

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

ISSN 0321-1339

ՉԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ
REPORTS

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

Основан в 1944 г. Выходит 4 раза в год

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Վ. Ս. ԶԱԽԱՐՅԱՆ

Խմբագրական խորհուրդ՝ ակադեմիկոս Է. Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ. Ե. ԲԱԴԴԱՍԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ. Ա. ԲՐՈՒՏՅԱՆ, ակադեմիկոս Ա. Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Ս. Ա. ՀԱՄԲԱՐՇՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս Է. Մ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Կ. Գ. ՂԱՐԱԳՅՈՋՅԱՆ, ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Լ. Ռ. ՄԱՆՎԵԼՅԱՆ (գլխ. խմբագրի տեղակալ), ակադեմիկոս Ռ. Մ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, ակադեմիկոս Յու. Հ. ՇՈՒԹՈՒՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Դ. Մ. ՍԵՂՈՒԿՅԱՆ, Գ.Ա.ԱԲՐԱՀԱՄՅԱՆ (պատ. քարտուղար)

Главный редактор академик В. С. ЗАХАРЯН

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

Editor-in-chief academician V. S. ZAKARYAN

Editorial Board: academician S. A. AMBARTSUMIAN, academician E. G. AFRIKIAN, academician G. E. BAGDASARIAN, academician G. A. BRUTIAN, academician K. G. KARAGEUZYAN, 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 A. A. TALALIAN, G. A. ABRAHAMYAN (executive secretary)

Խմբագրության հասցեն 0019, Երևան 19, Մարշալ Բաղրամյան պող. 24գ

Адрес редакции 0019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г

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

Phone: (37410) 56-80-67

URL: <http://elib.sci.am>

e-mail: mas@sci.am

© НАН РА. Президиум. 2011

© Издательство "Гитутюн"
НАН РА. 2011

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՍԱԹԵՍԱՏԻԿԱ

Ա. Բ. Ներսեսյան, Ա. Հ. Գասպարյան – Լեծանդրի բազմանդամներով վելլուծությունների զուգամիտությունների արագացում 317

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Լ. Ա. Մովսիսյան – Սեյսմապաշտպանության համակցված մի եղանակի մասին (III մաս) 326

Ա. Պ. Սեյրանյան, Ու. Վանզ – Դուֆինգի հավասարման պարբերական լուծումների կայունության մասին 335

Ա. Հ. Սարգսյան – Միկրոպոլյար առածգական բարակ ձողերի դինամիկ ծոման մաթեմատիկական մոդելը 342

ԿԵՆՍԱՑԻԶԻԿԱ

Պ. Հ. Վարդևանյան, Ա. Պ. Անտոնյան, Մ. Ա. Շահինյան, Ա. Թ. Կարապետյան – ԴՆԹ-ի հետ ոչ կովալենտ կապվող լիզանդների փոխազդեցությունը 352

ԱՆԱԼԻՏԻԿ ԹԻՄԻՍ

Ն. Օ. Գյոկչյան – Պլատին (IV) - ի միկրոգրամային քանակների էքստրակցիոն – ֆոտոմետրական որոշումը թիագինային շարքի ներկանյութ դիմերիլթիոնինով 359

ԵՐԿՐԱԹԻՄԻՍ

Ի. Ա. Փաշայան, Լ. Ս. Բաղումյան – Հիդրոերկրաքիմիական էլեմենտների փոփոխության դինամիկան Արարատյան սեյսմափորձադաշտում 364

ԿԵՆՍԱԹԻՄԻՍ

Ա. Ա. Ազաբաբովա, Հ. Ա. Մովսեսյան – Առնետների աղեստամոքսային տրակտի պայմանական ախտածին միկրոֆլորայի փոփոխությունը ցածր հաճախականության լազերի ազդեցության ներքո 372

Պ. Ա. Ղազարյան, Թ. Ռ. Փանոսյան, Կ. Ի. Իսրայելյան, Տ. Վ. Ղոչիկյան – BAC-167 4-բութանոլիդների ածանցյալի դերը հեպատոցիտների ֆոսֆոինոզիտիդների փոխանցական կանոնավորման գործընթացում 379

Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Ս. Ս. Հովակիմյան, Գ. Ա. Գևորգյան, Վ. Խ. Մամիկոնյան – Ֆտորմորֆոկաինը որպես արդյունավետ հակամակարդիչ 385

ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՃԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Վ. Վ. Ղազարյան, Վ. Ա. Դավթյան – Հայաստանի բուսաբանական այգիներում ծառային ինտրոյուցենտների ֆոտոսինթետիկ ապարատի փոփոխականության պոտենցիալի վերաբերյալ 391

ՄԻՋԱՏԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Մ. Ա. Մարգարյան, Բարիմսևի Վարանդի Հ. – *Cardiophorus* Eschscholtz, 1829 (Coleoptera, Elateridae, Cardiophorinae) սեռի չրիկանների նոր տեսակներ Մազանդարանից (Իրան) 396

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- А. Б. Нерсисян, А. А. Гаспарян* – Ускорение сходимости рядов по полиномам Лежандра 317

МЕХАНИКА

- Л. А. Мовсисян* – Об одном комбинированном способе сейсмозащиты (часть III) 326
- А. П. Сейранян, У. Ванг* – Об устойчивости периодических решений для уравнения Дуффинга 335
- А. А. Саркисян* – Математическая модель динамического изгиба микрополярных упругих тонких балок 342

БИОФИЗИКА

- П. О. Вардewanян, А. П. Антонян, М. А. Шагиян, А. Т. Каранетян* – Взаимодействие нековалентно связывающихся лигандов с ДНК 352

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Н. О. Геохчян* – Экстракционно-фотометрическое определение микрограммовых количеств платины (IV) тиазиновым красителем диметилтионином 359

ГЕОХИМИЯ

- Р. А. Пашиаян, Л. С. Багумян* – Динамика изменения гидрогеохимических элементов на Араратском сейсмополигоне 364

БИОХИМИЯ

- А. А. Агабабова, О. А. Мовсисян* – Изменение условнопатогенной микрофлоры желудочно-кишечного тракта крыс под воздействием низкочастотного лазера 372
- П. А. Казарян, Т. Р. Паносян, К. И. Израелян, Т. В. Кочикян* – Роль ВАС-167 производного 4-бутанолидов в регуляции метаболизма фосфоинозитидов гепатоцитов при саркоме-180 379
- К. Г. Карагезян, С. С. Овакимян, Г. А. Геворгян, В. Х. Мамиконян* – Фторморфокаин как эффективное средство антикоагулянтного действия 385

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- В. В. Казарян, В. А. Давтян* – О потенциале изменчивости фотосинтетического аппарата древесных интродуцентов в ботанических садах Армении 391

ЭНТОМОЛОГИЯ

- М. А. Марджанян, Баримани Варанди Х.* – Новые виды щелкунов рода *Cardiophorus* Eschscholtz, 1829 (Coleoptera, Elateridae, Cardiophorinae) из Мазандарана (Иран) 396

CONTENTS

MATHEMATICS

- A. B. Nersessian, A. H. Gasparian* – Convergence Acceleration for Expansions by Legendre Polynomials 317

MECHANICS

- L. A. Movsisyan* – On One Combined Method of Seismoprotection (Part III)..... 326

- A. P. Seyranian, Y. Wang* – On Stability of Periodic Solutions for Duffing's Equation 335

- A. H. Sargsyan* – Mathematical Model of The Dynamic Bend of Micropolar Elastic Thin Bars 342

BIOPHYSICS

- P. O. Vardevanyan, A. P. Antonyan, M. A. Shahinyan, A. T. Karapetyan* – The Interaction of Non-Covalent Binding Ligands with DNA 352

ANALYTICAL CHEMISTRY

- N. O. Geokchian* – Extraction-Photometric Determination of Microgramm Amounts of Platinum (IV) Using Dimethylthionine Tiazin Dye..... 359

GEOCHEMISTRY

- R. A. Pashayan, L. S. Bagumyan* – The Dynamics of Changes of Hydrogeochemical Elements on the Ararat Seismic Polygon 364

BIOCHEMISTRY

- A. A. Agababova, H. A. Movsesyan* – Change of Gut Microflora of Healthy Rats under the Low Energy Laser Irradiation 372

- P. A. Ghazaryan, T. R. Panosyan, K. I. Israelyan, T. V. Ghochikyan* – The Role of BAC-167 – Derived 4 Butanolid in the Regulation Process of Metabolism of Phosphoinositides 379

- K. G. Karageuzyan, S. S. Hovakimyan, G. A. Gevorgyan, V. Kh. Mamikonyan* – Flomorphocain as an Effective Remedy with Anticoagulant Properties..... 385

PLANT PHYSIOLOGY

- V. V. Kazaryan, V. A. Davtyan* – On the Potentiality Change of Photosynthetic Apparatus of Woody Introducers in Botanical Gardens of Armenia..... 391

ENTOMOLOGY

- M. A. Marjanyan, Barimani H. Varandi* – New Species of Click-Beetles of Genus *Cardiophorus* Eschscholtz, 1829 (Coloptera, Elateridae, Cardiophorinae) from Mazandaran (Iran) 396

получить здесь все аналоги результатов работы [5]. Это относится как к точным оценкам асимптотических ошибок, так и к строгому обоснованию аналога QR-метода. Однако, имея в виду, что разложения по полиномам Лежандра исключительно важны с прикладной точки зрения, мы в ряде случаев приводим обоснование предлагаемого метода на уровне анализа соответствующих численных экспериментов, проведенных с применением пакетов системы MATHEMATICA 7.

2. Полиномы Лежандра. Приведем необходимые для дальнейшего сведения (более подробную информацию можно найти в [6, 7]). Классические полиномы Лежандра $\{P_n(x)\}$, $-1 \leq x \leq 1$, $n \geq 0$, удовлетворяют дифференциальному уравнению

$$\mathfrak{L} P_n(x) \equiv \frac{d}{dx}(1-x^2) \frac{d}{dx} P_n(x) = -\lambda_n P_n(x), \lambda_n = n(n+1). \quad (1)$$

Справедливы следующие формулы ($|x| \leq 1$ и $\|\cdot\|_2$ — L_2 -норма):

$$\begin{aligned} (1-x^2)P_n'(x) &= (n+1)(xP_n(x) - P_{n+1}(x)), \quad (2n+1) \int_{-1}^1 P_n(x) dx = \\ &= P_{n+1}(x) - P_{n-1}(x), \quad P_0(x) = 1, \quad P_n(\pm 1) = (\pm 1)^n, \\ |P_n(x)| &\leq 1, \quad \|P_n(x)\|_2 = (n+1/2)^{-1/2}. \end{aligned} \quad (2)$$

Ряд по ортонормальной системе полиномов $\{(n+1/2)^{1/2} P_n(x)\}$, $n \geq 0$, сходится не только в L_2 , но и в L_p , $4/3 < p < 4$.

Справедливы следующие оценки:

$$\begin{aligned} (1+2n)(\mathfrak{L}^q f, P_n) &= O(1), \quad n \rightarrow \infty, \quad \|f - S(f)_N\|_2 \leq \\ &\leq C N^{-2q} \|u\|_{2q}, \quad \|f - S(f)_N\|_\infty \leq C' N^{-2q+1} \|f\|_{2q}, \end{aligned} \quad (3)$$

где, при $s = 2q$, $q \geq 1$, $f(x)$ принадлежит пространству Соболева $H^s[-1, 1]$ с нормой $\|\cdot\|_s$, а $S(f)_N$ — частичная сумма разложения f по полиномам Лежандра

$$S(f)_N(x) = \sum_{n=0}^N (n+1/2) f_n P_n(x), \quad f_n = (f, P_n) \quad (4)$$

и C' — постоянная, зависящая только от q . Как видим, в отличие от ряда Фурье для гладкой на отрезке $[-1, 1]$ функции $f(x)$, ряд по полиномам Лежандра сходится тем быстрее, чем выше степень гладкости f .

Нас интересует случай, когда разлагаемая функция $f(x)$ кусочно-гладкая, а именно, имеется конечное количество заданных точек $-1 < a_1 < \dots < a_r < 1$, $r \geq 1$ потенциальных разрывов f и ее производных до порядка $m \geq 1$. Известно (см., например, [8]), что в этом случае в точках разрывов

f наблюдается осцилляция, подобная классическому явлению Гиббса и приводящая к отсутствию равномерной сходимости $S(f)_N$ к f и к медленной L_2 -сходимости ($N \rightarrow \infty$).

3. **Схема метода типа Крылова – Экгофа.** Начнем с простейшего случая, когда $f(x)$ имеет только одну точку разрыва $x = a$, $|a| < 1$, а на отрезках $[-1, a)$ и $(a, 1]$ дважды дифференцируема (в точке a – слева и справа). Если обозначить, через $A_0 = f(a_+) - f(a_-) \neq 0$ и $A_1 = f'(a_+) - f'(a_-)$ скачки f и ее первой производной, то (см. (1)) интегрированием по частям придем к формуле

$$n(n+1) \int_{-1}^1 f(x) P_n(x) dx = A_0(1-a^2)P'_n(a) - A_1(1-a^2)P_n(a) - \int_{-1}^a P_n(x) (f'(x)(1-x^2))' dx - \int_a^1 P_n(x) (f'(x)(1-x^2))' dx. \quad (5)$$

Отсюда следует ($n \neq 0$), что

$$I_n = (n+1/2)^{1/2} \int_{-1}^1 f(x) P_n(x) dx = \phi_1(n) + \phi_2(n) + \phi_3(n). \quad (6)$$

$$\phi_1(n) = (n+1/2)^{1/2} n^{-1} (n+1)^{-1} A_0(1-a^2) P'_n(a),$$

$$\phi_2(n) = -(n+1/2)^{1/2} n^{-1} (n+1)^{-1} A_1(1-a^2) P_n(a),$$

а $\phi_3(n)$ соответствует интегралам в (5). При $n \rightarrow \infty$ справедливы следующие оценки (см. (2)):

$$\phi_1(n) = O(n^{-1}), \quad \phi_2(n) = O(n^{-2}), \quad \phi_3(n) = O(n^{-3}), \quad (7)$$

причем при $P'_n(a) \neq 0$ $\phi_1(n)/\phi_2(n) = O(n)$.

С другой стороны, если обозначить через $\chi(a, x)$ характеристическую функцию интервала (a, ∞) , то, согласно (2), справедливо следующее ее разложение:

$$\chi(a, x) = \frac{(1-a)}{2} + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (P_{n-1}(a) - P_{n+1}(a)) P_n(x). \quad (8)$$

Отсюда следует, что функция $g(x) = f(x) - A_0 \chi(a, x)$ не имеет разрывов, а ее коэффициенты Фурье явным образом выражаются через $\{f_n\}$ и имеют (в отличие от них) порядок убывания $O(n^{-2})$, $n \rightarrow \infty$.

Таким образом, если мы знаем точку скачка a пока еще не известной функции $f(x)$, его величину A_0 и коэффициенты $\{f_n\}_{n=0}^N$, то можем применить, вместо приближенного восстановления значений $f(x)$ посредством усеченного ряда (4), разложение в такой же ряд для функции $g(x)$. Естественно ожидать, что при этом мы получим более точную информацию о значениях $f(x)$, если N достаточно велико.

Приведем два подхода к задаче приближенного нахождения скачка A_0 , при известных системе коэффициентов $\{f_n\}_{n=0}^N$ и точке скачка a . С этой целью заметим, что если в формуле (6) справа отбросить члены $\phi_2(n)$ и $\phi_3(n)$ (или только член $\phi_3(n)$), то, при $n \rightarrow \infty$, относительная ошибка будет иметь, вообще говоря, порядок $O(n^{-1})$ (или $O(n^{-2})$). Назовем такой подход алгоритмом 1 (алгоритмом 2) и заметим, что, согласно (6), $f_n \simeq \phi_1(n)$ ($f_n \simeq \phi_1(n) + \phi_2(n)$). Если n достаточно велико и $P'_n(a) \neq 0$, то алгоритм 1 позволяет (см. (6)) найти A_0 . Что же касается алгоритма 2, то в нем необходимо одновременно найти и A_1 и поэтому надо применить (6) при двух значениях $n = n_1$ и $n = n_2$, $n_2 < n_1$. Тогда дело сведется, как нетрудно убедиться, к обращению следующей 2×2 -матрицы:

$$M_a(n_1, n_2) = \begin{pmatrix} aP_{n_1}(a) - P_{n_1+1}(a) & (a^2 - 1)P_{n_1}(a)/(n_1 + 1) \\ aP_{n_2}(a) - P_{n_2+1}(a) & (a^2 - 1)P_{n_2}(a)/(n_2 + 1) \end{pmatrix}, \quad (9)$$

определитель которой обозначим через $d(a) = \text{Det} M_a(n_1, n_2) \neq 0$.

4. Численные результаты. Численный эксперимент с функциями, имеющими один или два скачка, показал, что соответствующие алгоритмы работают эффективно и стабильно в широком диапазоне коэффициентов $\{f_n\}$, $n \leq 300$. Рассмотрим, например, функции

$$f_1(x) = \begin{cases} -1 \leq x < 1/3, & x^2 + 1 \\ 1/3 \leq x \leq 1, & 3 - x^2 \end{cases}, \quad f_2(x) = \begin{cases} -1 \leq x < -1/5, & 3x^2, \\ -1/5 \leq x < 1/3, & e^{2x}, \\ 1/3 \leq x \leq 1, & \sin(x/2), \end{cases}$$

имеющие, соответственно, один и два скачка (в точках $x = a = 1/3$ и $x = a_1 = -1/5$, $x = a_2 = 1/3$ соответственно). Их коэффициенты Лежандра представимы в явном виде.

В табл. 1 и 2 приводятся ошибки при вычислении приближенных значений этих функций, при заданном N , посредством обычного разложения (4) (алгоритм *Classic*), посредством ускорения сходимости с предварительным вычислением скачков функции (алгоритм *Type One*) и посредством ускорения сходимости с предварительным вычислением скачков функции и ее производных (алгоритм *Type Two*). Здесь $Err_2 - L_2$ — ошибка и Err_∞ — равномерная ошибка.

Из этих и других, полученных нами, численных результатов следует, что предлагаемые алгоритмы работают достаточно быстро и устойчиво, вплоть до использования 300 коэффициентов Лежандра (при $N \simeq 350$ заметно сказывается накопление ошибок). В то же время обычный процесс

разложения в данный ряд (алгоритм *Classic*) уже при $N = 50$ уступает в точности примененным здесь алгоритмам, как правило, на один порядок.

Таблица 1

Абсолютные ошибки при восстановлении функции $f_1(x), |x| \leq 1$

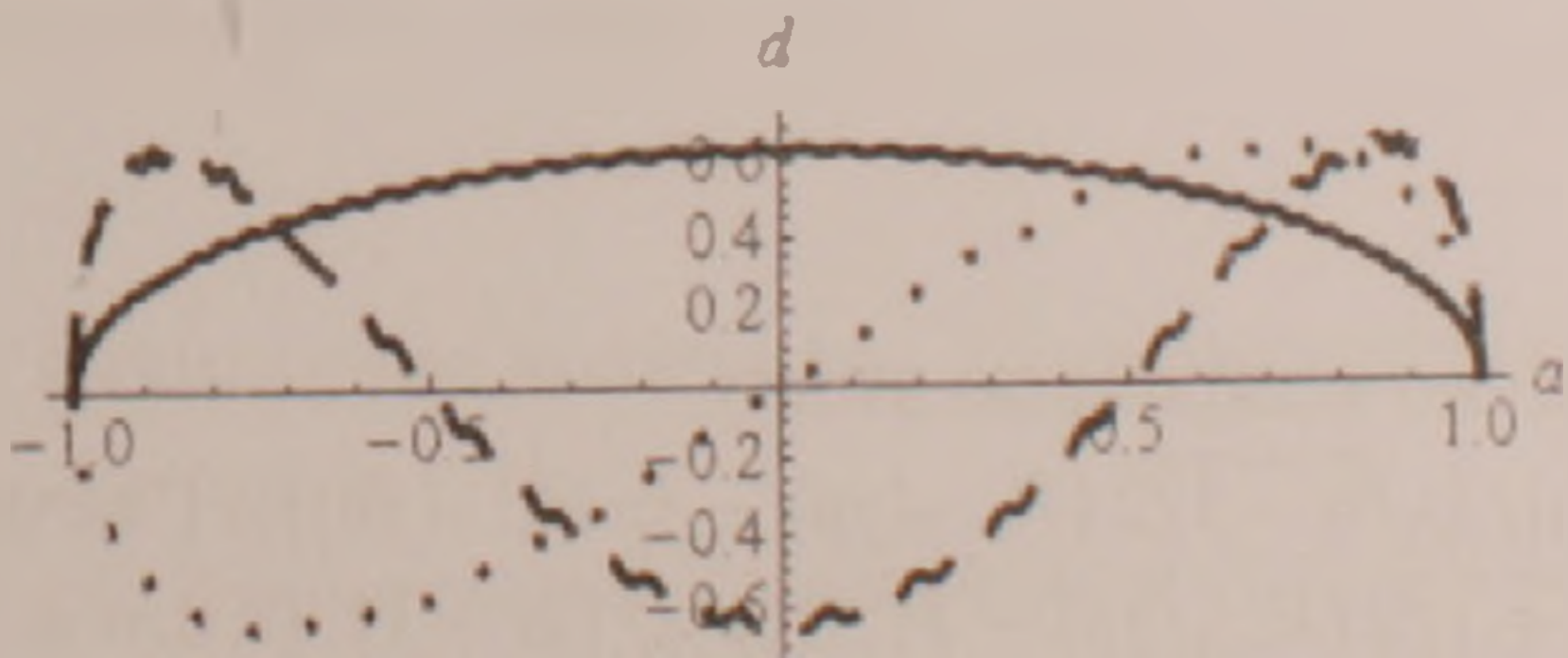
Algorithms		N = 50	N = 100	N = 150	N = 200	N = 250
Classic	$Err_2 =$	$1.3e-1$	$9.7e-2$	$7.9e-2$	$6.8e-2$	$6.1e-2$
	$Err_\infty =$	$9e-1$	$9e-1$	$8.5e-1$	$8e-1$	$8e-1$
Type One	$Err_2 =$	$4.2e-3$	$7.4e-4$	$3.1e-4$	$9.5e-4$	$1e-4$
	$Err_\infty =$	$3e-2$	$8e-3$	$5e-3$	$1.4e-2$	$1.4e-3$
Type Two	$Err_2 =$	$1.1e-3$	$3.9e-4$	$2.1e-4$	$1.4e-4$	$1e-4$
	$Err_\infty =$	$8e-3$	$4e-3$	$2.5e-3$	$1.5e-3$	$1.4e-3$

Таблица 2

Абсолютные ошибки при восстановлении функции $f_2(x), |x| \leq 1$

Algorithms		N = 50	N = 100	N = 150	N = 200	N = 250
Classic	$Err_2 =$	$1.4e-1$	$1e-1$	$8.3e-2$	$7.2e-2$	$6.4e-2$
	$Err_\infty =$	$9e-1$	$9e-1$	$8.5e-1$	$8.5e-1$	$8e-1$
Type One	$Err_2 =$	$7.8e-3$	$1.5e-2$	$1.1e-3$	$5.9e-4$	$1.8e-3$
	$Err_\infty =$	$5e-2$	$1e-1$	$1.4e-2$	$6e-3$	$2e-2$
Type Two	$Err_2 =$	$3.7e-3$	$1.2e-3$	$6.9e-4$	$4.6e-4$	$3.2e-4$
	$Err_\infty =$	$2e-2$	$1e-2$	$6e-3$	$4e-3$	$3.5e-3$

Замечание 1. Алгоритм 1 теорстически работает при $P''_n(a) \neq 0$, однако, если это условие не выполнено, то надо перейти от n к $n - 1$ и т.д. Такой же подход необходимо применить и к алгоритму 2, имея в виду необходимость условия $d(a) \neq 0$. Здесь проявляется специфика данной задачи, ибо в работах [2-5] соответствующие алгоритмы связаны с обращением матрицы Вандермонда и поэтому они работают безусловно. Рисунок иллюстрирует сказанное на примере алгоритма 2.



