды). Все отмеченные показатели определялись путем их усреднения как в пределах одного эксперимента, так и всех экспериментов данной серии. На рисунках представлены суперпозиции двух типичных форм усредненных потенциалов действия. Усреднение последних также проводилось как в пределах каждого эксперимента, так и всех экспериментов данной серии.

Спонтанная электрическая активность регистрировалась на 8-канальном приборе, разработанном в Институте физиологии им. Л. Орбели НАН РА для оценки электрической активности гладкой мускулатуры [4]. В данных экспериментах проводилась одновременная регистрация с двух ло-

кусов исследуемой структуры. Прибор позволяет осуществлять достоверную регистрацию отклонений сигналов с амплитудой с точностью ≤ 0.01 мкВ. Коммуникация прибора с ЭВМ осуществлялась с использованием USB порта. Программа, обеспечивающая регистрацию сигналов, разработана с применением пакета программ Lab View. Последующий статистический анализ зарегистрированных сигналов проводился с использованием пакетов программ Origin-8.5 и Sigma Plot 11.0. Оценка достоверности изменения полученных данных осуществлялась согласно t-критерию Стьюдента.

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

Результаты исследований и их обсуждение. Электрическая активность в овариальной области (рис.1,1) миометрия фаллопиевых труб у небеременных крыс возникает автономно и асинхронно и, как уже отмечалось выше, представлена в виде всплесков потенциалов действия. Каждая вспышка состоит из группы быстрых потенциалов действия, амплитуды которых постепенно возрастают и в дальнейшем постепенно затухают. Однако в среднем отделе маточной трубы наблюдается несколько иная картина электрической активности: менее чем в 25% случаев можно регистрировать аналогичные овариальному отделу разряды всплесков (рис. 2, I). Как видно из рисунка, разряды автоматизма среднего локуса характеризуются несколько другими значениями параметров составляющих их потенциалов действия по сравнению с таковыми овариальной зоны.

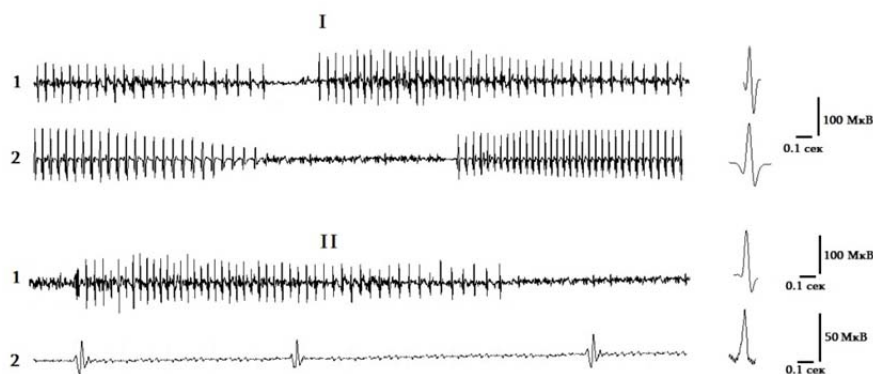


Рис. 2. Спонтанная электрическая активность овариальной и средней областей маточного рога. Справа показаны развернутые формы активности представленных слева типов ритмогенеза. I – картина активности в норме, II – картина активности после изоляции овариального отдела от средней зоны. n=20.

Влияние автоматизма овариальной зоны на активность среднего сегмента рога изучалось путем его изоляции от проксимальной области. С этой целью проводилось отсечение маточной трубы между вышеотмеченными локусами миометрия (рис. 1). Сразу же отмечалось исчезновение

ранее наблюдаемых всплесков и по истечении 5 мин (время, необходимое для стабилизации активности после такой травмы, как перерезка рога) в среднем локусе миометрия стали возникать скорее всего периодического характера высокоамплитудные потенциалы действия (рис. 2, II).

В следующей серии экспериментов был проведен сравнительный анализ показателей потенциалов действия исследуемой средней области трубы по отношению к овариальному отделу при нормальных условиях. Все результаты представлены в процентном соотношении к норме (за норму принимаются величины параметров потенциалов действия овариальной зоны рога) (рис. 3).

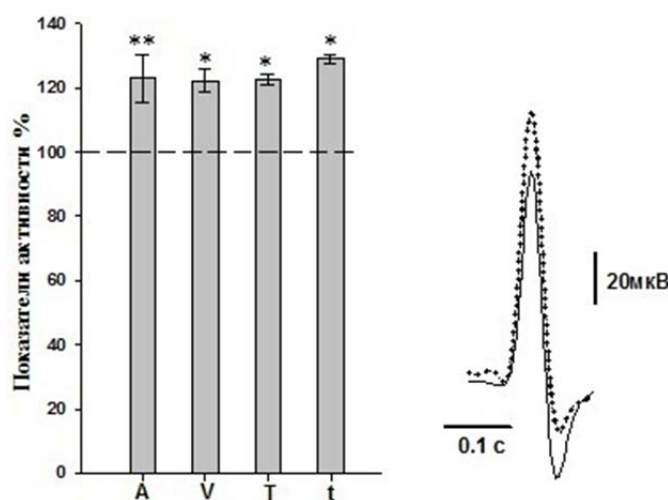


Рис. 3. Процентное соотношение показателей потенциалов действия средней зоны маточной трубы по отношению к овариальной области в норме (принимается за 100%). Справа – наложение друг на друга усредненных форм потенциалов действия овариальной области (сплошной контур) и средней зоны (точечный контур). $n=20$.

Согласно ранним исследованиям электрофизиологические характеристики пейсмекерной активности овариальной зоны миометрия отличны от параметров потенциалов действия остальных ритмогенных областей (цервикальная зона, тело матки). К числу важных отличий между показателями пейсмекерной активности двух исследуемых областей миометрия относится достаточно превосходящая по величине по сравнению с таковыми нижерасположенных основных зон амплитуда потенциала действия и соответствующая ей скорость нарастания пика [11, 12]. Однако несмотря на вышеизложенное, как видно из рис. 3, а также табл. 1, все характеристики потенциала действия среднего сегмента превышают таковые овариальной области (амплитуда на 23%, $P<0.01$; скорость нарастания пика и продолжительность нарастания пика соответственно на 22%, $P<0.05$; половина ширины – на 29%, $P<0.05$). Представленные справа на рисунке суперпозиции единичных в развернутом виде типичных форм потенциалов дей-

ствия вспышек той и другой областей свидетельствуют об описанных изменениях параметров активности.

Таблица 1

Показатели спонтанных потенциалов действия различных отделов маточной трубы

Область регистрации и количество экспериментов, n	Амплитуда потенциалов действия (A), мкВ	Средняя скорость нарастания пика (V), мкВ/с	Продолжительность нарастания пика (T/2), с	Половина ширины (t), с
Овариальная область, n=20	103.18 ± 8.01	2100.43 ± 198.30	0.05 ± 0.00	0.04 ± 0.00
Средняя область, n=20	126.9 ± 7.50	2583.53 ± 79.00	0.07 ± 0.00	0.05 ± 0.00

Как известно, реализация основной функциональной деятельности репродуктивного органа обеспечивается возникновением устойчивой контрактуры на основе скоординированных между собой вспышек активности, генерируемых специфическими пейсмекерами, локализованными в овариальной зоне. В отношении же среднего сегмента описаны противоречивые данные, свидетельствующие наряду с отсутствием автоматизма также и об активности, представленной как в виде разрядов вспышек, так и единичных потенциалов действия. При этом, возможно, нельзя исключить наличие значительной роли эстрального цикла, характеризующегося различными фазами. Каждая из последних определяется присущей только ей электрической активностью средней зоны маточного рога.

