

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

ISSN 0321-1339

ՁԵՇՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ
REPORTS

2017

Ереван

Երևան

Yerevan

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

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Վ. Ս. ԶԱԽԱՐՅԱՆ

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

Главный редактор академик В. С. ЗАХАРЯН

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

Editor-in-chief academician V. S. ZAKARYAN

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

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

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

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

©НАН РА. Президиум. 2017
©Издательство “Гитутюн”
НАН РА. 2017

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ա. Ա. Ալեքսանյան, Ա. Վ. Մինասյան – Վերջավոր դաշտի ենթաբազմությունների հա- րակից դասերով ծածկույթի բարդության վերին գնահատականը	287
Կ. Ա. Նավասարդյան – Միակության թեորեմներ ըստ Վիլենկինի և Հասարի ընդհանրաց- ված համակարգերով բազմապատիկ շարքերի համար	292

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Գ. Ե. Բաղդասարյան – Մահքի մակերևութային ալիքների գոյությունը և տարածման բնույթը մագնիսաստրիկցիոն կիսատարածությունում	297
Մ. Վ. Բելուբեկյան – Առաձգական սալերի տեսության ազատ եզրի պայմանների մասի...	306
Ս. Մ. Հովհաննիսյան – Կոնսոլային ձողի կինեմատիկ գրգռմամբ ներքին շփման որոշումը	311

ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Հ. Ռ. Գևորգյան – Մեթիլֆենիլ(պրոպ-2-ինիլ)(3-ալկենիլ- կամ 3-արիլպրոպ-2-ինիլ)-, - ալիլ(3-ֆենիլպրոպ-2-ինիլ)ամոնիում բրոմիդների վարքը ջրային հիմքի պայմաններում և 2- մեթիլ-2-ֆենիլիզոփոխիդիում և -բենզո[Մ]իզոփոխիդիում բրոմիդների ջրա-հիմնային ճեղ- քումը	320
---	-----

ՆԵՅՐՈՔԻՄԻԱ

Ս. Հ. Ղազարյան, Ռ. Գ. Պարոնիկյան – N-տեղակալված նեյրոամինաթթուները և դիպեպտիդները որպես հակացնցումային միջոցներ	328
--	-----

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

Ա. Գ. Գևորգյան, Ա. Ա. Աղաբաբովա, Ն. Խ. Ալշուջյան, Մ. Ի. Աղաջանով – Միկրոբիոտայի փոփոխությունները և մորֆոհիստոքիմիական տեղաշարժերը մկների մոտ դեկստրան սուլֆատ նատրիումի ազդեցության ներքո	333
---	-----

ԲՈՒՄԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ժ. Հ. Վարդանյան – Ծառաբույսերի գեղազարդության գնահատման մեթոդաբանական ասպեկտները	340
Բովանդակություն 117-րդ հատորի	350

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

<i>А. А. Алексанян, А. В. Минасян</i> – Верхняя оценка сложности покрытия смежными классами подмножеств конечного поля	287
<i>К. А. Навасардян</i> – Теоремы единственности для кратных рядов по системе Виленкина и обобщенной системе Хаара	292

МЕХАНИКА

<i>Г. Е. Багдасарян</i> – Существование и характер распространения сдвиговых поверхностных волн в магнестрикционном полупространстве	297
<i>М. Б. Белубекян</i> – О граничных условиях свободного края теории упругих пластин	306
<i>С. М. Оганесян</i> – К определению внутреннего трения при кинематическом возбуждении консольного стержня	311

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

<i>А. Г. Геворкян</i> – Поведение бромидов метилфенил(проп-2-инил)(3-алкенил или 3-арилпроп-2-инил)-, -аллил(3-фенилпроп-2-инил)аммония по отношению к водной щелочи и водно-щелочное расщепление бромидов 2-метил-2-фенилизоиндолиния и -бензо[<i>f</i>]изоиндолиния	320
---	-----

НЕЙРОХИМИЯ

<i>С. А. Казарян, Р. Г. Пароникян</i> – N-замещенные нейроаминокислоты и дипептиды как противосудорожные средства	328
---	-----

БИОХИМИЯ

<i>А. Г. Геворкян, А. А. Агабабова, Н. Х. Алчуджян, М. И. Агаджанов</i> – Изменение микробиоты и морфогистохимические сдвиги у мышей под воздействием декстран сульфата натрия	333
--	-----

БОТАНИКА

<i>Ж. А. Варданян</i> – Методологические аспекты оценки декоративности древесных растений	340
---	-----

Содержание 117-го тома	353
------------------------------	-----

C O N T E N T S

MATHEMATICS

<i>A. A. Alexanian, A. V. Minasyan</i> – An Upper Bound for the Complexity of Coset Covering of Subsets in a Finite Field	287
<i>K. A. Navasardyan</i> – Uniqueness Theorems for Multiple Series with Respect to Vilenkin and Generalized Haar Systems	292

MECHANICS

<i>G. Y. Baghdasaryan</i> – Existence and Propagation Character of Shear Surface Waves in Magnetostrictive Half-Space	297
<i>M. V. Belubekyan</i> – On the Free Edge Boundary Conditions of the Elastic Plate Theory	306
<i>S. M. Hovhannisyan</i> – To the Definition of Internal Friction at Kinematic Excitation of Cantilever Beam	311

ORGANIC CHEMISTRY

<i>H. R. Gevorgyan</i> – Behavior of Methylphenyl(prop-2-ynyl)(3-alkenyl- or 3-arylprop-2-ynyl)-, -allyl(3-phenylprop-2-ynyl)ammonium Bromides in Relation to Water-Base Condition and Water-Base Cleavage of 2-methyl-2-phenylisindolinium and -benzo[f]isindolinium Bromides	320
--	-----

NEUROCHEMISTRY

<i>S. A. Ghazaryan, R. G. Paronikyan</i> – N-substituted Neuroamino Acids and Dipeptides as Anticonvulsants	328
---	-----

BIOCHEMISTRY

<i>A.G. Gevorgyan, A. A. Agababova, N. Kh. Alchudzhyan, M. I. Agadzhanov</i> – Changes in the Microbiota and Morphohistochemical Shifts in Mice under the Influence of Dextran Sodium Sodium	333
--	-----

BOTANY

<i>Zh. H. Vardanyan</i> – Methodological Aspects of Evaluation of the Ornamental of Woody Plants	340
Contents of 117 th volume	356

MATHEMATICS

УДК 519.7+512.62

A. A. Alexanian, A. V. Minasyan

**An Upper Bound for the Complexity of Coset Covering
of Subsets in a Finite Field**

(Submitted by academician Yu. H. Shoukourian 3/VII 2017)

Keywords: *complexity, coset, covering, linearized disjunctive normal form, finite field, general affine group.*

Throughout this paper F_q stands for a finite field with q elements, and F_q^n for an n -dimensional linear space over F_q (obviously F_q^n is isomorphic to F_{q^n}). If L is a linear subspace in F_q^n , then the set $\alpha + L \equiv \{\alpha + x \mid x \in L\}$, $\alpha \in F_q^n$ is a coset (or translate) of the subspace L and $\dim(\alpha + L)$ coincides with $\dim L$. An equivalent definition: a subset $N \subseteq F_q^n$ is a coset if whenever $x^1, x^2, \dots, x^m$ are in N , so is any affine combination of them, i.e., so is $\sum_{i=1}^m \lambda_i x^i$ for any $\lambda_1, \dots, \lambda_m$ in F_q such that $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$. It can be readily verified that any k -dimensional coset in F_q^n can be represented as a set of solutions of a certain system of linear equations over F_q of rank $n-k$ and vice versa.

Definition 1. A set M of cosets C form a coset covering for a subset N in F_q^n iff $N = \bigcup_{C \in M} C$. The number of cosets in M is the length (or complexity) of the covering. The shortest coset covering is the covering of the minimal possible length.

The problem of finding of the shortest coset covering was introduced in [1] originally for F_2^n in relation with a natural generalization of the notion of Disjunctive Normal Forms of Boolean functions. The subset $N \subseteq F_q^n$ can be given in different ways: as a list of elements, as a set of solutions of a polynomial equation over F_q^n etc. Finding the shortest coset covering means finding the minimal number of systems of linear over F_q equations, such that

N coincides with the union of sets of solutions of the linear systems. Various aspects of this problem were investigated in [2-8].

In this paper we prove an upper bound for the length of the shortest coset covering based on some properties of the stabilizer of the subset N , considering the action of the General Affine Group on F_q^n .

2. General Affine Group and Coset Coverings. Consider affine transformations of F_q^n of the form $y = xA + b$, where x, y and $b \in F_q^n$, and A is an $(n \times n)$ -dimensional non-degenerate matrix over F_q . We refer to an affine transformation as a pair (A, b) . The General Affine Group acts naturally on F_q^n , on the set of all subsets in F_q^n and on the set of all cosets in F_q^n , and coset dimension remains invariant under this action. Thus, if two subsets N_1 and N_2 are in the same orbit then, obviously, any coset covering for N_1 can be transformed to a coset covering of the same length for N_2 by an appropriate affine transformation, and coset covering properties are invariant under the action of the General Affine Group.

Definition 2 A set T of affine transformations is a coset if whenever $(A_1, b_1), (A_2, b_2), \dots, (A_m, b_m)$ are in T , so is $\left(\sum_{i=1}^m \lambda_i A_i, \sum_{i=1}^m \lambda_i b_i \right)$ for any $\lambda_1, \dots, \lambda_m$ in F_q such that $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$.

For a given set of affine transformations one can consider coset covering and the shortest coset covering.

Definition 3. Let G be a subgroup in the General Affine Group. The coset rank of G is the length of its shortest coset covering, which is denoted by $CR(G)$.

Let $N \subseteq F_q^n$ and $Stab(N)$ be the stabilizer of N under the action of the General Affine Group. Any subgroup G in the stabilizer $Stab(N)$ acts on N splitting N into disjoint orbits of elements. We denote the number of orbits by $\#orb_G(N)$.

3. The main Theorem. Theorem 4. The length of the shortest coset covering for a set $N \subseteq F_q^n$ is not greater than $CR(G) \times \#orb_G(N)$ for any subgroup G in $Stab(N)$. This upper bound is achievable and cannot be improved.

Proof. For $x \in N$ consider its orbit $orb_G(x) = \{xA + b \mid (A, b) \in G\}$. Let L be the shortest coset covering for G and $C \in L$ be a coset of affine transformations. It can be readily verified that $M(x, C) \stackrel{\text{def}}{=} \{xA + b \mid (A, b) \in C\}$ is a coset in N . Indeed, for any $\lambda_1, \dots, \lambda_m$ in F_q such that $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$ and any $xA_1 + b_1, xA_2 + b_2, \dots, xA_m + b_m$ from $M(x, C)$ we have

$$\sum_{i=1}^m \lambda_i (xA_i + b_i) = \sum_{i=1}^m x\lambda_i A_i + \sum_{i=1}^m \lambda_i b_i = x \sum_{i=1}^m \lambda_i A_i + \sum_{i=1}^m \lambda_i b_i$$

Obviously, $\left(\sum_{i=1}^m \lambda_i A_i, \sum_{i=1}^m \lambda_i b_i \right) \in C$ and $x \sum_{i=1}^m \lambda_i A_i + \sum_{i=1}^m \lambda_i b_i \in M(x, C)$; therefore,

$M(x, C)$ is a coset in N . This immediately implies that $orb_G(x) = \bigcup_{c \in L} M(x, C)$ is a

coset covering for $orb_G(x)$ of the length $CR(G)$. Applying the same procedure to each orbit in N , we obtain a coset covering for N of the length $CR(G) \cdot \#orb_G(N)$. This completes the proof.

4. The Upper Bound is Exact. In this section we show that the upper bound in theorem 4 is achievable and, thus, exact.

Let $f(\theta) = \alpha_0 + \alpha_1\theta + \dots + \alpha_{n-1}\theta^{n-1} + \theta^n$ be a normalized primitive polynomial with $\deg(f) = n$ over F_q and

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & -\alpha_0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & -\alpha_1 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & -\alpha_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & -\alpha_{n-1} \end{pmatrix}$$

be the companion matrix for $f(\theta)$. Obviously, $\alpha_0 \neq 0$ and $\det A = (-1)^n \alpha_0$. As known from algebra (see [9]), the set $F_{q^n}^*$ of non-zero elements of the finite field F_{q^n} that form a cyclic group can be represented by powers of A , i.e. $F_{q^n}^* = \{E, A, A^2, \dots, A^{q^n-2}\}$. The elements of the field F_{q^n} can be represented by polynomials over A of degree less than n with coefficients in F_q , i.e. each element in F_{q^n} is represented by a unique polynomial $\beta_0 E + \beta_1 A + \dots + \beta_{n-1} A^{n-1}$, $\beta_i \in F_q, i = 1, 2, \dots, n$. The field F_{q^n} can be considered as an n -dimensional linear space over F_q , i.e. F_q^n .

Let us take $N \stackrel{\text{def}}{=} F_q^n \setminus \{0\}$ and $G \stackrel{\text{def}}{=} F_{q^n}^* = \{E, A, A^2, \dots, A^{q^n-2}\}$. It is clear that G is a subgroup in the General Affine Group and also is a subgroup in the stabilizer of N . In [10] it is proven that the length of the shortest coset covering for $F_q^n \setminus \{0\} = F_{q^n}^*$ is equal to $n(q-1)$ and shortest covering can be chosen to consist of cosets of $\dim = n-1$. Therefore, $CR(G) = n(q-1)$ and the length of the shortest coset covering for N is also equal to $n(q-1)$. In fact all elements in N lie in a single orbit under the action of G . Indeed, affine transformation defined by the matrix A maps any vector $(\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_{n-1}) \in N$ into $(\gamma_1, \dots, \gamma_{n-1}, \gamma_n = -\alpha_0\gamma_0 - \alpha_1\gamma_1 - \dots - \alpha_{n-1}\gamma_{n-1})$. This means that the orbit of a non-zero vector $(\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_{n-1})$ coincides with the sequence of states of a Linear

Feedback Shift Register that generates a periodic sequence with a connection (characteristic) polynomial $g(\theta) = 1 + \alpha_{n-1}\theta + \alpha_{n-2}\theta^2 + \dots + \alpha_1\theta^{n-1} + \alpha_0\theta^n$ with $(\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_{n-1})$ as the initial state (see [9, 11]). But $g(\theta) = \theta^n f\left(\frac{1}{\theta}\right)$, thus $g(\theta)$ is the reciprocal polynomial of $f(\theta)$, which means that both polynomials have the same period equal to $q^n - 1$ and the above Linear Feedback Shift Register generates a maximal-length sequence of the period $q^n - 1$. Therefore, the length of the orbit is equal to $q^n - 1$ and it consists of all non-zero vectors in F_q^n , i.e. coincides with N . According to the theorem 4 the length of the shortest coset covering for N is not greater than $CR(G) \times \#orb_G(N) = n(q-1) \times 1 = n(q-1)$, but, in fact, as indicated above, it is exactly equal to $n(q-1)$, thus the upper bound from the theorem 4 is achieved.

If we define N as above equal to $F_q^n \setminus \{0\}$ and take G equal to the General Linear Group $GL_n(F_q)$ then clearly G is a subgroup in $Stab(N)$. Obviously all vectors in N lie in a single orbit, therefore, due to theorem 4 the length of the shortest coset covering for N is not greater than $CR(GL_n(F_q)) \times 1$.

Corollary 5. $CR(GL_n(F_q)) \geq n(q-1)$

Yerevan State University
e-mail: araalex@gmail.com

A. A. Alexanian, A. V. Minasyan

An Upper Bound for the Complexity of Coset Covering of Subsets in a Finite Field

An upper bound is proven for the length of the shortest coset covering of a subset in a finite field, based on some properties of the stabilizer of the subset, considering the action of the General Affine Group.

Ա. Ա. Ալեքսանյան, Ա. Վ. Մինասյան

Վերջավոր դաշտի ենթաբազմությունների հարակից դասերով ծածկույթի բարդության վերին գնահատականը

Ապացուցվել է վերջավոր դաշտի ենթաբազմության հարակից դասերով ամենակարճ ծածկույթի երկարության վերին գնահատականը, որը հիմնված է ենթաբազմության ստաբիլիզատորի որոշ հատկությունների վրա՝ դիտարկելով ընդհանուր աֆինական խմբի գործողությունը:

А. А. Алексанян, А. В. Минасян

**Верхняя оценка сложности покрытия смежными классами
подмножеств конечного поля**

Доказана верхняя оценка длины кратчайшего покрытия смежными классами подмножества конечного поля, основанная на некоторых свойствах стабилизатора подмножества, рассматривая действие общей аффинной группы.

References

1. *Alexanian A.* Disjunctive Normal Forms Over Linear Functions (Theory and Applications), Yerevan State Univ. Press. 1990. 201 p. (Russian).
2. *Aleksanyan A.* – Soviet Math. Dokl. 1989. V. 39. N 1. P. 131-135.
3. *Alexanian A., Serobian R.* – RNAS RA. 1992. V. 93. N 1. P. 6-10. (Russian).
4. *Alexanian A., Gabrielyan V.* – ALGEBRA, GEOMETRY & THEIR APPLICATIONS, Seminar proceedings, Yerevan State University Press. 2004. V. 3-4. P. 97-111.
5. *Nurijanyan H.* – Proceedings of the Yerevan State University, Physical and Mathematical Sciences. 2010. V. 2(222). P. 41-48.
6. *Gabrielyan V.* On Metric Characterization Connected with Covering Subset of Finite Fields by Cosets of the Linear Subspaces, Institut Problem Informatiki i Avtomatizacii. Preprint 04-0603.Yer. 2004 (Russian).
7. *V. Gabrielyan* – RNAS RA. 2010. V. 110. N 3. P. 220-227.
8. *Gabrielyan V.* On Complexity of Coset Covering of an Equation over Finite Field. Institut Problem Informatiki i Avtomatizacii. Preprint 04-0602.Yer. 2004. (Russian).
9. *Lidl R., Niederreiter H.* Finite Fields (2nd ed.). Cambridge University Press. 1997.
10. *Jamison R.* – J. Combin. Theory. Ser. A. 1977. V. 22. P. 253-266.
11. *Golomb S.* Shift Register Sequences. Holden-Day, San Francisco. 1967. Reprinted by Aegean Park Press. 1982.

МАТЕМАТИКА

УДК 517.51

К. А. Навасардян

Теоремы единственности для кратных рядов по системе Виленкина и обобщенной системе Хаара

(Представлено академиком Г.Г. Геворкяном 23/VIII 2017)

Ключевые слова: метод суммирования, теорема единственности, мажоранта частичных сумм, система Виленкина, ряд Фурье.

Вначале напомним некоторые определения. Пусть $\{p_k\}_{k=1}^{\infty}$ – некоторая последовательность натуральных чисел с условием $p_k \geq 2$, $k \in N$. Положим $m_0 = 1$, $m_k = m_{k-1}p_k$, $k \in N$. Тогда любое неотрицательное целое число n единственным образом представляется в виде

$$n = \sum_{k=1}^{\infty} n_k m_{k-1}, \text{ где } n_k \in \{0, 1, \dots, p_k - 1\}, k \in N. \quad (1)$$

Любое число $x \in [0, 1)$ тоже единственным образом представляется в виде

$$x = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{x_k}{m_k}, \text{ где } x_k \in \{0, 1, \dots, p_k - 1\}, k \in N,$$

и для бесконечно многих $k \in N$ имеет место $x_k \neq p_k - 1$.

Для натурального числа $n = m_k + r(p_{k+1} - 1) + s - 1$, где $0 \leq r \leq m_k - 1$, $1 \leq s \leq p_{k+1} - 1$, положим

$$\chi_n(x) := \chi_{r,s}^{(k)}(x) := \begin{cases} \sqrt{m_k} \exp\left(2\pi i \frac{x_{k+1}}{p_{k+1}} s\right), & \text{когда } x \in \left[\frac{r}{m_k}, \frac{r+1}{m_k}\right), \\ 0, & \text{когда } x \notin \left[\frac{r}{m_k}, \frac{r+1}{m_k}\right). \end{cases} \quad (2)$$

Полагая $\chi_0(x) \equiv 1$, получим обобщенную систему Хаара $\{\chi_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$, порожденную последовательностью натуральных чисел $p_k \geq 2$, $k \in N$. При $p_k = 2$, $k \in N$, эта система совпадает с классической системой Хаара.

Обобщенные функции Радемахера определяются по формуле

$$R_k(x) := \exp\left(2\pi i \frac{x_k}{p_k}\right), \quad k \in N.$$

Система Виленкина $\psi := \{\psi_n\}_{n=0}^{\infty}$ определяется по правилу

$$\psi_0(x) \equiv 1 \text{ и } \psi_n(x) := \prod_{k=1}^{\infty} R_k^{n_k}(x) = \exp\left(2\pi i \sum_{k=1}^{\infty} \frac{n_k x_k}{p_k}\right), \quad (3)$$

где n имеет представление (1). В случае $p_k = 2$, $k \in N$, система Виленкина совпадает с системой Уолша. Эти системы определены в 1947 г. Н. Я. Виленкиным [1] и изучены многими математиками. При $\sup_k p_k = \infty$ систе-

мы, определенные формулами (2) и (3), сильно отличаются от систем Уолша и Хаара. В работах [2, 3] введен один линейный метод суммирования для рядов по системам (2) и (3).

Обозначим

$$\mathfrak{I}_k := \left\{ \left[\frac{j}{m_k}, \frac{j+1}{m_k} \right) : j = 0, 1, \dots, m_k - 1 \right\}, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Для интервала $J \in \mathfrak{I}_k$ обозначим через $\tilde{J}$ тот интервал из $\mathfrak{I}_{k-1}$, который содержит J . Определим интервалы $(J)_l$, $(l \in Z)$ следующим образом:

$$1) (J)_0 = J, \quad (J)_l \in \mathfrak{I}_k, \quad (J)_l \subset \tilde{J},$$

2) правый конец интервала $(J)_l$ совпадает с левым концом интервала $(J)_{l+1}$, причем концы отрезка $\tilde{J}$ отождествляются, т.е. если правый конец интервала $(J)_l$ есть $\frac{j}{m_{k-1}}$, то левый конец интервала $(J)_{l+1}$ будет $\frac{j-1}{m_{k-1}}$.