Графики величины определителя $d(a), |a| \leq 1$ при $n_1 = 50$, когда $n_2 = 19$ (сплошная линия), $n_2 = 48$ (мелкий пунктир) и $n_2 = 47$ (крупный пунктир)

Оказывается, что и при других значениях n_1 наблюдается такая же картина и поэтому, если $n_2 = n_1 - 1$, то в алгоритме 2 никаких дополнительных условий на $d(a)$ ставить не надо. Именно это обстоятельство использовано ниже, в программе алгоритма 2. В случае же $n_2 = n_1 - 2$ "опасна" точка разрыва функции $f(x)$, близкая к нулю, а при $n_2 = n_1 - 3$ точка разрыва вблизи $x = \pm 1/2$.

5. Алгоритмы. Ниже приводятся соответствующие алгоритмы ускорения сходимости в коде MATHEMATICA в случае, когда разлагаемая функция $f(x)$ имеет одну точку разрыва $x = a$, $|a| < 1$ и $m = n + 1$.

5.1. Алгоритм 1.

```
BeginPackage["NumericalMath`LegendreOne"];
Begin["`Private`"];
```

(* Модуль *LegendreOne*[*cf*_, *jp*_, *x*_] принимает в качестве аргументов список коэффициентов Фурье *cf*_, точку разрыва функции *jp*_, а также независимую переменную *x*_ в итоговой функции, которую возвращает модуль. В алгоритме модуля предварительно находится скачок A_0 функции f . *)

```
LegendreOne[cf_ , jp_ , x_] := Module[{Func, n, A0, fcf, y, t, k},
```

```
  If[!ListQ[cf] || Length[cf] < 10,
```

```
    Message[LegendreOne::"notlist", cf];
```

```
    Return[];
```

```
  ];
```

```
  t = n = Length[cf]; (*переход к другому n*)
```

```
  Do[ If[ | $P_{t-2}(jp) - jp P_{t-1}(jp)$ | <  $10^{-9}$ ,
```

```
    If[ | $P_{t-2}(jp) - jp P_{t-1}(jp)$ | > | $P_{t-3}(jp) - jp P_{t-2}(jp)$ |,
```

```
      k = t,
```

```
      k = t - 1;
```

```
    ];
```

```
    t = t - 1,
```

```
    k = t;
```

```
    Break[];
```

```
  ], {4}
```

```
];
```

```
n = k; (* количество коэффициентов*)
```

```
A0 = n Part[cf, n] / ( $\sqrt{n - 1/2} (P_{n-2}(jp) - jp P_{n-1}(jp))$ ); (*величина скачка  $A_0$ *)
```

```
fcf = Table[  $\sqrt{i + 1/2} (P_{i-1}(jp) - P_{i+1}(jp)) / (2i + 1)$ , {i, 0, n - 1}];
```

```
Func = Simplify[  $\sum_{j=0}^{n-1} \sqrt{j + 1/2} P_j(y) (Part[cf, j + 1] - A_0 Part[fcf, j + 1])$  ] +  
A0 If[y < jp, 0, 1];
```


Func /. *y* → *x* (*Возвращаемая функция от переменной *x**)

End];

EndPackage];

5.2. Алгоритм 2.

BeginPackage["NumericalMath`LegendreTwo"];

Begin["Private"];

(* Вспомогательный модуль *)

(* Вспомогательный модуль *JumpsTwo*[*Fn*_, *Fm*_, *n*_, *a*_] принимает в качестве аргументов коэффициенты *Fn*_, *Fm*_, индекс *n* младшего коэффициента *Fn*_, а также точку разрыва *a*_. Функция возвращает 2-мерный список, где первый элемент списка — это скачок функции, а второй элемент списка — скачок производной функции. *)

JumpsTwo[*Fn*_, *Fm*_, *n*_, *a*_] := *Module*[{*c*, *d*, *g*},

c = ((*n* + 1) *P*_{*n*+1}(*a*)² + *P*_{*n*}(*a*) (*a* *P*_{*n*+1}(*a*) − (*n* + 2) *P*_{*n*+2}(*a*)));

d = *Fn* *n* √2*n* + 3;

g = (*n* + 1)/(*c* √*n* + 1/2 √2*n* + 3);

g { (*Fm* (*n* + 2) √2*n* + 1 *P*_{*n*}(*a*) − *d* *P*_{*n*+1}(*a*)) ,

(*n* + 2) (*Fm* (*n* + 1) √2*n* + 1 (*P*_{*n*+1}(*a*) − *a* *P*_{*n*}(*a*)) + *a* *d* *P*_{*n*+1}(*a*) − *d* *P*_{*n*+2}(*a*)) / (*a*² − 1) }

(* Основной модуль *)

(* Модуль *LegendreTwo*[*cf*_, *jp*_, *x*_] принимает в качестве аргументов те же величины, что и *LegendreOne*[*cf*_, *jp*_, *x*_], но основан на предварительном нахождении не только скачка *A*₀ функции *f*, но и скачка *A*₁ ее производной. *)

LegendreTwo[*cf*_, *jp*_, *x*_] := *Module*[{*Func*, *n*, *jps*, *A*₀, *f* *cf* . *y*},

If[!ListQ[*cf*] || Length[*cf*] < 10,

Message[*LegendreTwo*::"notlist", *cf*];

Return];

];

n = Length[*cf*]; (*вычисление количества коэффициентов*)

jps = *JumpsTwo*[*Part*[*cf*, *n* − 1],

Part[*cf*, *n*], *n* − 2, *jp*]; (*вычисление скачков *A*₀ и *A*₁*)

*A*₀ = *Part*[*jps*, 1]; (*нужный скачок *A*₀*)

f *cf* = *Table*[√*i* + 1/2 (*P*_{*i*−1}(*jp*) − *P*_{*i*+1}(*jp*)) / (2*i* + 1), {*i*, 0, *n* − 1}];


```
Func = Simplify[Sum_{j=0}^{n-1} sqrt(j+1/2) P_j(y) (Part[cf, j+1] - A_0 Part[fcf, j+1]) + A_0 If[y < jp, 0, 1];
```

```
Func /. y -> x (*Возвращаемая функция от переменной x*)
```

```
End[];
```

```
EndPackage[];
```

Замечание 2. Аналогичную, но более объемную структуру имеют используемые нами выше алгоритмы для функции $f(x)$, имеющей не более двух точек разрыва. Реализация схемы ускорения сходимости, соответствующей большому количеству скачков, сопряжена лишь с техническими трудностями.

Отметим также, что, применяя подобные алгоритмы, соответствующие данному числу скачков, на практике мы имеем в виду, что могут быть и иные скачки, но с гораздо меньшей (пренебрежительно малой) суммарной величиной скачков первых производных (в алгоритмах типа *One*) и как первых, так и вторых производных (в алгоритмах типа *Two*).

Институт математики НАН РА

Российско-Армянский (Славянский) университет

Академик А. Б. Нерсисян, А. А. Гаспарян

Ускорение сходимости рядов по полиномам Лежандра

Обсуждается задача ускорения сходимости разложений с ортогональными многочленами Лежандра для случая, когда функция кусочно непрерывная и известны только ее коэффициенты Фурье. Метод обоснован как теоретически, так и в результате численных экспериментов. Приводятся численные результаты для случая, когда разлагаемая функция имеет одну или две точки разрыва. Для одной точки разрыва предлагается также программный пакет.

Ակադեմիկոս Ա. Բ. Ներսիսյան, Ա. Ն. Գասպարյան

Լեժանդրի բազմանդամներով վերլուծությունների գույգամիությունների արագացում

Քննարկվում է Լեժանդրի օրթոգոնալ բազմանդամներով վերլուծությունների գույգամիության արագացման խնդիրը այն դեպքում, երբ վերլուծվող ֆունկցիան կտրոր առ կտրոր

անընդհապ է. եւ հայտնի են միայն նրա Ֆուրիեի գործակիցները: Մեթոդի հիմնավորումը ստացվում է ինչպես տեսականորեն, այնպես էլ թվային փորձարարության արդյունքների սիմուլյով: Բերվում են թվային արդյունքներ այն դեպքերում, երբ վերլուծվող ֆունկցիան ունի մեկ կամ երկու խզման կետ: Մեկ խզման կետի դեպքում առաջարկվում է նաեւ ծրագրային փաթեթը:

Academician A. B. Nersessian, A. H. Gasparyan

Convergence Acceleration for Expansions by Legendre Polynomials

The problem of decomposition of convergence acceleration for series by Legendre's orthogonal polynomials is being discussed when the function is sectionally continuous and only Fourier -- Legendre coefficients are known. The justification of the method is obtained by both theoretical and experimental results. Numenical results are given when the function has one or two points of discontinuity. In case of one point the software package is also suggested.

Литература

1. Крылов А. Лекции по приближенным вычислениям. Изд. АН СССР, Л. 1933.
2. Eckhoff K.S. - Math. Comp. 1995. V. 64. N 210. P. 671 - 690.
3. Нерсисян А.Б. - Доклады НАН Армении. 2004. Т. 104. N 4. С. 186-191.
4. Нерсисян А.Б. - Доклады НАН Армении. 2005. Т. 105. N 1. С. 28-35.
5. Нерсисян А.Б. - Математика в высшей школе. Научно-методический сборник. 2005. Т. 2. С. 47-63.
6. Бейтмен Г., Эрдейи А. - Высшие трансцендентные функции. Т. 2. СМБ. М. Наука. 1971.
7. Hesthaven J.S., Kirby R.M., Quarteroni A. - Math. Comp. 2008. V. 77. P. 1425-1452.
8. Hesthaven J.S., Kaber S.M., Lurati L. - J. Scientific Computing. 2006. V. 28. N. 2-3, P. 337-359.

МЕХАНИКА

УДК 539.3.624.04

Л. А. Мовсисян

Об одном комбинированном способе сейсмозащиты (часть III)

(Представлено академиком Л.А. Агаловяном 2/XI 2010)

Ключевые слова: *собственный вес, частота, устойчивость, дискретная система, оптимальное управление через граничные условия*

Объект исследования тот же, что и в первых двух частях [1,2]. В настоящей статье рассмотрены вопросы устойчивости его отдельных частей и влияние собственного веса на собственные частоты. Отдельно рассматривается также задача оптимального управления движением колонны, когда оно осуществляется через граничные условия.

1. Рассмотрим задачу устойчивости многослойного основания. По предположению [1,2] начальное невозмущенное состояние принималось для него как сдвиговое. Следовательно, единственным начальным перерезывающим усилием будет Sh в предположении, что на внешних плоскостях действует сдвигающее напряжение S . Одномерными уравнениями возмущенного состояния будут [3]:

$$\begin{aligned} C \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - Sh \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} &= \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \\ D \frac{\partial^4 u}{\partial z^4} + Sh \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} &= 0. \end{aligned} \quad (1.1)$$

Приведенные здесь коэффициенты имеют вид

$$C = B_{11}^{(1)}(k+1)h_1 + B_{11}^{(2)}kh_2, \quad \rho = \rho_1(k+1)h_1 + \rho_2kh_2,$$

$$D = \frac{2}{3} [B_{11}^{(1)}X_1 + B_{11}^{(2)}X_2], \quad X_1 = \sum_{m=1}^{k+1} Z_1 - \sum_{m=1}^k Z_2,$$

$$X_2 = \sum_{m=1}^k (Z_2 - Z_1), \quad Z_1 = \left[(2m-1)\frac{h_1}{2} + (m-1)h_2 \right]^3$$

$$Z_2 = \left[(2m-1)\frac{h_1}{2} + mh_2 \right]^3, \quad B_{11}^{(i)} = \frac{E_i}{1-\nu_i^2},$$

$2k+1$ — количество слоев.

Будем изучать два случая: сдвигающее напряжение, являющееся периодической функцией от времени (динамическая устойчивость)

$$S = S_0 + S_1 \cos \theta t, \quad (1.2)$$

и статический случай $S_1 = 0$.

В предположении свободного опирания пластинки на концах $z=0$ и $z=L$ решение (1.1) будем искать как

$$u = \varphi_n \sin \lambda_n z, \quad w = f_n \sin \lambda_n z, \quad \lambda_n = n\pi/L \quad (1.3)$$

и для φ_n и f_n получим систему (индекс n опустим)

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \omega^2 \varphi - \frac{\lambda^2 L}{\rho} (S_0 + S_1 \cos \theta t) f &= 0, \quad \omega^2 = \frac{C}{\rho} \lambda^2, \\ \frac{d^2 f}{dt^2} + \Omega^2 f - \frac{\lambda^2 L}{\rho} (S_0 + S_1 \cos \theta t) \varphi &= 0, \quad \Omega^2 = \frac{D}{\rho} \lambda^2. \end{aligned} \quad (1.4)$$

Приближенное решение системы (1.4) для определения главных областей неустойчивости найдем, следуя [4]. В окончательном виде оно имеет вид

$$\theta^2 = 2 \left[\omega^2 + \Omega^2 \pm \sqrt{(\omega^2 - \Omega^2)^2 + \frac{4\lambda^2 L}{\rho} \left(S_0 \pm \frac{S_1}{2} \right)^2} \right]. \quad (1.5)$$

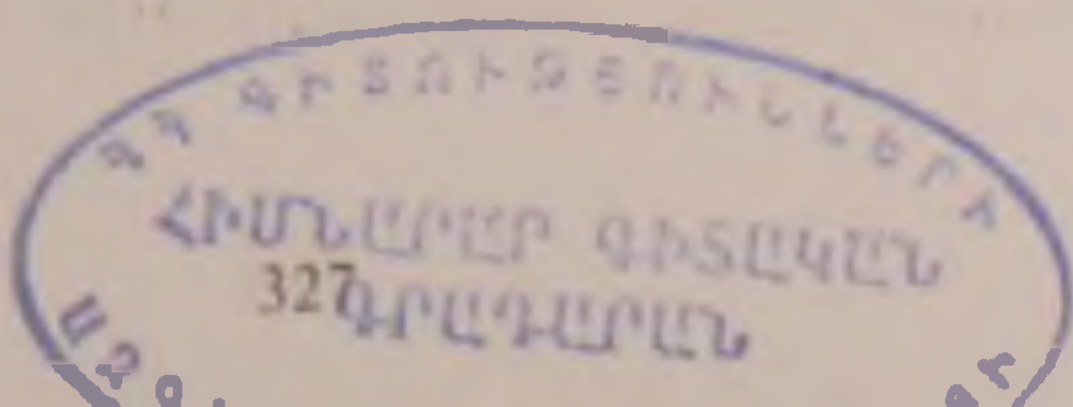
Имеются две области неустойчивости: одна соответствует преимущественно изгибным колебаниям (знак плюс перед радикалом), а вторая — продольным.

В случае статики, при таких же граничных условиях, что выше, критическое напряжение

$$S_0^{(kp)} = \sqrt{CD} \frac{\pi}{hL}. \quad (1.6)$$

При условии жесткой заделки на концах критическое напряжение будет в два раза больше, чем (1.6) (заметим, кстати, что при осевом сжатии оно больше в четыре раза).

2. Рассмотрим собственные колебания конструкций с учетом собственного веса по сдвиговой модели. Обычно принимается линейный закон изменения сжимающей силы по высоте (см. например [5]). При таком предположении движение объекта



$$G \frac{\partial}{\partial x} \left[\left(1 - \frac{p_0 x}{G} \right) \frac{\partial v}{\partial x} \right] = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \quad (2.1)$$

Здесь p_0 — вес на единицу длины.

Переходим к безразмерной координате $x = l\xi$ и ищем решение (2.1) обычным образом — $v = \bar{v} \exp(i\omega t)$. Тогда имеем

$$\frac{d}{d\xi} \left[(1 + \gamma\xi) \frac{d\bar{v}}{d\xi} \right] + p^2 \bar{v} = 0$$

$$p = \frac{\omega l}{a}, \quad a = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad \gamma = \frac{p_0 l}{G} \quad (2.2)$$

Решение уравнения удобнее искать асимптотическим методом [6]. Тогда, пренебрегая малыми членами по сравнению с основными, имеем

$$\bar{v} = (1 - \gamma\xi)^{-1/2} (C_1 \cos \beta + C_2 \sin \beta),$$

$$\beta = \frac{2p}{\gamma} \left[1 - (1 - \gamma\xi)^{1/2} \right], \quad \beta(\gamma = 0) = p\xi. \quad (2.3)$$

Удовлетворяя граничным условиям [1.2]

$$\bar{v} = 0 \quad \text{при} \quad \xi = 0$$

$$G \frac{d\bar{v}}{d\xi} = -\frac{1}{\alpha_1} \bar{v}, \quad \alpha_1 = \frac{(k+1)h_1}{G_1} + \frac{kh_2}{G_2} \quad \text{при} \quad \xi = 1. \quad (2.4)$$

для определения собственных частот получим уравнение

$$\alpha(1-\gamma)^{1/2} \left\{ p \left[1 - (1-\gamma)^{-1/2} \right] \cos \beta_1 + \left[\frac{2p^2}{\gamma} + \frac{\gamma}{2} (1-\gamma)^{-1/2} \right] \sin \beta_1 \right\} = \frac{2p}{\gamma} \cos \beta_1 - \sin \beta_1, \quad (2.5)$$

$$\alpha = \frac{G\alpha_1}{l}, \quad \beta_1 = \beta(\xi = 1).$$

В частности, при $\gamma = 0$ получим (см. [1], (2.3))

$$\alpha \operatorname{tg} p = 1,$$

а для жесткой заделки ($\alpha = 0$)

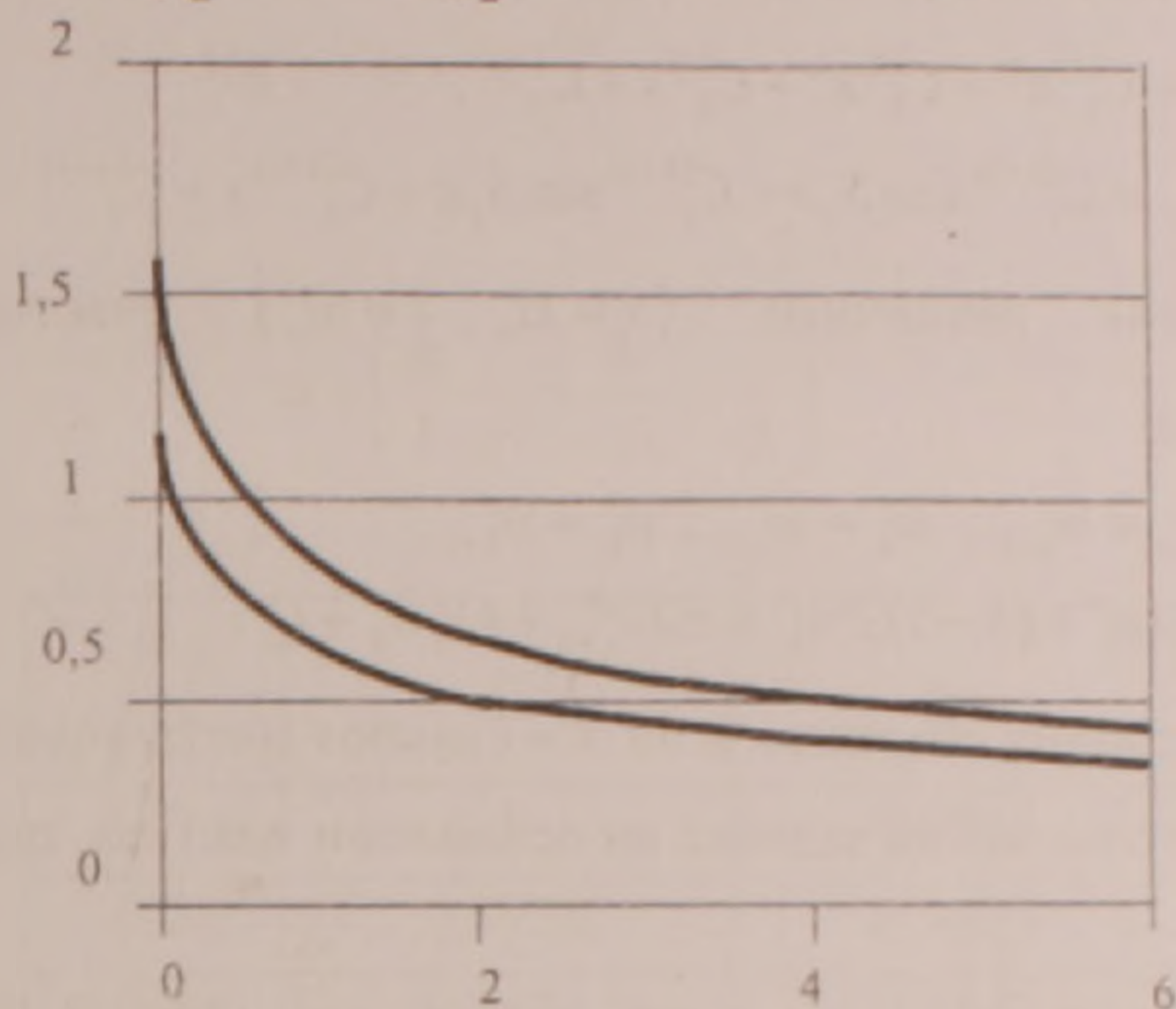
$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{2p}{\gamma} \quad (2.6)$$

На рисунке приведены кривые изменения первой частоты (p_1) в зависимости от γ и α . Верхняя кривая соответствует случаю без учета собственного веса ($\gamma = 0$), а вторая — при $\gamma = 0.5$. Как видно из рисунка, с увеличением α (уменьшением жесткости опоры) разность между частотами при $\gamma = 0$ и $\gamma = 0.5$ уменьшается.

Как известно, при рассмотрении устойчивости стержней в качестве возмущенного состояния принимается изгибная деформация. При возмущении в виде сдвига слишком

велики получаемые критические параметры. Однако в [7] был предложен вариант уточнения уравнения сдвиговой деформации. Для задачи устойчивости оно выглядит так:

$$\frac{d}{d\xi} \left[(1 - \gamma\xi) \frac{dv}{d\xi} \right] + Qv = 0, \quad Q = \frac{G Fl^2}{EJ}. \quad (2.7)^*$$



В классической постановке член с Q отсутствует. Решение предыдущей задачи фактически дает ответ и для настоящей. Если там для заданной γ определяется p , то здесь, уже задаваясь Q , нужно определить γ , которая дает нетривиальное решение. Т.е. в конечном счете можно пользоваться кривыми рисунка.

3. Теперь рассмотрим случай, когда движение объекта описывается изгибом. Запишем уравнение устойчивости (возмущенное состояние)

$$EJ \frac{d^4 w}{dx^4} + \frac{d}{dx} \left(\rho_0 x \frac{dw}{dx} \right) = 0. \quad (3.1)$$

Решение (3.1) выражается через Бесселевы функции [5]. Интересно, что критическая нагрузка (критический вес) одинаково независима от имеющегося на конце $x=l$ условия жесткой или гибкой заделки (см. [1], (2.6)). Отличаются только формы потери устойчивости.

Критическая нагрузка определяется из условия

$$J_{\frac{1}{2}} \left(\frac{2}{3} q \right) = 0, \quad q^2 = \frac{\rho_0 l^3}{EJ}, \quad \text{т.е.} \quad P_{cr} = \rho_0 l = 7.868 \frac{EJ}{l^2}. \quad (3.2)$$

В [1, 2] движение сплошной среды заменено движением дискретной системы, где коэффициенты жесткости определялись решением задачи статики. Из (3.1) определить эти коэффициенты аналитически и таким образом выявить влияние собственного веса

* В выражении Q специально оставлены коэффициенты G и E , так как в сооружениях вряд ли имеет место известное соотношение.

на частоты не представляется возможным. Поэтому как одно из решений задачи можно рекомендовать деление общей длины на несколько частей, причем сжимающая сила на каждом участке постоянна, но различна для различных участков. Сосредоточенная сила на каждом участке на единицу больше, чем на предыдущем (если нумерация приводится со свободного конца, то на первом участке сжатие отсутствует), т.е. имеем

$$\begin{aligned} W_1 &= C_1^{(1)}x^3 + C_2^{(1)}x^2 + C_3^{(1)}x + C_4^{(1)}, \\ W_{k+1} &= C_1^{(k+1)}\cos S_k x + C_2^{(k+1)}\sin S_k x + C_3^{(k+1)}x + C_4^{(k+1)}, \quad k = 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (3.3)$$

В точках соединения различных $(x = kl_0, l = nl_0)$ участков должны быть удовлетворены условия

$$\begin{aligned} w_n &= w_{n+1}, \quad w'_k = w'_{k+1}, \quad w''_k = w''_{k+1}, \\ EJw''_k + (k-1)Pw'_k &= EJw''_{k+1} + kP_k w'_k + Q. \end{aligned} \quad (3.4)$$

На свободном конце условия обычные, а на $x = l$ имеют место условия (2.6) работы [1]. В [8] собственные частоты, когда заделка на основании жесткая, определялись методом Галеркина.