В связи со слабой электрической связью между клетками в маточном роге возбуждающая волна может распространяться всего лишь на несколько миллиметров [13]. Поэтому нельзя исключить возможности регистрации вспышек активности и в среднем сегменте рога для обеспечения реализации эстрального цикла. Появление потенциалов действия после изоляции средней области от овариальной зоны также может быть связано с данным фактом. Действительно, ранее было показано, что высокоамплитудные единичные потенциалы действия способны генерировать единичные контрактуры [14].

Так или иначе, между овариальной и средней зонами маточных труб имеется определенная взаимосвязь, которая у крыс проявляется при эстральном цикле.

Институт физиологии им. Л. Орбели НАН РА
e-mail: tatevikpiliposyan@gmail.com

К. В. Казарян, Т. А. Пилипосян, Н. Г. Унанян

Влияние автоматизма овариальной зоны маточного рога на электрическую активность среднего сегмента

Исследована спонтанная электрическая активность среднего сегмента фаллопиевой трубы как в норме, так и после ее перерезки от приграничной овариальной области. Проведен анализ основных характеристик активности данной зоны (амплитуда потенциала действия, средняя скорость нарастания пика, продолжительность нарастания пика, половина ширины). В среднем сегменте рога возможно возникновение единичных потенциалов действия наряду со вспышками потенциалов действия, аналогичными таковым в овариальной зоне. Показано определенное влияние овариальной зоны на возникновение как вспышек потенциалов действия, так и единичных потенциалов действия.

Ք. Վ. Ղազարյան, Տ. Ա. Փիլիպոսյան, Ն. Գ. Հունանյան

Արգանդի փողի ձվարանային շրջանի ինքնավարության ազդեցությունը միջին շրջանի էլեկտրական ակտիվության վրա

Հետազոտվել է ֆալլոպյան խողովակի միջին շրջանի ինքնաբերական էլեկտրական ակտիվությունը ինչպես նորմայում, այնպես էլ ձվարանային շրջանին հարակից կտրվածքի պայմաններում: Անցկացվել են այդ շրջանի ակտիվության համապատասխան բնութագրիչների՝ գործողության պոտենցիալի ամպլիտուդա, պիկի աճի միջին արագություն, պիկի աճի տևողություն, լայնության կես արդյունքների մշակում: Փողի միջին շրջանում հնարավոր են գործողության պոտենցիալներ բնկումների ձևով (ինչպես ձվարանային շրջանում) և դրա հետ մեկտեղ եզակի գործողության պոտենցիալների: Ցույց է տրված ձվարանային շրջանի որոշակի ազդեցությունը ինչպես բնկումների ձևով գործողության պոտենցիալների, այնպես էլ եզակի գործողության պոտենցիալների առաջացման վրա:

K. V. Kazaryan, T. A. Piliposyan, N.G. Hunanyan

The Influence of Automatism of the Ovarual Horn Area on the Electrical Activity of the Mid Region of the Uterine Tube

Spontaneous electrical activity in the mid region of fallopian tube was investigated both in norm and after transection of the ovarian horn area. Analysis of the main activity characteristics of this area (the amplitude of action potentials, rise-rate, rise-time and half-width of peaks) was done. Similar to the ovarian region, along with a bursting activity sometimes single action potentials are evident in the mid region of horn. The influence of ovarian horn area on the genesis of single action potentials and bursting activity is shown.

Литература

1. Garfield R. E., Maner W. L. – Semin. Cell Dev. Biol. 2007. V. 18. № 3. P. 289-295.

2. Казарян К. В., Унанян Н. Г., Акопян Р. Р. – Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 2010. Т. 96. № 10. С. 981-987.
3. Hutchings G., Williams O., Cretoiu D., Ciontea S. M. – J. Cell Mol. Med. 2009. V. 13. №10. P. 4268-4282.
4. Buhimschi C. S., Saade G. R., Buhimschi J. A. at al. – Am. J. Obstet Gynecol. 2000. V. 183. № 1. P. 68-75
5. Казарян К. В., Унанян Н. Г. – Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 2013. Т. 99. № 10. С. 1191-1199
6. Allix S., Reyes-Gomez E., Aubin-Houzelstein G. at al. – Genetic and Pharmacological Evidence. Biology of Reproduction. 2008. V. 79. № 3. P. 510-517.
7. Crane L. H., Martin L. – Reprod. Fertil. Dev. 1991. № 3. P. 519-527.
8. Lammers W. J.L., Mirghani H., Stephen B. at al. – Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 2008. V. 294(3). P. 919-928.
9. Aguilar H. N., Mitchell B. F. – Hum. Reprod. Update. Nov-Dec; 2010. V. 16(6). P. 725-744.
10. Kelsi N. Dodds, Vasiliki Staikopoulos, Elizabeth A.H. Beckett. – Biology of Reproduction. 2015. V. 92(6). 141:1-15.
11. Казарян К. В., Унанян Н. Г., Акопян Р. Р. – Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 2010. Т. 96. № 10. С. 981-987.
12. Унанян Н. Г., Казарян К. В. In: «Физиологические механизмы регуляции деятельности организма». Матер. междунар. научн. конф., Ереван. 2012. С. 329-334.
13. Mancinelli R., Guariglia L., Racanicchi C. at al. – Q. J. Exp. Physiol. 1988. V. 73(4). P. 459-469.
14. Maul H., Maner W. L., Saade G. R., Garfield R. E. – Clin. Perinatol. 2003. V. 30. P. 665-676.

БОТАНИКА

УДК 634.0.11+58.006

**Член-корреспондент НАН РА Ж. А. Варданян,
С. А. Ктракян**

**Эколого-биологические аспекты оптимального сочетания
аборигенных и интродуцированных древесных растений,
применяемых в озеленении г. Еревана**

(Представлено 19/VII 2019)

Ключевые слова: *деревья и кустарники, интродукция, декоративное насаждение, декоративность, озеленение.*

В течение многих десятилетий в г. Ереване были созданы различные декоративные насаждения, в результате чего значительно обогатился видовой состав древесных растений. Однако в годы энергетического кризиса в республике (1993-1996) проводились незаконные вырубки, вследствие которых площадь зеленых насаждений общего пользования резко сократилась и составила 4.5-5.0 м² на одного городского жителя [1].

В разные годы в г. Ереване специалистами-дендрологами проводились научные исследования и инвентаризация зеленых насаждений с целью уточнения и определения их дендрологического состава, оценки их декоративности [2-6].

По данным указанных авторов и собственных исследований [7] начиная с 1960-х гг. для разных типов и категорий озеленения города были использованы около 250 видов древесных растений.