Для каждого интервала $J \in \mathfrak{I}_k$ и натурального числа $q \leq \frac{p_k}{2}$ положим

$$(J)^q = \bigcup_{l=-q}^q (J)_l, \quad (J)^0 = (J)_0 = J,$$

$$\phi_{k,x}^{(q)}(t) = \begin{cases} \frac{m_k}{q} \left(1 - \frac{|l|}{q}\right), & \text{когда } t \in (I_{k,x})_l, |l| < q, \\ 0, & \text{когда } t \notin (I_{k,x})^{q-1}. \end{cases}$$

где $x \in [0, 1)$, а через $I_{k,x}$ обозначен интервал со свойствами: $I_{k,x} \in \mathfrak{I}_k$ и $x \in I_{k,x}$.

Далее будем считать, что $\{f_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ — одна из систем (2), (3). Учитывая определение системы $\{f_n\}$, очевидно, что при любом $\phi_{k,x}^{(q)}$ имеем

$$(f_n, \phi_{k,x}^{(q)}) := \int_0^1 f_n(t) \phi_{k,x}^{(q)}(t) dt = 0, \quad \text{когда } n \geq m_k.$$

Поэтому для любого ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n f_n(x), \quad (4)$$

любого числа $x \in [0, 1)$ и при любых натуральных k и q , ($2q < p_k$), определены суммы

$$\sigma_{k,q}(x) := \sum_{n=0}^{\infty} a_n (f_n, \phi_{k,x}^{(q)}).$$

Пусть

$$S_m(x) = \sum_{n=0}^m a_n f_n(x)$$

частичная сумма ряда (4). Положим

$$S^*(x) = \sup_m |S_m(x)| \quad \text{и} \quad \sigma^*(x) = \sup_{k,q} |\sigma_{k,q}(x)|.$$

В работе [2] анонсированы следующие теоремы:

Теорема А. Существует постоянная $C > 0$, не зависящая от последовательностей a_n , $n \in N$, и p_k , $k \in N$, такая, что

$$\sigma^*(x) < C \cdot S^*(x) \quad \text{для всех } x \in [0,1].$$

И если ряд (4) сходится в точке x и $S(x)$ — сумма ряда в этой точке, то

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \sigma_{k,q}(x) = S(x).$$

Теорема В. Если суммы $\sigma_{k,q}(x)$ по мере сходятся к некоторой функции $f(x)$ при $k \rightarrow \infty$ и для некоторой последовательности $\lambda_v \uparrow \infty$ выполняется

$$\lim_{v \rightarrow \infty} \lambda_v \text{mes} \{x \in [0,1) : \sigma^*(x) > \lambda_v\} = 0,$$

то для всех n имеет место

$$a_n = \lim_{v \rightarrow \infty} \int_0^1 [f(x)]_{\lambda_v} \overline{f_n(x)} dx,$$

где

$$[g(x)]_{\lambda} = \begin{cases} g(x), & \text{когда } |g(x)| \leq \lambda, \\ 0, & \text{когда } |g(x)| > \lambda. \end{cases}$$

В работах [4, 5] доказаны теоремы единственности для простых рядов по обобщенной системе Хаара, порожденной ограниченной последовательностью p_k , $k \in N$, и кратных рядов по классической системе Хаара, мажоранты частичных сумм которых удовлетворяет некоторому условию.

В данной работе рассматриваются аналогичные вопросы для кратных рядов по системам (2) и (3).

Для $\bar{n} = (n_1, n_2, \dots, n_d) \in N_0^d$ (N_0 — множество неотрицательных целых чисел), $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_d) \in [0,1)^d$, $\bar{k} = (k_1, k_2, \dots, k_d) \in N^d$ и $\bar{q} = (q_1, q_2, \dots, q_d)$ ($2q_i < p_{k_i}$, $i = 1, 2, \dots, d$) обозначим

$$f_{\bar{n}}(\bar{x}) = f_{n_1}(x_1) f_{n_2}(x_2) \dots f_{n_d}(x_d),$$

$$(f_{\bar{n}}, \phi_{\bar{k}, \bar{x}}^{(\bar{q})}) := \prod_{i=1}^d \int_0^1 f_{n_i}(t_i) \phi_{k_i, x_i}^{(q_i)}(t_i) dt_i$$

и рассмотрим ряд

$$\sum_{\bar{n} \in N_0^d} a_{\bar{n}} f_{\bar{n}}(\bar{x}) = \sum_{\bar{n} \in N_0^d} a_{\bar{n}} f_{n_1}(x_1) f_{n_2}(x_2) \dots f_{n_d}(x_d). \quad (5)$$

Пусть

$$\sigma_{\bar{k}, \bar{q}}(\bar{x}) := \sum_{\bar{n} \in N_0^d} a_{\bar{n}}(f_{\bar{n}}, \phi_{\bar{k}, \bar{x}}^{(\bar{q})}) \quad \text{и} \quad \sigma^*(\bar{x}) = \sup_{\bar{k}, \bar{q}} |\sigma_{\bar{k}, \bar{q}}(\bar{x})|.$$

Скажем, что ряд (5) суммируется почти всюду (по мере) к функции f , если $\sigma_{\bar{k}, \bar{q}}(\bar{x})$ сходится почти всюду (по мере) к функции f при $\bar{k} \rightarrow \infty$ (т.е. $\min\{k_i\} \rightarrow \infty$).

Справедлива следующая

Теорема. Если суммы $\sigma_{\bar{k}, \bar{q}}(\bar{x})$ ряда (5) по мере сходятся к некоторой интегрируемой по Лебегу функции $f(\bar{x})$ при $\bar{k} \rightarrow \infty$ (т.е. $\min\{k_i\} \rightarrow \infty$) и выполняется

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} \lambda \text{mes} \left\{ \bar{x} \in [0, 1)^d : \sigma^*(\bar{x}) > \lambda \right\} = 0,$$

то ряд (5) является рядом Фурье функции f по системе $\{f_{\bar{n}}\}$, т.е.

$$a_{\bar{n}} = \int_{[0, 1)^d} f(\bar{x}) \overline{f_{\bar{n}}(\bar{x})} d\bar{x}.$$

Ереванский государственный университет

e-mail: knavasard@ysu.am

К. А. Навасардян

Теоремы единственности для кратных рядов по системе Виленкина и обобщенной системе Хаара

Дано определение одного метода суммирования кратных рядов по системам Виленкина и Хаара. Доказано, что если некоторый кратный ряд по этим системам суммируется приведенным методом к интегрируемой на $[0, 1)^d$ функции и удовлетворяет некоторому условию, то он является рядом Фурье этой функции.

Կ. Ա. Նավասարդյան

Միակության թեորեմներ ըստ Վիլենկինի և Հաարի ընդհանրացված համակարգերով բազմապատիկ շարքերի համար

Սահմանվում է ըստ Վիլենկինի և Հաարի ընդհանրացված համակարգերի բազմապատիկ շարքերի գումարման մի մեթոդ: Ապացուցվում է, որ եթե ըստ այդ համակարգերի որևէ բազմապատիկ շարք նշված մեթոդով գումարվում է $[0, 1)^d$ -ում ինտեգրելի ֆունկցիայի և բավարարում է որոշակի պայմանի, ապա այդ ֆունկցիայի Ֆուրիեի շարքն է:

K. A. Navasardyan

**Uniqueness Theorems for Multiple Series with Respect to Vilenkin
and Generalized Haar Systems**

In the paper, a new method of summation is defined for multiple series with respect to Vilenkin and generalized Haar system. It is proved that if a multiple series with respect to these systems summable by the given method to an integrable function on $[0,1)^d$ and satisfies an extra condition, then it is the Fourier series of that function.

Литература

1. *Виленкин Н. Я.* – Изв. АН СССР. Сер. мат. 1947. Т. 11. N 4. С. 363-400.
2. *Геворкян Г. Г., Навасардян К. А.* – ДНАН РА. 2017. Т. 117. № 1. С. 3-8.
3. *Gevorkyan G. G., Navasardyan K. A.* – Proceedings of the YSU. 2017. V. 51. № 1. P. 3-7.
4. *Костин В. В.* - Мат. заметки. 2004. Т. 76. № 5. С. 740-747.
5. *Геворкян Г. Г.* – Изв. НАН Армении. Математика. 1995. Т. 30. № 5. С. 7-21.

где величины s_m^H , H_k^H и $M_i^H = \chi H_i^H$, отмеченные индексом “H”, являются компонентами магнитоупругих напряжений, магнитного поля и намагниченности среды в невозмущенном состоянии, ρ_0 – плотность среды;

уравнения во внешней области

$$\text{rot } \mathbf{h}^{(e)} = 0, \quad \text{div } \mathbf{b}^{(e)} = 0, \quad \mathbf{b} = \mu_0 \mathbf{h}^{(e)}, \quad (1.2)$$

где индекс e означает принадлежность к внешней среде;

граничные условия на свободной поверхности S_0 недеформированного тела

$$\begin{aligned} \left[s_{ik} + s_{mk}^H \frac{\partial u_i}{\partial x_m} \right] N_k^0 &= [t_{ki}^{(e)} - t_{ki}] N_k^0 + [T_{km}^{H(e)} - T_{km}^H] \frac{\partial u_i}{\partial x_m} N_k^0, \\ [b_k - b_k^{(e)}] N_k^0 - [B_i^H - B_i^{H(e)}] \frac{\partial u_m}{\partial x_i} N_m^0 &= 0, \\ \epsilon_{nmk} \left\{ [h_n - h_n^{(e)}] N_m^0 - [H_n^H - H_n^{H(e)}] \frac{\partial u_i}{\partial x_m} N_i^0 \right\} &= 0, \end{aligned} \quad (1.3)$$

где N^0 – единичный вектор внешней нормали к поверхности S_0 ,

$$\begin{aligned} t_{ki} &= H_i^H b_k + h_i B_k^H - \mu_0 \delta_{ik} \mathbf{H}^H \cdot \mathbf{h}, \\ t_{ki}^{(e)} &= \mu_0 [H_k^{H(e)} h_i^{(e)} + h_k^{(e)} H_i^{H(e)} - \delta_{ki} \mathbf{H}^{H(e)} \cdot \mathbf{h}^{(e)}], \end{aligned} \quad (1.4)$$

$T_{km}^{H(e)}$ и T_{km}^H определяются согласно (1.8).

В уравнениях (1.1) использованы следующие приближенные выражения для тензоров:

$$\begin{aligned} \bar{c}_{ijkl} &= c_{ijkl}, \quad e_{ijk} = B_{ijkl} M_l^H, \quad g_{ikl} = B_{klri} M_r^H \\ c_{ijkl} &= \lambda \delta_{ij} \delta_{kl} + \mu (\delta_{ik} \delta_{jl} + \delta_{il} \delta_{kj}), \quad A_{ik} = \chi^{-1} \delta_{ik}, \\ B_{ijkl} &= e_2 \delta_{ij} \delta_{kl} + \frac{e_1 - e_2}{2} (\delta_{ik} \delta_{jl} + \delta_{il} \delta_{jk}), \end{aligned} \quad (1.5)$$

где λ и μ – постоянные Ляме, $\chi = \mu_r - 1$ – магнитная восприимчивость, μ_r – относительная магнитная проницаемость, e_1 и e_2 – коэффициенты магнитострикции материала среды. В представлениях (1.5), имея в виду, что основных магнитострикционных материалов $30 < \chi < 10^4$, $5 < e_1 < 5 \cdot 10^2$, λ и $\mu \sim 10^{11} \text{ Н / м}^2$, $B \leq B_s \sim 2 \text{ Тл}$ (B_s – индукция насыщения), принято, что $\chi e_i \gg 1$ и $e_i B_0^2 (\mu_0 \lambda)^{-1} \ll 1$.

Рассматривая линеаризованные уравнения и соотношения (1.1) – (1.5), замечаем, что в коэффициенты этих выражений входят величины с индексом “н”, определяемые из линейных уравнений и граничных условий невозмущенного состояния. Эти уравнения и поверхностные условия также получены в работе [2] на основе следующих предположений: а) магнитное поле невозмущенного состояния совпадает с магнитным полем недеформированного тела; б) напряжения и деформации невозмущенного состоя-

ния можно определить из решения следующей статической задачи теории упругости:

уравнения равновесия

$$\frac{\partial s_{ik}^H}{\partial x_i} + \mu_0 M_n^H \frac{\partial H_k^H}{\partial x_n} = 0, \quad (1.6)$$

$$s_{ij}^H = c_{ijkl} \varepsilon_{kl}^H + \mu_0 A_{ik} M_j^H M_k^H + \frac{1}{2} \mu_0 B_{ijkl} M_k^H M_l^H;$$

условия на поверхности S_0 недеформированного тела

$$s_{ki}^H N_k^0 = [T_{ki}^{H(e)} - T_{ki}^H] N_k^0, \quad (1.7)$$

$$T_{ki}^{H(e)} = \mu_0 \left\{ H_k^{H(e)} H_i^{H(e)} - \frac{1}{2} \delta_{ik} [H^{H(e)}]^2 \right\}, \quad (1.8)$$

$$T_{ki}^H = H_i^H B_k^H - \frac{1}{2} \mu_0 \delta_{ik} (H^H)^2.$$

Входящие в (1.6) – (1.8) характеристики невозмущенного магнитного поля, согласно принятому предположению, определяются из следующей задачи магнитостатики для недеформированного тела:

уравнения магнитостатики во внутренней области

$$\text{rot } H^H = 0, \quad \text{div } B^H = 0, \quad (1.9)$$

$$B^H = \mu_0 (H^H + M_H), \quad H_k^H = A_{k\ell} M_\ell^H;$$

уравнения во внешней области

$$\text{rot } H_H^{(e)} = 0, \quad \text{div } H_H^{(e)} = 0, \quad (1.10)$$

$$M_H^{(e)} = 0, \quad B_H^{(e)} = \mu_0 H_H^{(e)};$$

условия сопряжения на поверхности S_0

$$[B_H - B_H^{(e)}] N_0 = 0, \quad [H_H - H_H^{(e)}] \times N_0 = 0 \quad (1.11)$$

и условия на бесконечности

$$H_H^{(e)} \rightarrow H_0 \quad \text{где} \quad x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 \rightarrow \infty. \quad (1.12)$$

Таким образом, вопрос исследования поведения возмущений магнитоупругих величин некоторого состояния сводится к поэтапному решению следующих трех задач:

- 1) определение характеристик магнитного поля недеформируемого тела на основе (1.9) – (1.12);
- 2) определение магнитоупругих величин невозмущенного состояния на основе (1.6) – (1.8) с использованием решения первой задачи;
- 3) исследование поведения магнитоупругих возмущений на основе (1.1) – (1.5) с использованием решения первых двух задач.

2. Уравнения и граничные условия плоских поверхностных волн.

Из приведенных уравнений и поверхностных условий выведем граничные

задачи, описывающие распространение двумерных поверхностных волн в магнитоэлектрическом полупространстве при наличии внешнего постоянного магнитного поля, перпендикулярного к плоскости движения. Пусть упругая магнитоэлектрическая среда занимает полубесконечную область $x_2 \leq 0$ (в декартовой системе координат x_1, x_2, x_3) и находится во внешнем постоянном магнитном поле с вектором индукции, направленной вдоль оси x_3 . Тогда задача (1.9)-(1.12) имеет следующее решение:

$$\begin{aligned} \mathbf{H} &= B_0 \hat{\mathbf{e}}_3, & \mathbf{H} &= \mu_r B_0 \hat{\mathbf{e}}_3, \\ \mathbf{H} &= \mu_0^{-1} \mathbf{H}^{(e)}, & \mathbf{H} &= (\mu_0 \mu_r)^{-1} \mathbf{H}^{(e)}, \end{aligned} \quad (2.1)$$

где $\hat{\mathbf{e}}_k$ – единичные векторы координатных осей, B_0 – заданная индукция внешнего магнитного поля в вакууме при отсутствии ферромагнитной среды.

Задачу будем решать в двумерной постановке, предполагая, что все искомые величины не зависят от координаты x_3 . Тогда из уравнений $\text{rot} \mathbf{h} = 0$, $\text{rot} \mathbf{h}^{(e)} = 0$, и последнего условия из (1.3) легко получить, что $h_3^{(e)} = h_3 = 0$. Кроме того, поскольку $\mathbf{H}$ параллельна границе полупространства, то из решений (2.1) задачи (1.2)-(1.12) следует, что

$$M_i^H \frac{\partial H_k^H}{\partial x_i} \equiv 0, \quad \left[T_{ki}^{H(e)} - T_{ki}^H \right] N_k^0 \Big|_{S_0} = 0.$$

Следовательно, магнитные объемные и поверхностные силы невозмущенного состояния равны нулю, и поэтому задача (1.6)-(1.8) имеет нулевое решение: $\sigma_{ij}^H \equiv 0$. Учитывая сказанное, из (1.1) и (1.5) в силу (2.1) и принятого предположения о двумерности движения получим следующие уравнения, описывающие распространение двумерных волн в магнитоэлектрической среде:

уравнения относительно $u_i(x_1, x_2, t)$ ($i=1, 2, 3$)

$$\begin{aligned} (\bar{\lambda} + 2\mu) \frac{\partial^2 u_1}{\partial x_1^2} + (\bar{\lambda} + \mu) \frac{\partial^2 u_2}{\partial x_1 \partial x_2} + \mu \frac{\partial^2 u_1}{\partial x_2^2} &= \rho_0 \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2}, \\ (\bar{\lambda} + 2\mu) \frac{\partial^2 u_2}{\partial x_2^2} + (\bar{\lambda} + \mu) \frac{\partial^2 u_1}{\partial x_1 \partial x_2} + \mu \frac{\partial^2 u_2}{\partial x_1^2} &= \rho_0 \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2}; \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$\begin{cases} \bar{\mu} \Delta u_3 = \rho_0 \frac{\partial^2 u_3}{\partial t^2}, \\ \Delta \varphi = \frac{\chi}{\mu_r} M_3 \frac{e_1 - e_2}{2} \Delta u_3, & \Delta \varphi^{(e)} = 0, \\ h_k = \frac{\partial \varphi}{\partial x_k}, & h_k^{(e)} = \frac{\partial \varphi^{(e)}}{\partial x_k}, \end{cases} \quad (2.3)$$

где

$$\bar{\lambda} = \lambda - \mu_0 \chi M_3^2 e_2^2, \quad \bar{\mu} = \mu - \mu_0 M_3^2 \frac{\chi}{\mu_r} \left(\frac{e_1 - e_2}{2} \right)^2,$$

φ и $\varphi^{(e)}$ – потенциалы индуцированного магнитного поля в области вакуума и в среде соответственно, Δ – двумерный оператор Лапласа.

Аналогичным образом из (1.3) получаются следующие граничные условия на плоскости $x_2 = 0$:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} &= 0, \\ \bar{\lambda} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right) + 2\mu \frac{\partial u_2}{\partial x_2} &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \varphi^{(e)}, \quad \frac{\partial \varphi^{(e)}}{\partial x_2} = \mu_r \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} - \chi M_3 \frac{e_1 - e_2}{2} \frac{\partial u_3}{\partial x_2}, \\ \left[\mu - \mu_0 \chi M_3^2 \left(\frac{e_1 - e_2}{2} \right)^2 \right] \frac{\partial u_3}{\partial x_2} + \mu_0 \chi M_3 \frac{e_1 - e_2}{2} \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

Из (2.2) – (2.6) следует, что: а) задача (2.2), (2.5) (плоская задача для определения u_1 и u_2 или задача распространения магнитоупругих волн Рэлея) отделена от задачи (2.3), (2.6) (антиплоская задача для определения u_3 , φ , $\varphi^{(e)}$ или задача распространения магнитоупругих сдвиговых поверхностных волн); б) существование сдвиговой поверхностной волны обусловлено исключительно учетом магнитострикционного эффекта (вспомним, что при отсутствии магнитного поля чисто упругая сдвиговая поверхностная волна не существует [2,3]).

В дальнейшем приводятся исследования, относящиеся только к существованию и характеру распространения магнитоупругих сдвиговых поверхностных волн.

3. Сдвиговые поверхностные магнитоупругие волны. На основе уравнений (2.3) и граничных условий (2.6) рассмотрим вопросы существования и распространения сдвиговых поверхностных волн. Для этой цели решение указанной граничной задачи представим в виде

$$\begin{aligned} u_3 &= w(x_2) e^{i(kx_1 - \omega t)}, \\ \varphi &= \varphi_0(x_2) e^{i(kx_1 - \omega t)}, \\ \varphi^{(e)} &= \varphi_0^{(e)}(x_2) e^{i(kx_1 - \omega t)}, \end{aligned} \quad (3.1)$$

где $w(x_2)$, $\varphi_0(x_2)$, $\varphi_0^{(e)}$ – неизвестные функции, подлежащие определению.

Подставляя (3.1) в первое уравнение системы (2.3), получим уравнение относительно неизвестной функции $w(x_2)$:

$$\frac{d^2 w}{dx_2^2} - (k^2 - k_3^2) w = 0, \quad (3.2)$$

где

$$k_3 = \frac{\omega}{\bar{c}_2}, \quad \bar{c}_2^2 = \frac{\bar{\mu}}{\rho_0}.$$

В соответствии с условием на бесконечности ($x_2 \rightarrow -\infty$) необходимо, чтобы

$$\beta^2 = k^2 - k_3^2 > 0. \quad (3.3)$$

Из условия (3.3) следует, что величина c фазовой скорости ($c = \omega k^{-1}$) сдвиговой поверхностной волны (если она существует) должна быть меньше модуля скорости объемных поперечных магнитоупругих волн ($c < \bar{c}_2 < c_2$).

Находя общее решение уравнения (3.2) и требуя, чтобы $u_3(x_1, x_2, t)$ описывало поверхностную волну, получим представление для перемещения $u_3(x_1, x_2, t)$

$$u_3(x_1, x_2, t) = A e^{\beta x_2} e^{i(kx_1 - \omega t)}, \quad (3.4)$$

где A – произвольная постоянная.