При изучении устойчивости в такой постановке Q в (3.4) нужно опускать и определять P_k из однородной системы.

Решение задачи устойчивости проиллюстрируем на примере, когда длина объекта разделена на три равные части. На первом участке (от свободного конца) сжимающей силы нет, на втором она равна P и на третьем – $2P$.

Пользуясь решением типа (3.3) и удовлетворяя условиям (3.4), для определения критической силы получаем уравнение

$$\sin \lambda \sin \sqrt{2}\lambda = \sqrt{2} \cos \lambda \cos \sqrt{2}\lambda, \quad \lambda^2 = \frac{Pl_0}{EJ} \quad (3.5)$$

Наименьший корень (3.5) есть

$$\lambda = 0.7189 \quad \text{или} \quad P_{kp} = 0.5168 \frac{EJ}{l_0^2}. \quad (3.6)$$

Суммарная сила ($\bar{P} = 3P$), которая вызывает потери устойчивости в зависимости от того, брать $2l_0 = l$ или $3l_0 = l$, будет соответственно

$$\bar{P}_{kp} = 6.2016 \frac{EJ}{l^2} \quad \text{или} \quad \bar{P}_{kp} = 13.9536 \frac{EJ}{l^2}. \quad (3.7)$$

Отличие (3.7) от (3.2) не очень разительное и можно, увеличивая число участков, получить более приемлемые результаты.

Колебание системы будем изучать на примере системы с одной степенью свободы. Пусть сосредоточенная сила (собственный вес) приложена в центре тяжести объекта или, если исходить из условия равенства критических сил, в одной точке и по

(3.2). Точка эта находится в $l_1 = 0.56l$ от свободного конца. Тогда прогиб в этой точке будет

$$\begin{aligned} \frac{w}{l_1} &= \frac{Ql_1^3}{EJ\lambda^3} (tg\lambda + \alpha\lambda^3 - \lambda) \ , \ \lambda = \sqrt{\frac{P}{EJ}} l_1, \\ P &= Mg \ , \ \alpha = \alpha_1 \frac{EJ}{Fl_1^3} . \end{aligned} \tag{3.8}$$

Следовательно

$$\omega = \left(\frac{g}{l} \frac{\lambda}{tg\lambda + \alpha\lambda^3 - \lambda} \right)^{1/2} \tag{3.9}$$

$\alpha \backslash \lambda$	0	0.1
0	1	0.9853
0.2	0.9938	0.8729
0.4	0.9674	0.8547
0.6	0.9253	0.8253
0.8	0.8622	0.7796
1	0.7733	0.7112

Для случая жесткого защемления $\alpha = 0$. В таблице приведены значения относительной частоты – отношение (3.6) к $\omega_0 = \left(3EJ / Ml_1^3 \right)^{1/2}$ для различных λ . Последняя есть частота без учета собственного веса, и на конце имеются условия заделки.

4. В работе [7] на примере уточненного уравнения сдвига изучена задача оптимального управления, когда последнее осуществляется через внешнюю нагрузку. Здесь рассмотрим подобную задачу, когда управление осуществляется через граничное условие. Для уравнения

$$a^2 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \chi w \right) = \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \ , \ \chi = \frac{G}{E} \frac{F}{J} \tag{4.1}$$

заданы начальные условия

$$t = 0 \quad w = \Phi_1(x) \quad \text{и} \quad \frac{\partial w}{\partial t} = \Phi_2(x) \tag{4.2}$$

Один край $x = l$ свободен, и управление осуществляется через перемещение в краю:

$$w = F(t) \quad \text{при} \quad x = 0 \tag{4.3}$$

Собственные функции для данной задачи $\{ \sin \mu_n \}$, если брать

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(t) \sin \mu_n x \ , \ \mu_n = \frac{(2n-1)\pi}{2l} \tag{4.4}$$

для f_n получим

$$\frac{d^2 f_n}{dt^2} + \omega_n^2 f_n = 2\lambda_n F(t), \quad \omega_n^2 = a^2 (\mu_n^2 - \chi) \quad (4.5)$$

Решением (4.5) после удовлетворения начальным условиям (4.2) будет

$$f_n = a_n \cos \omega_n t + \frac{b_n}{\omega_n} \sin \omega_n t + \frac{2\lambda_n}{\omega_n} \int_0^t F(\tau) \sin \omega_n (t - \tau) d\tau. \quad (4.6)$$

Задача управления формулируется обычным образом – в момент времени $t = T$ перемещение и скорость точек свести к заданному состоянию

$w(x, T) = \psi_1(x)$, $\frac{\partial w}{\partial t} = \psi_2(x)$, при этом минимизируя некоторый функционал. Для

последнего как критерий качества примем минимум функционала

$$I = \int_0^T F^2(t) dt \quad (4.7)$$

Условия эти следующие:

$$\begin{aligned} \int_0^T F(t) X_1(x, \tau) d\tau &= \Psi_1(x), \\ \int_0^T F(t) X_2(x, \tau) d\tau &= \Psi_2(x). \end{aligned} \quad (4.8)$$

где $X_1 = \sum_{n=1}^{\infty} \sin \lambda_n x \sin \omega_n (T - \tau)$, $X_2 = \sum_{n=1}^{\infty} \sin \lambda_n x \cos \omega_n (T - \tau)$, а $\Psi_1(x)$ и $\Psi_2(x)$ есть определенная сумма от $\psi_1(x)$ и $\psi_2(x)$ и первых двух членов от (4.6).

Так как соотношения (4.8) верны для любого x ($0 < x < l$), то можно брать определенное значение $x = x_0$ и вычислить F , которое сообщает минимум (4.7),

$$F = -\frac{1}{2} [v_1 X_1(x_0, \tau) + v_2 X_2(x_0, \tau)]. \quad (4.9)$$

Множители Лагранжа v_1 и v_2 определяются из системы (4.8) при $x = x_0$.

Изложенное проиллюстрируем на простом примере. Пусть в момент $t = 0$ системе сообщено перемещение в виде первой гармоники:

$$w = a_1 \sin \mu_1 x, \quad \frac{\partial w}{\partial t} = 0 \quad \text{при} \quad t = 0. \quad (4.10)$$

В момент $t = T = \frac{2\pi}{\omega_1}$ смещение будет (4.10). Если же требовать, чтобы в $t = T$ оно было

в покое:

$$w = \frac{\partial w}{\partial t} = 0 \quad \text{при} \quad t = T, \quad (4.11)$$

то для $F = -\frac{1}{2}(\nu_1 \sin \omega_1 t + \nu_2 \cos \omega_1 t)$ имеем $\nu_1 = 0$ и $\nu_2 = -\frac{2a_1 \omega_1}{T \lambda_1}$, т.е.

$$F = \frac{a_1}{2\pi \lambda_1} \sin \omega_1 t \quad (4.12)$$

Настоящая работа, как и [1,2], выполнена по теме №0008.

Институт механики НАН РА

Л. А. Мовсисян

Об одном комбинированном способе сейсмозащиты (часть III)

Изучаются вопросы устойчивости и влияние собственного веса на собственные частоты отдельных частей объекта. Рассмотрен также пример оптимального управления движением колонны, когда оно осуществляется через граничные условия.

Լ. Ա. Մովսիսյան

Սեյսմապաշտպանության համակցված մի եղանակի մասին (III մաս)

Ուսումնասիրվում են դիտարկվող օբյեկտի առանձին մասերի կայունության և սեփական քաշից սեփական հաճախությունների կախվածության հարցերը։ Դիտարկվում է նաև սյան շարժման օպտիմալ ղեկավարման խնդիրը, երբ վերջինս իրականացվում է եզրային պայմանների միջոցով։

L. A. Movsisyan

On One Combined Method of Seismoprotection (Part III)

The problems of different parts of the considered object and the influence of own weight on own frequencies are studied. Besides, the problem of optimal control of the column motion when the latter is realized due to the boundary condition is investigated.

Литература

1. Мовсисян Л. А. - ДНАН РА. 2009. N 2. С. 137-144.
2. Мовсисян Л. А. - ДНАН РА. 2010. N 3. С. 228-234.

3. Мовсисян Л.А., Пештмалджян Д.В. - Изв. АН Арм ССР, Механика. 1973. Т.26. N 6. С.18-28.
4. Болотин В.В. Динамическая устойчивость упругих систем. М. Гостехиздат. 1956. 600 с.
5. Вольмир А.С. Устойчивость упругих систем. М. ГИФ-МЛ. 1963. 879 с.
6. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М. Наука. М. 1976. 576 с.
7. Мовсисян Л.А. - ДНАН РА. 2001. Т. 101. № 4. С. 330-336.
8. Хачиян Э.Е. Сейсмические воздействия на высотные здания и сооружения. Ереван. Аиристан. 1973. 327 с.

On Stability of Periodic Solutions for Duffing's Equation

Key words: *Duffing's equation, stability of periodic solutions, frequency-response curve, numerical simulation*

In the present paper we study the stability of periodic solutions of the harmonically excited Duffing's equation with the direct application of the Lyapunov theorem. The damping coefficient and excitation amplitude are assumed to be small. Periodic solutions are found with the use of approximate methods. We derive the stability conditions and find stable and unstable regimes on the frequency-response curve. Two types of detuning parameter are considered and corresponding frequency-response curves are compared with the results obtained by numerical simulation.

Here it is assumed that the excitation frequency is close to the natural frequency $\Omega = \omega_0 + \sigma$ (primary resonance), and the constants μ, α, f and σ are small quantities of the same order $o(1)$. Equation (1) admits a periodic solution in the form [2]

$$u_0(t) = a \cos(\Omega t - \gamma) + \frac{\alpha a^3}{32\omega_0^2} \cos(3\Omega t - 3\gamma) + o(\alpha), \quad (2)$$

where the term $o(\alpha)$ contains higher harmonics, and the amplitude a and phase γ are constants of the order $O(1)$ satisfying in the first approximation the equations

$$\left[\left(\Omega - \omega_0 - \frac{3\alpha a^2}{8\omega_0} \right)^2 + \mu^2 \right] a^2 = \frac{f^2}{4\omega_0^2}, \quad (3)$$

$$\gamma = \arctan \left(\frac{\mu a}{\frac{3\alpha a^3}{8\omega_0} - a(\Omega - \omega_0)} \right). \quad (4)$$

Formulas (3) and (4) were derived in [1, 2] using the method of multiple scales, and similar relations were obtained in [7] with the use of the averaging method. For given constants $\Omega, \omega_0, \alpha, \mu, f$ (3) is a cubic equation on the unknown squared amplitude a^2 .

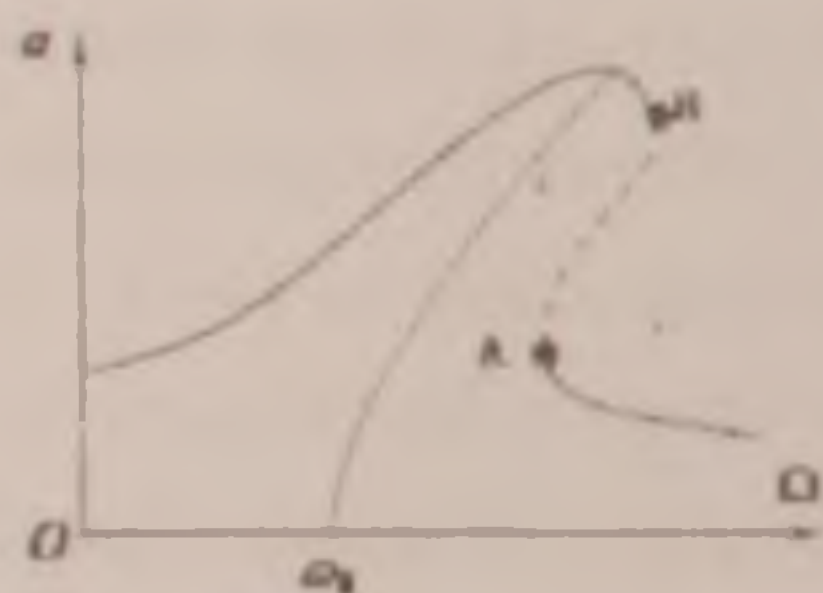


Fig 1. Frequency-response curve of a Duffing's oscillator near the primary resonance.

The plot of a as a function of Ω for given other quantities is called a *frequency-response curve*. To draw this curve it is convenient to express Ω from (3) as a function of a

$$\Omega = \omega_0 + \frac{3\alpha a^2}{8\omega_0} \pm \sqrt{\frac{f^2}{4\omega_0^2 a^2} - \mu^2}. \quad (5)$$

This formula gives two branches Ω_+ and Ω_- lying respectively on the right and left sides of the parabola $\Omega = \omega_0 + 3\alpha a^2/8\omega_0$, see Fig 1. A typical frequency-response curve for $\alpha > 0$ is presented in the same figure. Note that the cases $\alpha > 0$ and $\alpha < 0$ are symmetric with respect to the axis $\Omega = \omega_0$. Such multivaluable behavior $a(\Omega)$ is typical for nonlinear systems. For some values Ω it is possible to have three

different regimes α and γ of the periodic solution (2). Some of them might be stable, and some unstable.

3. The stability study of periodic solutions. To study the stability of periodic solution (2) we take small variation

$$u(t) = u_0(t) + v(t), \quad (6)$$

substitute this expression into (1), and then linearize the obtained equation with respect to $v(t)$. Thus we get a linear equation for the variation

$$\ddot{v} + 2\mu\dot{v} + [\omega_0^2 + 3\alpha u_0^2(t)]v = 0. \quad (7)$$

According to Lyapunov's theorem [3] the stability of periodic solution (2) is governed by equation (7). If the solution $v(t)$ to this equation is stable, the periodic motion (2) is stable, and vice versa.

Substituting (2) into (7) and omitting in the square brackets the terms of higher order than $O(\alpha)$ we find

$$\ddot{v} + 2\mu\dot{v} + [\omega_0^2 + 3\alpha a^2 \cos^2(\Omega t - \gamma)]v = 0. \quad (8)$$

Introducing notation $\tau = \Omega t - \gamma$ we obtain damped Hill's equation in the form

$$\frac{d^2 v}{d\tau^2} + \frac{2\mu}{\omega_0} \frac{dv}{d\tau} + \left[1 - \frac{2\sigma}{\omega_0} + \frac{3\alpha a^2}{\omega_0^2} \cos^2 \tau \right] v = 0. \quad (9)$$

Comparison with the standard Hill's equation with damping [3,10] implies

$$\beta = \frac{2\mu}{\omega_0}, \quad \omega^2 = 1 - \frac{2\sigma}{\omega_0}, \quad \varepsilon = \frac{3\alpha a^2}{\omega_0^2}, \quad \varphi(\tau) = \cos^2 \tau, \quad k = 2. \quad (10)$$

Calculating the Fourier coefficients we find the instability region in the first approximation as a semi-cone [3,10]

$$\left(\Omega - \omega_0 - \frac{3\alpha a^2}{4\omega_0} \right)^2 + \mu^2 < \left(\frac{3\alpha a^2}{8\omega_0} \right)^2. \quad (11)$$

The excitation frequency Ω and the amplitude a are related by formula (5). Condition (11) can be transformed to the inequality

$$\left(\Omega - \omega_0 - \frac{3\alpha a^2}{8\omega_0} \right) \left(\Omega - \omega_0 - \frac{9\alpha a^2}{8\omega_0} \right) + \mu^2 < 0. \quad (12)$$

Verifying condition (12) for the branch Ω_- from (5) for $\alpha > 0$ we obtain the inequality of the opposite sign implying the stability of the periodic solution (2). Substituting in (12) the branch Ω_+ from (5) we obtain that for $\alpha > 0$ it is satisfied only when

$$a_* < a < a_{**}. \quad (13)$$

where a_* and a_{**} are the two roots of the equation

$$\frac{f^4}{9\alpha^2\omega_0^2a^8} = \frac{f^2}{4\omega_0^2a^2} - \mu^2. \quad (14)$$

We note that equation (14) is equivalent to the condition $d\Omega_+/da = 0$ indicating that the unstable regime (13) lies between the points A and B shown in Fig. 1 by dashed line. Other parts of the branch Ω_+ , shown in Fig. 1 by solid line, correspond to the stable periodic solutions (2). The points A and B are the catastrophe points due to a jump of the amplitude a . The case $\alpha < 0$ can be treated similarly.

Simple analysis of equation (14) shows that for nonzero ω_0, μ, α, f it possesses two distinct roots $0 < a_* < a_{**}$ if the following inequality holds

$$\frac{\mu^6\omega_0^6}{f^4\alpha^2} < \frac{3^5}{4^8}. \quad (15)$$

For the opposite sign of this inequality equation (14) has no real roots, and in the case of equality in (15) it possesses a double real root. If condition (15) is violated then periodic solution (2) is stable on both branches Ω_- , Ω_+ and there is no jump in the amplitude a on the frequency-response curve.

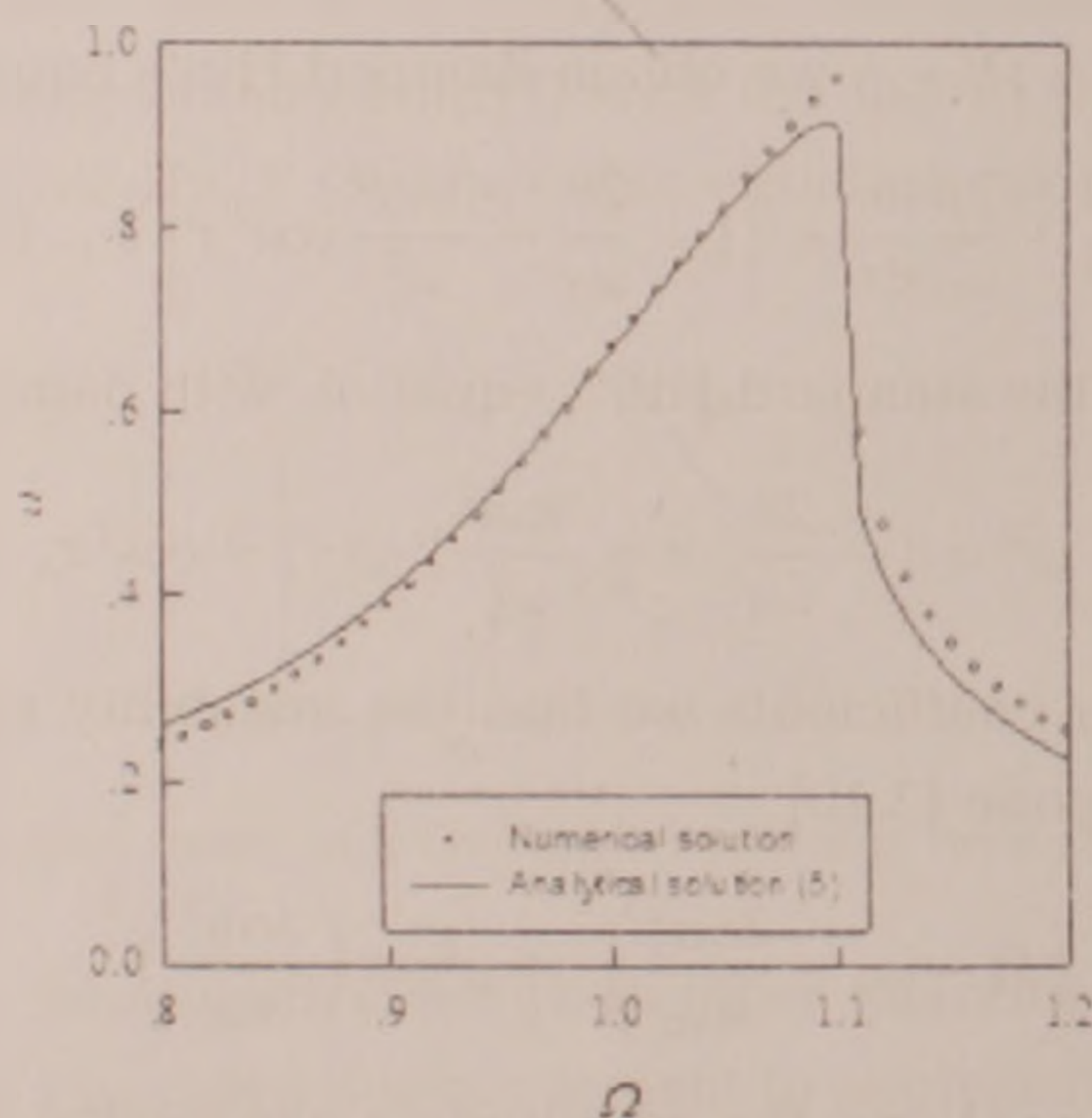


Fig. 2. Frequency-response curves with $f = 0.1$, $\mu = 0.05$, $\omega_0 = 1$ and $\alpha = 1/3$. Solid line: analytical solution (5). Circles: numerical solution.

A real frequency-response curve (5) for Duffing's equation at the specific values of parameters is presented and compared with numerical simulation results in Fig. 2. It is seen that in this case the part AB corresponding to the unstable regime of the curve is almost vertical since inequality (15) is satisfied but the roots a_* and a_{**} are very close to each other.

It is interesting to observe that the frequency-response curve changes if we introduce another detuning parameter $\Omega^2 - \omega_0^2 = \sigma$ where σ is the small parameter

of the same order as α . Then instead of (3) the analytical expression for the curve takes the form [11]

$$\left(1 - \left(\frac{\Omega}{\omega_0}\right)^2 + \frac{3\alpha}{4\omega_0^2}a^2\right)^2 + \left(\frac{2\mu\Omega}{\omega_0^2}\right)^2 = \left(\frac{f}{a\omega_0^2}\right)^2 \quad (16)$$

In spite of expressions (3) and (16) are asymptotically equivalent near the primary resonance, in this case we have better agreement between analytical and numerical simulation results, Fig. 3.

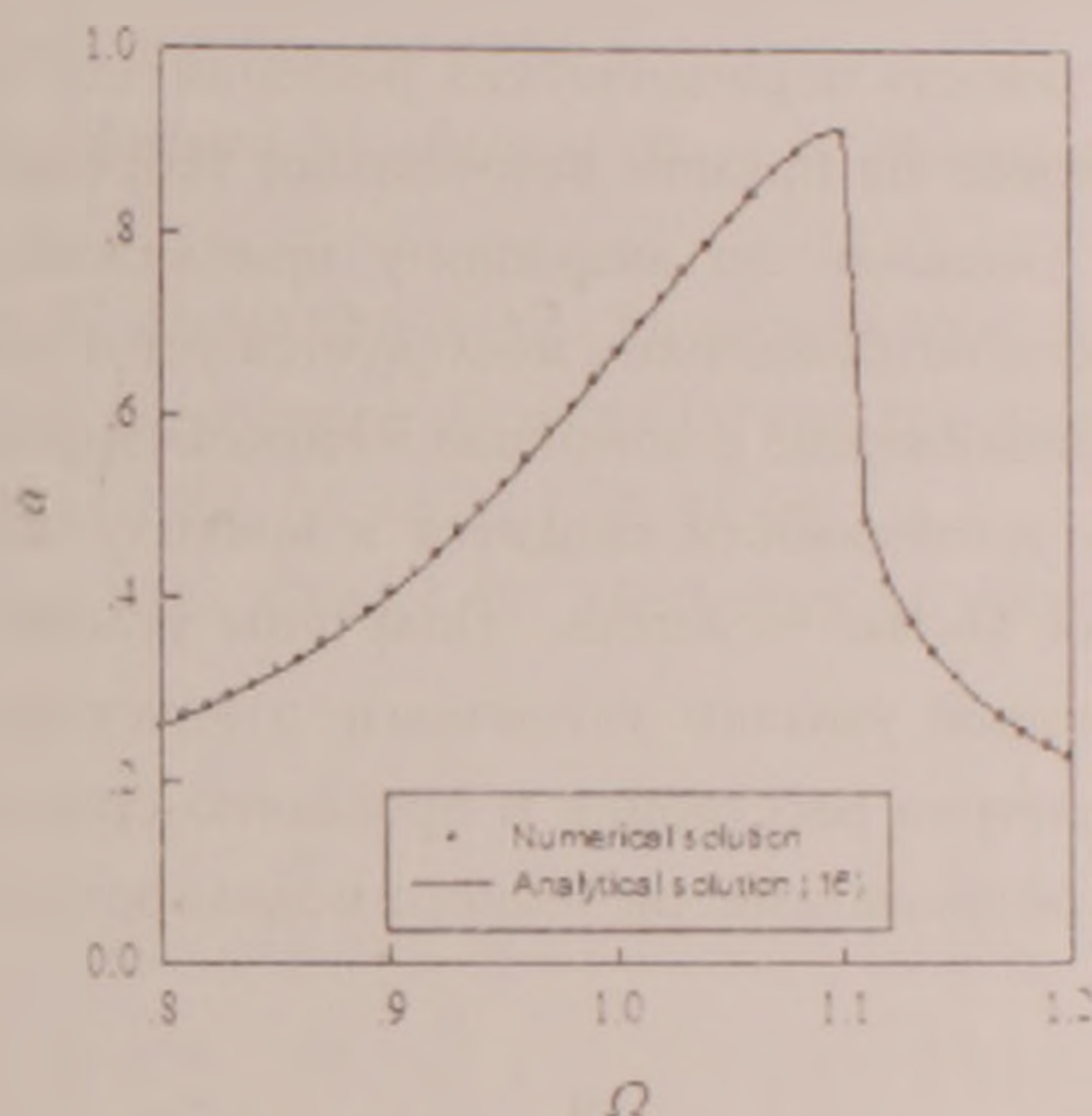


Fig. 3. Frequency-response curve with $f = 0.1$, $\mu = 0.05$, $\omega_0 = 1$ and $\alpha = 1/3$. Solid line: analytical solution with the modified detuned parameter (16). Circles: numerical solution

The support of joint Russian-Chinese research grant is appreciated.