Подавляющее большинство (свыше 75%) используемых видов являются интродуцированными представителями различных иноземных дендрофлор – Кавказа и Крыма, Евросибири, Восточной Азии и Северной Америки (*Acer negundo*, *Juniperus virginiana*, *Robinia pseudoacacia*, *Quercus robur*, *Biota orientalis*, *Sophora japonica*, *Populus bolleana*, *Platanus acerifolia* и др.). Вместе с тем следует отметить, что Ереван, расположенный в полупустынной зоне на значительных высотных перепадах (900-1350 м над ур. м.), характеризуется резко континентальным климатом и разными микроклиматическими условиями. В таких условиях при создании различных типов и категорий зеленых насаждений необходимо строго соблюдать оптимальное соотношение аборигенных и интродуцированных видов дре-

весных растений. Однако, как показывают наши многолетние исследования, абортгенные деревья и кустарники в составе декоративных насаждений столицы представлены крайне бедно, в тех случаях, когда интродуктенты, как правило, по скорости роста, долговечности, иногда и декоративности уступают аборигенным видам. Недостаточное количество аборигенных видов закономерно и для остальных городов и населенных пунктов республики: 39 видов (в Ванадзоре), 66 (в Зангезуре и Мегри). Во всех случаях количество аборигенных видов в озеленении того или иного пункта не превышает 53% от общего дендрологического состава [5, 9].

Десятилетними исследованиями соавтора данной статьи Ж. А. Варданяна [8, 9] показано, что аборигенная дендрофлора Армении чрезвычайно богата ценными видами (346 видов из 118 родов и 54 семейств). Это около 9% общего состава флоры республики.

Биоморфный спектр имеет следующую картину: деревья – 137 видов, кустарники – 122, кустарнички – 30, полукустарники – 48 и лианы – 9 видов. Хвойных всего лишь 7 видов. Подавляющее большинство древесных растений Армении, имея научное (реликты, эндемики, краснокнижные виды и др.) и хозяйственное значение, отличаются также высокой декоративностью, в частности, из хвойных: стелющиеся можжевельники (казацкий – *Juniperus sabina* и низкорослый – *J. depressa*), а также некоторые вечнозеленые реликтовые представители третичной флоры (*Hedera helix*, *Periploca graeca* и др.) – могут служить почвопокровным средством при закреплении крутых склонов.

Многочисленные дикие плодовые (*Amygdalus fenzliana*, *Cornus mas* и др.) зацветают ранней весной красивыми изящными цветками. В середине и конце весны их заменяют *Malus orientalis*, *Punica granatum*, а также представители родов *Pyrus*, *Crataegus*, *Sorbus*, *Viburnum*. Ярко-красными плодами особенно отличаются виды родов *Sorbus*, *Viburnum*, *Ribes*, *Crataegus*, *Euonymus*, *Cotinus*, *Punica*, *Berberis* и др. Красивым габитусом и серопепельным цветом ствола выделяются некоторые широко распространенные лесообразующие породы: *Fagus orientalis*, *Carpinus betulus*, *Betula litwinowi* и др. Некоторые другие виды аборигенной дендрофлоры (представители родов *Quercus*, *Acer*, *Tilia*, *Fraxinus* и виды *Platanus orientalis*, *Corylus colurna*) отличаются стройной, красивой формой кроны, благодаря которой могут украшать улицы. Несмотря на все это в зеленых насаждениях города, как уже отмечено выше, аборигенные (указанные и некоторые другие) виды деревьев и кустарников отсутствуют или же не используются в достаточном количестве.

В различных типах и категориях зеленых насаждений встречаются 73 вида аборигенных древесных растений, в том числе 42 вида деревьев, 28 кустарников и 2 вида лиан (табл. 1).

Таблица 1

Представленность древесных растений различного географического происхождения в зеленых насаждениях г. Еревана

Представители различных дендрофлор	В том числе										
	Число видов	По жизненным формам					По типам и категориям озеленения				
		Д	К	Кч	Пк	Л	В качестве соли-тера	В улич-ных насаж-дениях	В груп-повых посад-ках	Живые изго-роди	Верти-кальное озе-ление
Аборигенной дендрофлоры Армении	73	42	28	-	1	2	19	13	34	6	3
Евразии, в том числе Кавказа	81	53	24	-	-	4	27	19	33	11	4
Северной Америки	46	28	16	-	-	2	17	15	29	9	2
Дальнего Востока и Восточной Азии	51		34	-	-	2	11	18	31	8	2
Итого	251	138	102	-	1	10	74	65	127	34	11

Примечание к табл. 1 и 2. Д – деревья, К – кустарники, Кч – кустарнички, Пк – полукустарники, Л – лианы.

В сравнительно большом количестве используются и почти во всех типах декоративных насаждений встречаются всего 28 видов: *Acer platanoides*, *Berberis vulgaris*, *Elaeagnus angustifolia*, *Cotinus coggygria*, *Platanus orientalis*, *Ligustrum vulgare*, *Padus racemosa*, некоторые виды родов *Fraxunis*, *Populus*, *Salix* и др.

Около 30% ассортимента используется в ограниченном количестве: *Corylus avellana*, *Euonymus europaeus*, *Grossularia reclinata*, *Philadelphus caucasicus*, *Clematis orientalis*, *Carpinus betulus* и др. Анализ дендросостава зеленых насаждений столицы показывает, что большинство редких и исчезающих видов, а также эндемиков и реликтов дендрофлоры Армении отсутствует или же встречается редко, хотя многие из них отличаются высокой засухоустойчивостью и обладают декоративностью: *Rhus coriaria*, *Ephedra procera*, *Sambucus tigranii*, *Jasminum fruticans*, *Pistacia mutica*, *Lonicera iberica*, *Zelkova carpinifolia*, *Caragana grandiflora*, *Amygdalus fenzliana*, редкие виды родов *Pyrus*, *Sorbus*, *Salix*, *Crataegus* и др. Крайне недостаточно используются также древесные лианы (*Periploca graeca*, *Clematis vitalba*, *Hedera helix*, *Lonicera caprifolium*). Последние могут играть незаменимую роль в вертикальном озеленении столицы. Большинство из них внесены в красную книгу Армении и нуждаются в полной охране [10].

Как показывает анализ дендросостава зеленых насаждений города по географическому происхождению (табл. 1), больше 70% (178 видов) являются интродуцентами из умеренных зон Евразии, в которую и включены Кавказ (81 вид), Северная Америка (46), Дальний Восток и Восточная Азия (51). Приведенные в табл. 1 данные показывают, что все ботанико-географические регионы почти одинаково представлены в зеленых насаждениях г. Еревана, исключение составляет евразийская обширная территория. Здесь число интродуцированных видов в 1.5-2.0 раза больше, чем число североамериканских и восточноазиатских интродуцентов. Во всех случаях хвойные и особенно древесные лианы представлены крайне бедным

Таблица 2

**Эколого-биологическая оценка широко применяемых представителей
аборигенных дендрогрупп в озеленении г. Еревана**

Эколого-биологические дендрогруппы по высотным поясам Армении	Высотные пределы, м над ур. м.	Число видов	В том числе по жизненным формам					Количество применяемых в озеленении видов		Применение в отдельных типах и категориях зеленых насаждений				
			Д	К	Кч	Пк	Л	число	%	В качестве солитера	В уличных насаждениях	В групповых посадках	Живые изгороди	Вертикальное озеленение
Представители дендрофлоры сухих субтропиков	до 700(800)	88	44	26	-	13	5	5	5.7	-	-	5	2	-
Представители предгорной и полупустынной ксерофильной дендрофлоры	700- 100(1200)	179	72	54	10	35	9	7	3.8	2	-	6	-	-
Представители дендрофлоры аридных редколесий	1000(1200)- 1500(1600)	205	87	72	-	43	3	9	4.3	3	3	5	2	-
Представители смешанных широколиственных лесных ценозов	1500(1600)- 2200(2400)	215	91	81	13	28	3	21	9.76	11	8	15	2	3
Представители дендрофлоры субальпийских редколесий	выше 2200(2400)	35	11	14	3	7	-	5	14.3	3	2	3	-	-

составом (2-4 вида), что обусловлено резко континентальным и сухим климатом г. Еревана. Именно этим обстоятельством обусловлена низкая экологическая приспособленность многих мезофильных видов древесных,

особенно в период летнего сезона (июль-август) при крайне низкой относительной влажности воздуха: *Aesculus hippocastanum*, *Abies nordmanniana*, *Cedrus deodora*, *Chamaecyparis lawsoniana*, *Cryptomeria japonica*, *Fagus orientalis*, *Liriodendron tulipifera*, *Metasequoia glyptostroboides* и др. При разработке перспективного ассортимента древесных для различных типов и категорий зеленых насаждений необходимо учитывать все экобиологические особенности интродуцентов.