В силу (3.4) из второго уравнения системы (2.3) получим неоднородное дифференциальное уравнение относительно $\Phi_0(x_2)$:

$$\frac{d^2 \Phi_0}{dx_2^2} - k^2 \Phi_0 = \Phi_0 e^{\beta x_2}, \quad (3.5)$$

где

$$\Phi_0 = -M_3 \frac{\chi}{\mu_r} \frac{e_1 - e_2}{2} k_3^2 A.$$

Находя общее решение уравнения (3.5) и удовлетворяя условию на бесконечности, получим следующее представление для потенциальной функции $\Phi(x_1, x_2, t)$:

$$\Phi(x_1, x_2, t) = \left[B e^{kx_2} + \frac{\chi}{\mu_r} M_3 \frac{e_1 - e_2}{2} A e^{\beta x_2} \right] C e^{i(kx_1 - \omega t)}, \quad (3.6)$$

где B – произвольная постоянная.

Наконец решение последнего уравнения из (2.3), удовлетворяющего условию на бесконечности, имеет вид:

$$\Phi^{(e)}(x_1, x_2, t) = C e^{-kx_2} e^{i(kx_1 - \omega t)}, \quad (3.7)$$

C – произвольная постоянная.

Удовлетворяя граничным условиям (2.6), получим линейную систему однородных алгебраических уравнений относительно A, B, C . Из условия совместности этой системы получается характеристическое уравнение

$$\left[1 - \frac{\mu \theta}{\mu - \delta} \right]^{-\frac{1}{2}} = \frac{\chi \delta}{\mu - \delta}, \quad (3.8)$$

$$\delta = \mu_0 M_3^2 \frac{\chi}{\mu_r} \left(\frac{e_1 - e_2}{2} \right)^2,$$

определяющее безразмерную фазовую скорость $\theta = c_2^{-2} C^2$ поверхностной волны.

В уравнении (3.8) параметр δ характеризует намагниченность среды и при $\delta = 0$ имеем $\theta = 1$, что не удовлетворяет необходимому условию (3.3) существования сдвиговой поверхностной волны. Если же $\delta > 0$, то

уравнение будет иметь действительное положительное решение, удовлетворяющее условию на бесконечности только в том случае, когда

$$\delta < \mu \mu_r^{-1}. \quad (3.9)$$

Учитывая (3.9), из уравнения (3.8) получаем формулу:

$$C = C_2 \left[1 - \frac{\delta}{\mu} \left(1 + \frac{\chi^2 \delta}{\mu - \delta} \right) \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (3.10)$$

определяющую скорость распространения сдвиговой поверхностной волны в магнитоstrictionном полупространстве, если среда находится в нормальном относительно плоскости движения магнитном поле. Из формулы (3.10) видно, что с увеличением интенсивности поляризующего магнитного поля величина скорости распространения сдвиговой поверхностной волны уменьшается.

Для определенности отметим, что для основных (отмеченные в пункте 1) магнитоstrictionных материалов условие (3.9) выполняется вплоть до $M_3 = M_s$.

Используя (3.3), легко получить формулу, определяющую глубину проникания $\gamma = \beta^{-1}$ поверхностной волны в полупространство

$$\gamma = \frac{1}{k} \left[1 - \frac{\mu \theta}{\mu - \delta} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (3.11)$$

Используя (3.10), из (3.11) получим окончательную формулу, определяющую зависимость глубины проникания поверхностной волны от величины вектора намагничивания:

$$\gamma = \frac{1}{k} \frac{\mu - \delta}{\chi \delta}. \quad (3.12)$$

Формула (3.12) показывает, что глубина проникания пропорциональна длине волны и уменьшается с увеличением величины напряженности внешнего магнитного поля. Следовательно, существенная локализация волны у поверхности среды происходит в случае коротких волн, и это явление усиливается с увеличением интенсивности магнитного поля.

Ереванский государственный университет
Институт механики НАН РА

Академик Г. Е. Багдасарян

Существование и характер распространения сдвиговых поверхностных волн в магнитоstrictionном полупространстве

Известно, что в упругой среде при отсутствии магнитного поля сдвиговые поверхностные волны не могут распространяться, а поверхностные волны Рэлея

при указанных условиях всегда существуют. Известно также, что в магнитомягком ферромагнитном полупространстве (материал которого не обладает магнитострикционными свойствами) при распространении в нем рэлеевской волны, как следствие, возбуждается сдвиговая поверхностная волна, если присутствует наклонное к плоскости движения магнитное поле. В настоящей работе установлено, что в магнитострикционном полупространстве независимо друг от друга могут распространяться рэлеевские и сдвиговые поверхностные волны, если присутствует перпендикулярное к плоскости движения магнитное поле. Более того, существование сдвиговой поверхностной волны обусловлено исключительно учетом магнитострикционного эффекта.

Ակադեմիկոս Գ. Ե. Բաղդասարյան

Սահքի մակերևութային ալիքների գոյությունը և տարածման բնույթը մագնիսաստրիկցիոն կիսատարածությունում

Հայտնի է, որ առաձգական միջավայրում մագնիսական դաշտի բացակայության դեպքում սահքի մակերևութային ալիքներ տարածվել չեն կարող, իսկ նշված պայմաններում Ռեյլեյի ալիքներ միշտ գոյություն ունեն։ Հայտնի է նաև, որ մագնիսապես փափուկ ֆերոմագնիսական կիսատարածությունում (որի նյութն օժտված չէ մագնիսաստրիկցիոն հատկություններով) Ռեյլեյի ալիքի տարածման ժամանակ որպես հետևանք գրգռվում է սահքի մակերևութային ալիք, եթե առկա է շարժման հարթությանը թեք մագնիսական դաշտ։ Այս աշխատանքում ցույց է տրված, որ մագնիսաստրիկցիոն կիսատարածությունում իրարից անկախ կարող են տարածվել Ռեյլեյի և սահքի մակերևութային ալիքներ՝ շարժման հարթությանն ուղղահայաց մագնիսական դաշտի առկայության դեպքում։ Ավելին, սահքի մակերևութային ալիքի գոյությունը բացառապես պայմանավորված է կիսատարածության մագնիսաստրիկցիոն հատկություններով։

Academician G. Y. Baghdasaryan

Existence and Propagation Character of Shear Surface Waves in Magnetostrictive Half-Space

It is known that shear surface waves cannot propagate in elastic media in the absence of a magnetic field, and Rayleigh surface waves always exist under the indicated conditions. It is also known that in a magnetosoft ferromagnetic half-space (the material of which does not possess magnetostrictive properties) at Rayleigh waves propagation, as a result, shear surface wave generates in presence of inclined to the motion surface magnetic field]. It is established that Rayleigh and shear surface waves can propagate independently of each other in a magnetostrictive half-space, if there is a magnetic field perpendicular to the plane of motion. Moreover, the existence of a shear surface wave is caused solely by the magnetostrictive effect.

Литература

1. Багдасарян Г.Е. – Изв. НАН Армении. Механика. 2009. Т. 43. N 2. С. 38-43.
2. Багдасарян Г.Е. – Мат. методы и физико-механические поля. 1998. Т. 41. N 3. С. 70-75.
3. Новацкий В. Теория упругости. М. Мир. 1987. 872 с.

Пусть прямоугольная пластинка в прямоугольной декартовой системе координат $Oxyz$ занимает область $0 \leq x \leq a$, $0 \leq y \leq b$, $-h \leq z \leq h$. Уравнение свободных колебаний пластинки имеет вид [4]

$$D\Delta^2 w + 2\rho h \partial^2 w / \partial t^2 = 0, \quad (1.1)$$

где

$$D = \frac{2Eh^3}{3(1-\nu^2)} \quad (1.2)$$

— жесткость пластинки на изгиб, ρ — плотность материала пластинки, $w(x, y, t)$ — функция погиба. Предполагается, что три края пластинки свободно оперты

$$\begin{aligned} w = 0, \partial^2 w / \partial x^2 = 0 \text{ при } x = a, \\ w = 0, \partial^2 w / \partial y^2 = 0 \text{ при } y = 0, b. \end{aligned} \quad (1.3)$$

Пусть край пластинки $x = a$ свободен и имеет место условие равенства нулю изгибающего момента (по Кирхгофу)

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0. \quad (1.4)$$

Каким должно быть второе условие при $x = 0$, чтобы приведенная задача колебаний пластинки была самосопряженной?

Представляя решение уравнения (1.1) в виде ряда, удовлетворяющего граничным условиям при $y = 0$ из (1.3)

$$w = e^{i\alpha t} \sum_{n=1}^{\infty} f_n(x) \sin \lambda_n y, \quad \lambda_n = n\pi / b, \quad (1.5)$$

для функций $f_n(x)$ получим следующую последовательность задач: решить уравнения

$$\begin{aligned} L(f_n) = f_n^{IV} - 2\lambda_n^2 f_n'' + \lambda_n^4 (1 + \eta_n^2) f_n = 0, \\ \eta_n^2 = 2ghD^{-1} \lambda_n^{-4} w^2 \end{aligned} \quad (1.6)$$

с граничными условиями

$$\begin{aligned} f_n'' - \nu \lambda_n^2 f_n = 0, L_0(f_n) = 0 \text{ при } x = 0, \\ f_n = 0, f_n'' = 0 \text{ при } x = a. \end{aligned} \quad (1.7)$$

При этом требуется установить граничное условие при $L_0(f_n) = 0$ из равенства самосопряженности [3]

$$\int_0^a U_n L(f_n) dx = \int_0^a f_n L(U_n) dx, \quad (1.8)$$

где функции U_n удовлетворяют тем же граничным условиям (1.7), что и функции f_n .

Интегрирование по частям левой части равенства (1.8) и использование условий (1.7) дает

$$L_0(f_n) \equiv f_n''' - (2 - \nu) \lambda_n^2 f_n' = 0 \text{ при } x = 0. \quad (1.9)$$

С другой стороны, условие (1.9) получится, если требовать равенство нулю ОПУ в виде

$$\tilde{N}_x = -D \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + (2 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right]. \quad (1.10)$$

2. Спрашивается, а почему нельзя принять на свободном краю условие равенства нулю перерезывающего усилия и определить второе условие из требования самосопряженности? Тогда второе условие будет типа обобщенного изгибающего момента. Или более обобщенно – можно взять условия на свободном крае в виде

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \alpha \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0, \quad \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \beta \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (2.1)$$

и требовать, чтобы α и β были определены из условия самосопряженности задачи для функций f_n из (1.5) и (1.6) с заменой условий на свободном крае в соответствии с (2.1).

$$f_n'' - \alpha \lambda_n^2 f_n = 0, \quad f_n''' - \beta \lambda_n^2 f_n' = 0, \quad \text{при } x = 0. \quad (2.2)$$

Требование самосопряженности (1.8) приводит к условию относительно коэффициентов α и β

$$\beta = 2 - \alpha. \quad (2.3)$$

В частности, при $\alpha = \nu$ получаются общепринятые граничные условия равенства нулю изгибающего момента и ОПУ. Другой крайний случай $\alpha = 2$ дает равенство нулю “обобщенного” изгибающего момента и перерезывающего усилия.

Известная задача Коненкова [5] о локализованных колебаниях пластинки в окрестности свободного края полубесконечной пластинки-полосы исследовалась для случая $\alpha = \nu$.

В случае произвольного α из (2.3) эта задача также приводит к решению уравнений (1.6) с условиями затухания на бесконечности

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \omega = 0 \Rightarrow \lim_{x \rightarrow \infty} f_n = 0, \quad (2.4)$$

но с условиями

$$f_n'' - \alpha \lambda_n^2 f_n = 0, \quad f_n''' - (2 - \alpha) \lambda_n^2 f_n' = 0, \quad \text{при } x = 0. \quad (2.5)$$

Решение задачи приводит к уравнению Коненкова с заменой коэффициента Пуассона ν на α

$$P^2 + 2(1 - \alpha)p - \alpha^2, \quad (2.6)$$

где

$$P = \sqrt{1 - \eta_n^2}. \quad (2.7)$$

Уравнение (2.6) имеет решение, удовлетворяющее условию затухания $0 < \eta_n < 1$, если $-3 < \alpha < 0, 0 < \alpha < 1$.

При $\alpha = 0, \alpha = 3, \alpha = -3$ получается предельный случай $\eta_n = 1$.

Закключение. На основе принципа самосопряженности задач изгибных колебаний тонких пластин предлагаются новые варианты граничных условий для свободного края. Эти варианты являются обобщением условий равенства нулю изгибающего момента и обобщенного перерезывающего усилия.

Институт механики НАН РА
e-mail: mbelubekyan@yahoo.com

М. В. Белубекян

О граничных условиях свободного края теории упругих пластин

Вместо общепринятых граничных условий теории пластин Кирхгофа – Томсона – Тета предлагается новый вариант граничных условий. Доказывается самосопряженность задачи колебаний прямоугольной пластинки. Приводится сравнение результатов для разных вариантов граничных условий свободного края.

Մ. Վ. Բելուբեկյան

Առաձգական սալերի տեսության ազատ եզրի պայմանների մասին

Սալերի տեսության ընդունված Կիրխոֆ – Տոմսոն - Տետի եզրային պայմանների փոխարեն առաջարկվում է եզրային պայմանների նոր տարբերակ: Ապացուցվում է ուղղանկյուն սալերի տատանումների խնդրի ինքնահամալույծ լինելը: Ազատ եզրի տարբեր պայմանների արդյունքների համար բերված են համեմատություններ:

M. V. Belubekyan

On the Free Edge Boundary Conditions of the Elastic Plate Theory

A new version of the boundary conditions is suggested in the paper instead of the Kirchhoff-Thomson-Tait conditions in the elastic plate theory. The selfadjointness of the rectangular plate vibration problems is proved. The comparison of results is bringing for different version of the free edge boundary conditions.

Литература

1. *Elishakoff I., Kaprlunov J.* – Applied Mechanics Reviews. 2015. V. 67. 060802 – 1- 060-802-11 (November).

2. *Васильев В. В.* – Изв РАН. МТТ. 2012. N5. С. 98-107.
3. *Коллатц Л.* Задачи на собственные значения (с механическими приложениями) М. Наука. 1968. 504 с.
4. *Амбарцумян С. А.* Теория анизотропных пластин. М. Наука. 1989. 360 с.
5. *Коненков Ю. К.* – Акуст. журн. 1960. Т. 6. N1. С. 124-126.

МЕХАНИКА

УДК 534.11

Член-корреспондент НАН РА С. М. Оганесян

К определению внутреннего трения при кинематическом возбуждении консольного стержня

(Представлено 7/IX 2017)

Ключевые слова: *сейсмостойкость, новая расчетная схема, консольный стержень, внутреннее трение, длинная линия, электрический ток.*

Введение. Среди различных причин затухания колебаний механических систем одной из важнейших является рассеяние энергии внутри самой колебательной системы, т.е. внутреннее трение. Достоверные оценки влияния внутреннего трения важны для правильного расчета работы строительных конструкций в динамических условиях [1- 4].

Несмотря на успехи, достигнутые при изучении природы внутреннего трения в материале, механизм этого сложного явления до сих пор остается недостаточно выясненным. Существующие гипотезы о характере сил внутреннего трения в зависимости от их физического содержания подразделяются на следующие группы [1]: 1) сила внутреннего трения является функцией скорости деформаций колеблющейся системы; 2) сила внутреннего трения является функцией смещения колеблющейся системы; 3) сила внутреннего трения обусловливается ползучестью, упругим последствием и релаксацией; 4) сила внутреннего трения обусловливается нелинейной зависимостью между напряжениями и деформациями, что приводит к образованию петли гистерезиса и при статически действующей циклической нагрузке.

В работе показано, что задачи 2 и 1 (рис. 1) при кинематическом возбуждении консольного стержня аналогичны соответственно задачам распространения тока в двухпроводной и однопроводной линиях. Составлена новая таблица аналогий между упругими (механическими) и электрическими величинами. На основании аналогии между распространениями упругих волн в консольном стержне и токами в длинной линии впервые записана система дифференциальных уравнений для «тока», подобная системе уравнений для чисто сдвиговых колебаний. Показано, как из записанного первого уравнения системы можно получить закон Ома для элек-

трического тока. Известно, что из телеграфных уравнений и систем уравнений Максвелла закон Ома не следует. Далее по аналогии из первого уравнения для чисто сдвиговых колебаний показано, что механизм внутреннего трения аналогичен закону Ома.

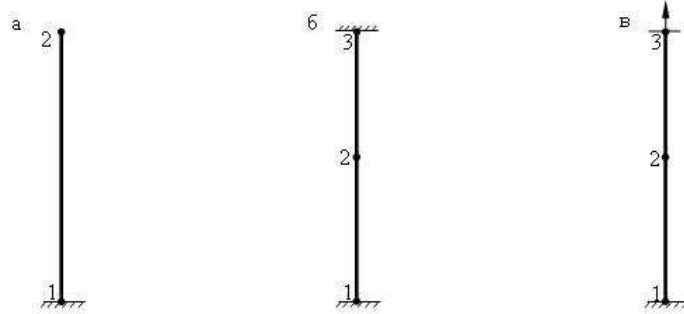


Рис. 1. а – задача 1; б – задача 2; в – задача 3.

Предварительные результаты. Из исследований по сейсмологии известно [5], что область распространения сейсмических Р и S волн при землетрясении невелики по сравнению с поверхностными волнами Лява и Рэлея. Отсюда можно сделать заключение, что поглощающие свойства геологической среды относительно Р и S волн значительно превосходят таковые по сравнению с поверхностными волнами. Так как S волна является чисто сдвиговой, то можно сделать предположение, что внутреннее сопротивление среды в основном определяется сдвиговыми колебаниями (растяжением-сжатием для Р волны).

Приведем разработанные в работах автора [6-17] принципиально новые постановки и расчетные схемы для колебания консольного стержня (зданий и сооружений) при кинематическом возбуждении для трех задач (рис. 1): 1) консольный стержень, 2) оба конца стержня жестко защемлены, 3) один конец жестко защемлен, а другой удовлетворяет условию $\frac{\partial U(l,t)}{\partial x} = 0$.

Запишем следующие полученные в работах [14, 16, 17] системы линейных дифференциальных уравнений, соответствующие волновым уравнениям:

1) для изгибно-сдвиговой составляющей колебания

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho S \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{\partial q}{\partial x}, \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial q}{\partial t} = kGS \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \end{array} \right. \quad (2)$$

где ρ, S – соответственно плотность и площадь поперечного сечения стержня, φ – угол поворота сечения S , $q(x,t)$ – внутренний распределен-

ный импульс (количество движения), k – числовой коэффициент, G – модуль сдвига Юнга;

2) для чисто сдвиговых колебаний

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho S \frac{\partial U}{\partial t} = -\bar{q}(x, t), \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \bar{q}}{\partial t} = -GS \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}, \end{array} \right. \quad (4)$$

где $U(x, t)$ – смещения площадки S в точке x , $\bar{q}(x, t)$ – внутренний распределенный импульс (количество движения);

3) для телеграфных уравнений [18]

$$\left\{ \begin{array}{l} L \frac{\partial I}{\partial t} = -\frac{\partial V}{\partial x}, \end{array} \right. \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C \frac{\partial V}{\partial t} = -\frac{\partial I}{\partial x}, \end{array} \right. \quad (6)$$

где L , C – соответственно индуктивность и емкость единицы длины двухпроводной линии, I , V – соответственно ток и напряжение в длинной линии.

Замечание 1. Из предложенных расчетных схем (рис. 1-4) видно, что при кинематическом возбуждении чисто сдвиговые колебания проявляются в виде стоячих волн [16, 17].

Замечание 2. Для задач 2 и 3 ввиду симметрии деформаций на участках $\left[0, \frac{l}{2}\right]$ и $\left[\frac{l}{2}, l\right]$ системы уравнений записаны только для точек $x \in \left[0, \frac{l}{2}\right]$.

Очевидно, что системы уравнений (1)-(2) и (5)-(6) аналогичны с точностью до знаков [14, 16, 17].

О взаимном влиянии постановок задач распространения упругих волн в стержне и тока в длинной линии. В работах [14, 16, 17] на основании аналогии уравнений сдвиговой составляющей изгибных колебаний с телеграфными уравнениями показано, что при кинематическом возбуждении консольного стержня $U_0(t)$ при любых дополнительных условиях на его свободном конце стержень кроме изгибных колебаний совершает дополнительное перемещение, равное $\frac{1}{2}U_0(t)$, которое приводит к чисто сдвиговым колебаниям. При этом $U_0(t)$ как бы «подразделяются» на две составляющие: $U_{10}(t) = U_{20}(t)$, $U_0(t) = U_{10}(t) + U_{20}(t)$, которые создают соответственно изгибные и чисто сдвиговые колебания. На основании приведенного «разложения» предложены принципиально новые схемы для расчета зданий и сооружений на сейсмические воздействия (рис. 2-4).

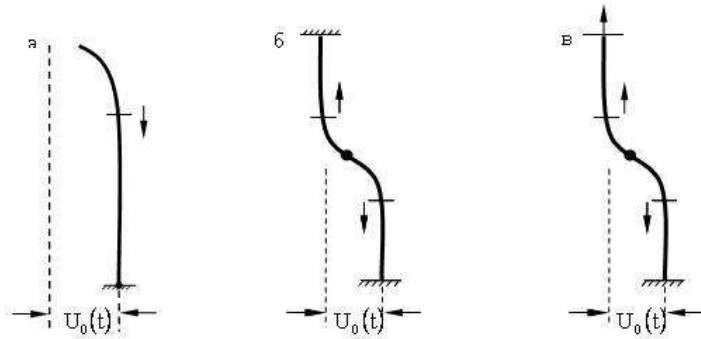


Рис 2. Расчетные схемы сдвиго-изгибных и чисто изгибных колебаний: а–для задачи 1; б – для задачи 2; в – для задачи 3.



Рис 3. Расчетная схема чисто сдвиговых колебаний для задач 2 и 3.

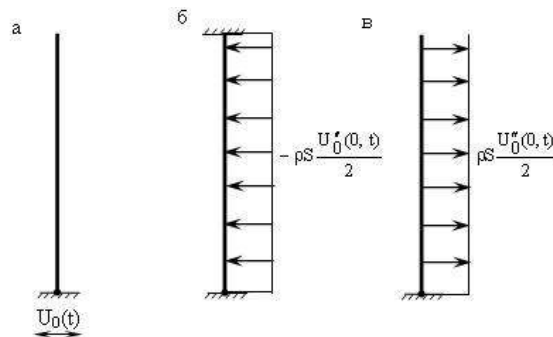


Рис. 4. Расчетная схема чисто сдвиговых (б) и изгибных (в) колебаний для задачи 1 (а).