¹Institute of Mechanics, Lomonosov Moscow State University, Russia

²Dalian University of Technology, China

Foreign member of NAS RA A. P. Seyranian, Y. Wang

On Stability of Periodic Solutions for Duffing's Equation

The stability study of periodic solutions for Duffing's equation is investigated. The method of the investigation is related to direct application of the Lyapunov theorem for the stability of periodic motions based on a linear approximation. For the harmonically excited Duffing's equation we examine the stability of periodic solutions obtained approximately with the use of the perturbation technique. For primary resonance we reduce the stability problem to the stability study of solutions of a linear Mathieu-Hill equation. The stability

conditions are derived on the frequency-response curve, both stable and unstable regimes are found. Two types of detuning parameter are considered and corresponding frequency-response curves are compared with the results obtained by numerical simulation.

Иностранный член НАН РА А. П. Сейранян, У. Ванг

Об устойчивости периодических решений для уравнения Дуффинга

Исследована устойчивость периодических решений для уравнения Дуффинга. Метод исследования основан на прямом применении теоремы Ляпунова об устойчивости периодических решений по линейному приближению. Для уравнения Дуффинга с гармоническим возбуждением исследуется устойчивость периодических решений, полученных приближенно с помощью метода возмущений. Для основного резонанса исследование устойчивости сводится к анализу областей устойчивости для линейного уравнения Матье — Хилла. Получены условия устойчивости и на амплитудно-частотной кривой указаны устойчивые и неустойчивые режимы. Рассмотрены два вида параметров расстройки и проведено сравнение амплитудно-частотных характеристик с результатами численного моделирования.

ՀՀ ԳԱՆ արքայաաիմանյան անդամ Ա. Պ. Սեյրանյան, Ու. Վանգ

Դուֆինգի հավասարման պարբերական լուծումների կայունության մասին

Հետազոտված է Դուֆինգի հավասարման պարբերական լուծումների կայունությունը: Հետազոտության մեթոդը հիմնված է գծային մոտավորությամբ կայունության պարբերական լուծումների վրա Լյապունովի թեորեմի ուղղակի կիրառմամբ: Հետազոտված է հարմոնիկ զրգոված Դուֆինգի հավասարման համար պարբերական լուծումների կայունությունը, որոնք ստացվում են մոտավոր ձևով զրգման մեթոդի օգնությամբ: Կայունության հետազոտությունը հիմնական ռեզոնանսի համար բերվում է Մաթյե - Հիլլի գծային հավասարման կայունության փորձյթների անալիզի: Ստացված են կայունության պայմանները, եւ ցույց են տրված լայնույթահաճախային կորագծի վրա կայուն եւ անկայուն ռեժիմները: Դիտարկված են խանգարման նրկու տեսակ պարամետրեր, եւ արված է լայնույթահաճախային բնութագրիչների համեմատությունը թվային մոդելավորման արդյունքների հետ:

References

1. Nayfeh A.H., Mook D.T. - Nonlinear Oscillations. Wiley. 1979.
2. Thomsen J.J. Vibrations and Stability. Advanced Theory, Analysis and Tools Springer. 2003.

3. *Seyranian A.P., Mailybaev A.A.* Multiparameter Stability Theory with Mechanical Applications. World Scientific. 2003.
4. *Njoku F.I., Omari P.* - Applied Mathematics and Computation. 2003. V. 135. p. 471-490.
5. *Chen H., Li Y.* - Nonlinearity. 2008. V. 21. P. 2485-2503.
6. *Huang J.L., Su R.K.L., Chen S.H.* - Computers and Structures. 2009. V. 87. p. 1624-1630.
7. *Bogolyubov N.N., Mitropolsky Yu.A.* Asymptotic Methods in the Theory of Non-linear Oscillations. Gordon and Breach. 1961.
8. *Guennoun K., Houssni M., Belhaq M.* - Nonlinear Dynamics. 2002. V. 27. p. 211-236.
9. *El-Bassiouny A.F., Abdel-Khalik A.* - Physica Scripta. 2010. V. 81. 01 5008 (8 P.).
10. *Seyranian A.P.* Resonance domains for the Hill equation with allowance for damping. Doklady Physics. 2001. V. 46. N 1. P. 41-44.
11. *Liu Y.Z., Chen W.L., Chen L.Q.* Mechanics of Vibrations. Higher Education Press, Beijing. 1998.

УДК 539.3

А. А. Саркисян

Математическая модель динамического изгиба микрополярных
упругих тонких балок

(Представлено чл.-кор. НАН РА С. О. Саркисяном 11/II 2011)

Ключевые слова: микрополярно-упругий, балка, изгиб, динамика, модель

Введение. Микрополярная теория упругости является одной из основных моделей сред с внутренней структурой. Эффекты микрополярности материала особенно существенны в тонких телах (балки, пластинки, оболочки). Современные достижения в области теории микрополярных тонких балок, пластин и оболочек освещены в работах [1-3]. Отметим, что проблема построения моделей микрополярных тонких балок, пластин и оболочек поставлена С. А. Амбарцумяном [4].

В работах С. О. Саркисяна [5-7] развит метод гипотез построения моделей микрополярно-упругих тонких балок, пластин и оболочек, который опирается на асимптотический анализ изучения свойств решений плоских и пространственных граничных задач микрополярной теории упругости в тонких областях. В указанных моделях микрополярно-упругих тонких балок, пластин и оболочек полностью учитываются поперечно сдвиговые и родственные им деформации.

В данной работе развивается метод гипотез [5-7], на основе которого построена модель динамического изгиба микрополярных упругих тонких балок с независимыми полями перемещений и вращений. Далее, изучается задача о распространении плоской волны (в точной постановке) в микрополярно-упругой полосе. В длинноволновом приближении показывается совпадение характеристического уравнения распространения волны с аналогичным уравнением, полученным на основе построенной прикладной модели микрополярной балки.

1. Постановка задачи. Рассмотрим изотропный микрополярно-упругий параллелепипед постоянной высоты $2h$, длины a и постоянной толщины, равной

$2h_1 = 1$. Координатную плоскость x_1x_3 разместим в срединной плоскости параллелепипеда. Ось x_3 направим по высоте, а ось x_1 — по длине параллелепипеда, который делит высоту $2h$ пополам. Будем считать, что в параллелепипеде по направлению оси x_2 осуществлено плоское напряженное состояние.

Основные уравнения плоской динамической задачи микрополярной теории упругости с независимыми полями перемещений и вращений (или иначе, по общему континууму Коссера) имеют вид [8]:

уравнения движения

$$\frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{31}}{\partial x_3} = \rho \frac{\partial^2 V_1}{\partial t^2}, \quad \frac{\partial \sigma_{13}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{33}}{\partial x_3} = \rho \frac{\partial^2 V_3}{\partial t^2}, \quad \frac{\partial \mu_{12}}{\partial x_1} + \frac{\partial \mu_{32}}{\partial x_3} - (\sigma_{13} - \sigma_{31}) = J \frac{\partial^2 \omega_2}{\partial t^2}; \quad (1.1)$$

физико-геометрические соотношения

$$\begin{aligned} \gamma_{11} &= \frac{\partial V_1}{\partial x_1} = \frac{1}{E} (\sigma_{11} - \nu \sigma_{33}), & \gamma_{13} &= \frac{\partial V_3}{\partial x_1} + \omega_2 = \frac{\mu + \alpha}{4\mu\alpha} \sigma_{13} - \frac{\mu - \alpha}{4\mu\alpha} \sigma_{31}, \\ \gamma_{33} &= \frac{\partial V_3}{\partial x_3} = \frac{1}{E} (\sigma_{33} - \nu \sigma_{11}), & \gamma_{31} &= \frac{\partial V_1}{\partial x_3} - \omega_2 = \frac{\mu + \alpha}{4\mu\alpha} \sigma_{31} - \frac{\mu - \alpha}{4\mu\alpha} \sigma_{13}, \\ \chi_{12} &= \frac{\partial \omega_2}{\partial x_1} = \frac{1}{B} \mu_{32}, & \chi_{12} &= \frac{\partial \omega_2}{\partial x_1} = \frac{1}{B} \mu_{12}. \end{aligned} \quad (1.2)$$

Здесь, $\sigma_{11}, \sigma_{13}, \sigma_{31}, \sigma_{33}$ — силовые напряжения; μ_{12}, μ_{32} — моментные напряжения. $\gamma_{11}, \gamma_{13}, \gamma_{31}, \gamma_{33}$ — деформации; χ_{12}, χ_{12} — изгиб-кручение; V_1, V_3 — линейные перемещения. ω_2 — независимый поворот точек прямоугольника ($0 \leq x_1 \leq a, -h \leq x_3 \leq h$) вокруг оси x_2 ; $E, \mu = \frac{E}{2(1+\nu)}, \alpha, B$ — упругие константы материала микрополярного тела.

На лицевых линиях прямоугольника $x_3 = \pm h$ считаются заданными силовые и моментные граничные условия:

$$\sigma_{31} = \tilde{p}_1, \quad \sigma_{33} = \pm \tilde{p}_3, \quad \mu_{32} = \pm \tilde{m}_2. \quad (1.3)$$

На кромках ($x_1 = 0, x_1 = a$) прямоугольника примем нижеследующие основные варианты граничных условий плоской задачи микрополярной теории упругости:

$$1) \quad \sigma_{11} = p_1^*(x_3, t), \quad \sigma_{13} = p_3^*(x_3, t), \quad \mu_{12} = m_2^*(x_3, t), \quad (1.4)$$

$$2) \quad \sigma_{11} = p_1^*(x_3, t), \quad V_3 = V_3^*(x_3, t), \quad \mu_{12} = m_2^*(x_3, t), \quad (1.5)$$

$$3) \quad V_1 = V_1^*(x_3, t), \quad V_3 = V_3^*(x_3, t), \quad \omega_2 = \omega_2^*(x_3, t). \quad (1.6)$$

При помощи начальных условий, при $t = 0$, задаются значения перемещений V_1, V_3 , независимого поворота ω_2 и компонентов линейной и вращательной скоростей точек тела:

$$\begin{aligned} V_1|_{t=0} &= f_1(x_1, x_3), & V_3|_{t=0} &= f_3(x_1, x_3), & \omega_2|_{t=0} &= \varphi_2(x_1, x_3), \\ \frac{\partial V_1}{\partial t}|_{t=0} &= F_1(x_1, x_3), & \frac{\partial V_3}{\partial t}|_{t=0} &= F_3(x_1, x_3), & \frac{\partial \omega_2}{\partial t}|_{t=0} &= \Phi_2(x_1, x_3), \end{aligned} \quad (1.7)$$

где $f_1, f_3, F_1, F_3, \varphi_2, \Phi_2$ – заданные функции в области указанного прямоугольника.

2. Модель динамического изгиба микрополярных упругих тонких балок. Качественные результаты исходного приближения асимптотического метода интегрирования краевых и начально-краевых задач (1.1)-(1.7) в тонкой прямоугольной области позволяют в основу построения прикладной одномерной модели микрополярных упругих тонких балок с независимыми полями перемещений и вращений, как в случае статики, ставить следующие достаточно общие гипотезы, которые сформулированы в работах С. О. Саркисяна [5-7]:

а) нормальный элемент, первоначально перпендикулярный к оси симметрии прямоугольника x_1 , остается после деформации прямолинейным, но уже не перпендикулярным к деформированной оси, свободно вращается на некоторый угол, не изменяя при этом своей длины. Вследствие этого имеем линейный закон изменения перемещений V_1, V_3 и свободного поворота ω_2 по толщине прямоугольника:

$$V_3 = w(x_1, t), \quad V_1 = x_3 \psi_1(x_1, t), \quad \omega_2 = \Omega_2(x_1, t), \quad (2.1)$$

где w – прогиб балки; Ω_2 – угол свободного поворота, а ψ_1 – полный угол поворота нормального элемента.

Можно убедиться, что для компонент вектора перемещения эта гипотеза представляет собой известную классическую гипотезу Тимошенко для упругих балок [9,10], поэтому гипотезу (2.1) полностью, как в работах [5-7], назовем обобщенной кинематической гипотезой Тимошенко в случае микрополярных балок.

Кинематическую гипотезу (2.1) дополним следующей статической гипотезой:

б) при определении деформаций, изгибов-кручений, силовых и моментных напряжений для силового напряжения σ_{31} сначала примем

$$\sigma_{31} = \overset{0}{\sigma}_{31}(x_1, t). \quad (2.2)$$

После определения указанных величин значение σ_{31} окончательно определим как сумму значения (2.2) и результата интегрирования первого уравнения движения из (1.1), для которого будем требовать, чтобы усредненная по высоте прямоугольника величина была равна нулю;

в) в обобщенном законе Гука (1.2) будем пренебрегать силовым напряжением σ_{33} относительно силового напряжения σ_{11} .

В соответствии с принятыми законами распределения перемещений и поворота (2.1), а также предположениями б) и в) для деформаций, изгибов-кручений, силовых и моментных напряжений из (1.1)-(1.3) получим следующие формулы:

$$\begin{aligned}
\gamma_{11} &= x_3 K_{11}(x_1, t), \quad \gamma_{31} = \Gamma_{31}(x_1, t), \quad \gamma_{13} = \Gamma_{13}(x_1, t), \quad \gamma_{33} = 0, \quad \chi_{12} = \kappa_{12}(x_1, t), \quad \chi_{32} = 0, \\
K_{11} &= \frac{\partial \psi_1}{\partial x_1}, \quad \Gamma_{31} = \psi_1 - \Omega_2, \quad \Gamma_{13} = \frac{\partial w}{\partial x_1} + \Omega_2, \quad \kappa_{12} = \frac{\partial \Omega_2}{\partial x_1}, \\
\sigma_{11} &= x_3 \hat{\sigma}_{11}(x_1, t), \quad \hat{\sigma}_{11} = EK_{11}, \quad \sigma_{13} = (\mu + \alpha)\Gamma_{13} + (\mu - \alpha)\Gamma_{31}, \\
\sigma_{31}^0 &= (\mu + \alpha)\Gamma_{31} + (\mu - \alpha)\Gamma_{13}, \quad \sigma_{31} = \sigma_{31}^0(x_1, t) + \left(\frac{h^2}{6} - \frac{x_3^2}{2} \right) \left(\frac{\partial \hat{\sigma}_{11}(x_1, t)}{\partial x_1} - \rho \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial t^2} \right), \\
\sigma_{33} &= -x_3 \left(\frac{\partial \sigma_{13}}{\partial x_1} - \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \right), \quad \sigma_{33} = x_3 \frac{\tilde{p}_3}{h}, \\
\mu_{12} &= \mu_{12}(x_1, t) = B\kappa_{12}, \quad \mu_{32} = -x_3 \left[\frac{\partial \mu_{12}}{\partial x_1} + (\sigma_{31} - \sigma_{13}) - J \frac{\partial^2 \Omega_2}{\partial t^2} \right], \quad \mu_{32} = x_3 \frac{\tilde{m}_2}{h}.
\end{aligned} \tag{2.3}$$

С целью приведения двумерной задачи (1.1)-(1.7) к прикладной одномерной, что уже выполнено для деформаций, изгибов-кручений, перемещений, поворота, силовых и моментных напряжений, в модели микрополярных балок вместо компонент тензоров силового и моментного напряжений вводим статически эквивалентные им интегральные по высоте прямоугольника характеристики — усилия (N_{13}, N_{31}) и моменты (M_{11}, L_{12}) [5].

В итоге основная система динамических уравнений изгибной деформации микрополярных упругих тонких балок с независимыми полями перемещений и вращений будет выражаться так:

уравнения движения

$$\begin{aligned}
\frac{\partial N_{13}}{\partial x_1} &= 2\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - 2\tilde{p}_3, \quad N_{31} - \frac{\partial M_{11}}{\partial x_1} + \frac{2\rho h^3}{3} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial t^2} = 2h\tilde{p}_1, \\
\frac{\partial L_{12}}{\partial x_1} &+ N_{31} - N_{13} = 2Jh \frac{\partial^2 \Omega_2}{\partial t^2} - 2\tilde{m}_2;
\end{aligned} \tag{2.4}$$

соотношения упругости

$$\begin{aligned}
N_{11} &= 2h[(\mu + \alpha)\Gamma_{13} + (\mu - \alpha)\Gamma_{31}], \quad N_{31} = 2h[(\mu + \alpha)\Gamma_{31} + (\mu - \alpha)\Gamma_{13}], \\
M_{11} &= \frac{2Eh^3}{3} K_{11}, \quad L_{12} = 2Bh\kappa_{12};
\end{aligned} \tag{2.5}$$

геометрические соотношения

$$\Gamma_{13} = \frac{\partial w}{\partial x_1} + \Omega_2, \quad \Gamma_{31} = \psi_1 - \Omega_2, \quad K_{11} = \frac{\partial \psi_1}{\partial x_1}, \quad \kappa_{12} = \frac{\partial \Omega_2}{\partial x_1}. \tag{2.6}$$

Система динамических уравнений изгибной деформации микрополярных упругих тонких балок (2.4)-(2.6) представляет собой систему уравнений шестого порядка. Это система из 11-ти уравнений относительно 11-ти неизвестных функций: $w, \psi_1, \Omega_2, \Gamma_{13}, \Gamma_{31}, K_{11}, \kappa_{12}, N_{13}, N_{31}, M_{11}, L_{12}$.

«Смягченные» граничные условия на торце балки (например, на $x_1 = 0$) будут выражаться так:

$$M_{11} = M_{11}^* \text{ или } \psi_1 = \psi_1^*, \quad N_{13} = N_{13}^* \text{ или } w = w^*, \quad L_{12} = L_{12}^* \text{ или } \Omega_2 = \Omega_2^*. \quad (2.7)$$

Начальные условия следует ставить для перемещения w , поворотов ψ_1, Ω_2 , а также для линейных и угловых скоростей: $\frac{\partial w}{\partial t}, \frac{\partial \psi_1}{\partial t}, \frac{\partial \Omega_2}{\partial t}$.

В модели (2.4)-(2.6) микрополярных балок с независимыми полями перемещений и вращений полностью учитываются поперечные сдвиговые и родственные им деформации.

Если в модели микрополярных балок (2.4)-(2.7) условно принимать $\alpha = 0$, в итоге будет отделяться модель классической теории упругих тонких балок Тимошенко [8,9] (с незначительным отличием, связанным со статической гипотезой б)).

3. Распространение волн в микрополярно-упругой полосе. Объектом исследования является полоса $(S\{x_1, x_3\}: -\infty < x_1 < \infty, |x_3| \leq h)$ упругой среды толщиной $2h$, с ограничивающими плоскостями $x_3 = \pm h$, свободными от силовых и моментных напряжений:

$$\sigma_{31} = 0, \quad \sigma_{33} = 0, \quad \mu_{32} = 0. \quad (3.1)$$

Будем исходить из системы основных уравнений (1.1), (1.2) – плоской задачи микрополярной теории упругости со свободным вращением.

Указанную систему уравнений можем привести к следующему виду:

$$\begin{aligned} \frac{4\mu(\lambda + \mu)}{\lambda + 2\mu} \frac{\partial^2 V_1}{\partial x_1^2} + (\mu + \alpha) \frac{\partial^2 V_1}{\partial x_3^2} + \left(\frac{2\lambda\mu}{\lambda + 2\mu} + \mu - \alpha \right) \frac{\partial^2 V_3}{\partial x_1 \partial x_3} - 2\alpha \frac{\partial \omega_2}{\partial x_3} &= \rho \frac{\partial^2 V_1}{\partial t^2}, \\ (\mu + \alpha) \frac{\partial^2 V_3}{\partial x_1^2} + \frac{4\mu(\lambda + \mu)}{\lambda + 2\mu} \frac{\partial^2 V_3}{\partial x_3^2} + \left(\frac{2\lambda\mu}{\lambda + 2\mu} + \mu - \alpha \right) \frac{\partial^2 V_1}{\partial x_1 \partial x_3} + 2\alpha \frac{\partial \omega_2}{\partial x_1} &= \rho \frac{\partial^2 V_3}{\partial t^2}, \\ B \left(\frac{\partial^2 \omega_2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 \omega_2}{\partial x_3^2} \right) + 2\alpha \left(\frac{\partial V_1}{\partial x_3} - \frac{\partial V_3}{\partial x_1} \right) - 4\alpha \omega_2 &= J \frac{\partial^2 \omega_2}{\partial t^2}. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Исследуем задачу о распространении плоской волны в направлении оси x_1 . Если зададим перемещения следующим образом:

$$V_1 = \frac{\partial \Phi}{\partial x_1} + \frac{\partial \Psi}{\partial x_3}, \quad V_3 = \frac{\partial \Phi}{\partial x_3} - \frac{\partial \Psi}{\partial x_1}, \quad (3.3)$$

то систему уравнений (3.2) динамической плоской задачи несимметричной теории упругости с независимыми полями перемещений и вращений можем привести к более удобному виду (для построения точного решения поставленной задачи):

$$\Delta \Phi - \frac{1}{c_1^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = 0, \quad \left(\Delta - \frac{1}{c_2^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \Psi - \frac{2\alpha}{\mu + \alpha} \omega_2 = 0, \quad \left(\Delta - v_0^2 - \frac{1}{c_4^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \omega_2 + \frac{2\alpha}{B} \Delta \Psi = 0, \quad (3.4)$$

где

$$c_1 = \sqrt{\frac{4\mu(\lambda + \mu)}{\rho(\lambda + 2\mu)}}, \quad c_2 = \sqrt{\frac{\mu + \alpha}{\rho}}, \quad c_4 = \sqrt{\frac{B}{J}}, \quad v_0 = \sqrt{\frac{4\alpha}{B}}, \quad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2}, \quad (3.5)$$

к которому следует присоединить граничные условия (3.1).

Отметим, что из (3.4) можем получить отдельные уравнения относительно трех функций Φ, Ψ, ω_2 :

$$\Delta \Phi - \frac{1}{c_1^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = 0, \quad \left[\left(\Delta - \frac{1}{c_2^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \left(\Delta - v_0^2 - \frac{1}{c_4^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) + \eta_0^2 \Delta \right] \Psi = 0, \quad (3.6)$$

$$\left[\left(\Delta - \frac{1}{c_2^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \left(\Delta - v_0^2 - \frac{1}{c_4^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) + \eta_0^2 \Delta \right] \omega_2 = 0,$$

где принято следующее обозначение:

$$\eta_0 = \frac{2\alpha}{\sqrt{B(\mu + \alpha)}}. \quad (3.7)$$

Решение системы уравнений (3.6) будем искать по методу В. Новацкого в виде гармонических волн [8]:

$$\Phi = \Phi^*(x_3) e^{i(\xi x_1 - pt)}, \quad \Psi = \Psi^*(x_3) e^{i(\xi x_1 - pt)}, \quad \omega_2 = \omega_2^*(x_3) e^{i(\xi x_1 - pt)}, \quad (3.8)$$

где ξ — волновое число, p — частота колебаний.