С целью выявления высокодекоративных аборигенных древесных растений для широкого применения в зеленых насаждениях городов и населенных пунктов республики, в первую очередь для Еревана, нами проведен эколого-биологический анализ различных дендрогрупп – дендрофлоры лесных ценозов Армении [9].

Как свидетельствуют данные, приведенные в табл. 2, наиболее богата дендрофлора аридных редколесий среднего горного пояса (1200-1600 м над ур. м.) – 205 видов и смешанных широколиственных лесов (1600-2200 м) – 215 видов. Крайне бедны древесными растениями сухие субтропические микрорайоны (до 700-800 м) – 88 и особенно субальпийские редколесья (выше 2200 м) – 35 видов. В дендроклиматическом отношении наиболее ценными источниками для привлечения экологически пластичных и декоративных видов древесных растений являются горноксерофильные (полупустынные) растительные сообщества и различные группировки аридных (лиственных и можжевельниковых) редколесий. Именно в этих ксеро-

Таблица 3

Оптимальное сочетание применения высокодекоративных аборигенных и интродуцированных дендрогрупп в различных типах зеленых насаждений г. Еревана

Аборигенные и интродуцированные дендрогруппы	Число видов	В том числе						
		Лист-венные	Хвойные	Перспективы применения по типам и категориям озеленения				
				В качестве солитера	В уличных насаждениях	В групповых посадках	Живые изгороди	Вертикальное озеленение
Аборигенные	86	82	4	29	18	63	4	6
Евразии, в том числе Кавказа	57	50	7	26	22	30	5	-
Северной Америки	29	18	11	17	18	24	4	2
Дальнего Востока и Восточной Азии	31	25	6	23	19	24	3	3
Всего	203	175	28	95	77	141	16	11

фильных растительных формациях сосредоточено подавляющее большинство редких и ценных представителей аборигенной дендрофлоры. Однако, как показывают наши исследования, в зеленых насаждениях г. Еревана используется всего лишь 16 видов из этого дендросостава. Недостаточно используются также представители ксеромезофильных (21 вид) и субальпийских мезофильных (5) лесных формаций.

На основании анализа результатов многочисленных исследований по зеленым насаждениям г. Еревана и их дендрологическому составу [8], эколого-географическому и таксономическому составу использованных древесных растений, экологической приуроченности к дендроклиматическим условиям и оценке декоративности [12, 13] нами разработано оптимальное сочетание применения высокодекоративных аборигенных и интродуцированных древесных растений для различных типов и категорий озеленения г. Еревана (табл. 3).

Согласно этим данным рекомендуется 203 вида высокодекоративных деревьев и кустарников, в том числе 86 аборигенных (82 лиственных, 4 хвойных); 31 представитель дендрофлоры Дальнего Востока и Восточной Азии (25 лиственных и 6 хвойных); 57 представителей Евразии, включая и Кавказ (50 лиственных и 7 хвойных) и, наконец, 29 представителей дендрофлоры Северной Америки (18 лиственных и 11 хвойных). Как видно, интродуцированных видов (117) больше аборигенных (86) в 1.5 раза. В рекомендуемом ассортименте 95 видов и садовых форм пригодны для использования в качестве солитера, 77 – для уличных насаждений, 141 – для групповых посадок, 16 – для живых изгородей и 11 – для вертикального озеленения.

Институт ботаники им. А. Тахтаджяна НАН РА
e-mail: ktrakyan94@mail.ru

Член-корреспондент НАН РА Ж. А. Варданян, С. А. Ктракян

**Эколого-биологические аспекты оптимального сочетания
аборигенных и интродуцированных древесных растений,
применяемых в озеленении г. Еревана**

На основании анализа 250 видов дендрофлоры г. Еревана даны эколого-биологические аспекты сочетания аборигенных и интродуцированных видов. Предлагается 203 высокодекоративных вида для применения в различных типах и категориях зеленых насаждений г. Еревана, в том числе 86 представителей аборигенной дендрофлоры Армении и 117 представителей различных ботанико-географических районов умеренной зоны северного полушария.

ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Ժ. Հ. Վարդանյան, Ս. Ա. Կտրակյան

Երևանի կանաչապատման մեջ օգտագործվող տեղածին և ներմուծված ծառաբույսերի օպտիմալ զուգակցման էկոլոգո-կենսաբանական ասպեկտները

Երևան քաղաքի կանաչապատման մեջ օգտագործվող շուրջ 250 տեսակի ծառաբույսերի վարքագծի վերլուծության հիման վրա տրվում են աբորիգեն ու ներմուծված ծառաբույսերի օպտիմալ զուգակցման էկոլոգո-կենսաբանական ասպեկտները: Ըստ այդմ առաջարկվում են Երևան քաղաքի տարբեր տիպի և կատեգորիայի կանաչ տնկարկներում օգտագործել 203 տեսակի բարձր գեղագարդ ծառաբույսեր, այդ թվում 86-ը՝ Հայաստանի աբորիգեն դենդրոֆլորայի, իսկ 117-ը՝ հյուսիսային կիսագնդի բարեխառն գոտու տարբեր բուսաաշխարհագրական շրջանների ներկայացուցիչներ:

**Corresponding member of the NAS RA Zh. H. Vardanyan,
S. A. Ktrakyan**

Eco-Biological Aspects of the Optimal Combination of Native and Introduced Woody Plants Used in Greenery of Yerevan

The article presents the ecological and biological aspects of the combination of native and introduced woody plants, based on the analysis of the behavior of about 250 species. Two hundred and three species of highly ornamental woody plants are recommended for use in various types and categories of greenery in Yerevan, 86 of them are representatives of native dendroflora of Armenia, and 117 are representatives of different botanical and geographical regions of the temperate zone of the Northern Hemisphere.

Литература

1. *Варданян Ж. А., Григорян А. А.* В кн.: Проблемы современной дендрологии. Матер. междунар. науч. конф. М. 2009. С. 431-433.
2. *Арутюнян Л. В.* – Бюлл. Бот. сада АН АрмССР. 1961. № 18. С. 5-33.
3. *Бозоян А. А.* Зеленое кольцо Еревана. Автореф. канд. дис. 1982. Ереван. 25 с.
4. Аннотированный каталог деревьев и кустарников ботанических садов и дендропарков Армянской ССР, Бюлл. бот. сада АН АрмССР. 1985. № 27. 164 с.
5. *Варданян Ж. А.* – Бюлл. ГБС. 1996. Вып. 173. С. 158-166
6. *Варданян Ж. А., Ктракян С. А., Зароян Г. М.* – Биолог. ж. Армении. 2019. Т. 71. № 1. С. 79-84.
7. *Ктракян С. А.* – Биолог. ж. Армении. 2019. Т. 71. № 2. С. 43-47.
8. *Варданян Ж. А.* Научные основы интродукции древесных растений в Армении. Ереван. Изд-во “Гитутюн” НАН РА. 2012. 400 с. + приложения
9. *Варданян Ж. А.* Деревья и кустарники Армении в природе и культуре. Ереван. 2003. 367 с.
10. *Таманян К., Файвуш Г., Нанагюлян С. и др.* Красная книга Армении (растения и грибы). Ереван. 2010. 591 с.