Естественно, при расширении полученного «разложения» по аналогии для двухпроводной линии (с заземлением) при внешнем возбуждении в виде напряжения $V_0(t)$ также должно подразделиться на две составляющие $V_{10}(t)=V_{20}(t)$ и $V_0(t)=V_{10}(t)+V_{20}(t)$. Составляющая $V_{10}(t)$ создает ток I_1 в длинной линии, которая описывается телеграфными уравнениями. Далее необходимо составить систему уравнений для составляющей $V_{20}(t)$.

Формальная запись аналога уравнения чисто сдвигового колебания $U_{20}(t)$ для двухпроводной линии (с заземлением) требует составления таб-

лицы подобия между упругими и электрическими величинами для всех видов колебаний, приведенных в работах [6-14].

Упругие величины	Электрические величины
ρ – плотность стержня	L – индуктивность единицы длины
E, G – модули упругости	C – емкость единицы длины
$U_0(f(x, t))$ – кинем. смещение, (приложенная распределенная сила)	$V_0(V)$ – напряжение (потенциал)
$M_0(\varphi_0)$ – момент силы, (угол поворота основания)	I_0 – источник тока
$\varphi_1(u_1)$ – чистый изгиб	I_1 – вихревой ток
$\varphi_2(u_2)$ – изгибо-сдвиг	I_2 – ток проводимости
φ_4 – кручение	–
u_3 – чистый сдвиг	I_3 – поверхностно-вихревой ток
динамический слой двойной силы с моментом	динамический двойной электрический слой
$f'_x(x, t)$ – пока непонятное физическое явление	$\frac{\partial V(V_0)}{\partial x}$ – напряженность электрического поля

Приведенные в таблице аналогии несколько отличаются от принятой в известных работах по теории подобия [18-20].

На основании таблицы и трех вышеприведенных систем уравнений сразу можно записать аналог чисто сдвиговых колебаний для тока в двухпроводной линии с заземлением. Эта система уравнений имеет следующий вид:

$$\begin{cases} kL \frac{\partial \psi}{\partial t} = V, \\ C \frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial \psi}{\partial x} = I, \end{cases} \quad (7)$$

$$(8)$$

где $[\psi] = a \cdot m$, k – числовой коэффициент. Из дальнейшего изложения будет понятен вид системы уравнений (7)-(8).

Из уравнения (8) видно, что оно описывает явление, аналогичное току смещения с противоположным знаком, т.е. это аналог уравнения (6).

Отметим, что если равенство (7) продифференцируем по переменной x , то также получим аналог уравнения (5).

Умножив левую часть равенства (7) на $\frac{c}{c}$, получим

$$kLc \frac{\partial \psi}{\partial t} = V, \quad (9)$$

где c – скорость света.

Так как Lc – волновое сопротивление длинной линии, то выражение $kLc = R$ имеет размерность сопротивления, а $\frac{\Psi}{c}$ – размерность а·с, т.е. размерность заряда. Поэтому при соответствующем выборе значения коэффициента k равенство (9) совпадает с законом Ома.

$$R \cdot I = V. \quad (10)$$

Формально записанная система уравнений (7)-(8) имеет физический смысл, которому в дальнейшем необходимо дать правильное истолкование.

Замечание 3. Так как задачи 2 и 1 являются аналогами соответственно для задач распространения тока в двухпроводной и однопроводной линиях, то системы уравнений (5)-(6) и (7)-(8) верны и для однопроводной линии.

Постановка задачи. Подготовительная работа для решения задачи определения коэффициента внутреннего трения при кинематическом возбуждении консольного стержня проведена. Осталось сделать последние рассуждения, также основанные на аналогиях систем уравнений (3)-(4) и (7)-(8), но только в обратном направлении.

Умножим уравнение (3) слева и справа на скорость v распространения упругой волны чистого сдвига

$$\rho v S \frac{\partial U}{\partial t} = -v \cdot \bar{q}(x, t) \quad (11)$$

Если выражение $\rho v S$ обозначим через $\bar{R}$ (коэффициент внутреннего трения), а $v \cdot \bar{q}(x, t)$ – через $F(x, t)$, то получим

$$\bar{R} \frac{\partial U}{\partial t} = -F. \quad (12)$$

В равенстве (12) $F(x, t)$ – внутренняя сила в точке x (по-видимому, эквивалентная перерезывающей силе). Поэтому она определяет закон внутреннего трения при колебании консольного стержня, аналогичный закону Ома для длинной линии. Знак минус в равенстве (12) напоминает закон Ленца.

Полученный на основании равенства (12) «закон» внутреннего трения укладывается в концепцию первой группы. Однако сам процесс внутреннего трения при изгибных колебаниях зависит фактически не от перемещения, возникающего от внешнего воздействия $U_{10}(t)$, а от перемещения чистого сдвига $U_2(x, t)$, возникающего от внешнего воздействия $U_{20}(t)$. Особо отметим, что $U_1(x, t) \neq U_2(x, t)$.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
им. А. Назарова НАН РА
e-mail: iges@mail.ru

Член-корреспондент НАН РА С. М. Оганесян

**К определению внутреннего трения при кинематическом
возбуждении консольного стержня**

Показано, что задача о случае, когда оба конца стержня жестко зашлемлены, и задача о консольном стержне при кинематическом возбуждении аналогичны соответственно задачам распространения тока в двухпроводной и однопроводной линиях. Составлена новая таблица аналогий между упругими (механическими) и электрическими величинами. На основании аналогии между распространениями упругих волн в консольном стержне и токами в длинной линии впервые записана система дифференциальных уравнений для «тока», подобная системе уравнений для чисто сдвиговых колебаний. Показано, как из первого записанного уравнения системы можно получить закон Ома для электрического тока. Далее по аналогии из первого уравнения для чисто сдвиговых колебаний показано, что механизм внутреннего трения аналогичен закону Ома.

ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Ս. Մ. Հովհաննիսյան

**Կոնսոլային ձողի կինեմատիկ գրգռմամբ ներքին
շփման որոշումը**

Ցույց է տրված, որ երկու ծայրով կոշտ ամրակցված ձողի և կոնսոլային ձողի խնդիրները կինեմատիկ գրգռման դեպքում համապատասխանաբար համանման են երկհաղորդիչ և միահաղորդիչ լարերով (զծերով) հոսանքի տարածման խնդիրներին: Կազմվել է առաձգական(մեխանիկական) և էլեկտրական մեծությունների միջև նոր համանմանության աղյուսակ: Կոնսոլային ձողով առաձգական ալիքի և երկար լարով հոսանքի տարածման միջև ստացված համանմանություններից առաջին անգամ գրվել է մաքուր սահքի հավասարումների համակարգին համանման «հոսանքի» դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգը: Ցույց է տրված, թե ինչպես գրված առաջին հավասարումների համակարգից կարելի է ստանալ էլեկտրական հոսանքի համար Օհմի օրենքը: Հետագայում մաքուր սահքի տատանումների համար առաջին հավասարումների համակարգից ցույց է տրված, որ ներքին շփման մեխանիզմը համանման է Օհմի օրենքին:

Corresponding member of NAS RA S. M. Hovhannisyan

**To the Definition of Internal Friction at Kinematic Excitation
of Cantilever Beam**

In the paper it is shown that problem 2 (both ends of the beam are rigidly clamped) and 1 (cantilever beam) with kinematic excitation of the cantilever beam are similar to the problems of current distribution in two-wire and single-wire lines, respectively. A new table of analogies between elastic (mechanical) and electrical quantities is compiled. Based on the analogy between the propagation of elastic waves in a cantilever beam and currents in a long line, a system of differential equations is recorded for the first time for “electric current”, similar to system of equations for purely shear oscillations. It is shown how from the recorded first equation of the system

it is possible to obtain Ohm's law for an electric current. Further on the analogy from the first equation, for purely shear oscillations it is shown that the internal friction mechanism is similar to Ohm's law.

Литература

1. Назаров А. Г. Метод анализа сейсмических сил. Ереван. Изд. АН АрмССР. 1959. 287 с.
2. Пановко Я. Г. Внутреннее трение при колебаниях упругих систем. М. ГИФМЛ. 1960. 196 с.
3. Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. Демпфирование колебаний. М. Мир. 1988. 448 с.
4. Хачиян Э. Е. Сейсмические воздействия и прогноз поведения сооружений. Ереван. Гитутюн. 2015. 556 с.
5. Саваренский Е. Ф. Сейсмические волны. М. Недра. 1972. 294 с.
6. Оганесян С. М. – ДНАН Армении. 2013. Т. 113. № 3. С. 259-267.
7. Оганесян С. М. – Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружения. 2013. № 5. С. 26-29.
8. Оганесян С. М. В кн.: Современные задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Сб. науч. тр. I междунар. науч. конф. молодых уч., посв. 70-летию НАН РА. Ереван. Гитутюн. 2013. С. 103-115.
9. Оганесян С. М., Мурадян А. Р., Оганесян А. С. В кн.: Современные задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Сб. науч. трудов I междунар. науч. конф. молодых ученых, посвященной 70-летию НАН РА. Ереван. Гитутюн. 2013. С. 256-258.
10. Оганесян С. М. В кн.: Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред. Труды VIII междунар. конф., 22-26 сентября 2014 г. Горис – Степанакерт – Ереван. 2014. С. 325-329.
11. Оганесян С. М., Геодакян Э. Г., Карапетян Дж. К. В кн.: Сб. науч. трудов конф. «Актуальные проблемы механики сплошной среды». Ереван. 2015. С. 312-314.
12. Оганесян С. М., Геодакян Э. Г., Карапетян Дж. К., Саакян Б. В., Андикян М. А. В кн.: Современные задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Сб. науч. трудов II междунар. науч. конф. молодых ученых. Цахкадзор, 2015. Ереван. Гитутюн. 2016. С. 260-264.
13. Оганесян С. М., Геодакян Э. Г., Карапетян Дж. К. В кн.: Сб. трудов XI Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Казань, 20-24 августа 2015 г. Изд. Казанского (Приволжского) федерального ун-та. 2015. С. 2833-2835.
14. Оганесян С. М. В кн.: Сб. науч. трудов конф. «Актуальные проблемы механики сплошной среды». Ереван. 2015. С. 309-311.
15. Оганесян С. М. В кн.: Совр. задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Сб. науч. трудов II междунар. науч. конф. молодых ученых, Цахкадзор, 2015. Ереван. Гитутюн. 2016. С. 386-390.
16. Оганесян С. М. В кн.: Совр. задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Сб. науч. трудов II междунар. науч. конф. молодых ученых. Цахкадзор, 2015. Ереван. Гитутюн. 2016. С. 90-100.
17. Оганесян С. М. В кн.: Тезисы докл. научно-практической конф. по сейсмостойкому строительству (с международным участием). Москва, 1-2 декабря 2016. Москва www. SPCEE2016.ru. С. 114-117.

18. *Тихонов А. Н., Самарский А. А.* Уравнения математической физики. М. Наука. 1972. 736 с.
19. *Назаров А. Г.* О механическом подобии твердых деформируемых тел (к теории моделирования). Ереван. Изд. АН АрмССР. 1965. 220 с.
20. *Скучик Е.* Простые и сложные колебательные системы. М. Мир. 1971. 560 с.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК 542.97+547.61+547.722.3

А. Р. Геворгян

Поведение бромидов метилфенил(проп-2-инил)(3-алкенил- или 3-арилпроп-2-инил)-, -аллил(3-фенилпроп-2-инил)аммония по отношению к водной щелочи и водно-щелочное расщепление бромидов 2-метил-2-фенилизоиндолиния и -бензо[f]изоиндолиния

(Представлено чл.-кор. НАН РА В.О.Топузяном 20/VI 2017)

Ключевые слова: катализируемая основанием внутримолекулярная циклизация, бромистый 2-метил-2-фенилизоиндолиний, -бензо[f]изоиндолиний, 2-фенилизоиндолин, -5-метилизоиндолин, -бензо[f]изоиндолин.

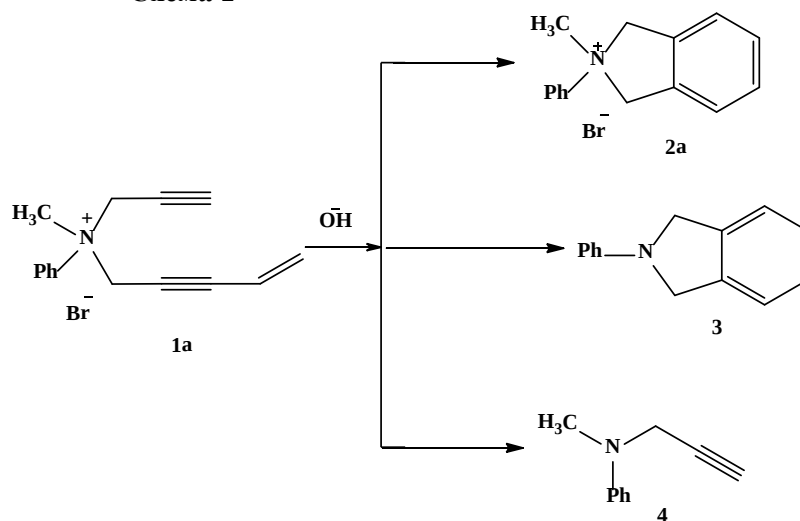
Катализируемое основанием [4+2] циклоприсоединение типа диенового синтеза солей аммония, содержащих π^2 группу наряду с различными π^4 фрагментами, обнаруженное еще в 1969г. акад. А. Т. Бабалян, проф. Э. О. Чухаджян [1], легло в основу нового направления в органической химии. Появились огромные синтетические возможности для формирования биоактивных ди-, три- и полициклических изоиндолиниевых и дигидроизоиндолиниевых солей [2-5]. Результаты исследований в этой области обобщены в обзорных статьях [5, 6]. Выявлены практические аспекты использования этих солей в фармакологии. Среди этих соединений имеются представители, обладающие высокой фармакологической активностью (гипо- и гипертензивной активностью, анальгетическим действием ненаркотического характера, антикоагуляционным действием и др.), а также комплексом важных фармакологических свойств. Их фармакологическая активность защищена многочисленными авторскими свидетельствами СССР, а также патентами Республики Армения [5, 6]. Исходя из изложенного расширение и развитие области применения этой реакции является актуальной задачей.

С целью выявления влияния фенильной группы, находящейся у атома азота на циклизацию, нами изучено поведение бромистых метилфенил(проп-2-инил)(3-алкенил)- или -(3-арилпроп-2-инил)аммония по отношению к катализируемой основанием внутримолекулярной циклизации.

Установлено, что при ступенчатом добавлении к водному раствору бромистого метилфенил(проп-2-инил)(3-винилпроп-2-инил)аммония (**1a**)

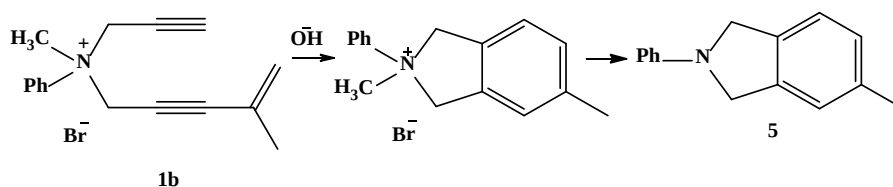
(табл.1) щелочи в молярном соотношении соль:щелочь 4:1 имеет место циклизация, и температура реакционной смеси от 25-30°C с саморазогреванием быстро поднимается до 98-100°C. В качестве конечного продукта были получены бромистый 2-метил-2-фенилизоиндолий (**2a**) с 56%-ным выходом и 2-фенилизоиндолин (**3**) с 13%-ным выходом (табл.1), являющийся продуктом нуклеофильного отщепления N-метильной группы соли **2a**. Был получен также метилфенил(проп-2-инил)амин (**4**) с 14%-ным выходом (схема 1).

Схема 1



Показано, что 3-изопропенилпроп-2-инильный аналог (**1b**) (табл.1) в молярном соотношении соль:щелочь 1:0.7 также подвергается циклизации с бурным саморазогреванием, однако в качестве конечного продукта был получен лишь продукт нуклеофильного отщепления N-метильной группы – 2-фенил-5-метилизиндолин (**5**) с 65%-ным выходом (табл.1) (схема 2).

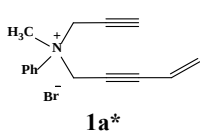
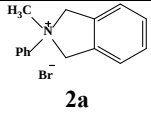
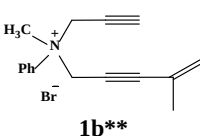
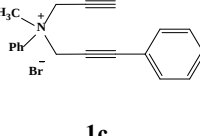
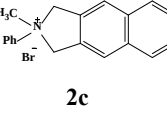
Схема 2



Циклизация бромистого метилфенил(проп-2-инил)(3-фенилпроп-2-инил)аммония (**1c**) в вышеуказанных условиях, аналогично диалкиламмониевым солям [2], также протекает с саморазогреванием, однако для полного растворения исходной соли смесь нагревается до 55°C, затем добавляется щелочь. В качестве конечного продукта образуется бромистый 2-метил-2-фенилбензо[*f*]изоиндолий (**2c**) с 88%-ным выходом (схема 3).

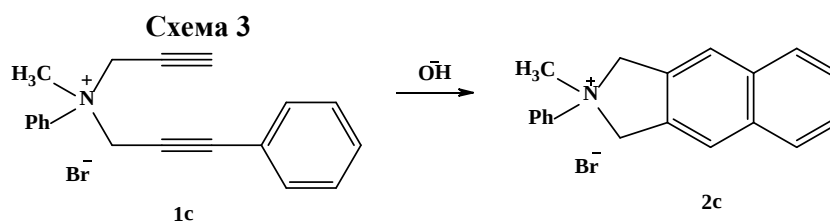
Результаты катализируемой основанием циклизации солей 1a-c

Таблица 1

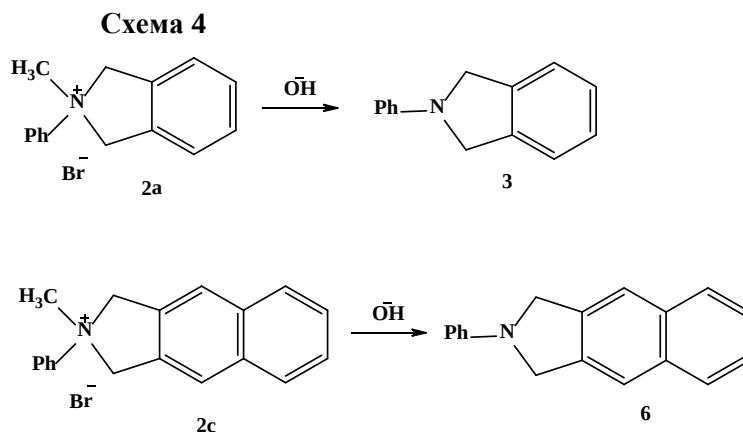
Соль	Т _{пл.} , °C	Области поглощений		Продукт циклизации	Т _{пл.} , °C	Вых., %	Области поглощений	
		ИК спектр, ν, см ⁻¹	УФ спектр, λ _{max} , нм				ИК спектр, ν, см ⁻¹	УФ спектр, λ _{max} , нм
 1a*	105-107 гигр.	690,720 (монозам.бенз.кольцо);920, 960, 3080 (монозам. винил.гр.),2120 (монозам. ацетил.связь); 2240(двузам.ацетил. связь); 1600,3020,3040,3070 (аромат. кольцо)	208, 225, 238, 245	 2a	181-182	56	690, 720, 780 (моно- и о-зам. бенз. кольцо); 1590, 3030 (аромат. кольцо)	УФ спектр: 208,258,268, 275,280
 1b**	110-112	690, 720 (монозам. бенз.кольцо); 890 (монозам. винил.гр.); 2130 (монозам. ацетил. связь); 2240 (двузам. ацетил.связь); 1590, 3030 (аромат. кольцо)	230, 278, 288	-				
 1c	118-120	730, 770(монозам.бенз. кольцо); 2120 (монозам. ацетил.связь)2240(двузам. ацетилен.связь); 1590, 3040 (аромат. кольцо)	208, 249, 260	 2c	227-228	88	730, 780, 880(моно-и о-зам.бенз. кольцо); 860 (1,2,4,5-зам бенз. кольцо), 1590, 3030 (аромат.кольцо)	208, 230,260,268, 278

Примечание к табл. 1. *При циклизации соли 1а наряду с циклической солью 2а получается также 2-фенилизоиндолин (3) с 13 %-ным выходом ($T_{пл}$ 118-120°C), который является продуктом нуклеофильного отщепления N-метильной группы и не дает депрессии температуры плавления с амином, полученным при водно-щелочном расщеплении соли 2а.

**В случае соли 1б был получен лишь 2-фенил-5-метилизоиндолин (5) с 65 % выходом, являющийся продуктом нуклеофильного отщепления N-метильной группы. ИК спектр; ν , см⁻¹: 700,780(монозам.бенз.кольцо); 875 (1,2,4); 1600,3030(аромат.кольцо). УФ спектр; λ_{max} , нм: 208,250,265



Установлено, что бромистые 2-метил-2-фенилизоиндолиний (2а) и 2-метил-2-фенилбензо[*f*]изоиндолиний (2с), в отличие от диметильного аналога [2], расщепление которого реализуется лишь под действием этилата натрия в среде абсолютного этанола, подвергаются расщеплению в присутствии двукратного мольного количества водной щелочи на моль исходной соли при нагревании до 110-120°C. В результате получают 2-фенилизоиндолин (3) и 2-фенилбензо[*f*]изоиндолин (6) с 82- и 75%-ными выходами соответственно (табл.2), являющиеся продуктами нуклеофильного отщепления N-метильной группы солей 2а и 2с (схема 4).