Подставляя (3.8) в (3.6), приходим к решению системы отдельных обыкновенных дифференциальных уравнений относительно функций $\Phi^*(x_3)$, $\Psi^*(x_3)$, $\omega_2^*(x_3)$:

$$\frac{d^2 \Phi^*}{dx_3^2} - k^2 \Phi^* = 0, \quad \text{где} \quad k = \sqrt{\xi^2 - \frac{p^2}{c_1^2}}, \quad (3.9)$$

$$\frac{d^4 \Psi^*}{dx_3^4} - \left[2\xi^2 + v_0^2 - \eta_0^2 - \frac{p^2}{c_2^2} - \frac{p^2}{c_4^2} \right] \frac{d^2 \Psi^*}{dx_3^2} + \left[\xi^4 + \xi^2 \left(v_0^2 - \eta_0^2 - \frac{p^2}{c_2^2} - \frac{p^2}{c_4^2} \right) - \frac{p^2}{c_2^2} \left(v_0^2 - \frac{p^2}{c_4^2} \right) \right] \Psi^* = 0, \quad (3.10)$$

$$\frac{d^4 \omega_2^*}{dx_3^4} - \left[2\xi^2 + v_0^2 - \eta_0^2 - \frac{p^2}{c_2^2} - \frac{p^2}{c_4^2} \right] \frac{d^2 \omega_2^*}{dx_3^2} + \left[\xi^4 + \xi^2 \left(v_0^2 - \eta_0^2 - \frac{p^2}{c_2^2} - \frac{p^2}{c_4^2} \right) - \frac{p^2}{c_2^2} \left(v_0^2 - \frac{p^2}{c_4^2} \right) \right] \omega_2^* = 0. \quad (3.11)$$

Общие решения дифференциальных уравнений (3.9)-(3.11) для обратно-симметричной относительно координаты x_3 задачи (т.е. для задачи изгиба) можем представить в следующем виде:

$$\Phi^*(x_3) = A_1 \operatorname{sh}(kx_3), \quad \Psi^*(x_3) = A_2 \operatorname{ch}(k_1 x_3) + B_2 \operatorname{ch}(k_2 x_3), \quad \omega_2^*(x_3) = A_3 \operatorname{ch}(k_1 x_3) + B_3 \operatorname{ch}(k_2 x_3), \quad (3.12)$$

где

$$k_{1,2}^2 = \xi^2 + \frac{1}{2} \left[v_0^2 - \eta_0^2 - \frac{p^2}{c_2^2} - \frac{p^2}{c_4^2} \pm \sqrt{\left(v_0^2 - \eta_0^2 - \frac{p^2}{c_2^2} - \frac{p^2}{c_4^2} \right)^2 + 4 \frac{p^2}{c_2^2} \left(v_0^2 - \frac{p^2}{c_4^2} \right)} \right], \quad (3.13)$$

A_1, A_2, B_2, A_3, B_3 — произвольные постоянные.

Если при помощи полученных решений для функций Ψ и ω_2 удовлетворим двум последним уравнениям из системы (3.4), то получим

$$A_3 = -\bar{T}_1 A_2, \quad B_3 = -\bar{T}_2 B_2, \quad (3.14)$$

где

$$\bar{T}_1 = \frac{\mu + \alpha}{2\alpha} \left(\xi^2 - k_1^2 - \frac{p^2}{c_2^2} \right), \quad \bar{T}_2 = \frac{\mu + \alpha}{2\alpha} \left(\xi^2 - k_2^2 - \frac{p^2}{c_2^2} \right). \quad (3.15)$$

Теперь, подставив полученный результат (3.12) в (3.8), а затем и в (3.3), окончательно будем иметь:

$$\begin{aligned} V_1 &= [i\xi A_1 \operatorname{sh}(kx_3) + A_2 k_1 \operatorname{sh}(k_1 x_3) + B_2 k_2 \operatorname{sh}(k_2 x_3)] e^{i(\xi x_1 - pt)}, \\ V_3 &= [A_1 k \operatorname{sh}(kx_3) - i\xi (A_2 \operatorname{ch}(k_1 x_3) + B_2 \operatorname{ch}(k_2 x_3))] e^{i(\xi x_1 - pt)}. \end{aligned} \quad (3.16)$$

Имея в виду (3.16), из (1.2) для величин σ_{31} , σ_{33} , μ_{32} получим:

$$\begin{aligned} \sigma_{31} &= [2i\mu\xi k A_1 \operatorname{ch}(kx_3) + \{(\mu + \alpha)k_1^2 + (\mu - \alpha)\xi^2\} A_2 - 2\alpha A_1] \operatorname{ch}(k_1 x_3) + \\ &\quad + \{(\mu + \alpha)k_2^2 + (\mu - \alpha)\xi^2\} B_2 - 2\alpha B_1] \operatorname{ch}(k_2 x_3) e^{i(\xi x_1 - pt)}, \\ \sigma_{33} &= \left[A_1 \left(2\mu\xi^2 - \frac{4\mu(\lambda + \mu)}{\lambda + 2\mu} \frac{p^2}{c_1^2} \right) \operatorname{sh}(kx_3) - 2i\mu\xi (A_2 k_1 \operatorname{sh}(k_1 x_3) + B_2 k_2 \operatorname{sh}(k_2 x_3)) \right] e^{i(\xi x_1 - pt)} \quad (3.17) \\ \mu_{32} &= B [A_2 k_1 \operatorname{sh}(k_1 x_3) + B_2 k_2 \operatorname{sh}(k_2 x_3)] e^{i(\xi x_1 - pt)} \end{aligned}$$

Подставляя выражения из (3.17) в граничные условия (3.1), после некоторых преобразований, имея в виду (3.14), получим однородную линейную систему из двух алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} A_1 [2i\mu\xi k \operatorname{ch}(kh) + A_2 \{(\mu + \alpha)k_1^2 + (\mu - \alpha)\xi^2 + 2\alpha\bar{T}_1\} \operatorname{ch}(k_1 h) - \\ - \{(\mu + \alpha)k_2^2 + (\mu - \alpha)\xi^2 + 2\alpha\bar{T}_2\} \frac{\bar{T}_1 k_1 \operatorname{sh}(k_1 h)}{\bar{T}_2 k_2 \operatorname{sh}(k_2 h)} \operatorname{ch}(k_2 h)] = 0, \end{aligned} \quad (3.18)$$

$$A_1 \left(2\mu\xi^2 - \frac{4\mu(\lambda + \mu)}{\lambda + 2\mu} \frac{p^2}{c_1^2} \right) \operatorname{sh}(kh) - A_2 2i\mu\xi \left(k_1 \operatorname{sh}(k_1 h) - \frac{\bar{T}_1 k_1}{\bar{T}_2} \operatorname{sh}(k_2 h) \right) = 0$$

Система этих уравнений будет иметь ненулевое решение, если ее определитель будет равен нулю. В итоге приходим к следующему характеристическому (трансцендентному) уравнению:

$$a' \left(\frac{\bar{T}_2 k_2}{i h(k_1 h)} - \frac{\bar{T}_1 k_1}{i h(k_2 h)} \right) i h(kh) = \frac{4\mu^2 \xi^2 k_1 k_2 k (\bar{T}_2 - \bar{T}_1)}{4\mu(\lambda + \mu) k^2 - \frac{2\mu\lambda}{\lambda + 2\mu} \xi^2}, \quad (3.19)$$

$$\text{где } a' = \mu(k_1^2 + \xi^2) + \alpha(k_1^2 - \xi^2) + 2\alpha\bar{T}_1 = \mu(k_2^2 + \xi^2) + \alpha(k_2^2 - \xi^2) + 2\alpha\bar{T}_2. \quad (3.20)$$

Если длина волны по сравнению с толщиной полосы велика, то значения kh , $k_1 h$, $k_2 h$ можно отнести к весьма малым и в уравнении (3.19) можно заменить гиперболические тангенсы их аргументами [8]. Таким образом, проведя некоторые преобразования, для задачи изгиба микрополярной полосы в случае длинных волн приходим к следующему характеристическому уравнению:

$$\left(\xi^2 - \frac{J}{B} p^2\right) \left(\xi^2 - \frac{\mu + \alpha}{4\mu\alpha} \rho p^2\right) - \frac{1}{B} \rho p^2 = 0. \quad (3.21)$$

Отметим, что в работе [11] построена упрощенная модель микрополярно-упругой балки со свободным вращением (в которой фактически не учитываются влияния изгибающего момента M_{11} от силового напряжения σ_{11}). Показано [12], что если распространение волны в бесконечной балке изучать по модели [11], то полученное характеристическое уравнение будет совпадать с уравнением длинных волн (3.21).

Теперь, если гиперболические тангенсы заменить первыми двумя членами их соответствующего степенного ряда [13] и проводить некоторые выкладки, на основе (3.19) приходим к характеристическому уравнению

$$\begin{aligned} & \frac{4\mu\alpha}{\mu + \alpha} \xi^4 - \frac{4\mu\alpha}{\mu + \alpha} \frac{J}{B} p^2 \xi^2 - \rho p^2 \xi^2 + \frac{J\rho}{B} p^4 - \frac{4\mu\alpha}{\mu + \alpha} \frac{1}{B} \rho p^2 - \frac{h^2}{3} (\rho p^2 - E \xi^2) \times \\ & \times \left[\xi^4 + \xi^2 \left(\frac{4\mu\alpha}{\mu + \alpha} \frac{1}{B} - \frac{\rho}{\mu + \alpha} p^2 - \frac{J}{B} p^2 \right) - \frac{\rho}{\mu + \alpha} p^2 \left(\frac{4\alpha}{B} - \frac{J}{B} p^2 \right) \right] = 0. \end{aligned} \quad (3.22)$$

Рассмотрим аналогичную задачу о распространении волны на основе уточненной модели (2.4)-(2.6) микрополярной балки (по сравнению с упрощенной моделью [11]), при которой полностью учитываются поперечные сдвиговые деформации, а также влияние усредненного момента M_{11} . Для изучения процесса распространения волны изгиба вдоль средней линии балки представим решение указанной задачи в виде

$$w = \tilde{A} e^{i(\xi x_1 - p t)}, \quad \Omega_3 = \tilde{B} e^{i(\xi x_1 - p t)}, \quad \psi_1 = \tilde{C} e^{i(\xi x_1 - p t)}. \quad (3.23)$$

Подставляя (3.23) в систему уравнений (2.4)-(2.6) и требуя ненулевое решение, в результате получим то же характеристическое уравнение (3.22), которое получено на основе точного решения плоской задачи микрополярной теории упругости со свободным вращением в случае длинных волн.

Таким образом, и при точном решении динамической задачи о распространении плоской волны в тонкой микрополярной бесконечной полосе (в случае длинных волн), и при решении той же задачи на основе прикладных-одномерных моделей тонких балок приходим к одинаковым характеристическим уравнениям и можем заключить, что применение асимптотического подхода интегрирования системы уравнений плоской задачи микрополярной теории упругости и основанного на этом подходе метода гипотез [5-7] адекватным образом заменяет двумерные задачи одномерными (в зависимости от точности) моделями.

Гюмрийский государственный педагогический институт им. М. Налбандяна

Математическая модель динамического изгиба микрополярных упругих тонких балок

На основе метода гипотез, имеющий асимптотическое подтверждение, построена модель динамического изгиба микрополярно-упругих тонких балок с независимыми полями перемещений и вращений.

В точной постановке плоской задачи для полосы микрополярной теории упругости со свободным вращением и на основе построенной одномерной прикладной модели микрополярной балки изучается задача о распространении волны. В случае длинных волн показывается совпадение характеристического уравнения распространения волны по указанным обеим моделям.

Ա. Հ. Սարգսյան

Միկրոպոլյար առաձգական բարակ ձողերի դինամիկ ծոման մաթեմատիկական մոդելը

Վարկածների մեթոդի հիման վրա, որն ունի ասիմպտոտիկ հիմնավորում, կառուցվում է ազատ պտույտներով միկրոպոլյար առաձգական ձողերի դինամիկ ծոման մոդելը:

Ազատ պտույտներով շերտի դեպքում միկրոպոլյար առաձգականության տեսության դրվածքով և կառուցված ազատ պտույտներով միկրոպոլյար ձողերի միաչափ կիրառական մոդելի հիման վրա ուսումնասիրվում է ալիքի տարածման խնդիրը: Երկար ալիքների դեպքում ցույց է տրվում, որ ալիքի տարածման բնութագրիչ հավասարումները նշված երկու մոդելների դեպքում համընկնում են:

A. H. Sargsyan

Mathematical Model of The Dynamic Bend of Micropolar Elastic Thin Bars

(On the basis of the hypotheses method, having asymptotic confirmation, the model of dynamic bend of micropolar-elastic thin bars with independent fields of transitions and rotations is constructed.

In exact statement of the flat problem for a strip of the micropolar theory of elasticity with free rotation and on the basis of the constructed one-dimensional applied model of a micropolar bar the problem about wave distribution is studied. In case of long waves it is shown the coincidence of the characteristic equation of the wave distribution on both specified models.

Литература

1. Altenbach J., Altenbach H., Eremeyev V. A. - Arch. Mech (Special Issue). 2009. DOI 10.1007/s 00419-009-0365-3. Springer-Verlag.
2. Ерофеев В. И. Волновые процессы в твердых телах с микроструктурой. М. Изд-во МГУ. 1999. 328 с.
3. Саркисян С. О. - Известия НАН Армении. Механика. 2005. Т. 58. N2. С. 84-95.
4. Амбарцумян С. А. Микрополярная теория оболочек и пластин. Ереван. Изд-во НАН Армении. 1999. 214 с.

5. Саркисян С. О. - Доклады НАН Армении. 2011. Т. 111. N2.
6. Саркисян С. О. - Известия НАН Армении. Механика. 2011. Т. 64. N 1.
7. Саркисян С. О. - Доклады АН России. 2011. Т. 436. N 2. С. 195-198.
8. Новацкий В. Теория упругости. М. Мир. 1975. 862 с.
9. Пелех Б. Л. Концентрация напряжений около отверстий при изгибе трансверсально-изотропных пластин. Киев. Наукова думка. 1977. 183 с.
10. Перцев А. К., Платонов Э. Г. Динамика оболочек и пластин (нестационарные задачи). Судостроение. 1987. 316 с.
11. Саркисян С. О., Атоян А. А. - Доклады НАН Армении. 2004. Т. 104. N4. С. 287-294.
12. Атоян А. А., Саркисян С. О. - Прикладная механика и технологии машиностроения. Сб. науч. тр. / Под редакцией В. И. Ерофеева, С. И. Смирнова, Г. К. Сорокина. Н/Новгород Интелсервис. 2004. Вып. 1(7). С. 67-74.
13. Двайт Г. Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. М. Наука. 1984. 228 с.

БИОФИЗИКА

УДК 577.113.6

П.О. Варdevанян¹, А.П. Антонян¹, М.А. Шагинян¹, А.Т. Карапетян²

Взаимодействие нековалентно связывающихся лигандов с ДНК

(Представлено чл.-кор. НАН РА А.А. Трчуняном 15/II 2011)

Ключевые слова: ДНК, БЭ, Hoechst 33258, интеркаляция, полуинтеркаляция, внешнее связывание

Исследование особенностей взаимодействия низкомолекулярных биологически активных веществ — лигандов с ДНК имеет решающее значение для понимания таких важных процессов, как репликация, рекомбинация, репарация и экспрессия генов. В настоящее время интенсивно проводятся исследования с целью разработки новых подходов для выявления способов связывания и специфичности лигандов к определенным последовательностям ДНК, а также для понимания молекулярных механизмов действия биологически активных соединений на функционирование ДНК [1-5]. Для понимания механизмов действия таких лигандов и развития принципов конструирования новых высокоактивных и специфических молекул необходимы структурные, термодинамические и кинетические исследования.

Низкомолекулярные вещества могут связываться с ДНК ковалентно (необратимо) и нековалентно (обратимо). Нековалентно связывающиеся лиганды в свою очередь подразделяются на интеркаляторы и неинтеркаляторы. Плоские, ароматические, гетероциклические группы лигандов-интеркаляторов при взаимодействии образуют стэкинг контакты с основаниями ДНК и индуцируют значительные конформационные изменения в ней [6,7].

В последнее время большое внимание уделяется также исследованиям взаимодействия лигандов-неинтеркаляторов, избирательно связывающихся с определенными последовательностями в одном из желобков ДНК. Среди

таких соединений определенный интерес представляют олигопептиды, являющиеся производными лекситропсина (нетропсин, дистамицин), и бис-амиды, которые используются в качестве зондов, узнающих определенные последовательности ДНК [8]. Бис-амидные вещества с антивирусными и антибактериальными свойствами представляют собой класс лигандов, связывающихся в малом желобке ДНК, проявляя предпочтение к АТ богатым участкам [9,10]. Комплексы стабилизируются за счет ван-дер-ваальсовых контактов молекул лиганда со стенками малого желобка, а также за счет образования водородных связей между амидными группами лиганда и основаниями ДНК [11,12]. В стабилизации комплексов важную роль играет также электростатическое взаимодействие между положительно заряженными молекулами лиганда и отрицательно заряженным сахаро-фосфатным остовом.

Анализ многочисленных экспериментальных данных, а также некоторые общие соображения о переходе спираль — клубок обусловили возможность представления основной модели ДНК, используемой для теоретического рассмотрения ее плавления в присутствии лиганда. Сравнение теории с экспериментом дало возможность судить об особенностях связывания лигандов с ДНК, а также определить термодинамические параметры взаимодействия: отношение констант связывания с полимером, находящимся в различных состояниях (в частности двухцепочечном (дц) и одноцепочечном (оц)), и число пар оснований, соответствующих одному месту связывания лиганда (n) [13].

Настоящая статья обобщает результаты теоретического анализа экспериментальных данных, полученных в лаборатории молекулярной биофизики ЕГУ, которые позволили определить ряд термодинамических параметров связывания интеркалирующих, а также "внешне связывающихся" лигандов с дц- и оц-ДНК и выявить некоторые особенности взаимодействия этих лигандов с ДНК.

Установлено, что, в зависимости от величины соотношения констант связывания лиганда с дц- и оц-структурами низкомолекулярное вещество стабилизирует или дестабилизирует дц-структуру ДНК. На опыте это действие проявляется в сдвиге точки перехода комплекса T_m в ту или иную сторону по отношению к T_0 "чистого" полимера, а ширина интервала перехода и в том, и в другом случае увеличивается (при низких концентрациях лиганда). Такое изменение параметров перехода связано с перераспределением в ходе плавления молекул лиганда между спиральными и клубкообразными участками в соответствии с их сродством к этим участкам, а кривая зависимости от концентрации лигандов имеет колоколообразную форму, так

как из-за ограниченности числа мест связывания для скрепки на дц-участках ДНК увеличение концентрации лигандов приводит к затруднению процесса перераспределения и величина $\delta(\Delta T/T_m^2) = \Delta T/T_m^2 - \Delta T_0/T_0^2$ (ΔT и ΔT_0 — ширины интервала, T_m и T_0 — температуры плавления комплексов ДНК-лиганд и чистой ДНК соответственно), проходя через максимум, уменьшается. В предельном случае, когда все места связывания на дц-ДНК заняты лигандами, приращение ширины интервала плавления стремится к нулю (рис. 1, кривые 1-3).

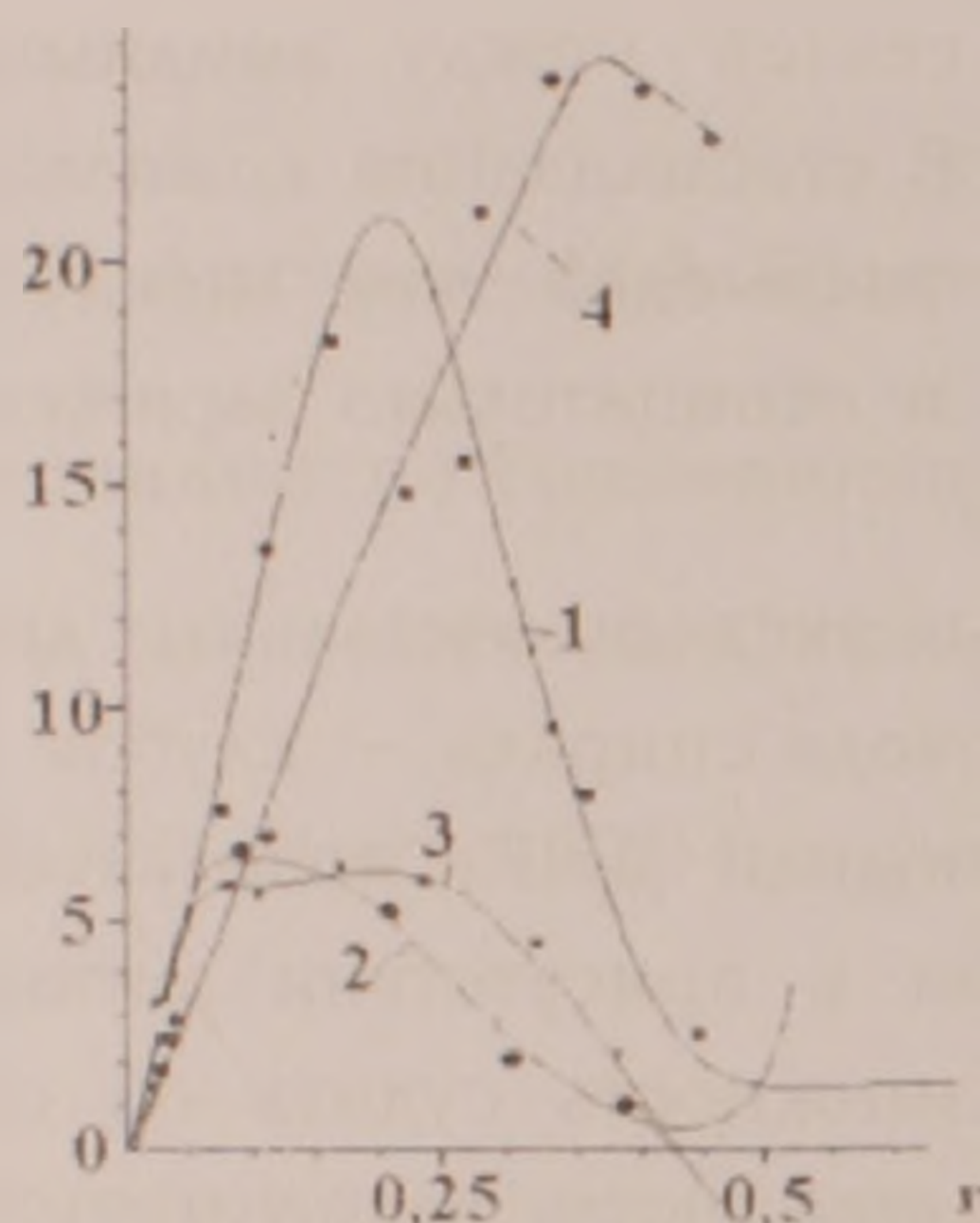


Рис 1. Кривые зависимости $\delta(\Delta T/T_m^2) \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$ (кривые 1-3) и $\delta(1/T_m) \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$ (кривая 4) от r . Кривая 1 получена для комплексов БЭ с ДНК при $\mu = 2.0 \cdot 10^{-3} \text{ M Na}^+$, кривые 2 и 3 — для комплексов АМД (2) и БЭ (3) с ДНК при $\mu = 2.0 \cdot 10^{-2} \text{ M Na}^+$. Кривая 4 соответствует изменению $\delta(1/T_m)$ от r_b при $\mu = 2.0 \cdot 10^{-2} \text{ M Na}^+$. Аналогичные зависимости, полученные при других исследованных ионных силах, не приведены. Кривые получены из теоретических расчетов, точки на кривых — экспериментальные [13]

Дальнейшее увеличение концентрации лиганда вновь приводит к увеличению значения $\delta(\Delta T/T_m^2)$, а параметр приращения температуры плавления $\delta(1/T_m) = 1/T_0 - 1/T_m$ уменьшается (рис. 1, кривая 4): стабилизатор превращается в дестабилизатор дц-структуры. Теоретический анализ экспериментальных данных выявил существование более одного типа связывания в случае классического интеркалятора бромистого этидия (БЭ) с дц- и оц-ДНК, один из которых "сильный", другой (другие) — "слабый", и позволил оценить величины термодинамических параметров комплексообразования — константу и число мест связывания n [13].