11. *Варданян Ж. А., Мурадян Н. Н., Григорян М. М., Гатрчян Г. М.* – Биолог. ж. Армении. 2016. № 4. С. 22-30.
12. *Варданян Ж. А.* – Доклады НАН РА. 2017. № 4. С. 340-349.
13. *Варданян Ж. А., Гатрчян Г. М., Григорян М. М., Пайтян Ю. Е.* Декоративные деревья и кустарники для озеленения. Ереван. 2015. 361 с. (на арм.яз.).

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ 119-րդ ՀԱՏՈՐԻ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Դ. Մ. Սարգսյան – Ճանաչողական ալգորիթմների արդյունավետ իրականացումը գնահատականների հաշվման համար	7
Լ. Զ. Գևորգյան – Երկու էքստրեմալ խնդիրների մասին	16
Հ. Ա. Ասատրյան, Ա. Հ. Քամալյան, Մ. Ի. Կարախանյան – Կիսա-համարյա պարբերական սիմվոլներով $\mathbb{R}$ -փաթեթի տիպի օպերատորների մասին	22
Ս. Լ. Գոցյան, Ն. Խ. Սրապիտոնյան – Փոքր չափի բազմության վրա ֆունկցիայի արժեքների փոփոխում և մոնոտոն գործակիցներով շարքեր	29
Հ. Ա. Ասատրյան, Ա. Հ. Քամալյան, Մ. Ի. Կարախանյան – Ինտեգրալատարբերակային հավասարումների մի դասի մասին	103
Հ. Ռ. Բոլիբեկյան, Ա. Ռ. Բաղդասարյան – Ցիկլերի հայտնաբերումով մինիմալ տրամաբանության աստվածային որոշ համակարգերի մասին	110
Վ. Կ. Լեոնտիև, Ղ. Լ. Մովսիսյան, Ժ. Գ. Մարգարյան – Հարաբերություններ կապուլինների միջև	195
Ռ. Վ. Դալլաբջյան – Վերբիցկու մի թեորեմի անալոգը Ջրբաշյանի արտադրյալների համար	204
Հ. Ա. Ամիրջանյան, Ա. Հ. Քամալյան, Հ. Ա. Քամալյան – Մատրից-ֆունկցիաների որոշ տիպի ֆակտորիզացիաների մասին	299

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Գ. Մ. Զոհրաբյան, Ս. Մ. Սայադյան, Ա. Ա. Չուբարյան – Դասական և ոչ դասական տրամաբանությունների աստվածային հաշվի որոշ համակարգերի մոնոտոնության հատկության հետազոտում	33
Ա. Ա. Չուբարյան, Հ. Ա. Թամազյան – Ֆրեգեի համակարգերում արտածումների երկարությունների ստորին գնահատականների վերաբերյալ	116

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ս. Հ. Սարգսյան – Նանոբյուրեղային նյութից ատոմային շղթայի դիսկրետ և կոնտինուալ (միկրոպոլյար) «ձողային» մոդելները	40
Գ. Ե. Բաղդասարյան, Մ. Ա. Միկիլյան, Ի. Ա. Վարդանյան, Ա. Վ. Պանտելեն – Գերձայնային հոսանքի ազդեցությունը գլանային պանելի ոչ գծային ֆլատերային տատանումների «ամպլիտուդա-հաճախություն» կապի վրա	51
Ի. Ա. Վարդանյան, Ա. Ա. Շմավոնյան – Փակ գլանային թաղանթի ջերմաառաձգական ֆլատերի խնդիրը	64
Մ. Վ. Բելուբեկյան, Ս. Վ. Սարգսյան – Ալիքների տարածումը մի եզրը կոշտ ամրացված, իներցիոն զանգվածով բաշխված մյուս եզրով առաձգական շերտում	74
Գ. Ե. Բաղդասարյան – Լյավի ալիքները մագնիսատրիկցիոն շերտի դեպքում ...	122
Մ. Վ. Բելուբեկյան, Ս. Վ. Սարգսյան – Ալիքների տարածումը բարակ շերտ - կիսատարածություն համակարգում խառը եզրային պայմաններով	209
Ս. Հ. Սարգսյան – Գրաֆենի՝ իր հարթության մեջ դեֆորմացիայի դիսկրետ և կոնտինուալ-մոմենտային մոդելները	216
Ա. Պ. Սեյրանյան – Էվոլյուցիայի մատրիցայի և Լյապունովի ցուցիչների ածանցյալները՝ ըստ պարամետրերի	306

ԱՌԱՋԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Մ. Սարգսյան – Բարակ շրջանային սեկտորի հետ երկու սեղմման նկատմամբ բացարձակ կոշտ և ձգման նկատմամբ բացարձակ ձկուն վերդրակների փոխազդեցության կոնտակտային խնդրի մասին: Մաս II	224
--	-----

ՖԻԶԻԿԱ

<i>Ռ. Հ. Ալանական</i> – Երկու անգամ լիցքավորված Հիգգսի բոզոնների ծնումը $l^+l^- \rightarrow \delta_{R,L}^{++} l_p^- l_p^-$ պրոցեսում	130
<i>Ռ. Հ. Ալանական</i> – Երկու անգամ լիցքավորված բոզոնները լեպտոնային արագացուցիչներում	232
<i>Ի. Մ. Դանգլյան, Ղ. Բ. Հայրապետյան, Է. Մ. Ղազարյան</i> – Բորի նիտրիդի բազմաշերտ նանոխողովակի արգելված գոտին և վիճակների խտությունը	315

ԱՍՏՂԱՖԻԶԻԿԱ, ԿՈՍՄՈԼՈԳԻԱ

<i>Ա. Կ. Ալետիսյան</i> – Սկավառակաձև գալակտիկաների պտույտի նոր աստղաֆիզիկական մեխանիզմ “Ոչ-ինֆլացիոն կոսմոլոգիայի” տեսությամբ	142
---	-----

ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՖԻԶԻԿԱ

<i>Ս. Հ. Մինասյան, Լ. Ն. Մխիթարյան, Զ. Հ. Մանուկյան, Լ. Ա. Թավադյան</i> – Վիտամին B12-ի հակապերօքսիդադիկալային ակտիվությունը	240
--	-----

ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱ

<i>Ռ. Ա. Փաշայան, Լ. Վ. Հարությունյան</i> – Երկրային ընդերքի երկրադինամիկայի ժամանակակից փոփոխությունները Հայաստանի տարածքում	249
---	-----

ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ԿԵՆՍԱՖԻԶԻԿԱ

<i>Հ. Պ. Սարգսյան, Ն. Ս. Բաղդասարյան</i> – Ճառագայթային ախտահարման կենսադոզաչափության հիմնախնդիրը և նրա լուծումը էրիթրոցիտների միկրոպատկերների թվային վերամշակման մեթոդով	258
---	-----

ՄԻԿՐՈԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ, ԲԺՇԿԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