Известно, что бромистый диметил (аллил)(3-фенилпроп-2-инил) аммоний в присутствии 0.2 моль щелочи на моль исходной соли при нагревании в течение 2-3 ч подвергается циклизации на 70% и перегруппировке-расщеплению на 10-15% [7]. Установлено, что бромистый метилфенил(аллил)(3-фенилпроп-2-инил)аммоний (7) в вышеуказанных условиях почти не подвергается изменению, лишь при ступенчатом добавлении двукратного мольного количества водной щелочи на моль исходной соли и при нагревании реакционной смеси при 90-92°C в

течение 3–4 ч подвергается перегруппировке-расщеплению (35%) (гидразон плавится при 170⁰С и не дает депрессии температуры плавления с известным образцом) [7] – путь **A**, стивенсовской перегруппировке (27%) – путь **B** и нуклеофильному отщеплению аллильной группы (17%) – путь **C**. Циклизация, приводящая к образованию бромистого 2-метил-2-фенил-3а, 4-дигидробензо[*f*]изоиндолия (**10**) (*T*_{пл} 205-207⁰С) имеет место лишь на 10% (путь **D**) (схема 5). Строение продукта **10** установлено ИК и УФ спектральными методами. ИК спектр; ν , см⁻¹: 690, 720, 770 (моно- и о-замещ. бенз. кольцо); 1600, 3040 (аромат. кольцо). УФ спектр; λ_{max} , нм: 220, 255, 265.

Таблица 2

Результаты водно-щелочного расщепления солей 2а и 2с

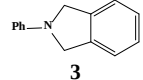
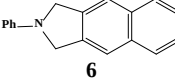
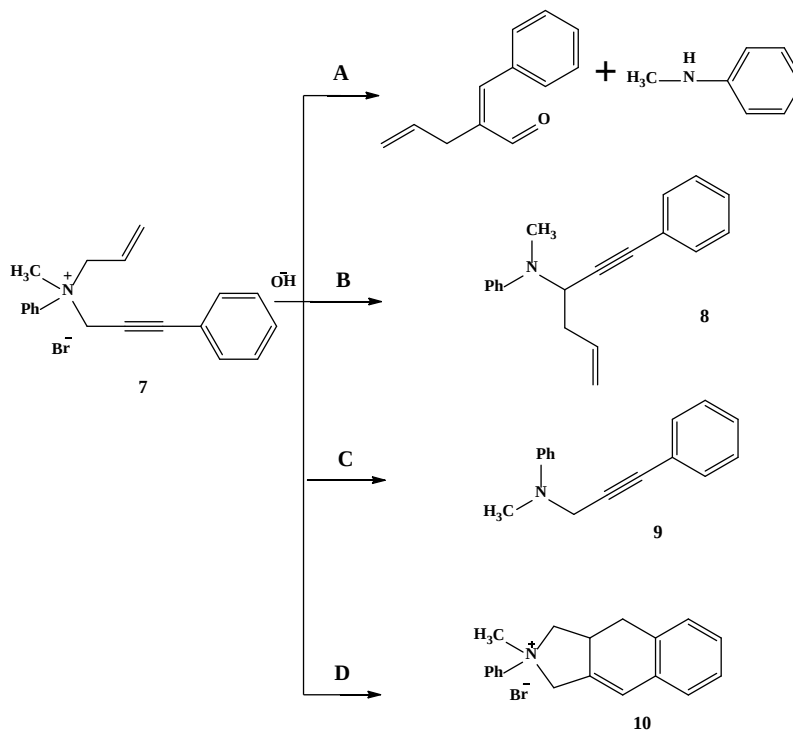
Амины	<i>T</i> _{пл} , ⁰ С	Выход, %	Области поглощений	
			ИК спектр, ν , см ⁻¹	УФ спектр, λ_{max} , нм
 3	118-120	82	690,700,720(моно- и о-зам. бенз.кольцо); 1590, 3030 (аромат.кольцо)	208,255,258,265
 6	При 240 ⁰ С имеет место обугливание, растворяется только в метиленхлориде	75	680,700,720(моно- и о-зам. бенз.кольцо); 850 (1,2,4,5-зам бенз. кольцо); 1600,3020, 3050 (аромат.кольцо)	220,255,265,280

Схема 5

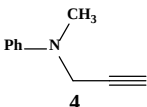
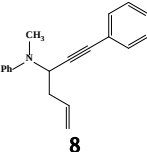
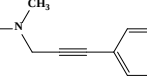


Наличие вышеуказанных аминов в смеси, полученных в условиях водно-щелочного расщепления соли **7**, установлено ИК спектральными методами, а процентное содержание аминов в смеси – при помощи колоночной хроматографии.

Следует отметить, что соль **7** в условиях стивенсовской перегруппировки (порошкообразное КОН с добавлением нескольких капель CH_3OH), аналогично бромистому диалкил(аллил)(3-фенилпроп-2-инил)аммоний [8], с легкостью подвергается стивенсовской перегруппировке с образованием метилфенил[(1-аллил)3-фенилпроп-2-инил]амина (**8**) (табл.3) (схема 5).

Таблица 3

Физико-химические параметры аминов 4, 8, 11

Амины	Т _{кип.} , °C/мм. рт.ст	Т _{пл. пик.} , °C	n _D ²⁰	Выход, %	Области поглощения ИК спектр, ν, см ⁻¹
 4	85-87/4-5	-	1,5650	45	690, 720 (монозам. бенз. кольцо) 1590, 3030, (аромат. кольцо) 2120 (монозам. ацетилен.связь)
 8	160/4-3	105-107	1,6020	75	700, 720 (монозам.бенз. кольцо) 920, 960, 3080 (монозам. винил. гр.), 1600, 3020, (аромат.кольцо)
 11	155/0.2	113-115	медообр.	40	680, 700, 720 (монозам. бенз. кольцо) 1600, 3030 (аромат. кольцо)

Исходные соли **1a-c** были получены алкилированием метилфенил (проп-2-инил)амина (**4**) (табл. 3) 3-винил-, 3-изопропенилпроп-2-инил или 3-фенилпроп-2-инил бромидами [9, 10]. Амин **4**, который был получен при циклизации соли **1a** в условиях основного катализа, синтезирован алкилированием метилфениламина проп-2-инил бромидом. Исходная соль **7** была получена алкилированием метилфенил(3-фенилпроп-2-инил)амина (**11**) (табл. 3) аллилбромидом. Метилфенил(3-фенилпроп-2-инил)амин был синтезирован по известной методике [11].

На основании проведенных исследований разработан доступный способ получения потенциально биоактивных бромистых 2-метил-2-фенилизоиндолия, -бензо[*f*]изоиндолия и 2-фенилизоиндолина, -5-метилизоиндолина, -бензо[*f*]изоиндолина – соединений, синтез которых другими химическими способами трудно осуществить. Структуры исходных аминов, испытываемых солей, а также продуктов циклизации и цик-

лизации-расщепления установлены ИК и УФ спектральными методами, а чистота – элементным анализом.

Институт органической химии научно-технологического центра
органической и фармацевтической химии НАН РА,
e-mail: hasulik4@mail.ru

А. Р. Геворгян

Поведение бромидов метилфенил(проп-2-инил)(3-алкенил- или 3-арилпроп-2-инил)-, -аллил(3-фенилпроп-2-инил) аммония по отношению к водной щелочи и водно-щелочное расщепление бромидов 2-метил-2-фенилизоиндолина и -бензо[*f*]изоиндолина

Показано, что при циклизации бромистого метилфенил(проп-2-инил)(3-винилпроп-2-инил)аммония в условиях основного катализа наряду с циклизацией имеет место также нуклеофильное отщепление N-метильной группы циклического продукта. В случае 3-изопропенилпроп-2-инильного аналога в качестве конечного продукта получается исключительно 2-фенил-5-метилизоиндолин. Установлено, что бромистый метилфенил(проп-2-инил)(3-фенилпроп-2-инил)аммоний в условиях основного катализа подвергается лишь внутримолекулярной циклизации. Между тем аллильный аналог в вышеуказанных условиях почти не подвергается изменению. Лишь при ступенчатом добавлении двукратного мольного количества водной щелочи к водному раствору соли циклизация имеет место всего на 10%. Установлено также, что в условиях стивенсовской перегруппировки фенильная группа у атома азота совершенно не влияет на перегруппировку.

Հ. Ռ. Գևորգյան

Մեթիլֆենիլ(պրոպ-2-ինիլ)3-ալկենիլ- կամ 3-արիլպրոպ-2-ինիլ)-, -ալիլ(3-ֆենիլպրոպ-2-ինիլ)ամոնիում բրոմիդների վարքը ջրային հիմքի պայմաններում և 2-մեթիլ-2-ֆենիլիզոինդոլինում և -բենզո[*f*]իզոինդոլինում բրոմիդների ջրա-հիմնային ճեղքումը

Հաստատվել է, որ հիմնային կատալիզի պայմաններում մեթիլֆենիլ(պրոպ-2-ինիլ)(3-վինիլպրոպ-2-ինիլ)ամոնիում բրոմիդի ցիկլացման ժամանակ ցիկլացման հետ մեկտեղ տեղի է ունենում նաև ցիկլիկ աղից N-մեթիլ խմբի նուկլեոֆիլ պոկում: 3-իզոպրոպենիլպրոպ-2-ինիլ նմանակի դեպքում որպես ռեակցիայի վերջնական արգասիք ստացվում է 2-ֆենիլ-5-մեթիլ իզոինդոլին: Հաստատվել է, որ մեթիլֆենիլ (պրոպ-2-ինիլ) (3-ֆենիլպրոպ-2-ինիլ)ամոնիում բրոմիդը հիմնային կատալիզի պայմաններում ենթարկվում է միայն ներմոլեկուլային ցիկլացման: Մինչդեռ ալիլային նմանակը վերոհիշյալ պայմաններում գրեթե փոփոխության չի ենթարկվում: Միայն աղի ջրային լուծույթի վրա կրկնակի մոլյար քանակությամբ հիմքի աստիճանական ավելացման դեպքում ցիկլացումն ընթանում է ընդամենը 10%-ով: Հաստատվել է նաև, որ ստիվենսյան

վերախմբավորման պայմաններում ազոտի մոտ կանգնած ֆենիլ խումբը բացառապես չի ազդում վերախմբավորման վրա:

H. R. Gevorgyan

Behavior of Methylphenyl(prop-2-ynyl)(3-alkenyl- or 3-arylprop-2-ynyl)-, -allyl(3-phenylprop-2-ynyl)ammonium Bromides in Relation to Water-Base Condition and Water-Base Cleavage of 2-methyl-2-phenylisoindolinium and -benzo[f]isoindolinium Bromides

For the first time it was established that cyclization of methylphenyl (prop-2-ynyl)(3-vinylprop-2-ynyl)ammonium bromide under the conditions of the base catalysis along with cyclization leads to the nucleophilic cleavage of the N-methyl group of the cyclic product. In the case of the 3-isopropenylprop-2-ynyl analog, only 2-phenyl-5-methylisoindoline is obtained as the final product. It was established that methylphenyl(prop-2-ynyl)(3-phenylprop-2-ynyl) ammonium bromide under the conditions of the base catalysis undergoes only intramolecular cyclization. Meanwhile, the allyl analog in the above-mentioned conditions almost does not undergo changes. Only at step by step addition of double molar amount of water-base to water solution of salt the cyclization takes place for only 10%. It was also established that in the conditions of a Stevens's rearrangement the phenylic group at nitrogen atom exceptionally doesn't influence on rearrangement.

Литература

1. *Бабаян А. Т., Чухаджян Э. О., Бабаян Г. Т., Абрамян И. А.* - ДАН Арм. ССР. 1969. Т. 48. С. 54.
2. *Бабаян А. Т., Чухаджян Э. О., Бабаян Г. Т.* - ЖОрХ. 1970. Т.6. С. 1161.
3. *Чухаджян Э. О., Чухаджян Эл. О., Шахатуни К. Г., Бабаян А. Т.* - ХГС. 1991. Т. 6. С.759
4. *Бабаян А. Т., Чухаджян Э. О., Манасян Л. А.* - Арм. хим. ж. 1978. Т. 31. Р. 489.
5. *Чухаджян Э. О.* - ХГС. 1993. Т. 4. С. 435
6. *Чухаджян Э. О., Шахатуни К. Г., Чухаджян Эл. О.* - Химия в интересах устойчивого развития. 2013. Т. 21. С. 247.
7. *Бабаян А. Т., Чухаджян Э. О., Бабаян Г. Т., Чухаджян Эл. О., Киноян Ф. С.* - Арм. хим. ж. 1970. Т. 23. С. 149.
8. *Бабаян А.Т., Ананян Э. С., Чухаджян Э. О.* - Арм. хим. ж. 1969. Т. 22. С. 894.
9. *Holleman.* - Ber. 1887. V. 20. P. 3081.
10. *Назаров И. Н., Верховлетова Г. П., Торгов И. В.* - ЖОХ. 1959. Т. 29. С. 3317.
11. *Бабаян А. Т., Чухаджян Э. О., Чухаджян Эл. О.* - ЖОрХ. 1973. Т. 3. С. 467.

НЕЙРОХИМИЯ

УДК 615.213:615.214

С. А. Казарян, Р. Г. Пароникян

N-замещенные нейроаминокислоты и дипептиды как противосудорожные средства

(Представлено чл.-кор. НАН РА В.О. Топузяном 31/III 2017)

Ключевые слова: *противосудорожные соединения, коразоловые су-
дороги, нейроаминокислоты, дипептиды*

В последние годы поиску новых противосудорожных средств посвящено много исследований. Как известно, противосудорожные средства – класс лекарственных средств, применяемых для предупреждения и прекращения припадков, главным образом, при эпилепсии [1]. В терапии противозипилептическими препаратами, в основном II поколения, намечается тенденция оптимизации лечения, направленная на использование антиконвульсантов с расширенными комбинированными свойствами [2]. Одновременно все большее внимание привлекает возможность фармакологической регуляции синаптических процессов, осуществляемых при участии аминокислот – глицина, ГАМК, глутамата. Кроме того, ряд авторов предполагает, что и некоторые другие аминокислоты могут быть нейромедиаторами или нейромодуляторами (L-аспартат, β-аланин, триптофан, валин и др.). 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].

Предлагаемое сообщение является продолжением ранее проводимых исследований по изучению противосудорожной активности различных производных нейроаминокислот [5-7].

Материал и методы. Исследование противосудорожной активности 8 соединений – 4 нейроаминокислот (N-п-пропоксибензоил-ГАМК, N-п-изопропокси-бензоил-ГАМК, N-п-бутоксibenзоил-ГАМК, N-п-изобутоксibenзоил-ГАМК) и 4 дипептидов (N-п-пропоксибензоил-β-аланил-ГАМК, N-п-изопропоксибензоил-β-аланил-ГАМК, N-п-бутоксibenзоил-β-аланил-ГАМК, N-п-изобутоксibenзоил-β-аланил-ГАМК) проводили на белых лабораторных мышцах обоего пола массой 18-24 г. Использовали мо-

дели судорог, вызванных коразолом (пентилентетразол), никотином, ареколином и электрическим током [8-12]. О противосудорожной и прогностической транквилизирующей активности соединений судили по предупреждению коразоловых клонических судорог [8]. 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), никотиновых судорог (никотин вводили в/б в дозе 8 мг/кг) и ареколинового тремора (ареколин вводили п/к в дозе 15 мг/кг). Параметры максимального электрошока – 50 мА, длительность – 0.2 с, частота колебаний – 50 имп/с, критерием оценки является предупреждение тонико-экстензорной фазы судорожного припадка.

Нейроаминокислоты вводили внутривентриально в дозах 50-200 мг/кг во взвеси с карбоксиметилцеллюлозой с твин-80 за 45 мин до введения судорожных агентов и нанесения электрического раздражения. Дипептиды нерастворимы и вводились перорально в персиковом масле. Контрольным животным вводили эмульгатор. Каждую дозу соединений по каждому тесту изучали на 5 животных. Аналогом сравнения служил известный противозападнический препарат этосуксимид (заронтин), применяющийся при лечении абсансов и миоклонических судорог [1], который вводился мышам в дозах 50-300 мг/кг внутривентриально.

Изучено побочное нейротоксическое (миорелаксантное) действие соединений и этосуксимида в дозах от 50 до 600 мг/кг при внутривентриальном введении. Миорелаксацию исследовали по тесту «вращающегося стержня» у мышей [13,14]. С этой целью мышам 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, а также острую суточную токсичность соединений при внутривентриальном введении. Для определения 50%-ных эффективных доз – ЭД₅₀ (вызывающих противосудорожный эффект у 50% животных), а также 50%-ных нейротоксических доз – ТД₅₀ и 50%-ных летальных доз – ЛД₅₀ использовали статистический метод пробит анализа по Литчфильду и Уилкоксона [15].

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что изучаемые соединения и этосуксимид не проявляют антиэлектрошокового действия, не предупреждают никотиновые судороги (что указывает также на отсутствие центрального н-холинолитического действия) и ареколиновый тремор (это указывает также на отсутствие центрального м-холинолитического действия). В дозе 200 мг/кг у исследованных соединений и сравнимого заронтина не выявлено миорелаксантного действия. Однако у соединений выявлен антагонизм с коразолом. N-замещенные нейроаминокислоты в дозе 200 мг/кг проявляют выраженное антикоразоловое действие (таблица), тогда как N-замещенные дипептиды – более слабое действие. Кроме соединения с изопропоксibenzoил радикалом остальные дипептиды проявляют 40%-ную эффективность. В таблице представлены антикоразоловое действие наиболее активных соединений, миорелаксация

и острая суточная токсичность этих веществ и сравниваемого противосудорожного препарата этосуксимида.

Как видно из таблицы, ЭД₅₀ изучаемых соединений по антагонизму с коразолом находится в пределах от 105 до 175 мг/кг. По антикоразоловой активности и нейротоксичности вышеуказанные соединения проявляют одинаковое действие по сравнению с этосуксимидом. У этих веществ острая суточная токсичность обнаруживается в дозах, в несколько раз превышающих противосудорожные дозы (ЛД₅₀ находится в пределах от 750 до 880 мг/кг). Этосуксимид несколько менее токсичен по сравнению с исследуемыми веществами (ЛД₅₀ равняется 1325 мг/кг). По терапевтическому индексу (ТИ= ЛД₅₀/ ЭД₅₀) изучаемые соединения почти не уступают этосуксимиду. Наиболее активное соединение – N-п-изопропоксибензоил-ГАМК по широте фармакологического действия сходно с этосуксимидом.

**Противосудорожное действие и токсичность
наиболее активных соединений и этосуксимида**

Соединение (химическое название)	Антагонизм с коразолом (ЭД ₅₀ мг/кг)*	ТД ₅₀ , мг/кг	ЛД ₅₀ , мг/кг*
N-п-пропоксибензоил-ГАМК	125 (100 ÷ 156)	425(354÷510)	800(597÷1072)
N-п-изопропоксибензоил-ГАМК	105(87.5÷131.25)	560(430÷728)	880(520÷1490)
N-п-бутоксибензоил-ГАМК	175(113 ÷ 271)	500(385÷650)	750(577÷975)
N-п-изобутоксибензоил-ГАМК	145 (100 ÷ 181)	465(372÷581)	780(624÷975)
N-п-пропоксибензоил-β-аланил-ГАМК	135(112.5÷ 68.7)	525(438÷630)	860(661÷1118)
Этосуксимид	155(117.5÷204.5)	520(412.6÷655.2)	1325(1200÷1460)

*Доверительные интервалы при уровне вероятности P=0.05.

Выявлена связь между химическим строением исследуемых соединений и их фармакологической активностью. Так, наибольшую противосудорожную активность по антагонизму с коразолом проявляют N-замещенные нейроаминокислоты по сравнению с N-замещенными дипептидами. Среди N-замещенных нейроаминокислот самое интересное вещество имеет изопропокси-радикал, а среди дипептидов – пропокси-радикал.

Таким образом, у всех изученных N-замещенных нейроаминокислот и дипептидов в той или иной степени выявлено противосудорожное действие по антагонизму с коразолом.

Новые синтезированные производные аминокислот представляют биологическую ценность, особенно как противосудорожные вещества, которые малотоксичны и имеют высокие терапевтические и защитные индексы. N-замещенные нейроаминокислоты более перспективны для дальнейших исследований по выявлению противосудорожной активности и

создания новых противоэпилептических препаратов по сравнению с дипептидами.

Наиболее выраженную активность проявляет соединение N-п-изопропокси-бензоил-ГАМК, которое по активности и широте фармакологического действия сходно с известным противосудорожным препаратом этосуксимид. Фактически для противосудорожной активности дипептидов определяющей является не только роль пара-алкокси групп, но и последовательность аминокислотных остатков в дипептидной цепи.

Полученные результаты дают основание для продолжения исследований противосудорожной активности в этом ряду соединений.

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

С. А. Казарян, Р. Г. Пароникян
N-замещенные нейрoаминокислоты и дипептиды как
противосудорожные средства

Исследовалось противосудорожное действие новых соединений – 8 N-замещенных нейрoаминокислот и дипептидов на различных и общепринятых судорожных моделях (коразоловые судороги, максимальный электрошок, никотиновые судороги и ареколиновый тремор). Изучены также побочное нейротоксическое (миорелаксантное) действие соединений и их острая суточная токсичность. У всех изученных N-замещенных нейрoаминокислот и дипептидов в той или иной степени выявлено противосудорожное действие по антагонизму с коразолом. Наиболее выраженную активность проявляет соединение N-п-изопропоксибензоил-ГАМК, которое по активности и широте фармакологического действия сходно с известным противосудорожным препаратом этосуксимид.

Ս. Հ. Ղազարյան, Ռ. Գ. Պարոնիկյան

N-տեղակալված նեյրոամինաթթուները և դիպեպտիդները որպես
հակացնցումային միջոցներ

Հետազոտվել է 8 նոր N-տեղակալված նեյրոամինաթթուների և դիպեպտիդների հակացնցումային ազդեցությունը տարբեր և ընդունված ցնցումային մոդելների վրա՝ կորագոլային ցնցումներ, առավելագույն էլեկտրաշոկի թեստ, նիկոտինային ցնցումներ և արեկոլինային տրեմորի մոդել: Հետազոտվել է նաև միացությունների կողմնակի նեյրոտոքսիկ(մկանաթուլացնող) ազդեցությունը և նրանց սուր օրական թունավորությունը: Բոլոր N-տեղակալված նեյրոամինաթթուների և դիպեպտիդների մոտ այս կամ այն չափով դրսևորվել է հակացնցումային ազդեցություն կորագոլային անտագոնիզմի թեստով: Ամենաբարձր ակտիվություն է ցուցաբերել N-պ-իզոպրոպիլթեոբալդին զամմամամինակարագաթթուն, որն իր ակտիվությամբ և բուժազդեցության լայնությամբ նման է հայտնի հակաէպիլեպտիկ միացություն էտոսուկսիմիդին:

S. A. Ghazaryan, R. G. Paronikyan
N-substituted Neuroamino Acids and Dipeptides
as Anticonvulsants

The anticonvulsant effect of the new compounds – 8 N-substituted neuroamino acids and dipeptides was investigated on various and common convulsive models: corazol convulsions, maximal electroshock, nicotine convulsions and arecolin tremor. Neurotoxic (muscle relaxant) side effects of compounds and their acute daily toxicity were also studied. In all studied N-substituted neuroamino acids and dipeptides, an anticonvulsant effect by antagonism with corazole seizure was revealed to varying degrees. The most pronounced activity is shown by the compound N-p-isopropoxybenzoyl-GABA, which is similar in activity and breadth of pharmacological action to a known anticonvulsant drug ethosuximide.