Полученные результаты позволяют условно разделить кривые зависимости $\delta(\Delta T/T_m^2)$ и $\delta(1/T_m)$ от концентрации лиганда в случае комплексов БЭ с ДНК на три области:

1. низкие концентрации лиганда ($0 < r \leq 0.125$, где $r = (C_{\text{лиг}}/C_{\text{ДНК}})$; молекулы БЭ преимущественно интеркалируют в плоскость пар оснований. При этом температура T_m и ширина интервала плавления ΔT комплексов увеличиваются;

2. интервал $0.125 \leq r \leq 0.5$; молекулы БЭ частично интеркалируют между соседними основаниями в одной из нитей ДНК (полуинтеркаляция). В этой области изменения концентрации лиганда T_m комплексов увеличивается, а ΔT уменьшается и при $r \sim 0.5$ становится равной ΔT_0 чистой ДНК (рис. 1). Этот эффект зависит от ионной силы раствора, увеличение которого приводит к уменьшению значения r , при котором $\Delta T = \Delta T_0$ (рис. 1, ср. кривые 1, 2, 3);

3. $r > 0.5$; все возможные места связывания на дц-участках ДНК насыщены и молекулы БЭ перераспределяются на свободные оц-участки ДНК, тем самым уменьшая T_m и резко увеличивая ΔT : стабилизатор дц-структуры ДНК превращается в дестабилизатор.

Исследования показали, что Hoechst 33258 (H33258) так же, как и БЭ, связывается с ДНК "сильным" и "слабым" способами. Примечательно, что при относительно высоких ионных силах раствора ($\mu > 0.004 \text{ M Na}^+$) и высоких концентрациях лиганда последние диссоциируют вследствие электростатической природы слабого способа связывания [14,15].

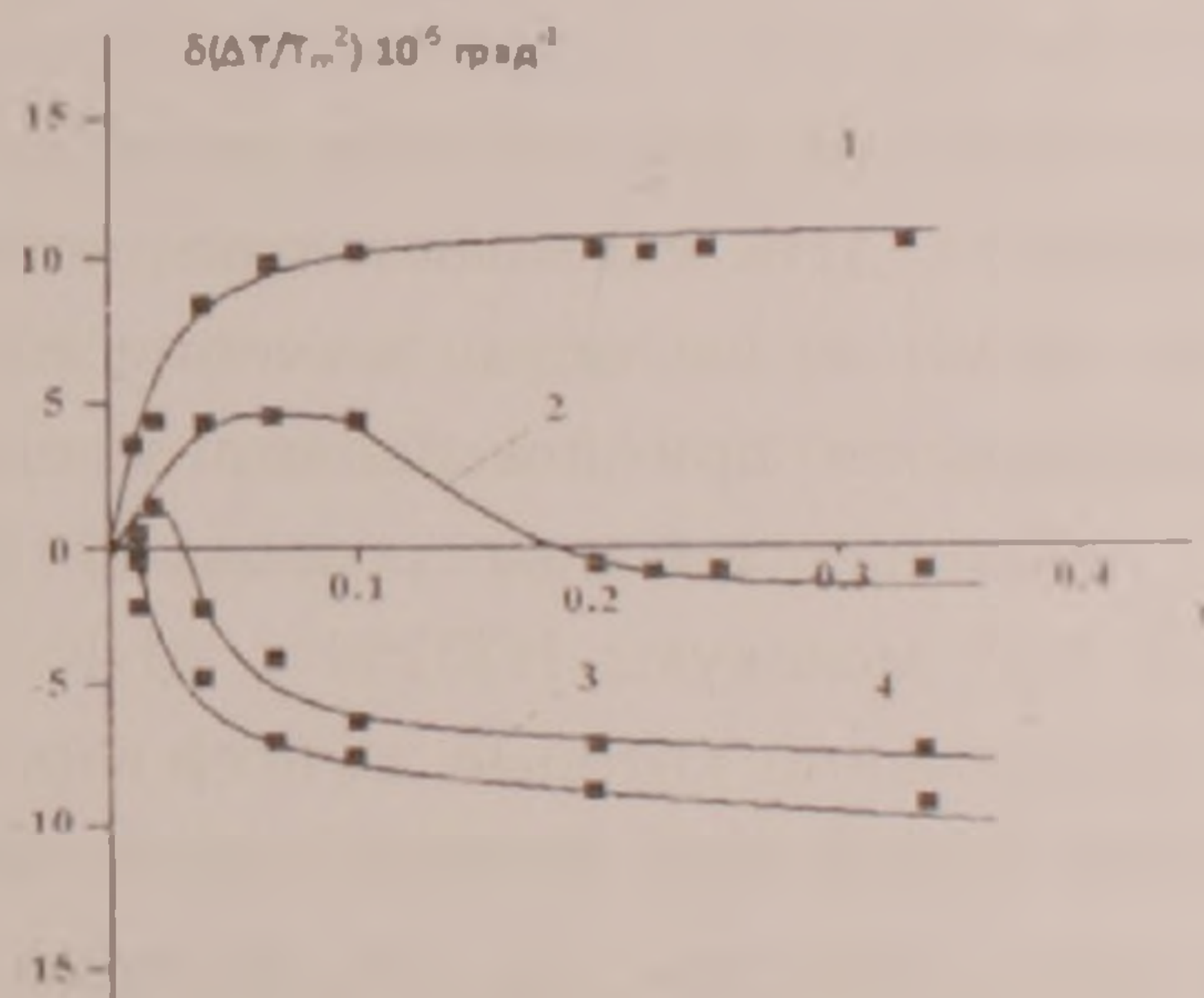


Рис 2. Кривые зависимости изменения $\delta(\Delta T/T_m^2) \cdot 10^5 \text{ град}^{-1}$ от r при ионных силах 0.002 (1), 0.004 (2), 0.01 (3) и 0.02 M Na^+ (4), полученные на основании кривых плавления ДНК и ее комплексов с H33258

На рис. 2 приведены зависимости изменения ширины интервала плавления комплексов ДНК-H33258 от концентрации лиганда. Как видно из рисунка, при ионных силах раствора $\mu = 0.002 \text{ M}$; $\mu = 0.01 \text{ M}$ и $\mu = 0.02 \text{ M Na}^+$ из-за ограниченности мест связывания на дц-ДНК кривые практически не меняются уже при значениях $r \geq 0.1$. Особый интерес представляют данные, полученные при $\mu = 0.004 \text{ M Na}^+$ (рис. 2, кривая 2): кривая зависимости

$\delta(\Delta T/T_m^2)$ от τ увеличивается при низких концентрациях лиганда ($\tau \geq 0.05$), проходит через плато и, уменьшаясь, приравнивается к нулю при значениях $\tau \geq 0.2$ ($\delta(\Delta T/T_m^2) \approx 0$) (рис. 2, кривая 2).

На существование различных способов связывания НЗЗ258 с ДНК указывает Скетчард-анализ кривых адсорбции (нелинейные кривые), с помощью которого были определены значения констант (K) и числа мест связывания (n) для двух способов (таблица) [14].

Экспериментальные значения K и n , полученные для комплексов НЗЗ258 с ДНК при различных ионных силах раствора

Ионная сила, М Na^+	$K_s \cdot 10^{-6} \text{ M}^{-1}$	$K_w \cdot 10^{-5} \text{ M}^{-1}$	n_s	n_w
0.002	7.9 ± 0.30	0.80 ± 0.03	14	3
0.004	0.62 ± 0.05	0.14 ± 0.05	8	3
0.01	6.25 ± 0.20	0.67 ± 0.02	11	3
0.02	450.00 ± 20.00	10.30 ± 2.00	17	4

Примечание: K_s и K_w — константы сильного и слабого способов связывания, соответственно, n_s и n_w — число пар оснований, соответствующих одному месту сильного и слабого способов связывания, соответственно.

Значение K_s , полученное при ионной силе раствора $\mu = 0.002 \text{ M Na}^+$, указывает на то, что НЗЗ258 с ДНК связывается неспецифически, сильным способом. Однако, как видно из таблицы, значение K_s , соответствующее сильному способу, уменьшается при повышении ионной силы раствора от 2 до 4 мМ Na^+ . Данные таблицы позволяют предположить, что при ионной силе 4 мМ Na^+ молекулы НЗЗ258 с ДНК связываются двумя сильными способами одновременно, которые, по всей вероятности, ослабляют друг друга. Дальнейшее повышение ионной силы раствора приводит к значительному возрастанию величины K_s , что является следствием проявления только одного, ярко выраженного специфического взаимодействия молекул лиганда с АТ последовательностями ДНК (при 20 мМ Na^+ значение константы связывания наибольшее).

Как видно из приведенных в таблица данных, значение n_s уменьшается при увеличении ионной силы раствора от 2 до 4 мМ Na^+ , а при дальнейшем повышении ионной силы раствора значение n_s увеличивается. При $\mu = 20 \text{ мМ Na}^+$ значение n_s наибольшее, так как в этих условиях число мест связывания НЗЗ258 на ДНК сильным способом сильно ограничено по сравнению с n_w полученными при более низких ионных силах. Значения n_w практически одинаковы в интервале изменения ионной силы раствора — $2 \leq \mu \leq 20 \text{ мМ}$

Na⁺. Это указывает на то, что при высоких концентрациях лиганда слабый способ связывания H33258 с ДНК происходит по одному и тому же механизму независимо от ионной силы раствора.

Таким образом, сравнительный анализ теоретически рассчитанных и экспериментальных результатов по взаимодействию лигандов с ДНК выявил, что и БЭ, и Hoechst 33258 могут связываться с ДНК более чем одним способом (мультимодальные лиганды), что дает возможность в дальнейшем изучить их совместное связывание с ДНК.

Ереванский государственный университет

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства

П. О. Варdevанян, А. П. Антонян, М. А. Шагинян, А. Т. Карапетян

Взаимодействие нековалентно связывающихся лигандов с ДНК

Рассмотрены особенности связывания лигандов с ДНК. Определены термодинамические параметры связывания интеркалирующих, а также "внешне связывающихся" лигандов с двухцепочечный (дц) и одноцепочечный (оц) ДНК. Выявлены некоторые особенности взаимодействия этих лигандов с ДНК. Показано, что в зависимости от величины соотношения констант связывания лиганда с дц- и оц-структурами низкомолекулярное вещество стабилизирует или дестабилизирует дц-структуру ДНК. Показано также, что бромистый этидий и Hoechst 33258 могут взаимодействовать с ДНК больше чем одним способом.

Պ. Ն. Վարդևանյան, Ա. Պ. Անտոնյան, Մ. Ա. Շահինյան, Ա. Թ. Կարապետյան

ԴՆԹ-ի հետ ոչ կովալենտ կապվող լիգանդների փոխազդեցությունը

Դիտարկվել են ԴՆԹ-ի հետ լիգանդների կապման առանձնահատկությունները: Որոշվել են երկշղթա (եշ) և միաշղթա (մշ) ԴՆԹ-ի հետ իներկայացիոն և արտաքին եղանակով փոխազդող լիգանդների կապման թերմոդինամիկ պարամետրերը: Բացահայտվել են ԴՆԹ-ի հետ այս լիգանդների կապման որոշ առանձնահատկություններ: Ցույց է փրվել, որ կախված եշ- և մշ-կառուցվածքների հետ լիգանդի կապման հաստատությունների միջև հարաբերությունից, կաճրամոլեկուլային միացությունը կայունացնում կամ ապակայունացնում է ԴՆԹ-ի եշ-կառուցվածքը: Ցույց է փրվել նաև, որ էթիդիումի բրոմիդը և Hoechst 33258-ը կախող են ԴՆԹ-ի հետ փոխազդել ավելի քան մեկ եղանակով:

The Interaction of Non-Covalent Binding Ligands with DNA

The binding peculiarities of ligands with DNA have been observed. The thermodynamic parameters of binding of intercalative and external-binding ligands with ds- and ss-DNA have been determined. Some interaction peculiarities of these ligands with DNA have been revealed. It has been shown, that depending on the value of relationship between ligand binding constants with ds- and ss-structures, low-molecular compound stabilizes or destabilizes ds-structure of DNA. It has also been shown, that EtBr and Hoechst 33258 can interact with DNA by more than one mode.

Литература

1. Vardevanyan P.O., Antonyan A.P., Parsadanyan M.A., Davtyan H.G., Karapetyan A.T. - Exp. and Mol. Medicine. 2003. V. 35. N6. P. 527-533.
2. Lane A.N., Jenkins T.C. Q. - Rev. Biophys. 2000. V. 33. N3. P. 255-306.
3. Chaires J.B. - Biopolymers. 1998. V. 44. P. 201-215.
4. Monaco R.R. - J.Biomol. Struct. Dyn. 2007. V. 25(2). P. 119-25.
5. Alonso A., Almendral M.J., Curto Y., Criado J.J., Rodriguez E., Manzano J.L. Anal. Biochem. 2006. V. 355. P. 157-164.
6. Ibrahim M.S. - Analytica Chimica Acta. 2001. V. 443. P. 63-72.
7. Willis B., Arya D.P. - Biochemistry. 2006. V. 45. P. 10217-10232.
8. Aleman C., Namba A.M., Casanovas J. - J. Biomol. Struct. and Dyn. 2005. V. 23. N 1. P. 29-36.
9. Boslock-Smith C.E., Laughton C.A., Searle M.S. - Biochem. J. 1999. V. 342. P. 125-132.
10. Breusegem S.Y., Clegg R.M., Lootiens F.G. - J. Mol. Biol. 2002. V. 315. P. 1049-1061.
11. Banerjee D., Pal S.K. - J. Phys. Chem. B. 2007. V. 111. P. 10833-10838.
12. Streltsov S.A., Gromyko A.V., Oleinikov V.A., Zhuze A.L. - J. Biomol. Struct. and Dyn. 2006. V. 24. N 3. P. 1-18.
13. Karapetian A.T., Mehrabian N.M., Terzikian G.A., Vardevanian P.O., Antonian A.P., Borisova O.F., Frank-Kamenetskii M.D. - J.Biomol. Struct. Dyn. 1996. V. 14. N2. P. 275-283.
14. Vardevanyan P.O., Antonyan A.P., Parsadanyan M.A., Pirumyan K.V., Muradyan A.M., Karapetian A.T. - J.Biomol. Struct. Dyn. 2008. V. 25. N 6. P. 641-646.
15. Kukkar R., Grover S.R. - J. Biomol. Struct. & Dynam. 2005. N 1. V. 23. P. 37-47.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК 542.61 + 535.2 + 546.92 + 668.814

Н. О. Геокчян

Экстракционно-фотометрическое определение микрограммовых количеств платины (IV) тиазиновым красителем диметилтионином

(Представлено чл.-кор. НАН РА А.С. Норавяном 9/II 2011)

Ключевые слова: платина (IV), экстракция, фотометрия, тиазиновый краситель, реагент – диметилтионин, молярный коэффициент

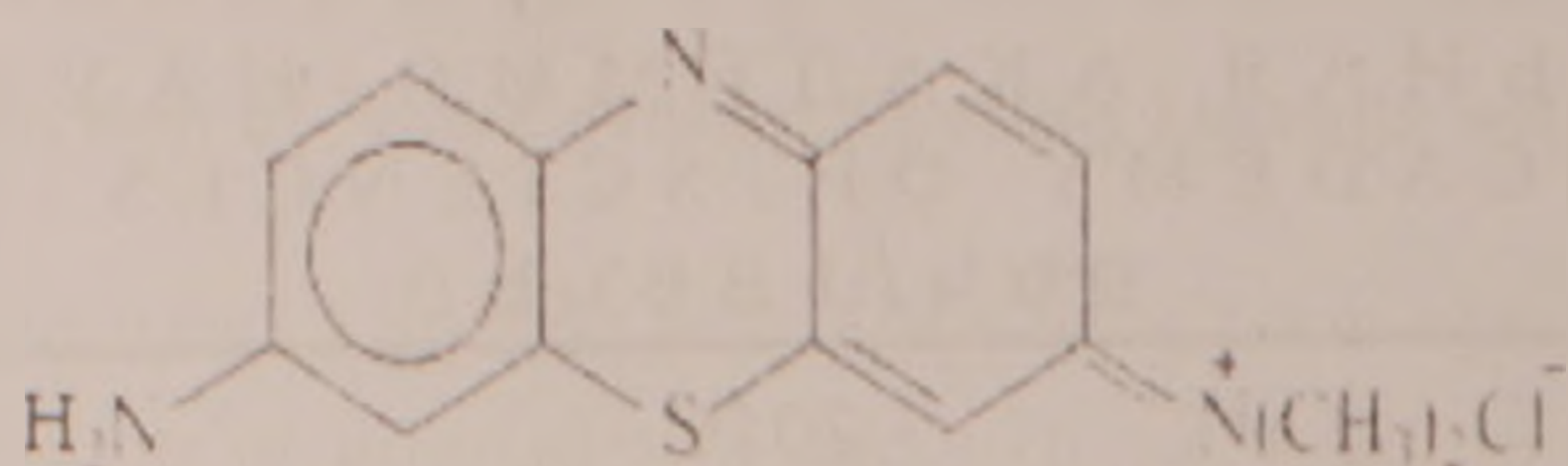
Разработка методов определения платины с высокой чувствительностью, селективностью и простотой выполнения анализа является сегодня весьма актуальной. Экстракционно-абсорбциометрические методы определения платины (IV) с применением в основном азот- и серусодержащих органических соединений имеют ряд недостатков, из которых следует отметить недостаточно высокую чувствительность и избирательность, а также небольшой диапазон определяемых содержаний платины (IV). Невысокая чувствительность наблюдается также и при использовании антипирина и его производных [1, 2]. Для методов с применением трифенилметановых и родаминовых красителей характерна достаточно высокая чувствительность, однако они не всегда обеспечивают необходимую воспроизводимость получаемых результатов [3-5].

Нами ранее для экстракционно-абсорбциометрического определения микрограммовых количеств платины (IV) в сернокислой среде из основных красителей тиазинового ряда были применены толуидиновый голубой [6], тетраметилтионин [7], триметилтионин (ТриМТН) [8] и тионин (ТН) [9].

Настоящее исследование посвящено изучению возможностей применения основного красителя тиазинового ряда диметилтионина (ДиМТН) для экстракционно-абсорбциометрического определения платины (IV) в сернокислой среде. Для этой цели он применяется впервые.

Строение молекулы диметилтионина [ДиМТН – азур I] может быть представлено следующей формулой:

-N-диметилтионин



Известно, что из всех гексагалогеноплатинатов (IV) наиболее устойчив йодидный анионный комплекс платины $[PtI_6]^{-}$ [10]. Известно также, что комплексная кислота $H_2[PtI_6]$ образует соли с органическими основными красителями. Естественно было предположить, что гексайодоплатинат (IV) будет взаимодействовать и с диметилтионином. Нами это было подтверждено экспериментально.

Экспериментальная часть. Стандартный раствор платины (IV) готовили растворением точной навески металлической платины (99.99%) в смеси (3:1) соляной и азотной кислот с последующей "денитрацией" полученного раствора при помощи разбавленной соляной кислоты. Разбавлением исходного раствора получали растворы платины (IV) необходимой концентрации. Реакционноспособный комплексный йодоплатинат (IV) образуется при добавлении раствора йодида калия. Раствор красителя — ДиМТН готовили растворением навески препарата квалификации чда в дистиллированной воде. Раствор йодида калия готовили из точной навески препарата квалификации хч. Использовались органические растворители квалификации чда и хч, дихлорэтан (ДХЭ) квалификации ч, которые дополнительной очистке не подвергались. Равновесные значения pH водной фазы контролировали при помощи pH-метра pH-121 со стеклянным электродом, оптическую плотность (ОП) водных растворов и органических экстрактов измеряли на спектрофотометре СФ-16, кислотность водной фазы регулировали добавлением серной кислоты. Установлено, что анион пентайодоплатинат (IV) образует с ДиМТН соединение, экстрагирующееся различными органическими растворителями и их бинарными смесями. Наиболее эффективным экстрагентом, обеспечивающим максимальные значения ОП экстрактов ионного ассоциата (ИА) при минимальной оптической плотности "холостых" экстрактов, оказалась бинарная смесь ДХЭ с четыреххлористым углеродом (CCl_4) в отношении 7:3. Соотношение объемов водной и органических фаз составляет 2:1 (10 и 5.0 мл соответственно). Сняты спектры светопоглощения экстрактов ИА и "холостых", а также водного раствора ДиМТН. Максимум светопоглощения наблюдается при одной и той же длине волны $\lambda = 650$ нм. При установлении оптимальной кислотности водной фазы оказалось, что экстракцию ИА гексайодоплатината (IV) ДиМТН можно проводить в интервале от pH 4.0 до 3.0 N по серной кислоте. Было установлено, что максимальные и

постоянные значения ОП экстрактов ИА наблюдаются при pH 3.0 по H_2SO_4 , наибольшее количественное извлечение ИА в органическую фазу имеет место при $[KI] = (1.1-2.0) \cdot 10^{-2}$ моль/л и концентрации реагента красителя, обеспечиваемой добавлением (1.2-2.0) мл 0.05% раствора диметилтионина. Методом повторной экстракции показано, что для установления экстракционного равновесия достаточно однократной экстракции в течение 1-2 мин ($R = 91.0\%$).

ОП экстрактов ИА остается постоянной в течение более 3.0 ч. Диапазон определяемых концентраций платины (IV) составляет 2.5-32.35 мкг Pt/10 мл водной фазы. Кажущийся молярный коэффициент светопоглощения органических экстрактов платины (IV) с диметилтионом $\bar{\epsilon}_{650} = 3.8 \cdot 10^4$ л $\text{мол}^{-1} \text{ см}^{-1}$, $C_{\min} = 0.012$ мкг Pt/мл. Молярное соотношение компонентов в образующемся ионном ассоциате установлено методом прямой линии Асмуса. Кривые $1/V_{R^0} = f(1/mA)$ функции прямолинейны только при $n=1$, что свидетельствует о том, что в указанных условиях пентайодоплатинат (IV) взаимодействует с катионом диметилтионина в молярном соотношении 1:1, $[PtI_5 \cdot H_2O]^- : [ДМТН]^+ = 1:1$.

Согласно литературным данным при низких значениях кислотностей водной фазы происходит аквазация с превращением аниона гексайодоплатината (IV) в анион пентайодоплатинат (IV) и образование ИА идет по уравнению



где RCl — молекула ДМТН (азур 1). Следовательно, в установленных оптимальных условиях экстракции существует $[(PtI_5 \cdot H_2O)]^-$ — форма, а молярное соотношение компонентов в образующемся ИА $[(PtI_5 \cdot H_2O)]^- : [ДМТН]^+ = 1:1$.

Для определения стехиометрического соотношения реагирующих компонентов были использованы данные, полученные из кривой насыщения реагента — красителя ДМТН (метод прямой линии Асмуса) [11].

В установленных оптимальных условиях было изучено влияние посторонних и сопутствующих элементов на избирательность экстракции ИА платины (IV) с ДМТН (азур 1) конечном объеме водной фазы. При определении концентрации платины (IV) 12.44 мкг Pt/10 мл не мешают миллиграммовые количества цинка, магния, никеля, кобальта (II), марганца (II), кадмия и алюминия.

Математические статистические результаты разработанного метода приведены в таблице.

$$n = 5, P = 0.95, t_a = 2.78, \lambda = 650 \text{ нм}$$

Содержание платины, мкг/10мл		$s = \sqrt{\frac{\sum(A_i - \bar{A})^2}{(n-1)}}$	Коэффициент вариации $\omega = \frac{s}{\bar{A}} \cdot 100\%$	Доверительный интервал $\bar{A} \pm t_n \cdot S/\sqrt{n}$
введено A	найдено $\bar{A}$			
0.245	0.244	$0.9 \cdot 10^{-2}$	3.69	0.244 ± 0.0112
0.25				
0.24				
0.24				
0.245				

На основании полученных результатов разработан экстракционно-фотометрический метод определения платины (IV) с применением ДиМТН.