<i>Վ. Մ. Հարությունյան</i> – Բժշկական ախտորոշում միկրոէլեկտրոնային կիսահաղորդչային զագային սենսորներով	265
--	-----

ՔԻՄԻԱ

<i>Ս. Հ. Սարգսյան, Կ. Ս. Մարգարյան, Տ. Ս. Սարգսյան, Ի. Գ. Աղաջանյան</i> – Ոսկու նանոկոմպոզիտների էլեկտրաքիմիական սինթեզ 1-վինիլիմիդազոլի և կրոտոնաթթվի հիման վրա	151
--	-----

ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

<i>Ս. Լ. Երիցյան, Գ. Ս. Պետրոսյան, Ռ. Ա. Քարամյան, Ա. Մ. Առուստամյան</i> – Խիտոզանի պոլիմերանալոգ փոխակերպման կինետիկական օրինաչափությունները	79
<i>Ի. Ա. Վարդանյան</i> – Մեթանի թերմիկ օքսիդացման ռեակցիայի արագության հաստատունության հարցի վերաբերյալ	320

ՆԵՅՐՈՔԻՄԻԱ

<i>Ս. Հ. Ղազարյան, Ռ. Գ. Պարոնիկյան, Ժ. Ռ. Ալավերդյան, Ի. Մ. Նազարյան</i> – N-պարա-տեղակալված ԳԱԿԹ-ի ածանցյալները և նրանց էթիլային էթերները որպես հակացնցումային միջոցներ	332
---	-----

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

<i>Ս. Մ. Խալաթյան, Ս. Ս. Հովակիմյան, Ա. Գ. Մելքոնյան, Վ. Օ. Թովուզյան</i> – N-բենզոիլ- α - β -դեհիդրոամինաթթուների որոշ ամիդների ազդեցությունը հակաօքսիդանտային ակտիվության և արյան մակարդեղիության վրա	157
<i>Գ. Ա. Հովհաննիսյան, Ֆ. Պ. Սարուխանյան, Օ. Վ. Հունանյան, Ն. Հ. Բարխուդարյան</i> – Կատալազի ակտիվության փոփոխությունը գինեկոլոգիական քաղցկեղի փուլերից կախված	274
<i>Գ. Ա. Հովհաննիսյան, Ֆ. Պ. Սարուխանյան, Հ. Հ. Զաքարյան, Ն. Հ. Բարխուդարյան</i> – Արգանդի վզիկի քաղցկեղի զարգացման հակաօքսիդանտային և իմունաբանական առանձնահատկությունները	324

ՄԱՆՐԷԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ, ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

Հ. Հ. Փանոսյան, Ա. Հ. Թռչունյան – Գեոբացիլների բնեռային լիպիդների և ճարպաթթուների կազմը և դրանց ջերմաստիճանով մակածված փոփոխությունները 86

ԿԵՆՍԱՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Վ. Օ. Թովուզյան, Վ. Մ. Ղազարյան, Ա. Ա. Հովհաննիսյան, Ե. Ռ. Ալեքսանյան – (Z)-1-(տեղակալված-2-ֆենիլ-4-(պ-տոլուոլտուլֆոնիլօքսիբենզիլիդեն)-5-իմիդազոլոնների սինթեզը և հակախոլինէսթերազային հատկությունները 162

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Տ. Ա. Փիլիպոսյան – Առնետի արգանդի փողի ձվարանային շրջանի ինքնաբուխ ակտիվության ինքնավարությունը 171

Ք. Վ. Ղազարյան, Տ. Ա. Փիլիպոսյան, Ն. Գ. Հունանյան – Արգանդի փողի ձվարանային շրջանի ինքնավարության ազդեցությունը միջին շրջանի էլեկտրական ակտիվության վրա 338

ԲՈՒՄԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ժ. Հ. Վարդանյան, Ս. Ա. Կտրակյան – Տարբեր աշխարհագրական ծագման և տաքսոնոմիական խմբերի ծառաբույսերի գեղազարդության համեմատական գնահատականը Երևան քաղաքի կանաչ տնկարկներում 281

Ժ. Հ. Վարդանյան, Ս. Ա. Կտրակյան – Երևանի կանաչապատման մեջ օգտագործվող տեղածին և ներմուծված ծառաբույսերի օպտիմալ զուգակցման էկոլոգո-կենսաբանական ասպեկտները 345

ՏՆՏԵՍԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

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

СОДЕРЖАНИЕ 119-го ТОМА

МАТЕМАТИКА

Д. С. Саргсян – Об эффективной реализации алгоритмов распознавания для вычисления оценок	7
Л. З. Геворгян – О двух экстремальных задачах	16
А. А. Асатрян, А. Г. Камалян, М. И. Караханян – Об операторах типа $\mathcal{L}$ -свертки с полу-почти периодическими символами	22
С. Л. Гогян, Н. В. Срапионян – Изменение значений функций на множестве малой меры и ряды с монотонными коэффициентами	29
А. А. Асатрян, А. Г. Камалян, М. И. Караханян – Об одном классе интегрально-разностных уравнений	103
О. Р. Болибемян, А. Р. Багдасарян – О некоторых системах минимальной пропозициональной логики с выявлением циклов	110
В. К. Леонтьев, Г. Л. Мовсисян, Ж. Г. Маргарян – Отношения между каналами связи	195
Р. В. Даллакян – Аналог одной теоремы Вербицкого для произведений Джрбашяна	204
Г. А. Амирджаниян, А. Г. Камалян, Г. А. Камалян – О некоторых типах факторизации матриц-функций	299

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Г. М. Зорабян, С. М. Саядян, А. А. Чубарян – Исследование свойства монотонности некоторых пропозициональных систем выводов классической и неклассических логик	33
А. А. Чубарян, А. А. Тамазян – О нижних оценках длин выводов в системах Фреге.....	116

МЕХАНИКА

С. О. Саркисян – Дискретная и континуальная (микрополярная) «стержневая» модели атомной цепочки нанокристаллического материала	40
Г. Е. Багдасарян, М. А. Микилян, И. А. Варданян, А. В. Пантелеев – Влияние сверхзвукового потока на характер амплитудно-частотной зависимости нелинейных флаттерных колебаний цилиндрической панели	51
И. А. Варданян, А. А. Шмавонян – Задача термоупругого флаттера замкнутой цилиндрической оболочки	64
М. В. Белубекян, С. В. Саркисян – Распространение волн в упругом слое, одна из лицевых плоскостей которого жестко закреплена, с инерционной массой на другой	74
Г. Е. Багдасарян – Магнитоупругие волны Лява в случае магнитоэлектрического слоя.....	122
М. В. Белубекян, С. В. Саркисян – Распространение волн в системе тонкий слой – полупространство со смешанными граничными условиями	209
С. О. Саркисян – Дискретная и континуально-моментная модели графена для деформаций в своей плоскости	216
А. П. Сейранян – Производные матрицы эволюции и показателей Ляпунова по параметрам	306

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

А. М. Саргсян – Контактная задача о взаимодействии двух абсолютно жестких при растяжении и гибких при изгибе накладок с тонким круговым сектором. Часть II	224
--	-----