Литература

1. *Машиковский М. Д.* Лекарственные средства. М. Новая волна. 2010. 1216 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. Гэотар-Медиа. 2006. 750 с.
5. *Казарян С. А., Пароникян Р. Г., Агаронян А.С., Самвелян В. М., Гевондян А. И., Григорян К. П.* – Хим.-фарм. ж. 2001. Т. 35. N 2. С. 7-8.
6. *Казарян С. А., Пароникян Р. Г., Экмеджян Э. А., Григорян К. П., Тадевосян А. А.* – Кровь. 2012. Т. 1. N 13. С. 43-45.
7. *Պարնիկյան Ռ. Գ., Ղազարյան Ս. Հ., Ջաղացյանյան Բ. Ս., Սուրիանյան Ռ. Ս., Նազարյան Բ. Ս., Հակոբյան Հ. Հ., Թադևոսյան Ա. Հ.* Фарма, 2015. N 11. 7-13.
8. *Pharmacological Assays* Springer. Berlin and N.Y. (2008), pp.569-874.H.G.Vogel, W.H. Vogel (Eds.) – In: *Drug Discovery and Evaluation*.
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. ж. 1987. Т. 21. N 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. N 3. P. 208-209.
14. *Jones B. J., Roberts D. J.* – J. Pharm Pharmacol. 1968. V. 20. N 4. P. 302–304.
15. *Litchfield J. T., Wilcoxon F.* – J. Pharmacol. Exp. Ther. 1949. V. 96. P. 99-113.

БИОХИМИЯ

УДК 619:616-981.48-07:636.4

А. Г. Геворкян, А. А. Агабабова, Н. Х. Алчуджян,
М. И. Агаджанов

Изменение микробиоты и морфогистохимические сдвиги у мышей под воздействием декстран сульфата натрия

(Представлено академиком Ю. Т. Алексаняном 28/V 2017)

Ключевые слова: *кишечно-мозговая ось, кишечная нервная система, неспецифический язвенный колит, морфология, микробиота.*

Взаимонаправленные связи между кишечником и мозгом осуществляются посредством эндокринной, нервной, иммунной систем и неспецифического природного иммунитета. Кишечная микробиота как активный участник кишечно-мозговой оси не только оказывает влияние на кишечные функции, но также стимулирует развитие ЦНС в перинатальном периоде и взаимодействует с высшими нервными центрами, вызывая депрессию и когнитивные расстройства при патологии. Существует взаимосвязь между барьерной функцией кишечника и регуляцией гематоэнцефалического барьера. Хроническая эндотоксинемия как результат дисфункции кишечного барьера формирует устойчивое воспалительное состояние в околожелудочковых зонах мозга с последующей дестабилизацией гемато-энцефалического барьера и распространением воспаления на другие участки мозга [1]. ЖКТ тесно связан с гипоталамо-гипофизарным трактом через высвобождение пептидов, контролирующих ответ в мозге, а также через нейроэндокринные и сенсорные сигналы от кишечника. Микрофлора влияет на развитие когнитивных функций и гипоталамо-гипофизарного ответа на стресс. Кишечные бактерии в процессе метаболизма образуют серотонин, мелатонин, гамма-аминомасляную кислоту, катехоламин, гистамин, ацетилхолин, частично являющиеся важнейшими нейромедиаторами, способными воздействовать не только на кишечную нервную систему, но в первую очередь на центральную [1-3]. Кишечно-мозговая ось (КМО) прослеживается также при инфекциях и воспалениях, которые приводят к изменениям настроения и когнитивной дисфункции. В частности, мозг способен узнавать о внедрении патогенных микробов в

ЖКТ и отвечать чувством тревоги и беспокойства. Какой же механизм, если не гематологический, способен сигнализировать мозгу об опасности?

Чувствительные нейроны блуждающего нерва контактируют с иммунными клетками субслизистой и проецируют нервные окончания в слизистую ЖКТ – места непосредственного взаимодействия организма и патогена. Выявление Fos белка, синтезируемого в т.ч. нейронами и являющегося маркером функциональной активности, в чувствительных нейронах блуждающего нерва после инокуляции бактерий свидетельствовало о том, что и эта связь осуществляется блуждающим нервом [4, 5]. Гибель кишечных нейронов и поражение глии с изменением экспрессии кислого фибриллярного белка и повышением экспрессии молекул главного комплекса гистосовместимости второго класса отмечалась при болезни Крона, язвенном колите, некротирующем энтероколите и диабете [6].

Целью настоящей работы явилось исследование влияния с комплексных позиций декстрана сульфата натрия (ДСН) на кишечную микрофлору мышей, получение модели неспецифического язвенного колита (НЯК) и подтверждение взаимосвязи оси кишечник–кровь–мозг. Опыты проводились в динамике, но мы остановимся на отдельных конкретных результатах.

Материалы и методы исследования. Опыты осуществляли с соблюдением правил содержания и обращения с животными, изложенных в Директивах Европейского сообщества от 22.09.2010 (2010/63/ЕС) и одобренных комитетом по биомедицинской этике при Институте биохимии им. Г. Бунятына НАН РА. Эксперименты проводили на 3-месячных беспородных белых мышах-самцах массой 26-30 г, которые содержались в виварии института в условиях естественного освещения и свободного доступа к воде и пище.

Животные были разделены на группы (n=12): I – мыши, получавшие с питьевой водой 3% ДСН (мол. вес 36000-50000) в течение 7 дней и 4% ДСН в последующие 3 дня и исследованные сразу после прекращения приема ДСН; II – мыши, получавшие 5.1% ДСН с питьевой водой в течение 5 дней и исследованные сразу по окончании приема ДСН; III – мыши, исследованные через 2 недели после прекращения приема ДСН; IV – контрольная группа, в которую были включены здоровые животные, соответствующие по возрасту и полу опытным и получавшие водопроводную воду, которая использовалась для приготовления растворов ДСН.

Формирование неспецифического язвенного колита у мышей осуществляли по методу Окаясу в собственной модификации [7].

Клинико-патологический статус животных оценивали по индексу активности болезни на основе ряда параметров: а) разница в весе между началом и концом введения ДСН (увеличение веса ≥ 1 г – 0 баллов; увеличение веса < 1 г – 1 балл; уменьшение веса < 1 г – 2 балла; уменьшение веса ≥ 1 г – 3 балла); б) консистенция стула (нормальный стул – 0 баллов; мягкий, несформированный стул – 1 балл; жидкий стул – 2 балла); в) наличие крови в перианальной области (никаких следов крови в перианальной области – 0 баллов; следы крови в перианальной области – 1 балл; наличие

крови в перианальной области – 2 балла). Длина толстой кишки учитывалась в качестве дополнительного индекса колита [8, 9].

Морфологические исследования. Материалом для исследования служили резецированные ткани мозга размером около 0.6×0.6×0.4 см и ткани толстой кишки, взятые у экспериментальных мышей. Морфологическое исследование материала проводилось по общепринятой схеме с последующей заливкой в парафин и приготовлением серийных срезов. Срезы окрашивали гематоксилин-эозином. Обзорная характеристика срезов давалась при увеличении микроскопа с окуляром E-PL-10 и объективом A-Plan10/0.25 и A-Plan20/0.25 и 100/0.25.

Микробиологический анализ. Животных вскрывали в асептических условиях и для бактериологического анализа забирались образцы кала из нижней части кишки, крови, полученной после декапитации, и смывов с мозга. Все образцы культивировали в питательном бульоне 24 ч при 37°C. Выросшие культуры микроскопировали, пересеивали на плотные питательные среды (среда Эндо, солевой и кровяной агар) и инкубировали 24 ч. Пробы крови инкубировали 8 дней с ежедневным контролем роста. Качественный и количественный анализ микробиоты осуществляли на основе характеристики колоний (морфология и биохимия), гемолиза согласно методическим рекомендациям по микробиологической диагностике заболеваний, вызванных энтеробактериями [10].

Результаты и обсуждение. В первой, контрольной, группе мышей в мозговой ткани отклонений от физиологической нормы не наблюдалось (рис. 1).

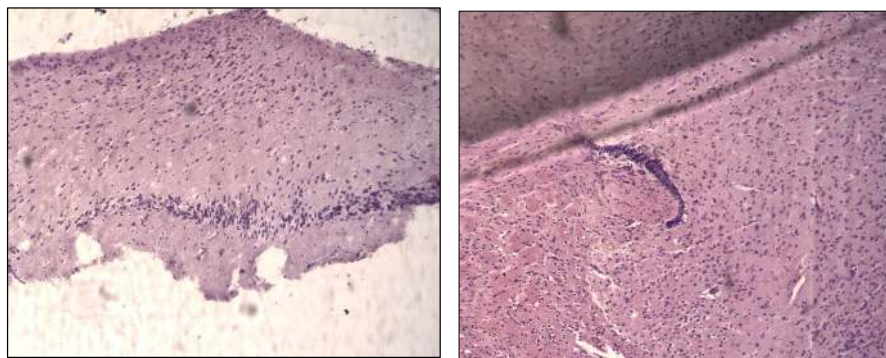


Рис. 1. Мозговая ткань мышей контрольной группы. Окраска гематоксилин-эозином.

В мозговой ткани мышей второй группы наблюдались пролиферация нейроцитов, значительный отек в ткани мозга, расширенные сосуды (рис. 2). В ткани толстой кишки мышей контрольной группы также патологических процессов не обнаружено; четко видна слизистая толстой кишки с мелкими ворсинками, подслизистый слой неширокий, с мелкими сосудиками (рис. 3).

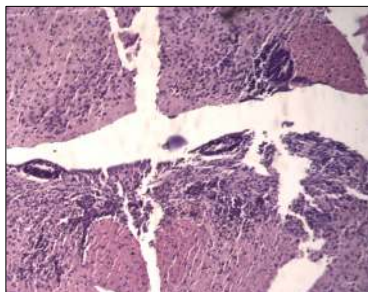


Рис. 2. Мозговая ткань мышей второй группы. Проплиферация нейроцитов, отек, расширенные сосуды. Окраска гематоксилин-эозином.

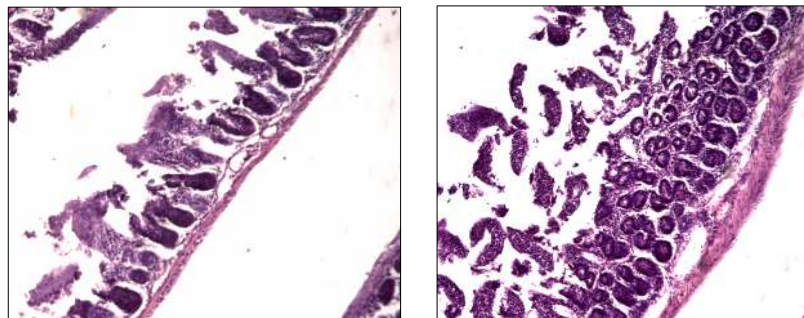


Рис. 3. Ткань толстой кишки мышей контрольной группы. Окраска гематоксилин-эозином.

Гистологическое исследование препаратов толстой кишки опытной группы мышей обращало на себя внимание изменениями в слизистой оболочке кишки. Отмечалась очаговая железистая гиперплазия слизистой, вплоть до развития мелких полипов (рис. 4).

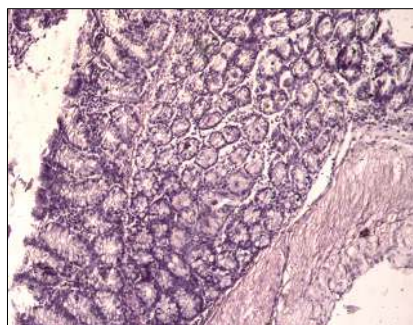


Рис. 4. Толстая кишка мышей опытной группы, очаговая железистая гиперплазия, мелкие полипы. Окраска гематоксилин-эозином.

Кроме того у мышей этой группы в подслизистом слое отмечался отек с расширением подслизистого слоя и повышением количества мелких сосудов в этой зоне (рис. 5).

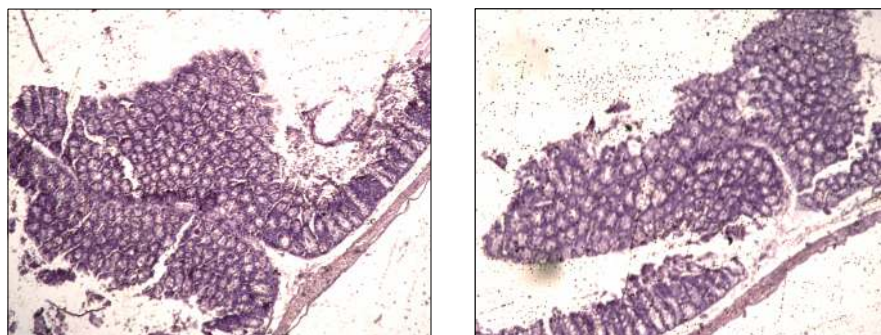


Рис. 5. В подслизистом слое отек, мелкие сосудики (контрольная группа). Окраска гематоксилин-эозином.

Согласно морфогистохимической картине в условиях возникновения НЯК, индуцированного ДНС, естественно возникают вопросы: что же происходит с осью КМО, насколько взаимосвязаны мозг и кишечная микробиота и что является основной составляющей в этом поединке.

Кишечная нервная система представлена двумя популяциями клеток – нейронами и кишечными глиальными клетками (ГК); последние в четыре раза количественно превосходят нейроны. КГ обеспечивают несколько аспектов функционирования кишечника включая перистальтику, микрососудистую циркуляцию, секрецию жидкости, ионов и биологически активных пептидов эпителия, а также барьерную функцию. КГ морфологически и функционально подобна астроцитам ЦНС. Она является ключевым регулятором кишечного гомеостаза и активным участником развития патологии кишечника.

Согласно новой концепции в гастроэнтерологии широкий спектр заболеваний, связанных с нарушением перистальтики, в том числе воспалительные заболевания кишечника, можно диагностировать как кишечную нейропатию. До сих пор неясно, является ли нейропатия следствием болезни или ее причиной.

Учитывая сходство кишечной глии и астроглии мозга, особого внимания заслуживает концепция Сэвиджа и др. о единых механизмах регуляции кишечника и гематоэнцефалического барьера [9]. Глиальные клетки кишечника морфологически, иммуногистохимически и функционально эквивалентны астроцитам ЦНС [11].

Последующей целью настоящего исследования было выявление некоторых условно-патогенных микробов, в частности *E. coli*, провоспалительных *St. aureus*, и сопутствующих грибков рода *Candida*.

Кишечная флора оказывает влияние на сенсорные, моторные и иммунные функции кишечника, а также взаимодействует с высшими нервными центрами [1].

Повышение концентрации микробных токсинов способствует развитию разнообразных патологических процессов в организме человека. Показано, что термолабильные энтеротоксины различных условно-патогенных энтеробактерий, в том числе *E. coli*, вызывают увеличение проницаемости слизистых оболочек ЖКТ [12].

В результате экспериментов наблюдались изменения во внешнем облике и поведении животных: истощенный вид, выделение крови из периаанальной области, брюшина тонкая, цианичная. В посевах на питательные бульоны и последующих пересевах на плотные питательные среды были выявлены следующие микроорганизмы: в смывах с мозга выделялись единичные колонии *E. coli*, а в посевах содержимого толстой кишки были идентифицированы *St. aureus* и гемолитические *E. coli*. В крови кишечные палочки найдены не были, соответственно нельзя говорить о явлении транслокации микробов. Дальнейшие исследования выявили обильный рост *St. aureus* в крови, что напоминало сепсис, о чем свидетельствовали и смывы с мозга. Грибки рода *Candida* также отмечались в значительном количестве в течение всех исследований.

Барьерная функция эпителия является ключевой при развитии воспалительных заболеваний кишечника, при этом нормальное функционирование требует постоянного поддержания баланса между реактивностью и толерантностью к микроорганизмам просвета кишечника. Повышенная проницаемость слизистых оболочек кишечника является основным фактором риска при распространении бактерий. Эпителий, являясь важным элементом тканевых барьеров, обеспечивает избирательный транспорт для передвижения ионов и макромолекул, а также создает препятствие для их проникновения в подлежащие ткани. Контроль за проницаемостью эпителиального слоя осуществляет апикальный межклеточный комплекс – плотные контакты, в состав которого входят белки семейства клаудинов [13, 14].

При острых воспалительных процессах, таких как НЯК, вызванных ДСН, условно-патогенные и патогенные микроорганизмы, колонизируя слизистые оболочки тонкой кишки и образуя биопланки, могут стать источником бактериального токсина, который при нарушении эпителиального пласта проникает в лимфатическую и кровеносную системы, способствуя формированию сепсиса.

Институт биохимии им. Г. Бунятяна НАН РА

**А. Г. Геворкян, А. А. Агабабова, Н. Х. Алчуджян,
М. И. Агаджанов**

Изменение микробиоты и морфогистохимические сдвиги у мышей под воздействием декстран сульфата натрия

Острые воспалительные процессы способствуют тому, что условно-патогенные и патогенные микроорганизмы, колонизируя слизистые оболочки тонкой кишки и образуя биопленки, могут стать источником бактериального токсина,

который при нарушении эпителиального пласта проникает в лимфатическую и кровеносную системы, способствуя формированию сепсиса.

**Ա. Գ. Գևորգյան, Ա. Ա. Աղաբաբովա, Ն. Խ. Ալխուջյան,
Մ. Ի. Աղաջանով**

**Միկրոբիոտայի փոփոխությունները և մորֆոհիստոքիմիական
տեղաշարժերը մկների մոտ դեկստրան սուլֆատ
նատրիումի ազդեցության ներքո**

Սուր բորբոքային պրոցեսները նպաստում են նրան, որ պայմանական պաթոգեն և պաթոգեն միկրոօրգանիզմները գաղութացնում են բարակ աղիների լորձաթաղանթը և կազմելով բիոթաղանթ՝ կարող են դառնալ բակտերիալ տոքսինի աղբյուր, որը էպիթելային պլաստի խախտման դեպքում ներթափանցում է լիմֆատիկ և արյան համակարգեր՝ նպաստելով սեպսիսի զարգացմանը:

**A. G. Gevorkyan, A. A. Agababova, N. Kh. Alchudzhyan,
M. I. Agadzhyanov**

**Changes in the Microbiota and Morphohistochemical Shifts in Mice
under Influence of Dextran Sodium Natrium**

Acute, inflammatory processes contribute to the fact that conventionally pathogenic and pathogenic microorganisms colonize the mucous membranes of the small intestine and form biofilms, can become a source of bacterial toxin, which, when the epithelial layer breaks, penetrates into the lymphatic and blood systems, contributing to the formation of sepsis.

Литература

1. Бондаренко В. М., Рябченко Е. В. – ЖМЭИ. 2013. N 2. С. 112-120.
2. Ahazamora R., O Mahony F., Hervey B. Y. – Sterolid. 2011. V. 76. P. 861-876.
3. Бондаренко В. М., Рябченко Е. В. – ЖМЭИ. 2011. N 6. С. 101-106.
4. Hanke M. L., Kielian T. – Clin. Sci. 2011. V. 121. P. 367-387.
5. Sun Y., Zheng Y. H. – J. Virol., 2008. V. 82(11). P. 5562-5571.
6. Bacsoti G., Villanacci V. – Gastroenterology. 2007. V. 18(30). P. 4035-4041.
7. Okayasu I., Hatakeyama S., Yamada M., Ohkusa T., Inagaki Y., Nakaya R. – Gastroenterol. 1990. V. 98. P. 694-702.
8. Perse M., Cerar A. Y. – Biomed. Biotechnol. 2012. V. 71. P. 18617.
9. Savide T. C., Sotroniew M. V. – Labor. Investig. 2007. V. 87. P. 731-736.
10. Поздеев О. К., Покровский В. И. Медицинская микробиология. М. Гэотар-Мед. 1998.
11. Goehler L. E. – Lyter, Brain Behav. Immun. 2007. V. 21(16). P. 721-726.
12. Willis C. L. – Toxicol. Pathol. 2011. V. 39(1). P. 172-185.
13. Вишневская О. Н., Рыбальченко О. В., Парионов И. В. – ЖМЭИ, 2016. N 2. С. 3-9.
14. Low D., Ngugen D. D. – Grug Design. Develop. Ther. 2013. 7. P. 1341-1357.

нолистностью), величиной, цветом, а также осенней окраской листьев, поэтому они являются важным декоративным элементом в подборе растений для создания различных композиционных оформлений зеленых насаждений. По размерам листьев древесные растения делятся на очень большие – свыше 40 см (*Catalpa*), большие – 20-40 см (*Platanus*, *Acer*), средние – 10-20 см (*Quercus*, *Fagus*), мелкие – 5-10 см (*Salix*), очень мелкие (*Buxus*, *Ruscus*). Это разделение относится и к хвойным растениям.

Цветки. К декоративным качествам цветков относятся их строение, размеры, форма, запах, цвет и продолжительность цветения. Именно поэтому для создания декоративных насаждений большей частью цветки имеют решающее значение. Декоративность цветков обуславливается также размерами, формой, строением и цветом лепестков, тычинок, прицветников. Цветки древесных растений могут быть разнообразных цветов и оттенков: белого, желтого, оранжевого, красного, розового, зеленого, голубого, синего, фиолетового и пурпурного. По размерам цветки древесных растений бывают: очень большие – диаметром более 10 см (*Magnolia grandiflora*, *Liriodendron tulipifera*); большие – 5-10 см (*Camellia japonica*, *Camellia sinensis*); небольшие – 2-5 см (*Rhododendron caucasicum*, *Chaenomeles japonica*); мелкие – до 2 см (*Cornusmas*, представители родов *Padus*, *Spiraea*).