Ереванский государственный университет

Н. О. Геокчян

Экстракционно-фотометрическое определение микрограммовых количеств платины (IV) тиазиновым красителем диметилтионином

Рассмотрены взаимодействие пентайодоплатината (IV) с органическим основным красителем тиазинового ряда – диметилтионином (азур 1) в сернокислой среде и влияние различных мешающих и сопутствующих элементов на экстракцию платины (IV). Определен состав образующегося ионного ассоциата. Разработан экстракционно-фотометрический метод определения платины (IV) диметилтионином в сернокислой среде.

Ն. Օ. Գյոկչյան

"Կլարին (IV)-ի միկրոգրամային քանակների էքստրակցիոն - ֆոտոմետրական որոշումը թիազինային շարքի ներկանյութ դիմերթիլթիոնինով

Հետազոտվել են պլատին (IV)-ի յոդիդային ացիդոկոմպլեքսի փոխազդեցությունը թիազինային շարքի օրգանական հիմնային ներկանյութ դիմերթիլթիոնինի հետ և պլատին (IV)-ի որոշման վրա խանգարիչ եւ ուղեկցող մի շարք տարրերի ազդեցությունը: Որոշվել է առաջադեմ իոնական ասոցիատի բաղադրությունը: Մշակվել է դիմերթիլթիոնինով պլատին (IV) ի որոշման էքստրակցիոն - ֆոտոմետրական եղանակ ծմբաթթվային միջավայրում:

Extraction-Photometric Determination of Microgramm Amounts of Platinum (IV) Using Dimethylthionine Tiazin Due

The interaction between platinum (IV) iodide asidocomplex and thiazine raw organic basic due dimethylthionine and the influence of a series interfering and accompanying elements on the determination of the platinum (IV) have been studied. The compound of the formed ionic associate is determined. An extraction-photometric method for determination of platinum (IV) by dimethylthionine has been elaborated.

Литература

1. Пилипенко А.Т., Ольхович П.Ф. - Укр. хим. журнал. 1968. Т. 34. N1. С. 83-86.
2. Акимов В.К., Емельянова И.А., Бусев И.А. - ЖЛХ. 1971. Т. 26. N2. С. 2416-2418.
3. Овсепян Е.Н., Микаелян Дж.А., Чан Ким Тьен - ЖЛХ. 1983. Т. 38. N7. С. 1277-1278.
4. Овсепян Е.Н., Микаелян Дж.А., Чан Ким Тьен - Арм. хим. журнал. 1984. Т. 37. N2. С. 86-91.
5. Овсепян Е.Н., Микаелян Дж.А., Чан Ким Тьен - Межвуз. сб. научных трудов "Химия и химическая технология". Изд. ЕГУ. 1987. N4. С. 146-149.
6. Геокчян Н.О., Егиазарян А.А., Микаелян Дж.А., Хачатрян А.Г. - Ученые записки ЕГУ. 2002. N2. С. 72-76.
7. Геокчян Н.О., Егиазарян А.А., Микаелян Дж.А., Хачатрян А.Г. - Ученые записки ЕГУ. 2003. N1. С. 75-79.
8. Геокчян Н.О., Микаелян Дж.А., Егиазарян А.А., Хачатрян А.Г. - Хим. журнал Армении. 2004. Т. 57. N4. С. 57-62.
9. Геокчян Н.О., Гегчян М.Ж., Егиазарян А.А., Микаелян Дж.А., Хачатрян А.Г. - Ученые записки ЕГУ. 2006. N3. С. 146-148.
10. Рос. А., Vatelga M. - I. Chem. Soc. 1960. P. 3431-3433.
11. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим и спектрофотометрическим методам анализа. Л. Химия. 1976. 219 с.

361

горизонтов минеральных источников определялась по формуле $H = (T - t) \cdot 30$ [2]. Распределение некоторых гидрогеохимических элементов минеральных вод вдоль I, II, III профилей по результатам мониторинговых наблюдений показано на рис. 2. Графики, приведенные на рисунке, отражают изменение значений геохимических элементов (Cl, SO_4, Mg, HCO_3) в мг-экв/л в составе минеральных вод во времени. Выборка данных элементов проводилась исходя из того, что вариации в значениях химических элементов наблюдались за время мониторинговых наблюдений.

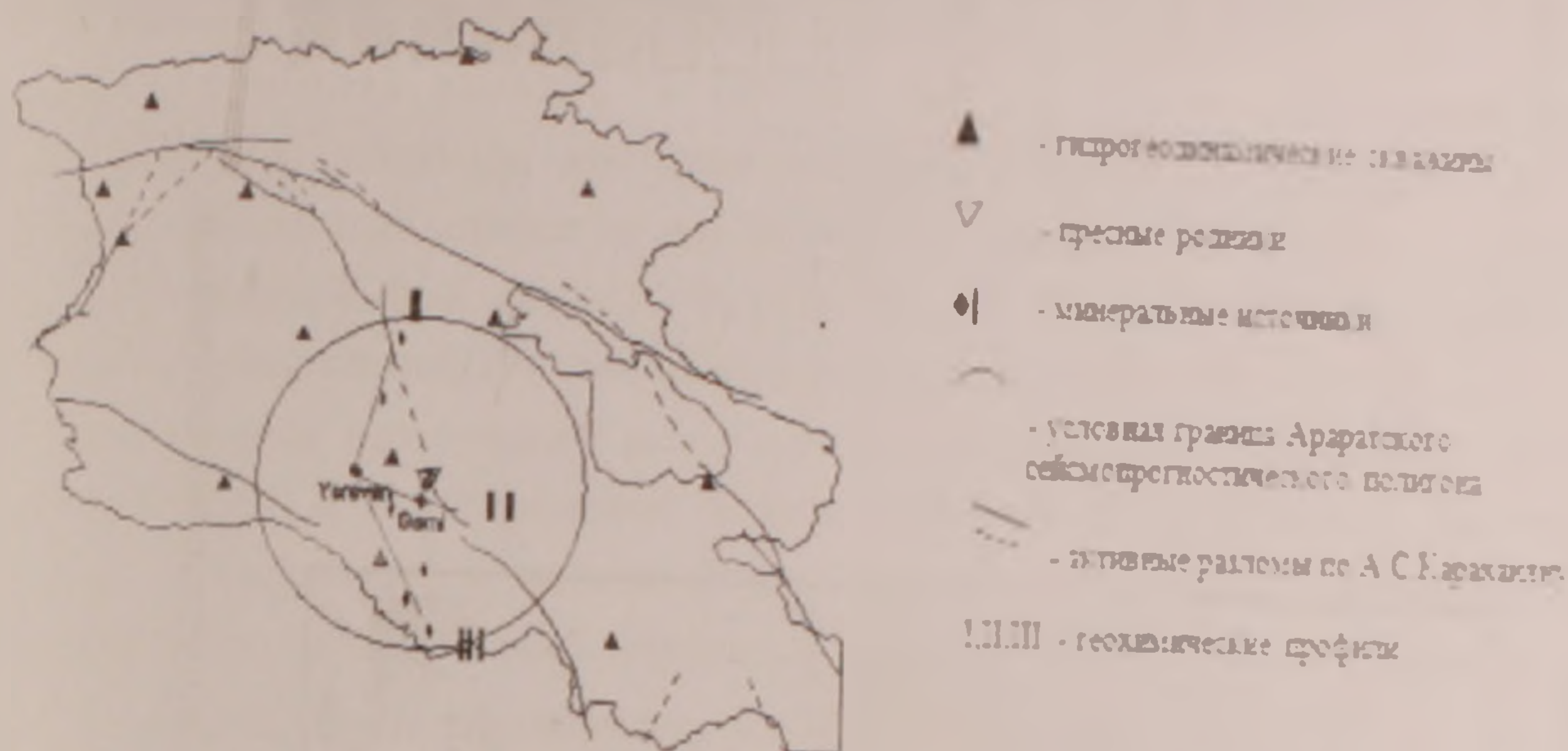


Рис. 1 Схема расположения гидрогеохимических профилей на Араратском сейсмопрогностическом полигоне

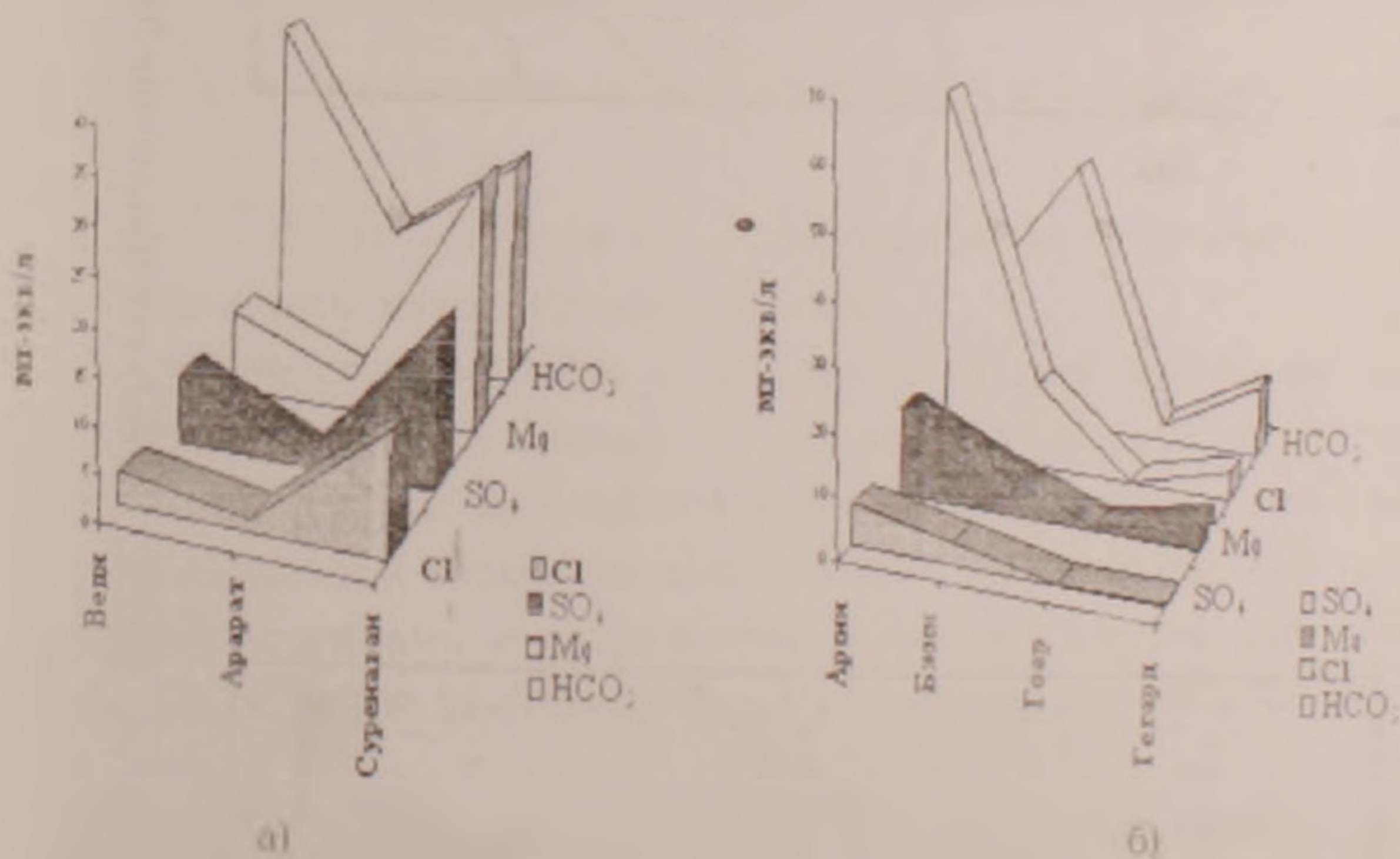
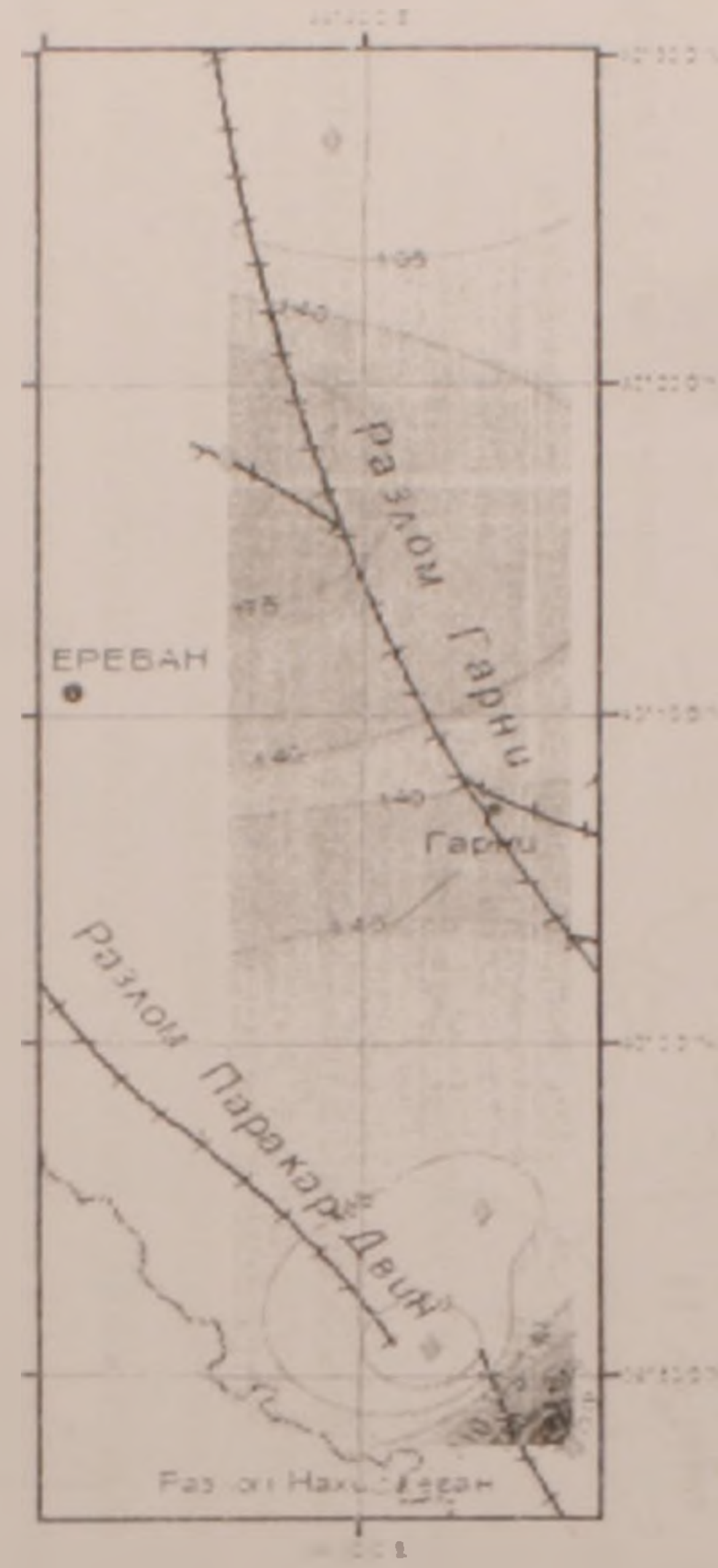


Рис. 2 Изменение гидрогеохимических элементов (Cl, SO_4, Mg, HCO_3) вдоль профилей: а) профиль III — минеральные источники Веди, Арарат, Суренаван; б) профили I, II — минеральные источники Арзни, Бжни, Гегард, пресный родник "Гоар".

Динамика концентрации Mg (2010)

Апрель 2010

Май 2010



Условные знаки

- Города
- Населенные пункты
- Источники
 - 1 Бани
 - 2 Арзни
 - 3 Веди
 - 4 Арарат
 - 5 Суренаван

- Граница
- +— Тектонические разломы

Концентрация Mg

Изолинии	
42.5 - 75	
75.1 - 105	
105.1 - 140	
140.1 - 170	
170.1 - 200	
200.1 - 230	
230.1 - 250	
250.1 - 290	
290.1 - 320	
320.1 - 360	

Рис.3. Динамика концентрации Mg в водах минеральных источников.

Как видно из графика (рис.2,а), воды гидрогеохимического профиля III характеризуются повышенным значением HCO_3 , резкий скачок значения Mg наблюдается в конце профиля III. Содержание Cl и HCO_3 в водах профилей I и II (рис.2,б) повышено в начале профиля, а далее идет на спад, и небольшой подъем наблюдается в конце профиля. Полученные графики отражают изменение величин гидрогеохимических элементов вдоль профилей за период мониторинговых наблюдений.

Для анализа данных химического состава вод Араратского сейсмополигона была применена программа ArcGIS [3] с использованием пространственно-статистического метода анализа, в основе которого лежит пространственное усреднение, т.е. точкам, которые находятся близко к имеющим среднее значение точкам, придаются те же значения. Это дает возможность получить пространственный фон данного параметра. В частности, были применены методы интерполяции IDW (обратный вес расстояния), Кринга, Nearest neighbour, из которых наилучший результат дал метод IDW, основанный на том, что чем ближе в пространстве точки, тем точнее результаты анализа, и наоборот. Поскольку в нашем случае пункты наблюдений не разбросаны в пространстве, весь анализ параметров проводился по указанному методу. Расчет интерполяции проводился по уравнению $F(x,y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i$, где n – число разбросанных точек (наблюдательных пунктов), f_i – значение функции в точках (т.е. данные измерений), а w_i – весовые функции для каждого элемента. Классическая форма этой функции выглядит следующим образом:

$w_i = \frac{h_i^{-n}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-n}}$, где h_i – расстояние между заданной и интерполяционной точкой

или $h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$, где x, y – координаты интерполяционного поля, а x_i, y_i – координаты каждой заданной точки.

В результате анализа были получены карты распределения динамики концентрации химических элементов для каждого месяца вдоль мест расположения минеральных источников и пресного родника, а распределение химических элементов отмечено темными и светлыми (низкая и высокая концентрация) оттенками и изолиниями значений каждого параметра. На рис.3 приводятся карты изменения концентрации химического элемента Mg за 2009-2010 гг.

Исходя из сейсмического режима территории Армении установлено, что на Араратском сейсмопрогностическом полигоне за 2006 – 2010 гг. произошло 21 сейсмическое событие с $2.0 > M < 4.5$.

Как видно из рис.4, повышенная сейсмичность на Араратском сейсмополигоне наблюдалась в 2008 г. Пространственно-временное распределение

гипоцентров землетрясений показало, что наибольшее количество землетрясений за 2007-2010 гг. произошло на глубине $H = 5 - 20$ км, а за 2008 г. – на глубине от 10 до 20 км.

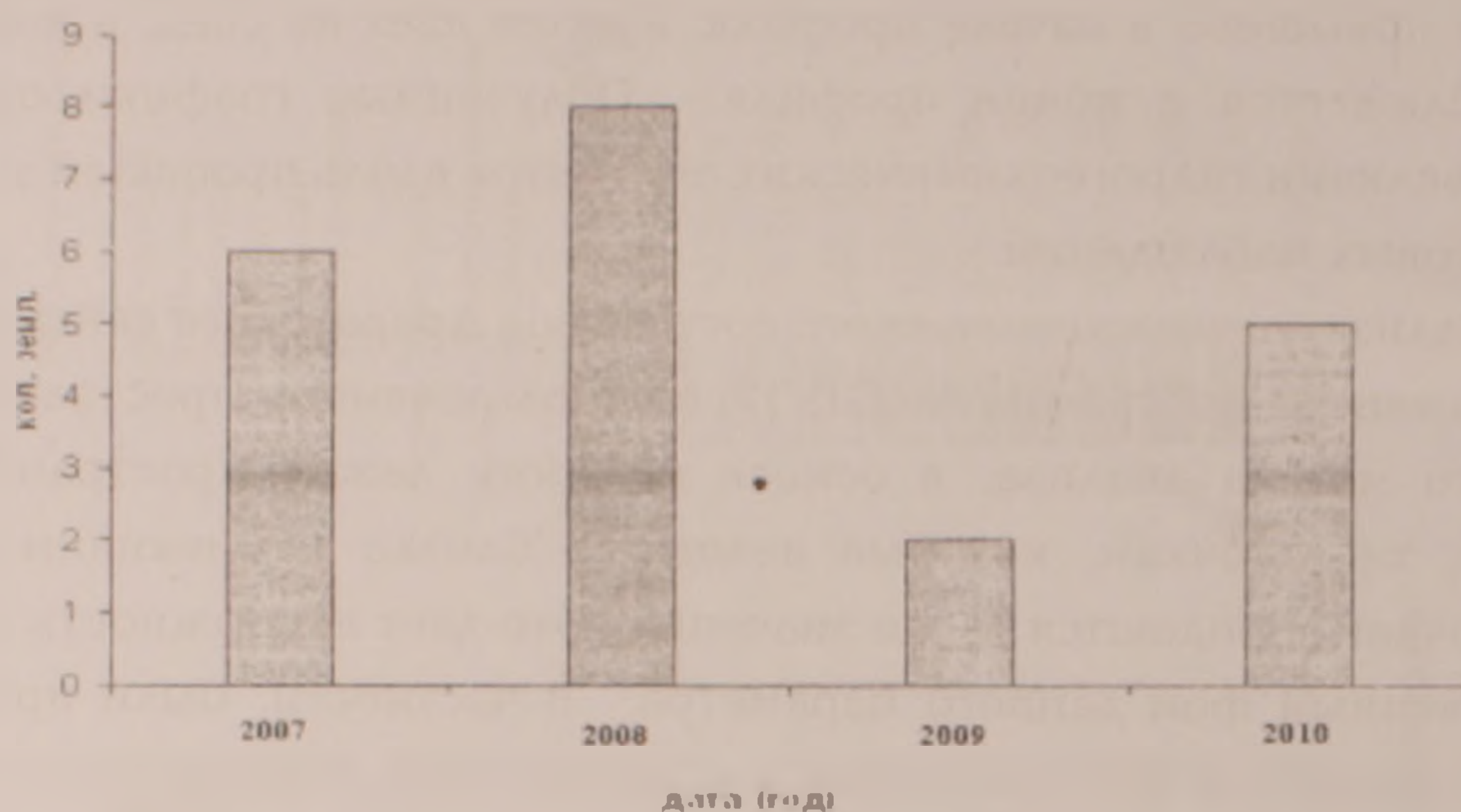


Рис 4 График распределения количества землетрясений по годам.

Землетрясение 18.06.09 г. с максимальной магнитудой $M = 4.1$ имело место недалеко от с.Гарни, очаг находился на Гарнийском разломе на расстоянии 20 км от Гарнийской геофизической обсерватории [4]. Оно сильно повлияло на геохимию пресных вод Гарни и минеральных источников Араратского сейсмополигона. За неделю до сейсмического события общая минерализация воды источника "Гегард" снизилась с 1308 до 722 мг/л, а в составе воды пресного родника "Гоар" значение кремневой кислоты (H_2SiO_4) понизилось на 25 мг/л (85мг/л-60мг/л).