ФИЗИКА

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

<i>Р. А. Алабян</i> – Двукратно заряженные бозоны на лептонных коллайдерах .	232
<i>И. М. Дангян, Д. Б. Айрапетян, Э. М. Казарян</i> – Запрещенная зона и плотность состояний многослойной нанотрубки нитрида бора	315
АСТРОФИЗИКА, КОСМОЛОГИЯ	
<i>А. К. Аветисян</i> – Новый астрофизический механизм вращения дискообразных галактик по теории “Неинфляционная космология”	142
ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	
<i>С. Г. Минасян, Л. Н. Мхитарян, З. О. Манукян, Л. А. Тавадян</i> – Антипероксидная активность витамина В12	240
ГЕОФИЗИКА	
<i>Р. А. Пашаян, Л. В. Арутюнян</i> – Современные изменения геодинамики земной коры территории Армении	249
РАДИАЦИОННАЯ БИОФИЗИКА	
<i>Г. П. Саркисян, Н. С. Багдасарян</i> – Проблема биодозиметрии лучевых поражений и ее решение методом цифровой обработки микроизображений эритроцитов	258
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА, МЕДИЦИНА	
<i>В. М. Арутюнян</i> – Медицинская диагностика с использованием микроэлектронных полупроводниковых газовых сенсоров	265
ХИМИЯ	
<i>С. А. Саргисян, К. С. Маргарян, Т. С. Саргсян, И. Г. Агаджанян</i> – Электрохимический синтез нанокompозитов золота на основе 1-винилимидазола и кротонной кислоты	151
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	
<i>М. Л. Ерицян, Г. С. Петросян, Р. А. Карамян, А. М. Арустамян</i> – Кинетические закономерности полимераналогичных превращений на хитозане	79
<i>И. А. Варданян</i> – К вопросу о постоянстве скорости термического окисления метана	320
НЕЙРОХИМИЯ	
<i>С. А. Казарян, Р. Г. Пароникян, Ж. Р. Алавердян, И. М. Назарян</i> – N-паразамещенные ГАМК и их этиловые эфиры как противосудорожные средства	332
БИОХИМИЯ	
<i>М. М. Халатян, С. С. Овакимян, А. Г. Мелконян, В. О. Топузян</i> – Об антиоксидантной активности и влиянии на свертывающую систему крови некоторых амидов N-бензоил- α,β -дегидроаминокислот	157
<i>Г. А. Оганнисян, Ф. П. Саруханян, О. В. Унанян, Н. А. Бархударян</i> – Изменения активности каталазы в зависимости от стадии гинекологического рака	274
<i>Г. А. Оганнисян, Ф. П. Саруханян, Э. А. Закарян, Н. А. Бархударян</i> – Антиоксидантные и иммунологические характеристики прогрессирования рака шейки матки	324
МИКРОБИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ	
<i>О. А. Паносян, А. А. Трчунян</i> – Состав полярных липидов и жирных кислот геобацилл и их температурные изменения	86
БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	
<i>В. О. Топузян, А. А. Оганесян, В. М. Казоян, Е. Р. Алексанян</i> – Синтез и антихолинэстеразные свойства (Z)-1-замещенных-2-фенил-4-(п-толуолсульфонил-	

оксибензилиден)-5-имидазолонов	162
ФИЗИОЛОГИЯ	
<i>Т. А. Пилипосян</i> – Автономность спонтанной активности овариальной зоны маточной трубы у крыс	171
<i>К. В. Казарян, Т. А. Пилипосян, Н. Г. Унанян</i> – Влияние автоматизма овариальной зоны маточного рога на электрическую активность среднего сегмента ...	338
БОТАНИКА	
<i>Ж. А. Варданян, С. А. Ктракян</i> – Сравнительная оценка декоративности древесных растений различного географического происхождения и таксономических групп в зеленых насаждениях г. Еревана	281
<i>Ж. А. Варданян, С. А. Ктракян</i> – Эколого-биологические аспекты оптимального сочетания аборигенных и интродуцированных древесных растений, применяемых в озеленении г. Еревана	345
ЭКОНОМИКА	
<i>Г. А. Даниелян</i> – Предпосылки единой системы финансового учета для индустрии гостеприимства в Армении	178

CONTENTS of 119th VOLUME

MATHEMATICS

<i>D. S. Sargsyan</i> – On Effective Implementation of Recognition Algorithms for Calculating Estimates	7
<i>L. Z. Gevorgyan</i> – On Two Extremal Problems	16
<i>H. A. Asatryan, A. H. Kamalyan, M. I. Karakhanyan</i> – On $\mathcal{L}$ -convolution Type Operators with Semi-Almost Periodic Symbols	22
<i>S. L. Gogyan, N. V. Srapionyan</i> – Modifications of Values of Functions on a Set of Small Measure and Series with Monotone Coefficients	29
<i>H. A. Asatryan, A. H. Kamalyan, M. I. Karakhanyan</i> – On a Class of Integro-Difference Equations	103
<i>H. R. Bolibekyan, A. R. Baghdasaryan</i> – On Some Systems of Propositional Minimal Logic with Loop Detection	110
<i>V. K. Leontiev, G. L. Movsisian, Zh. G. Margaryan</i> – Channel Relations between Channels	195
<i>R. V. Dallakyan</i> – On a Verbitsky's Type Theorem for M. M. Djrbashyan Products	204
<i>H. A. Amirjanyan, A. G. Kamalyan, H. A. Kamalyan</i> – On the Some Types of Factorization of Matrix Functions	299

APPLIED MATHEMATICS

<i>G. M. Zohrabyan, S. M. Sayadyan, A. A. Chubaryan</i> – Investigation of Monotonous Property for Some Propositional Proof Systems of Classical and Non Classical Logics	33
<i>A. A. Chubaryan, H. A. Tamazyan</i> – On Lower Bounds for Proofs Sizes in Frege Systems	116

MECHANICS

<i>S. H. Sargsyan</i> – Discrete and Continual (Micropolar) "Beam" Models of the Atomic Chain of the Crystalline Material	40
<i>G. Y. Baghdasaryan, M. A. Mikilyan, I. A. Vardanyan, A. V. Panteleev</i> – Influence of Supersonic Flow on the Character of Dependence "Amplitude-Frequency" of Nonlinear Flutter Oscillations of Cylindrical Panel	51
<i>I. A. Vardanyan, A. A. Shmavonyan</i> – The Problem of Thermoelastic Flutter of Closed Cylindrical Shell	64
<i>M. V. Belubekyan, S. V. Sarkisyan</i> – Waves propagation in elastic layer with one boundary clumped, in with inertial mass on the another	74
<i>G. E. Baghdasaryan</i> – Love Waves in the Case of agnetostriuctive Layer	122
<i>M. V. Belubekyan, S. V. Sarkisyan</i> – Propagation of Waves in a Thin Layer – Half-Space System with Mixed Boundary Conditions	209
<i>S. H. Sargsyan</i> – Discrete and Continual-Moment Models of Graphene for Deformations in Its Plane	216
<i>A. P. Seyranian</i> – Derivatives of an Evolution Matrix and Lyapunov Exponents with Respect to Parameters	306

ELASTICITY THEORY

<i>A. M. Sargsyan</i> – Contact Problem on the Interaction of Two Straps Absolutely Rigid in Tension and Flexible in Bending with a Thin Circular Sector. Part II	224
---	-----

PHYSICS

<i>R. H. Alanakyan</i> – Doubly Charged Higgs Bosons Production in the Process $l^+l^- \rightarrow \delta_{R,L}^{++} l_p^- l_p^-$	130
<i>R. H. Alanakyan</i> – Doubly Charged Bosons on Lepton Colliders	232