В садово-парковом строительстве используются многие декоративные древесные растения, у которых цветки (соцветия) не высокодекоративны (представители родов *Salix*, *Populus*, *Betula*, *Qercus*, *Ulmus*, *Acer*, *Fagus* и др.). При создании садово-парковых композиций важное значение имеют период и продолжительность цветения древесных растений. По срокам цветения их делят на цветущие ранней весной (*Cornusmas*, представители родов *Amygdalus*, *Cercis*); весной (*Chaenomeles japonica*, *Spiraeax vanhoutti*, *Caragana arborescens*, *Crataegus macracantha*); летом (*Punica granatum*, *Campsis radicans*, *Spiraea japonica*); осенью и зимой (*Mespilus japonica*, *Buddleia*).

По продолжительности цветения древесные растения делят на:

- долгоцветущие, у которых период цветения 60-150 дней – *Albizia julibrissin*, *Buddleia davidii*, *Campsis radicans*, *Spiraea douglasii* и др.);
- виды со средним периодом цветения 20-60 дней – *Aesculus hippocastanum*, *Cercis canadensis*, *Chaenomeles japonica*, *Wisteria sinensis* и др.);
- виды с коротким периодом цветения (до 20 дней) – *Koelreuteria paniculata*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Caragana arborescens* и др.).

Кроме красивых цветочных сочетаний в условиях Армении у древесных интродуцентов различной таксономической принадлежности наблюдается богатая осенняя окраска листьев. Теплая сухая и продолжительная осень способствует появлению разнообразных окрасок у растений: от желтого, золотисто-желтого цвета до пурпурного, красного и темно-коричневого. Благодаря этому создается возможность для получения высокодекоративных сочетаний в садах длительного цветения, особенно осенью, когда цветущие растения почти отсутствуют.

Плоды – важный показатель декоративности древесных растений, который обуславливается их размерами, формой, цветом, обильностью, сроками спелости и опадания с растений. Особенно красиво смотрится на фоне зеленых листьев различных видов рябины, боярышника, шиповника и др. яркая окраска плодов, сплошным слоем покрывающих крону. Привлекательно смотрятся и повисшие кисти барбариса, пучки снежноплодника, головки плодов платана, шишкоягоды тиса ягодного и можжевельника виргинского. Чрезвычайно красивы также незрелые и разноцветные шишки хвойных (ель, сосна, кедр и др.).

Принципы оценки декоративности древесных растений. В течение сезонного развития у древесных растений проявляется разнообразие декоративных качеств, которое привлекает к себе внимание и создает у человека особое эстетическое ощущение, поэтому их декоративность можно разделить на определенные группы и оценить общий вид или декоративное состояние отдельной особи или группы особей в составе дендронасаждений.

Декоративность древесных насаждений в период цветения и созревания плодов в первую очередь оценивается длительностью и степенью цветения, окраской и величиной цветков, привлекательностью и длительностью удержания плодов на ветвях, ароматом цветков и плодов. Вместе с этим следует учитывать и размеры растений, строение и форму кроны, размер и окраску листьев, т.е. декоративное состояние растений можно оценивать по многим признакам.

Существуют разные методы и подходы к оценке эстетичности и привлекательности открытых ландшафтов, пейзажей, дендроценозов [1-4], а также к оценке отдельных признаков деревьев и кустарников [5, 6], однако единой шкалы для комплексной (интегральной) оценки декоративности древесных растений в различных типах и категориях зеленых насаждений до сих пор не было разработано.

Нами сделана попытка дать оценку пригодности отдельных видов высокодекоративных древесных интродуцентов Ереванского ботанического сада (83 вида, разновидности и садовых форм) для применения в различных типах озеленения: в качестве солитеров, для уличных и аллейных посадок, живых изгородей и бордюров, вертикального озеленения, а также садов длительного цветения [7]. Эта работа служит достаточно хорошей базой для создания многопоказательной шкалы комплексной оценки декоративности древесных интродуцентов.

Для оценки декоративности деревьев и кустарников нами предлагается 5-балльная шкала, за исключением зимостойкости, которая, как принято в работах ботанических садов, оценивалась по 7-балльной шкале ГБС РАН [8].

Оценка крон:

- 5 баллов – деревья, отличающиеся четко выраженной формой кроны;
- 4 балла – деревья, сохранившие свой габитус, имеющие хорошо сформированные ствол и ветви кроны;
- 3 балла – деревья с угнетением и поврежденной кроной;

2 балла – деревья с заметным угнетением и деформированной кроной и наличием сухих побегов и ветвей, а также с повреждением ствола;

1 балл – растения сильно угнетенные, живые ветви сохраняются на 30-40%, крона сильно деформирована, ствол поврежден полностью.

При этом, как правило, высоко оцениваются формы крон садовых форм древесных: пирамидальная (конусовидная, колонновидная); овальная (яйцевидная, обратнойцевидная); зонтичная; шаровидная; плакучая; вьющаяся; стелющаяся; подушечная.

Длительность цветения:

5 баллов – виды с длительным периодом цветения (60-150 дней);

4 балла – средней продолжительности цветения (20-60 дней);

3 балла – виды, непродолжительно цветущие, или виды с коротким периодом цветения (10-20 дней);

2 балла – короткоцветущие (до 10 дней);

1 балл – не цветущие в данных условиях или цветущие только при определенных условиях среды.

Обилие цветения:

5 баллов – виды, цветущие очень обильно, крона сплошь покрыта цветками;

4 балла – виды со средней обильностью цветения, цветками покрыто до 75 % кроны;

3 балла – цветками покрыто до 50% кроны;

2 балла – цветками покрыто около 25% кроны;

1 балл – цветками покрыто до 25% кроны.

Окраска и величина цветков является важнейшей декоративной деталью, особенно при оценке цветущих кустарников. При этом получаем следующую картину:

5 баллов – цветки (соцветия) весьма крупные (10 см и более), окраска заметно выражена и привлекательна, что сохраняется до их опадения;

4 балла – цветки (соцветия) крупные (5-10 см), окраска привлекательная;

3 балла – цветки (соцветия) небольшие (2-5 см), окраска неустойчивая;

2 балла – цветки (соцветия) мелкие (до 2 см), невзрачные;

1 балл – цветки практически незаметны или отсутствуют, ослабленные или пониклые.

Привлекательность плодов и длительность удержания их на ветвях:

5 баллов – плоды очень красивые и привлекательные, без повреждений, размеры – от средних до крупных, форма правильная, поверхность гладкая. Они долго (несколько месяцев) сохраняются на ветвях;

4 балла – плоды красивые с незначительными повреждениями от вредителей, не всегда правильной формы, поверхность в основном гладкая, плоды сохраняются на ветвях 2-3 месяца;

3 балла – плоды среднего вида с наличием повреждений, от средних до мелких размеров, форма неправильная, поверхность ребристая, длительность удержания плододов на ветвях – до двух месяцев;

2 балла – плоды некрасивые и мелкие, повреждены болезнями и вредителями;

1 балл – плоды очень мелкие, некрасивые и не характерны для данного вида, сильно повреждены вредителями и болезнями.

Осенняя окраска (цветовая гамма) листьев – яркость и продолжительность сохранения осенней окраски листьев в значительной мере зависят от условий осенней погоды, видовых особенностей и возраста древесных растений. Группирование по баллам зависит от разнообразия осенней окраски, яркости и продолжительности ее сохранения. Поэтому оценка, как правило, дается визуально, и мы в данном случае предлагаем 5-балльную шкалу.

Максимальные 5 баллов присваиваются экземплярам, цветовая гамма которых наиболее импонирует специалисту (наблюдателю), далее по убывающей до одного балла.

Обобщая и суммируя оценку декоративности по шкалам с учетом всех вышеуказанных критериев, получаем общий балл декоративности древесных растений.

Таблица 1

Шкала оценки декоративности некоторых деревьев и кустарников, интродуцированных в ботанических садах и дендропарках Армении

Вид	Архитектоника кроны	Длительность цветения	Обилие цветения	Окраска, величина цветков	Привлекательность внешнего вида плододов (шишек)	Аромат цветков, плододов и листьев	Осенняя окраска листьев	Продолжительность облиствления	Зимостойкость	Сумма баллов	Степень декоративности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хвойные											
<i>Biota orientalis</i> f. <i>globosa</i> Биота восточная шаровидная	5	–	–	–	3	3 (п)	–	5	7	23	о.в.
<i>Cryptomeria japonica</i> f. <i>elegans</i> Криптомерия японская элегантная	5	–	–	–	–	4 (лп)	5	5	6	21	о.в.
<i>Juniperus chinensis</i> f. <i>variegata</i> Можжевельник китайский пестрый	4	–	–	–	1	4 (лп)	–	5	7	21	о.в.
<i>Juniperus sabina</i> f. <i>spicata-aurea</i> М. казацкий колосисто-золотистый	5	–	–	–	–	4 (л)	–	5	6	21	о.в.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Juniperus virginiana</i> Можжевельник виргинский	5	–	–	–	5	5 (лп)	–	5	7	27	о.в.
<i>Picea pungens</i> f. <i>glauca</i> Ель колючая сизая	5	–	–	–	5	4 (л)	–	5	7	26	о.в.
<i>Pinus pallasiana</i> Сосна крымская	5	–	–	–	4	3 (л)	–	5	7	24	о.в.
<i>Thuja occidentalis</i> f. <i>aureo-variegata</i> Туя западная золотисто-пестрая	5	–	–	–	3	4 (лп)	4	5	7	28	о.в.
<i>Thuja occidentalis</i> f. <i>fastigiata</i> Туя западная пирамидальная	5	–	–	–	3	4 (лп)	–	5	7	24	о.в.
Лиственные											
<i>Acer palmatum</i> f. <i>atropurpurea</i> Клен всерный темно-пурпурный	5	2	2	2	3	–	5	4	6	29	с.
<i>Acer pseudoplatanus</i> f. <i>purpureum</i> Клен ложнопла- тановый багрянистый	5	4	3	3	3	3 (ц)	3	4	7	33	в.
<i>Aesculus hippocastanum</i> Конский каштан обыкновенный	5	4	4	5	4	–	5	4	7	38	о.в.
<i>Albizzia julibrissin</i> Альбиция ленкоранская	5	5	4	5	4	5 (цв)	4	4	4	40	о.в.
<i>Berberis julianae</i> Барбарис Юлианы	3	3	2	3	3	3 (пл)	–	5	5	27	с.
<i>Berberis vulgaris</i> f. <i>atropurpurea</i> Барбарис обыкн. пурпуристый	4	4	3	4	4	3 (пл)	–	4	6	32	в.
<i>Betula litwinowii</i> Береза Литвинова	4	2	2	2	4	–	4	4	7	29	н.
<i>Buddleia davidii</i> Буддлея Давида	3	5	2	4	1	3 (ц)	1	4	3	26	с.
<i>Buxus sempervirens</i> Самшит вечнозеленый	4	4	1	1	2	–	–	5	6	23	н.
<i>Campsis radicans</i> Камписис укореняющийся	5	5	4	5	3	–	3	4	5	34	в.
<i>Catalpa ovata</i> Катальпа яйцевидная	4	5	3	4	4	–	4	4	6	34	в.
<i>Cercis canadensis</i> Церцис канадский	4	3	5	5	3	–	4	3	7	34	в.
<i>Chaenomeles japonica</i> Хеномелес японский	4	4	4	5	5	4 (п)	5	4	7	42	о.в.
<i>Cotinus coggygria</i> Скумпия или желтинник	5	4	4	4	4	–	5	4	7	37	о.в.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Cotoneaster horizontalis</i> Кизильник горизонтальный	4	4	4	3	5	—	5	4	7	36	о.в.
<i>Crataegus monogyna</i> f. <i>rosea</i> Боярышник однопестичный розовый	4	3	4	5	4	—	4	4	7	35	в.
<i>Deutzia scabra</i> Дейция шершавая	4	4	4	4	—	—	3	4	7	30	с.
<i>Forsythia intermedia</i> Форзиция промежуточная, средняя	4	4	5	5	—	—	4	4	7	33	в.
<i>Hibiscus syriacus</i> Гибискус сирийский	4	5	3	5	2	—	4	4	6	33	в.
<i>Koelreuteria paniculata</i> Кельрейтерия метельчатая	5	3	4	5	5	—	4	4	7	37	о.в.
<i>Laburnum anagyroides</i> Бобовник анагиристый	4	4	4	5	4	—	4	4	7	36	о.в.
<i>Lonicera flava</i> Жимолость желтая	4	4	3	5	4	—	4	4	7	35	в.
<i>Lonicera japonica</i> Жимолость японская	3	4	3	4	4	4 (ц)	4	4	6	36	о.в.
<i>Mahonia aquifolium</i> Магония падуболистная	4	4	4	5	4	4 (ц)	5	5	5	40	о.в.
<i>Padus avium</i> Черемуха обыкновенная, кнестевая	4	4	4	4	3	5 (ц)	3	4	7	38	в.
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> Девичий виноград пятилисточковый	5	3	3	2	3	3 (ц)	5	4	7	35	в.
<i>Philadelphus caucasicus</i> Чубушник кавказский	4	4	4	4	2	5 (ц)	3	3	7	36	о.в.
<i>Platanus acerifolias</i> Платан кленолистный	5	2	3	2	5	—	4	4	7	32	в.
<i>Pyracantha coccinea</i> Пираканта ярко- красная	4	4	4	4	4	3 (ц)	3	4	6	36	о.в.
<i>Quercus castaneifolia</i> Дуб каштановолистный	4	2	3	2	4	—	3	4	7	29	с.
<i>Quercus robur</i> f. <i>fastigiata</i> Дуб летний пирамидальный	5	2	3	2	5	—	4	4	7	32	в.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Robinia viscosa</i> Робиния клейкая	4	4	3	5	3	4 (ц)	3	4	7	37	о.в.
<i>Rosa hemisphaerica</i> Роза полушаровидная	4	4	5	5	5	2 (ц)	3	4	7	39	о.в.
<i>Sambucus nigra</i> f. <i>albo-variegata</i> Бузина черная бело-пестрая	5	4	4	4	3	2 (ц)	4	4	6	36	о.в.
<i>Sambucus nigra</i> f. <i>laciniata</i> Бузина черная расчленнолистная	5	4	5	4	4	2 (ц)	4	4	6	38	о.в.
<i>Sorbus aucuparia</i> Рябина обыкновенная	4	4	3	4	5	—	5	4	6	35	в.
<i>Spiraea japonica</i> Таволга японская	3	5	4	5	2	—	4	4	7	34	в.
<i>Spiraea</i> x <i>vanhouttei</i> Таволга Вангутта	5	4	5	4	2	—	3	4	7	34	в.
<i>Tilia caucasica</i> Липа кавказская	5	4	4	4	3	5 (ц)	5	4	7	41	о.в.
<i>Viburnum opulus</i> Калина обыкновенная	4	4	4	4	5	—	4	4	7	36	о.в.
<i>V. opulus</i> f. <i>roseum</i> Калина обыкновенная снежный шар	4	4	5	5	—	—	4	4	7	31	в.
<i>Weigela floribunda</i> Вейгела обильноцветущая	4	4	4	5	2	—	3	4	6	32	в.
<i>Wisteria sinensis</i> Вистерия китайская	5	4	5	5	4	5 (ц)	4	4	7	43	о.в.

Примечание. о.в. – очень высокая, с.- средняя, в.- высокая.

Кроме сроков осеннего листопада и цветовой гаммы листьев для зеленого строительства большое значение имеет также общая продолжительность облиствления древесных растений в течение вегетационного периода. У вечнозеленых растений, как правило, 5-балльная оценка; 4 балла получают древесные растения продолжительного вегетационного периода, т.е. растения с рано распускающимися и поздно опадающими листьями; 3 балла – с рано распускающимися и рано опадающими, а также с поздно распускающимися и поздно опадающими листьями; 2 балла – с поздно распускающимися и рано опадающими листьями.

Аромат цветков, плодов и листьев. У цветков и плодов аромат определяется по следующей балльной шкале:

5 баллов – очень сильный; 4 балла – сильный; 3 балла – средний; 2 балла – слабый; 1 балл – очень слабый.

Таблица 2

**Обобщенная оценка декоративности лиственных деревьев
и кустарников**

Суммарный балл	До 25	26-30	31-35	36 и более
Степень декоративности	Низкая	Средняя	Высокая	Очень Высокая

Имея в виду, что при оценке декоративности древесных растений одним из наиболее важных показателей считается цветение (длительность, обилие, а также окраска и величина), целесообразно обобщение (суммирование баллов) результатов оценки проводить отдельно для лиственных (табл. 2) и хвойных (табл.3), так как у последних отсутствует показатель цветения.

Обобщая результаты оценки декоративности подопытных интродуцентов лиственных древесных растений (табл. 1), получили следующую картину: очень высокую оценку (36 и более баллов) получили: *Aesculus hippocastanum*, *Albizzia julibrissin*, *Padus avium*, *Sambucus nigra* f. *Laciniata*, *Chaenomeles japonica*, *Mahonia aquifolium*, *Tilia caucasica*, *Wisteria sinensis* и др..

Таблица 3

Обобщенная оценка декоративности хвойных древесных растений

Суммарный балл	До 10	11-15	16-20	21 и более
Степень декоративности	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая

Высокой степенью декоративности (31-35 баллов) обладают *Cercis canadensis*, *Sorbus aucuparia*, *Crataegus monogyna* f. *rosea*, *Hibiscus syriacus*, *Spiraea* x *vanhouttei*, *Lonicera flava*, *Parthenocissus quinquefolia* и др.; средней (26-30) – *Acer palmatum* f. *atropurpurea*, *Deutzia scabra*, *Quercus castaneifolia* и др.; низкой (до 25 баллов) – один вид *Buxus sempervirens*.

Анализ результатов оценки декоративности хвойных (табл. 1) показывает, что почти все испытанные интродуценты *Juniperus virginiana*, *Picea pungens* f. *glauca*, *Thuja occidentalis* f. *aureo-variegata* и др. обладают высокой декоративностью (21 и более баллов). Это объясняется тем, что подавляющее большинство хвойных интродуцентов являются садовыми формами, у которых декоративность во всех случаях оценивается высоко.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ГKN МОН в рамках научной программы 15T-1F325 «Эколого-биологические аспекты оценки декоративности древесных и использования их в озеленении».

Институт ботаники им. А. Тахтаджяна НАН РА

Член-корреспондент НАН РА Ж. А. Варданян

Методологические аспекты оценки декоративности древесных растений

Обсуждаются методологические вопросы оценки декоративности древесных растений. Разработана шкала оценки для отдельных показателей декоративности.

Степень декоративности видов и садовых форм древесных растений оценивалась на основе набранной суммы баллов по отдельным показателям. Выделены четыре условные группы декоративности по отдельности для хвойных и лиственных растений: очень высокая, высокая, средняя и низкая. Эти показатели декоративности целесообразно применять в практике озеленения республики.

ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Շ. Հ. Վարդանյան

**Ծառաբույսերի գեղագարդության գնահատման
մեթոդաբանական ասպեկտները**

Քննարկվում են ծառաբույսերի գեղագարդության գնահատման մեթոդաբանական հարցեր: Մշակված է գնահատման սանդղակ գեղագարդության առանձին ցուցանիշների համար: Ծառաբույսերի տարբեր տեսակների և պարտիզային ձևերի գեղագարդության աստիճանը որոշվել է ստացված բալերի (միավորների) գումարի հիման վրա: Առանձնացվել է ասեղնատերև և լայնատերև ծառաբույսերի գեղագարդության չորս պայմանական խումբ՝ շատ բարձր, բարձր, միջին և ցածր: Գեղագարդության գնահատման այս ցուցանիշները նպատակահարմար է կիրառել հանրապետության կանաչապատման պրակտիկայում:

Corresponding member of NAS RA Zh. H. Vardanyan

**Methodological Aspects of Evaluation of the Ornamental
Woody Plants**

Methodological questions of evaluating the decorativeness of woody plants are discussed. A scale of assessments for individual attributes of decorativeness has been developed. The degree of decorativeness of certain species and garden forms of woody plants is estimated on the basis of the receipt of the sum of points of separate attributes. Four conditional decorative groups for coniferous and deciduous plants were obtained: very high, high, medium and low. It is expediently to use these indicators in the practice of landscaping and greening of the Republic.

Литература

1. Колесников А. И. Декоративная дендрология. М. 1974. 704 с.
2. Рожков Л. Н. – Лесное хозяйство. 1978. № 12. С. 23-26.
3. Маркевич И. А. – Лесной журнал. 1993. № 1. С. 17.
4. Залывская О. С., Бабич Н. А. – Вестник ПТГУ. 2012. № 1. С. 96-104.
5. Фролова В. А. Исследование структуры насаждений на общегородских объектах озеленения. Автореф. канд. дис. М. 2001. 25 с.
6. Варданян Ж. А., Гатрчян М. М., Григорян М. М., Пайтян Ю. Е. Декоративные деревья и кустарники для озеленения. Ереван. 2015. 362 с.
7. Варданян Ж. А., Мурадян Н. Н., Григорян М. М., Гатрчян Г. М. – Биологич. журн. Армении. 2016. Т. 68. № 4. С. 22-30.
8. Латин П. И., Сиднева С. В. В кн.: Опыт интродукции древесных растений. М. 1973 С. 7-67.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ 117-րդ ՀԱՏՈՐԻ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

<i>Ռ. Վ. Դալլաբյան</i> – Որոշ խնդիրներ Ջրբաշյանի արտադրյալների մասին	7
<i>Կ. Ա. Քեդյան</i> – R -ի վրա գրո միջին ունեցող օրթոնորմալ սպլայն համակարգերի $H^1(R)$ -ում բազիսության վերաբերյալ	14
<i>Գ. Գ. Գևորգյան, Կ. Ա. Նավասարդյան</i> – Վիլենկինի և Հաարի համակարգերով շարքերի գումարման մի մեթոդի մասին	20
<i>Ֆ. Ա. Թալալյան</i> – Տարամետ թվային ենթաշարքերին վերաբերող մի թեորեմի մասին ..	91
<i>Վ. Ա. Միրզոյան, Գ. Ս. Մաչկալյան</i> – Կամայական կոչափի ռիչչի-կիսասիմետրիկ ենթաբազմաձևությունների մի դասի երկրաչափությունը էվկլիդյան տարածություններում ...	95
<i>Վ. Կ. Լեոնտև, Ղ. Լ. Մովսիսյան, Ժ. Գ. Մարգարյան</i> – Բազմությունների գումար բուլյան տարածության մեջ	106
<i>Վ. Գ. Միքայելյան</i> – Գիբսի երևույթը Ստրոմբերգի համակարգերի համար	187
<i>Ա. Հ. Բաբայան, Մ. Հ. Մոխամմադի</i> – Միավոր շրջանում մի ճշգրիտ էլիպսական հավասարման համար Դիրիխլեի խնդրի մասին	192
<i>Վ. Ա. Միրզոյան</i> – Երկու կոչափի նորմալ հարթ ռիչչի-կիսասիմետրիկ ենթաբազմաձևությունները էվկլիդեսյան տարածություններում	200
<i>Ա. Ա. Ալեքսանյան, Ա. Վ. Մինասյան</i> – Վերջավոր դաշտի ենթաբազմությունների հարակից դասերով ծածկույթի բարդության վերին գնահատականը	287
<i>Կ. Ա. Նավասարդյան</i> – Միակության թեորեմներ ըստ Վիլենկինի և Հաարի ընդհանրացված համակարգերով բազմապատիկ շարքերի համար	292

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ

<i>Հ. Ա. Սահակյան</i> – Հիպերգրաֆի աստիճանային հաջորդականության մոտարկում	26
<i>Գ. Է. Հարությունյան</i> – Թեստավորման արդյունավետ մոտեցում նանոչափական հիշող սարքերի համար	35

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

<i>Է. Վ. Բելուբեկյան, Ա. Զ. Դարբինյան, Ա. Ա. Սահակյան</i> – Կոմպոզիտային շերտավոր կողավոր սալի ծռման ջերմաառաձգական խնդիրը	44
<i>Լ. Ա. Աղալովյան</i> - Մարմինների և մասնիկների՝ ալելի հզոր, քան նյութոնյանը, կենտրոնական փոխազդեցության մասին	52
<i>Ա. Ս. Ավետիսյան, Վ. Վ. Ավետիսյան</i> – Էլեկտրամեխանիկական համակարգի սահմանափակ դեկավարման կառուցման մասին	121
<i>Ս. Ա. Համբարձումյան, Մ. Վ. Բելուբեկյան</i> - “Օրոտորոպ” էլեկտրահաղորդությամբ մարմնի էլեկտրամագնիսաառաձգականության հիմնախնդրի մասին	132
<i>Հ. Ա. Մաթևոսյան</i> - Դիրիխլե-Ռոբենի խնդրի վերաբերյալ՝ առաձգականության տեսության համակարգի համար	139
<i>Ա. Հ. Սարգսյան, Լ. Բ. Մանևիչ, Ս. Ա. Տիման</i> - Կաշկանդված պտույտներով մոմենտային տեսությամբ օրթոտրոպ բարակ սալի մոդելը և կիրառությունները պոլիմերային նյութերի համար	145
<i>Ա. Հ. Սարգսյան, Ս. Հ. Սարգսյան, Լ. Բ. Մանևիչ, Ս. Ա. Տիման</i> – Կաշկանդված պտույտներով մոմենտային տեսության հիման վրա առաձգական բարակ ձողի ծռման դեֆորմացիայի կիրառական տեսությունը և նրա կիրառությունը պոլիմերների մոտ	212
<i>Գ. Ե. Բաղդասարյան</i> – Սահքի մակերևութային ալիքների գոյությունը և տարածման բնույթը մագնիսաստրիկցիոն կիսատարածությունում	297
<i>Մ. Վ. Բելուբեկյան</i> – Առաձգական սալերի տեսության ազատ եզրի պայմանների մասին ..	306
<i>Ս. Մ. Հովհաննիսյան</i> - Կոնսոլային ձողի կինեմատիկ գրգռմամբ ներքին շփման որոշում	311

ԱՌԱՋԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Վ. Վ. Թազվորյան - Շերտավոր սալերի համար առաձգականության տեսության մեկ ոչ դասական եզրային խնդրի մասին	60
--	----

ՖԻԶԻԿԱ

Ղ. Ա. Օսիպյան, Հ. Հ. Մաթևոսյան, Հ. Ս. Արոյան - Հիբրիդային PIC-մոդելավորման ծրագրային համակարգերի կառուցում	154
Մ. Ե. Վեյսման, Ն. Ե. Անդրեև, Հ. Հ. Մաթևոսյան, Հ. Ս. Հարոյան - Բախումային պլազմայի լայնատիրույթ դիէլեկտրիկական թափանցելիությունն իոնների կամայական լիցքի դեպքում ...	222

ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՖԻԶԻԿԱ

Ի. Ա. Վարդանյան - Ազատ ռադիկալներով հարուցված ացետալդեհիդ-թթվածին զագային խառնուրդների բոցավառման մեխանիզմի մասին	162
---	-----

ԿԵՆՍԱՖԻԶԻԿԱ

Պ. Հ. Վարդանյան, Ա. Պ. Անտոնյան, Մ. Ա. Փարսադանյան, Վ. Գ. Սահակյան - ԴՆԹ-ի հետ ակրիդինային նարնջագույնի և էթիդիումի բրոմիդի համատեղ կապման ուսումնասիրությունը	74
--	----

ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱ

Լ. Ա. Աղալովյան, Լ. Ա. Հախվերդյան, Ռ. Ա. Փաշայան, Լ. Վ. Հարությունյան - Գառնիի երկրաֆիզիկական դիտարանում երկրային մակերևույթի թեքությունների և դեֆորմացիաների չափման արդյունքները	234
---	-----

ՔԻՄԻԱ

Ս. Հ. Սարգսյան, Կ. Ս. Մարգարյան, Ա. Ս. Սարգսյան - 5-վինիլտետրագուլի և մեթակրիլ-լաթթվի հիման վրա պոլիմերային ծածկույթների էլեկտրասինթեզ	68
Ն. Ս. Պողոսյան, Ս. Դ. Արսենտև, Վ. Ս. Հարությունով, Լ. Ա. Թավադյան - Թեթև ածխաջրածինների զուգորդված օքսիդացումը՝ որպես պրոպիլենի և ալելի ծանր օլեֆինների ստացման աղբյուր	243

ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Հ. Ռ. Գևորգյան - Մերիլֆենիլ(պրոպ-2-ինիլ)3-ալկենիլ- կամ 3-արիլպրոպ-2-ինիլ)-, -ալիլ (3-ֆենիլպրոպ-2-ինիլ)ամոնիում բրոմիդների վարքը ջրային հիմքի պայմաններում և 2-մեթիլ-2-ֆենիլլիզոլինդոլինիում և -բենզո[Մ]լիզոլինդոլինիում բրոմիդների ջրա-հիմնային ճեղքումը	320
--	-----

ՆԵՅՐՈՔԻՄԻԱ

Ս. Հ. Ղազարյան, Ռ. Գ. Պարոնիկյան - N-տեղակալված նեյրոամինաթթուները և դիպեպտիդները որպես հակացնցումային միջոցներ	328
---	-----

ԿԵՆՍԱՖԻԶԻԿԱ

Ա. Գ. Գևորգյան, Ա. Ա. Աղաբաբովա, Ն. Խ. Ալչուջյան, Մ. Ի. Աղաջանով - Միկրոբիոտայի փոփոխությունները և մորֆոհիստոքիմիական տեղաշարժերը մկների մոտ դեկստրան սուլֆատ նատրիումի ազդեցության ներքո	333
---	-----

ՄՈՒԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ժ. Բ. Հակոբյան, Լ. Ս. Ներսեսովա, Մ. Ս. Պետրոսյան, Մ. Գ. Գազարյան - Ca-մոդիֆիկացված երկպարույր ՌՆԹ-ն՝ որպես ռադիոպաշտպանիչ միջոց	252
---	-----

ՄԱՆՐԷԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Հ. Ղազարյան, Հ. Ս. Ստեփանյան, Ռ. Վ. Պարոնիկյան, Կ. Պ. Գրիգորյան - Որոշ սալիցիլդեն-ամինաթթուների լիթումական աղերի հակաբակտերիալ ակտիվությունը	259
Լ. Վ. Դանիելյան, Հ. Գ. Հովհաննիսյան - Մայրական կաթի կաթնաթթվային բաղադրիչների պրոբիոտիկ հատկությունները	265

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ք. Վ. Ղազարյան, Ռ. Գ. Չիբուխյան, Հ. Խ. Մկրտչյան – Միզապարկի ինքնաբուխ ակտիվության և նրան հարակից օրգանների ռիթմավարության միջև փոխադարձ կապը	172
--	-----

ԲՈՒՄԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ն. Պ. Ստեփանյան-Ղանդիլյան – Նոր տվյալներ Հայաստանի ֆլորայի մի շարք տեսակների աշխարհագրական տարածվածության վերաբերյալ	273
Ժ. Հ. Վարդանյան – Ծառաբույսերի գեղազարդության գնահատման մեթոդաբանական ասպեկտները	340

СОДЕРЖАНИЕ 117-го ТОМА

МАТЕМАТИКА

<i>Р. В. Даллакян</i> – Некоторые задачи о произведениях Джрбашяна	7
<i>К. А. Керян</i> – О базисности в $H^1(R)$ ортонормальных систем сплайнов на R с нулевыми средними	14
<i>Г. Г. Геворкян, К. А. Навасардян</i> – Об одном методе суммирования рядов по системам Виленкина и Хаара	20
<i>Ф. А. Талалян</i> – Об одной теореме о подрядах расходящихся числовых рядов	91
<i>В. А. Мирзоян, Г. С. Мачкалян</i> – Геометрия одного класса риччи-полусимметрических подмногообразий произвольной коразмерности в евклидовых пространствах	95
<i>В. К. Леонтьев, Г. Л. Мовсисян, Ж. Г. Маргарян</i> – Сумма множеств в булевом пространстве	106
<i>В. Г. Микаелян</i> – Явление Гиббса для систем Стромберга	187
<i>А. О. Бабаян, М. Х. Мохаммади</i> – О задаче Дирихле для одного правильно эллиптического уравнения в единичном круге	192
<i>В. А. Мирзоян</i> – Нормально плоские риччи-полусимметрические подмногообразия коразмерности два в евклидовых пространствах	200
<i>А. А. Алексанян, А. В. Минасян</i> – Верхняя оценка сложности покрытия смежными классами подмножеств конечного поля	287
<i>К. А. Навасардян</i> – Теоремы единственности для кратных рядов по системе Виленкина и обобщенной системе Хаара	292

ИНФОРМАТИКА

<i>А. А. Саакян</i> – Аппроксимация последовательности степеней вершин гиперграфа	26
<i>Г. Э. Арутюнян</i> – Эффективный подход к тестированию нанометрических устройств памяти	35

МЕХАНИКА

<i>Э. В. Белубекян, А. З. Дарбинян, А. А. Саакян</i> – Термоупругая задача изгиба слоистой композитной ребристой пластинки	44
<i>Л. А. Агаловян</i> – О более мощном, чем ньютоново, центральном взаимодействии тел и частиц	52
<i>А. С. Аветисян, В. В. Аветисян</i> – О построении ограниченного управления электромеханической системой	121
<i>С. А. Амбарцумян, М. В. Белубекян</i> – О проблеме электромагнитоупругости тел с «ортотропной» электропроводностью	132
<i>А. А. Саркисян, С. О. Саркисян, Л. И. Маневич, С. А. Тиман</i> – Модель ортотропной тонкой пластинки по моментной теории со стесненным вращением с приложениями к полимерным материалам	145
<i>А. А. Саркисян, С. О. Саркисян, Л. И. Маневич, С. А. Тиман</i> – Прикладная теория изгибной деформации упругой тонкой балки на основе моментной теории со стесненным вращением и ее приложение к полимерам	212
<i>О. А. Матевосян</i> – О задаче Дирихле–Робена для системы теории упругости ..	139
<i>Г. Е. Багдасарян</i> – Существование и характер распространения сдвиговых поверхностных волн в магнитострикционном полупространстве	297
<i>М. Б. Белубекян</i> – О граничных условиях свободного края теории упругих пластин	306

С. М. Оганесян – К определению внутреннего трения при кинематическом возбуждении консольного стержня	311
ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ	
В. В. Тагворян – Об одной неклассической краевой задаче теории упругости для слоистых пластин	60
ФИЗИКА	
Д. А. Осипян, Г. Г. Матевосян, О. С. Ароян – Построение гибридных программных систем PIC-моделирования	154
М. Е. Вейсман, Н. Е. Андреев, Г. Г. Матевосян, О. С. Ароян – Широкодиапазонная диэлектрическая проницаемость столкновительной плазмы с произвольным зарядом ионов	222
ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	
И. А. Варданян – О механизме инициированного свободными радикалами воспламенения ацетальдегид-кислородных газовых смесей	162
БИОФИЗИКА	
П. О. Вардеванян, А. П. Антонян, М. А. Парсаданян, В. Г. Саакян – Исследование совместного связывания акридинового оранжевого и бромистого этидия с ДНК	74
ГЕОФИЗИКА	
Л. А. Агалянов, Л. А. Ахвердян, Р. А. Пашаян, Л. В. Арутюнян – О результатах измерений наклонов и деформаций земной поверхности в Гарнийской геофизической обсерватории	234
ХИМИЯ	
С. А. Саргисян, К. С. Маргарян, А. С. Саркисян – Электросинтез полимерных покрытий на основе 5-винилтетразола и метакриловой кислоты.....	68
С. А. Саргисян, К. С. Маргарян, А. С. Саркисян – Синтез медьсодержащих нанокompозитных полимерных покрытий на основе 1-винил-1,2,4-триазола и N-винилпирролидона	166
Н. М. Погосян, С. Д. Арсентьев, В. С. Арутюнов, Л. А. Тавадян – Сопряжённое окисление лёгких углеводов как источник получения пропилена и более тяжёлых олефинов	243
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	
А. Г. Геворкян – Поведение бромидов метилфенил(проп-2-инил)(3-алкенил-или 3-арилпроп-2-инил)-, -аллил(3-фенилпроп-2-инил)аммония по отношению к водной щелочи и водно-щелочное расщепление бромидов 2-метил-2-фенилизиндолина и -бензо[<i>l</i>]изоиндолина	320
НЕЙРОХИМИЯ	
С. А. Казарян, Р. Г. Пароникян – N-замещенные нейроаминокислоты и дипептиды как противосудорожные средства	328
БИОХИМИЯ	
А. Г. Геворкян, А. А. Агабабова, Н. Х. Алчуджян, М. И. Агаджанов – Изменение микробиоты и морфогистохимические сдвиги у мышей под воздействием декстран сульфата натрия	333

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

- Ж. И. Акопян, Л. С. Нерсесова, М. С. Петросян, М. Г. Газарянц* – Са-модифицированная двуспиральная РНК в качестве радиопротекторного средства 252

МИКРОБИОЛОГИЯ

- С. А. Казарян, Г. М. Степанян, Р. В. Пароникян, К. П. Григорян* – Анти-бактериальная активность литиевых солей некоторых салицилиден-аминокислот ... 259
- Л. В. Даниелян, Г. Г. Оганесян* – Пробиотические свойства молочнокислых бактерий грудного молока 265

ФИЗИОЛОГИЯ

- К. В. Казарян, Р. Г. Чибухчян, Э. Х. Мкртчян* – Взаимосвязь спонтанной активности мочевого пузыря и ритмогенеза приграничных к нему органов 172

БОТАНИКА

- Н. П. Степанян-Гандилян* – Новые данные к географическому распространению ряда видов флоры Армении 273
- Ж. А. Вардамян* – Методологические аспекты оценки декоративности древесных растений 340

CONTENTS of 117th VOLUME

MATHEMATICS

R. V. Dallakyan – Some Problems about Products of Djrbashyan	7
K. A. Keryan – Orthonormal Spline Systems on $\mathbf{R}$ with Zero Means as Bases in $H^1(\mathbf{R})$	14
G. G. Gevorkyan, K. A. Navasardyan – On a Summation Method for Series with Respect to Vilenkin and Haar Systems	20
F. A. Talalyan – On a Theorem about Subseries of Divergent Numerical Series	91
V. A. Mirzoyan, G. S. Machkalyan – The Geometry of One Class of Ricci-Semisymmetric Submanifolds of Arbitrary Codimension in Euclidean Spaces	95
V. Leontiev, G. Movsisyan, Zh. Margaryan – On Addition of Sets in Boolean Space	106
V. G. Mikayelyan – Gibbs Phenomenon for Stromberg Systems	187
A. H. Babayan, M. H. Mohammadi – On a Dirichlet Problem for One Properly Elliptic Equation in the Unit Disk	192
V. A. Mirzoyan – Normally Flat Ricci-Semisymmetric Submanifolds of Codimension Two in Euclidean Spaces	200
A. A. Alexanian, A. V. Minasyan – An Upper Bound for the Complexity of Coset Covering of Subsets in a Finite Field	287
K. A. Navasardyan – Uniqueness Theorems for Multiple Series with Respect to Vilenkin and Generalized Haar Systems	292

INFORMATICS

H. A. Sahakyan - Hypergraph Degree Sequence Approximation	26
G. E. Harutyunyan – An Efficient Test Approach for Modern Nanoscale Memory Devices	35

MECHANICS

E. V. Belubekyan, A. Z. Darbinyan, A. A. Sahakyan – Thermoelasticity Problem of Bending of the Composite Laminated Ribbed Plate	44
L. A. Aghalovyan – On More Powerful than Newton Central Interaction of Bodies and Particles	52
A. S. Avetisyan, V. V. Avetisyan – On the Formulation of a Limited Control of Electromechanical System	121
S. A. Ambartsumian, M.V. Belubekyan – On the Electromagnetoelasticity Problem of the Body with “Orthotropic” Electroconductivity	132
H. A. Matevossian - On the Dirichlet–Robin Problem for the Elasticity System ..	139
A. H. Sargsyan, S. H. Sargsyan, L. I. Manevich, S. A. Timan - Model of Orthotropic Thin Plate with Constrained Rotation by Moment Theory and with Application for Polymer Materials	145
A. H. Sargsyan, S. H. Sargsyan, L. I. Manevich, S. A. Timan – Applied Theory of Bending Deformation of an Elastic Thin Bar Based on Moment Theory with Constrained Rotation and Its Application to Polymers	212
G. Y. Baghdasaryan – Existence and Propagation Character of Shear Surface Waves in Magnetostrictive Half-Space	297
M. V. Belubekyan - On the Free Edge Boundary Conditions of the Elastic Plate Theory	306
S. M. Hovhannisyan - To the Definition of Internal Friction at Kinematic Excitation of Cantilever Beam	311

ELASTICITY THEORY

- V. V. Tagvoryan* – On a Non-Classic Boundary Problem of the Theory of Elasticity for Layered Plates 60

PHYSICS

- D. A. Osipyan, H. H. Matevosyan, H. S. Aroyan* - Building Hybrid PIC-Simulation Codes
M. E. Veysman, N. E. Andreev, H. H. Matevosyan, H. S. Haroyan - Wide-Range Permittivity of the Collisional Plasma with an Arbitrary Ionic Charge 222

CHEMICAL PHYSICS

- I. A. Vardanyan* - On the Mechanism of Radical Initiation of Acetaldehyde-Oxygen Mixtures Ignition at Room Temperature 154

BIOPHYSICS

- P. O. Vardevanyan, A. P. Antonyan, M. A. Parsadanyan, V. G. Sahakyan* – Study of Joint Binding of Acridine Orange and Ethidium Bromide with DNA 162

GEOPHYSICS

- L. A. Agalovyan, L. A. Hakhverdyan, R. A. Pashayan, L. V. Harutyunyan* - Results of Measurement of Tiles and Deformations of the Earth Surface in the Garni Geophysical Observatory 234

CHEMISTRY

- S. H. Sargsyan, K. S. Margaryan, A. S. Sargsyan* – Electrosynthesis of Polymeric Coatings Based on 5-vinyltetrazole Methacrylic Acid 68
S. H. Sargsyan, K. S. Margaryan, A. S. Sargsyan – Synthesis of Copper Containing Nanocomposite Polymer Coating Based on 1-Vinyl-1,2,4-Triazole and N-Vinylpyrrolidone 166
N. M. Poghosyan, S. D. Arsentev, V. S. Arutyunov, L. A. Tavadyan – The Conjugated Oxidation of Light Hydrocarbons as a Source of Propylene and Higher Olefines Production 243

ORGANIC CHEMISTRY

- H. R. Gevorgyan* - Behavior of Methylphenyl(prop-2-ynyl)(3-alkenyl- or 3-arylprop-2-ynyl)-, -allyl(3-phenylprop-2-ynyl)ammonium Bromides in Relation to Water-Base Condition and Water-Base Cleavage of 2-methyl-2-phenylisoindolinium and -benzo[f]isoindolinium Bromides 320

NEUROCHEMISTRY

- S. A. Ghazaryan, R. G. Paronikyan* - N-substituted Neuroamino Acids and Dipeptides as Anticonvulsants 328

BIOCHEMISTRY

- A. G. Gevorgyan, A. A. Agababova, N. Kh. Alchudzhyan, M. I. Agadzhanov* – Changes in the Microbiota and Morphohistochemical Shifts in Mice under the Influence of Dextran Sodium Sulfate 333

MOLECULAR BIOLOGY

- J. I. Akopian, L. S. Nersesova, M. S. Petrosyan, M. G. Gazaryants* – Ca-modified Double-Stranded RNA as a Radioprotective Agent 252

MICROBIOLOGY

- S. H. Ghazaryan, H. M. Stepanyan, R. V. Paronikyan, K. P. Grigoryan* – Antibacterial Activity of Lithium Salts of Some Salicylidene Amino Acids 259

<i>L. V. Danielyan, H. G. Hovhannisyan</i> – Probiotic Properties of Lactic Acid Bacteria from Human Milk	265
PHYSIOLOGY	
<i>K. V. Kazaryan, R. G. Chibukhchyan, H. Kh. Mkrtchyan</i> – Interrelation Between Spontaneous Activity of the Bladder and Rhythmogenesis of Organs Bordering with It	172
BOTANY	
<i>N. P. Stepanyan-Gandilyan</i> – New Data on the Geographical Distribution of Some Species of the Armenian Flora	273
<i>Zh. H. Vardanyan</i> – Methodological Aspects of Evaluation of the Ornamental Woody Plants	340