<i>I. M. Danglyan, D. B. Hayrapetyan, academician E. M. Kazaryan – Band Gap and Density of States of Multiwalled Boron Nitride Nanotubes</i>	315
ASTROPHYSICS, COSMOLOGY	
<i>A. K. Avetissian – New Astrophysical Mechanism of Disk-Shaped Galaxies' Rotation by the Theory of Non-Inflationary Cosmology</i>	142
CHEMICAL PHYSICS	
<i>S. H. Minasyan, L. N. Mkhitarian, Z. H. Manukyan, L. A. Tavadyan – Anti-peroxyradical Activity of Vitamin B12</i>	240
GEOPHYSICS	
<i>R. A. Pashayan, L. V. Harutyunyan – Modern Changes in the Geodynamics of the Earth's Crust in Armenia</i>	249
RADIATION BIOPHYSICS	
<i>H. P. Sargsyan, N. S. Baghdasaryan – The Problem of Radiation Injury Biosimetry and Solving it by the Method of Digital Processing of Erythrocyte Micro-images</i>	258
MICROELECTRONICS, MEDICINE	
<i>V. M. Aroutiounian – Medical Diagnostics Using Microelectronic Semiconductor Gas Sensors</i>	265
CHEMISTRY	
<i>S. H. Sargsyan, K. S. Margaryan, T. S. Sargsyan, I. G. Agajanyan – Electrochemical Synthesis of Gold Nanocomposites Based on 1-vinylimidazole and Crotonic acid</i>	151
PHYSICAL CHEMISTRY	
<i>M. L. Yeritsyan, G. S. Petrosyan, R. A. Qaramyan, A. M. Arustamyan –The Kinetic Parameters of the Chitosan Based Polymer-Analog Transformations</i>	79
<i>I. A. Vardanyan – About the Question of Rate Constancy of Ethane Thermic Oxidation</i>	320
NEUROCHEMISTRY	
<i>S. A. Ghazaryan, R. G. Paronikyan, J. R. Alawerdyan, I. M. Nazaryan – N-p-substituted GABA and Its Ethyl Esters as Anticonvulsants</i>	332
BIOCHEMISTRY	
<i>M. M. Khalatyan, S. S. Hovakimyan, A. G. Melkonyan, V. O. Topuzyan –On the Antioxidant Activity of Some Amides N-benzoyl-α, β-dehydroamino Acids and Their Effect on Blood Coagulation System</i>	157
<i>G. A. Hovhannisyan, F. P. Sarukhanyan, O. V. Hunanyan, N. H. Barkhudaryan - Changes in Catalase Activity Depending on Stages of Gynecological Cancers</i>	274
<i>G. A. Hovhannisyan, F. P. Sarukhanyan, H. H. Zakaryan, N. H. Barkhudaryan – Antioxidative and Immunological Patterns of Cervical Cancer Progression</i>	324
MICROBIOLOGY, BIOCHEMISTRY	
<i>H. H. Panosyan, A. H. Trchounian – Polar Lipid Pattern and Fatty Acid Composition of Geobacilli and Their Temperature Induced Changes</i>	86
BIOORGANIC CHEMISTRY	
<i>V. O. Topuzyan, V. M. Ghazoyan, A. A. Hovhannisyan, E. R. Alexanyan – Synthesis and Anticholinesterase Properties of (Z)-1-substituted-2-phenyl-4-(p-toluolsulphoniloxibenzilidene)-5-imidazolones</i>	162

PHYSIOLOGY

<i>T. A. Piliposyan</i> – The Autonomy of Spontaneous Activity of the Ovarian Horn Area in Rats	171
<i>K. V. Kazaryan, T. A. Piliposyan, N.G. Hunanyan</i> – The Influence of Automatism of the Ovarial Horn Area on the Electrical Activity of the Mid Region of the Uterine Tube	338

BOTANY

<i>Zh. H. Vardanyan, S. A. Ktrakyan</i> – Comparative Assessment of Decorativity of the Woody Plants of Various Geographic Origin and Taxonomic Groups in Green Stands of Yerevan	281
<i>Zh. H. Vardanyan, S. A. Ktrakyan</i> – Eco-Biological Aspects of the Optimal Combination of Native and Introduced Woody Plants Used in Greenery of Yerevan	345

ECONOMICS

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

Կանոններ հեղինակների համար

1. «Հայաստանի գիտությունների ազգային ակադեմիայի Զեկույցներ» հանդեսը լույս է տեսնում տարեկան չորս անգամ, զետեղում է գիտական հետազոտությունների նոր, ոչ մի տեղ չհրապարակված արդյունքներ պարունակող համառոտ, յուրօրինակ հոդվածներ:
2. ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոսները, թղթակից անդամները և արտասահմանյան անդամները իրենց հոդվածները ներկայացնում են անմիջականորեն: Մյուս բոլոր հոդվածները ներկայացվում են ՀՀ ԳԱԱ անդամների միջոցով:
3. Հոդվածները կարելի է ներկայացնել հայերեն, ռուսերեն կամ անգլերեն լեզվով: Այդ երեք լեզվով պետք է ներկայացնել նաև ռեֆերատ:
4. Ներկայացվում է հոդվածի էլեկտրոնային տարբերակը (CD/DVD-ով կամ e-mail-ով՝ mas@sci.am) երկու տպագիր օրինակով՝ վերջնական խմբագրությամբ: Հոդվածի ընդհանուր ծավալը՝ 8 էջ (12000 նիշ): Օգտագործվող տեքստային խմբագիրը MS Word, տառաչափը՝ 12 pt, տողերի միջև հեռավորությունը՝ 1.5: Նկարները ներկայացվում են առանձին ֆայլով bmp կամ wmf ֆորմատով:

*Հանդեսի համառոտ անունը՝
ՀՀ ԳԱԱԶ*

Правила для авторов

1. "Доклады Национальной академии наук Армении" выходят 4 раза в год и помещают краткие оригинальные статьи, содержащие новые, нигде не опубликованные результаты научных исследований.
2. Академики, члены-корреспонденты и иностранные члены НАН РА представляют свои статьи непосредственно, все остальные статьи представляются через членов НАН РА.
3. Статьи могут быть представлены на армянском, русском или английском языках; должны быть представлены также рефераты на этих трех языках.
4. Представляется электронный вариант статьи (на CD/DVD или по e-mail: rnas@sci.am) с двумя распечатками в окончательной редакции. Общий объем статьи не должен превышать 8 стр. (12000 знаков). Используемый текстовый редактор MS Word, кегль 12 pt, интервал 1.5. Рисунки представляются отдельными файлами в формате bmp или wmf.

*Сокращенное название журнала
ДНАН РА*

Guidelines for Authors

1. "The Reports of the National Academy of Sciences of Armenia" are published four times a year and place brief original articles containing new results of scientific researches, which were not printed previously.
2. Academicians, Corresponding Members and foreign members of NAS RA submit their articles directly. All other articles are submitted through the Members of NAS RA.
3. Articles may be presented in Armenian, Russian or English languages. It must have been presented the abstracts in these three languages as well.
4. It should be presented the complete editing of the electronic variant of the article (CD/DVD or by e-mail: rnas@sci.am) and two hard copies. The whole size of the article should not exceed 8 pages (12000 marks). MS Word would be used as a text editors, font size – 12 pt, line spacing – 1.5. Pictures should be presented by the separate files in bmp or wmf formats.

*The abbreviated name of the journal is
RNAS RA*