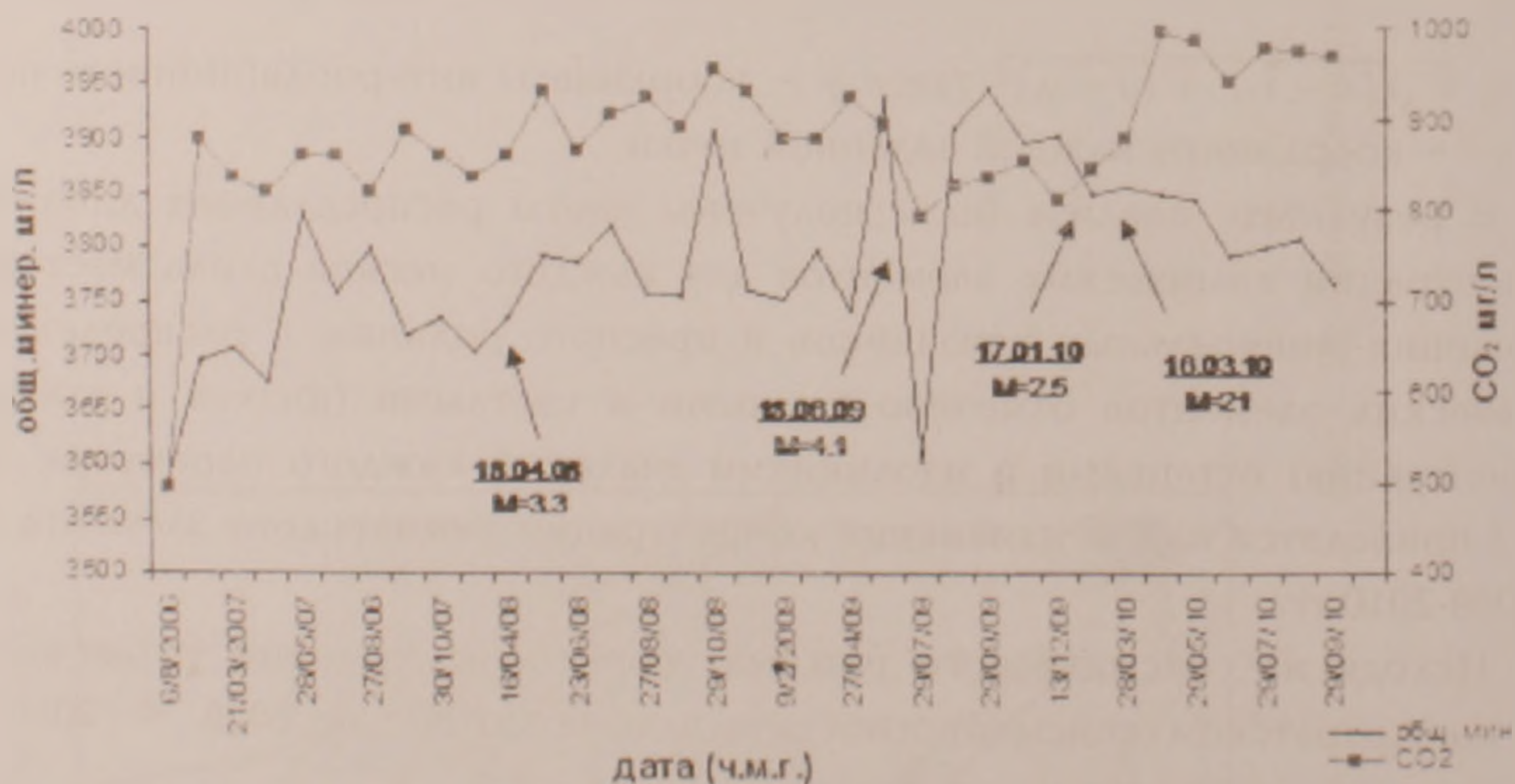


Рис 5. График изменения общей минерализации и растворенного в воде газа CO_2 в источнике Веди.

Результаты наблюдений показали, что при местных землетрясениях с $M > 2.5$ и выше наблюдаются гидрогеохимические эффекты, проявляющиеся в изменении величин общей минерализации и CO_2 , а также уменьшении или увеличении среднего значения концентраций макрокомпонентного состава (рис 5). Причем в отличие от макрокомпонентного состава резко изменяется концентрация углекислого газа. Следует отметить, что несмотря на то, что на территории Армении за весь период произошло 21 землетрясение, мы рассматривали только те, очаги которых находились в непосредственной близости от источников минеральных вод.

Сопоставление характеристик землетрясений с параметрами гидрогеохимических эффектов

Минеральный источник	Дата землетрясения	Параметры		Гидрогеохим. эффекты	
		Δ , км	K	τ	T
Суренаван	11.06.08	25	9.0	6.0	9.0*
	18.06.09	54	11.4	3.0	6.0*
Арзни	18.04.08	20	9.9	6.0	8.0
	04.11.08	37	9.7	2.0	5.0
	18.06.09	20	11.4	4.0	7.0
Гужни	03.10.08	12	8.3	3.0	5.0
Веди	4.11.08	54	9.8	3.0	6.0
Арарат	11.06.08	21	9.9	3.0	4.0
Гетард	18.06.09	20	11.4	18	24

Примечание: Δ – эпицентральное расстояние, K – энергетический класс, τ – время экстремума, T – время эффекта, сутки, * – месяцы.

Гидрогеохимические эффекты относительно их длительности во времени можно объединить в медленные и быстрые изменения концентрации растворенного вещества и газа [7]. Результаты корреляционного анализа показали, что существует статистически значимая связь между параметрами эффектов (время эффекта, время экстремума) и характеристиками сейсмических событий (энергетический класс, эпицентральное расстояние) [5]. Полученные данные приводятся в таблице, из которой следует, что продолжительность эффекта и время экстремума быстрых гидрогеохимических эффектов зависят от характеристик сейсмических событий, а следовательно, отражают процессы, развивающиеся на стадии подготовки землетрясения. Механизм образования гидрогеохимических эффектов, в отличие от гидрогеодинамических, предполагает некоторые условия, связанные с неоднородностью массива пород; в данном случае под неоднородностью понимается не столько

литологическая неоднородность пород, слагающих разрез массива, сколько неоднородность их фильтрационных и емкостных свойств, а также наличие в разрезе контрастных по химическому и газовому составу подземных вод [6]. Механизм формирования медленных и быстрых изменений концентраций растворенного вещества и газа объясняется, в общем случае, изменением напряженно-деформированного состояния среды при подготовке сильных землетрясений и тензочувствительности системы. Но также было выявлено, что тензочувствительность наблюдательной системы непостоянна и может меняться со временем. Возможно, ее изменение во времени проявляется в чередовании эффектов двух групп. Из чего следует, что форма кривой эффекта будет зависеть не только от величины приращения воздействующих на систему напряжений, но и от уровня тензочувствительности системы.

Выводы. Получена возможность визуализации данных по изменению концентрации химических макрокомпонентов, что позволяет фиксировать аномальные изменения в составе вод на Араратском сейсмополигоне. Механизм формирования гидрогеохимических эффектов с учетом параметров произошедших на сейсмополигоне землетрясений объясняется изменением напряженно-деформированного состояния среды при динамических процессах и уровня тензочувствительности системы.

Институт геологических наук НАН РА

Р. А. Пашаян, А. С. Багумян

Динамика изменения гидрогеохимических элементов на Араратском сейсмополигоне

В работе сделан анализ данных гидрогеохимического мониторинга по водам минеральных источников с учетом сейсмического режима региона Армении. Дана краткая характеристика гидрогеологии района расположения пунктов наблюдений. Получены графики распределения химических элементов Cl, HCO_3, SO_4, Mg вдоль гидрогеохимических профилей. Проведен анализ предвестниковых эффектов, дана оценка времени экстремума (τ) и продолжительности эффекта (T) от параметров землетрясения. Рассмотрен возможный механизм формирования гидрогеохимических эффектов.

Հիդրոերկրաքիմիական էլեմենտների փոփոխության դինամիկան Արարատյան
սեյսմափորձադաշտում

Վերլուծության են ենթարկվել հանքային աղբյուրների հիդրոգեոքիմիական ուսումնասիրությունների արդյունքում ստացված տվյալները՝ հաշվի առնելով Արարատյան սեյսմափորձադաշտի սեյսմիկ ռեժիմը: Տրվել է հիդրոգեոքիմիական պրոֆիլների (I, II, III) երկրաբանական և հիդրոերկրաբանական համառոտ բնութագիրը: Ստացվել են ուսումնասիրված պրոֆիլների մակերևին քիմիական էլեմենտների բաշիման գրաֆիկները՝ Cl , HCO_3 , SO_4 , Mg : Ելնելով երկրաշարժի պարամետրերից (Δ , K), կատարվել է էֆեկտների տիպավորում՝ տրվել է էքստրեմումի (τ) ժամանակահատվածի և էֆեկտի (T) շարունակության գնահատականը: Դիտարկվել է հիդրոգեոքիմիական էֆեկտների ձևավորման մեխանիզմը:

R. A. Pashayan, L. S. Bagumyan

The Dynamics of Changes of Hydrogeochemical Elements on the Ararat Seismic
Polygone

The analysis of data of hydrogeochemical monitoring of the mineral spring water is done taking into account the seismic mode of Ararat Seismic Polygone. Brief characteristics of geology and hydrogeology of the arrangement area of hydrogeochemical profiles (I, II, III) is also given. The graphs of the distribution of the following chemical elements – Cl , HCO_3 , SO_4 , Mg on the area along observed geochemical profiles are received. Taking into account the earthquake parameters the types of effects (Δ , K) were determined, the extremum period (τ) and effect continuity was estimated. The mechanism of formation of hydrogeochemical effects is considered.

Литература

1. Пашаян Р.А., Туманян Г.А., Муридджанян Р. Т., Ананян А.Л. - Изв. НАН РА. Науки о Земле. 2005. Т. 58. N3. С. 25-29.
2. Ананян А.Л., Пашаян Р.А. В: Сб. научных трудов конференции, посвященной 90-летию со дня рождения основателя ИГИС НАН РА академика А.Г. Пазарова (1-4 июня 1998 г., г. Гюмри). Гюмри. 1998. С.197-202.
3. Масюков А.В. - Вестник ТвГУ. Прикладная математика, 2007. 1[4]. С. 99-112.
4. Оганесян С.М., Геодакян Э.Г., Карапетян Дж.К., Григорян В.Р., Мкртчян Г.А., Мкртчян М.А. - Изв. НАН РА. Науки о Земле. 2009. Т. 62. N3. С. 15-22.
5. Зубков С.И. - Изв. АН СССР, Физика Земли. 1987. N5. С. 87-96.
6. Киссин И.Г., Сткляниц Ю.И. - О формировании гидрогеохимических предвестников землетрясений. М. Наука. 1985. 286 с.
7. Киссин И.Г. - Изв. РАН. Физика Земли. 1993. N8. С. 58-69.

БИОХИМИЯ

УДК 619.616 - 981.48 - 07:636.4

А. А. Агабабова, О. А. Мовсесян

**Изменение условнопатогенной микрофлоры желудочно-кишечного
тракта крыс под воздействием низкочастотного лазера**

(Представлено академиком К. Г. Карагезяном 11/XII 2010)

Ключевые слова: лазер, микроорганизм, условнопатогенная микрофлора, транслокация

Желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) человека заселяют разнообразные аэробные и анаэробные грамположительные и грамотрицательные микроорганизмы, наибольшее количество которых сосредоточено в толстой кишке. Масса нормальной микрофлоры кишечника взрослого человека составляет более 2.5 кг с численностью $10^{12} - 10^{14}$ КоЕ на 1 г фекалий. Было обнаружено, что микрофлора кишечника включает 395 филогенетически обособленных групп микроорганизмов, из которых 244 (62%) являются абсолютно новыми [1].

Общий генофонд присутствующей в нашем организме микрофлоры насчитывает 400 тыс. генов, что на порядок больше размера генома человека (около 35 тыс. функционирующих генов) [2]. Столь большой их набор определяет и колоссальную функциональную активность микроорганизмов, участвующих в регуляции многих физиологических и иммунных реакций, обеспечивающих защиту организма от заболеваний включая инфекционные. Инфекционный процесс эндогенного или экзогенного происхождения нередко сопровождает самые различные повреждающие воздействия на макроорганизм, в том числе обширные ожоги, радиационное поражение, политравму, массивную кровопотерю, и осложняет течение патологии [3].

Одной из важных функций симбиотической микрофлоры кишечника является обеспечение колонизационной резистентности и участие в неспецифической стимуляции иммунокомпетентных клеток и тканей. Адьювантоактивные соединения, представленные у гр-бактерий липополисахаридом

(ЛПС), а у грамотрицательных мурамилдипептидом, входят в состав клеточной стенки симбиотических микроорганизмов и постоянно высвобождаются в просвете кишечника под воздействием литических агентов [1].

Известно, что значимость эндотоксина при различных патологиях человека не ограничивается лишь его важной ролью при генерализованных заболеваниях, вызванных гр-бактериями. Толстая кишка кишечника человека содержит много аэробных и анаэробных гр-бактерий, причем часть бактериальных клеток постоянно разрушается. Это приводит к выделению в просвет кишки большого количества ЛПС — эндотоксина. Неповрежденная слизистая толстой кишки является достаточно надежным барьером, предотвращающим попадание эндотоксина в кровоток в больших количествах. Во всяком случае, в эксперименте чистый эндотоксин через кишечный эпителий не проникает [2]. В последние годы появились данные, требующие пересмотра этой точки зрения. Практически у всех здоровых лиц эндотоксин можно обнаружить при помощи иммуноферментной реакции в тонких мазках крови на поверхности 3-4% полиморфоядерных лейкоцитов [2]. Следовательно, хоть и в небольших количествах, зато постоянно эндотоксин проникает в кровоток.

В настоящее время очевидно, что транслокация бактерий и эндотоксина из кишечника в кровоток имеет место при очень многих ситуациях: стрессовых воздействиях (иммобилизационный стресс, краш синдром), различных радиационных поражениях (рентгеновские лучи), при патологических процессах (атеросклероз, неспецифический язвенный колит, болезнь Крона, системная красная волчанка, ревматический артрит) и особенно при кишечных дисбактериозах [2].

Во всех этих случаях наблюдается следующий ключевой момент: эшерихии из микробиоценоза кишечника при нарушении иммунобиологических барьеров микроорганизма транслоцируются в мезентериальные лимфоузлы и через портальную венозную систему в кровеносное русло [4].

Цель настоящей работы — оценка качественного и количественного состава микробного сообщества толстой кишки крысы в условиях воздействия лазера. И хотя организм крысы — не вполне адекватная модель человеческого организма, эксперименты вполне могут восполнить определенные пробелы в этой области знаний.

В эксперименте были использованы здоровые крысы-самцы весом до 100 г. Все крысы содержались на стандартном рационе. Перед облучением животные были на голодном рационе с обеспечением питьевой водой. Лазер (SCL) $\lambda = 654$ нм, доза 63.7; 127.4; 254.8; 382.2 мДж/мм². При заборе биоматериала крыс забивали через 5, 10, 20, 30 мин после облучения. Бактериологические исследования проводили согласно методическим указа-

ниям по микробиологической диагностике заболеваний, вызываемых энтеробактериями [5]. Идентификацию высеиваемых микроорганизмов проводили с помощью биохимических тестов. Выделяли микроорганизмы, наиболее типичные для человека: бифидобактерии, лактобактерии, эшерихии, энтерококки, стафилококки, клостридии и кандиды. Количество выделенных микроорганизмов выражали в ед. КоЕ/г массы биологического материала. В результате проведенного исследования было обнаружено, что количество бифидобактерий через 5 мин после облучения было близко к норме, через 10 мин вдвое уменьшалось, а через 20 и 30 мин приравнивалось нулю. Количество лактобактерий уже начиная с 5-й мин облучения резко сокращалось. Через 10, 20, 30 мин оно также равнялось нулю. Из облигатной микрофлоры менялось также количество клостридий — через 10, 20, 30 мин оно равнялось нулю. Через 5 мин после воздействия лазера из прочих анаэробов высеивались единичные колонии. Количество *Combylobacter* через 10, 20, 30 мин было равно нулю. Из облигатной микрофлоры резким изменениям подвергалась и кишечная палочка *E. coli*: уже через 5 мин после облучения наблюдались колонии *lact*-форм *E. coli*, количество их через 5 и 10 мин после облучения незначительно уменьшалось, а через 20 и 30 мин равнялось нулю. Кроме того из факультативной микрофлоры выделялись гемолизирующие *E. coli*, которых в норме вообще нет, но через 20 и 30 мин после облучения их колонии также исчезали. Через 5 и 10 мин после облучения выделялись также фекальные стрептококки из облигатных представителей. Из факультативной микрофлоры через 5, 10 мин выделялись колонии *St. epidermitis*, *Ps. aeruginosa* и грибки рода *Candida*, причем грибки в значительно большем количестве, чем в норме. Через 20, 30 мин все микробы факультативной флоры исчезали, кроме грибков, количество которых сравнительно уменьшалось, но не исчезало. Все данные приведены в табл. 1, 2.

Согласно полученным данным у макроорганизма в условиях облучения лазером (различной экспозиции) наблюдается активация процесса транслокации фекальной флоры, как облигатной, так и факультативной.

Вероятно, возможность проникновения микробов за пределы кишечника определяется не столько качественными характеристиками бактерий, сколько дефектами в системе колонизационной резистентности хозяина. Развитие последней сопряжено с ослаблением барьерной функции кишечного микробиоценоза, повышением проницаемости мукозной "выстилки" кишечника и нарушением иммунного статуса микроорганизмов [5]. К счастью, бактериальная транслокация не всегда заканчивается заболеванием, нося в ряде случаев abortивный характер, а ее результат зависит от состояния иммунологической реактивности макроорганизма, присутствия у него дополнительных факторов

риска, а также от выраженности патогенного потенциала микроорганизмов

Таблица 1

	Контроль	5 мин	10 мин	20 мин	30 мин
Bifidobacteria	$(2.4 \pm 0.4) \times 10^{10}$	$(5.5 \pm 0.3) \times 10^6$	$(8.6 \pm 0.5) \times 10^3$	—	—
Anaerobic cocci	$(4.1 \pm 0.3) \times 10^{10}$	$(2.7 \pm 0.8) \times 10^6$	—	—	—
Other anaerobes	$(1.9 \pm 0.8) \times 10^3$	—	—	—	—
Lactobacilli	$(6.3 \pm 0.8) \times 10$	$(3.7 \pm 0.7) \times 10$	—	—	—
E. coli	$(3.04 \pm 0.2) \times 10^5$	$(1.2 \pm 0.3) \times 10^5$	$(0.9 \pm 0.4) \times 10^5$	—	—
Streptococcus fecalis	$(4.5 \pm 0.6) \times 10^6$	$(2.7 \pm 0.4) \times 10^7$	$(3.9 \pm 0.7) \times 10^5$	$(1.5 \pm 0.3) \times 10^5$	$(4.9 \pm 0.5) \times 10^1$
Clostridium perfringens	10^3	—	—	—	—

Таблица 2

	Контроль	5 мин	10 мин	20 мин	30 мин
Haemolytic E. coli	—	$(2.04 \pm 0.5) \times 10$	$(3.9 \pm 0.8) \times 10^3$	—	—
Staphylococci	—	$(4.4 \pm 0.3) \times 10^5$	$(7.2 \pm 0.8) \times 10^7$	—	—
Clebsiella pneumoniae	—	$(3.1 \pm 0.3) \times 10^3$	$(5.6 \pm 0.6) \times 10^1$	$(8.4 \pm 0.9) \times 10^5$	—
Candida albicans	$(1.8 \pm 0.3) \times 10^3$	$(5.6 \pm 0.8) \times 10^7$	$(2.5 \pm 0.4) \times 10^5$	$(1.9 \pm 0.2) \times 10^7$	$(2.7 \pm 0.2) \times 10^4$

Сущностью этапа колонизации является оккупация выжившими патогенами инфицированных органов и тканей с формированием вторичных очагов вегетирования возбудителей. Причем возбудители либо локализуются на поверхности клеточных мембран, либо проникают внутрь клеток, избегая контакта с эффекторами иммунитета. Фиксации на тканевых структурах бактерий способствуют не только их физико-химические особенности (гидрофобность) и имеющиеся у них адгезины, но и наличие на клетках макроорганизма соответствующих рецепторов [6].

В то же время нормальная микрофлора кишечника принимает участие в обезвреживании мутагенов за счет ферментативного воздействия и продукции антимутагенов. Установлена антимутагенная и противоопухолевая активность клеток или фрагментов клеточных компонентов лактобацилл, бифидобактерий, энтерококков и их метаболитов. Противоопухолевые свойства

пробиотической флоры основаны как на стимуляции его противоопухолевого иммунитета, так и на прямом токсическом воздействии ее клеток и метаболитов на новообразования [7, 8].

Согласно нашим данным у крыс после облучения лазером (при резкой временной зависимости) высевались вначале lact-формы *E. coli* с выраженными изменениями биохимических свойств, а затем, возможно, возникал внекишечный эшерихиоз, т. е. выход *E. coli* из кишечника. Дальнейшая судьба проникших за пределы кишечника эшерихий может быть различна. Лишенные факторов патогенности, непатогенные *E. coli*, вероятно, относительно быстро погибают, столкнувшись с эффекторами иммунитета хозяина (лизоцим, фагоциты, система комплемента), в то время как их патогенные "двойники" сохраняют свою жизнеспособность и способны в конечном итоге вызвать кишечную эшерихиозную этиологию.

Выделенные нами грибки рода *Candida*, которые высевались единичными колониями и при 30-минутном облучении лазером, возможно, усиливают актилизационную и актикомплементарную активность гемолитической и лактозонегативной кишечной палочки и золотистых стафилококков. В то же время анаэробные бактерии преимущественно подавляют факторы персистенции грибков рода *Candida* [6].

Негативные последствия циркуляции потенциально патогенных бактерий по замкнутой траектории кишечник — порт. венозная система — печень — желчь — кишечник связаны с тем, что поддерживаются и углубляются дисбиотические нарушения в кишечном микробиоценозе, повышается вероятность многократной транслокации кишечной флоры, увеличивается опасность развития патологического процесса в печени, желчевыводящих путях и других органах, кроме того происходит своеобразная преадаптация патогенов к их паразитированию в тканях микроорганизма, поскольку при движении бактерий по указанному маршруту выживают преимущественно клоны, устойчивые к эффекторам иммунитета [7].

Институт биохимии им. Г.Х.Бунятына НАН РА

А. А. Агабабова, О. А. Мовсесян

Изменение условнопатогенной микрофлоры желудочно-кишечного тракта крыс под воздействием низкочастотного лазера

В условиях облучения лазером у макроорганизма выявлена активация процесса транслокации фекальной флоры, как облигатной, так и факультативной. Вероятно,

возможность проникновения микробов за пределы кишечника определяется не столько качественными характеристиками бактерий, сколько дефектами в системе колонизационной резистентности хозяина. Развитие последних сопряжено с ослаблением барьерной функции кишечного микробиоценоза, повышением проницаемости мукозной "выстилки" кишечника и нарушением иммунного статуса микроорганизмов.

Ա. Ա. Ագաբաբովա, Ն. Ա. Մովսեսյան

Առնետների աղեստամոքսային տրակտի պայմանական ախտաձին միկրոֆլորայի փոփոխությունը ցածր հաճախականության լազերի ազդեցության ներքո

Միկրոօրգանիզմների մոտ լազերային ճառագայթումից հետո հայտնաբերվել է ինչպես պարուսդիր, այնպես էլ ֆակուլտատիվ կղանքի ֆլորայի տրանսլոկացման ընթացքի ակտիվացում: Հնարավոր է, որ մանուկների թափանցելիությունն աղիների սահմաններից դուրս պայմանավորված լինի ոչ այնքան բակտերիաների որակական բնութագրերով, որքան փոքր զաղութագմանը դիմադրողականության համակարգի թերություններով: Վերջիններիս զարգացումը կապված է աղիքային միկրոբիոցենոզի արգելապարի ֆունկցիայի նվազեցման, աղիների մուկոզային "պարման" թափանցելիության և միկրոօրգանիզմների իմունային կարգավիճակի հետ:

A. A. Agababova, N. A. Movsesyan

Change of Gut Microflora of Healthy Rats under the Low Energy Laser Irradiation

In the conditions of laser irradiation the activation of the process of translocation of the fecal flora, both obligate and facultative, is found out. The possibility of penetration of microbes out of intestine is defined more by defects in host system of resistance, than by not good characteristics of bacteria. The development of defects is interfaced to weakening of barrier function of an intestinal microbiocenosis, rising of permeability of an intestine and disturbance of the immune status of microorganisms.

Литература

1. Бондаренко В.М., Савицкая И.Е. - ЖМЭИ. 2008. N 3. С. 53-58.
2. Бондаренко В.М., Лихудег В.Г. - ЖМЭИ. 2008. N 5: С. 23-29.
3. Бондаренко В.М., Рябиченко Е.В. - ЖМЭИ. 2005. N 4. С. 76-81.
4. Гриценко В.А., Брудастов Ю.А. - ЖМЭИ. 2000. N 1. С. 37-41.
5. Методические указания по микробиологической диагностике заболеваний.

вызванных энергобактериями. Под. ред. М.А.Покровского. М. 1984.

6. Бондаренко В.М., Рыбальченко О.В. - ЖМЭИ. 2009. N 4. С. 96-99.

7. Николаева Т.Н., Бондаренко В.М. - Экспер. клин. гастероэтерол. 2004. N 4. С. 54-59

8. Воробьев А.А., Несвижский Ю.В., Корнеев - ЖМЭИ. 2005. N 6. С. 3-7

9. Wollowski J., Pool-Zobel B.L. - Am. J. Clin. Nutr. 2001. V. 73. P. 451-455.

БИОХИМИЯ

УДК 615.277.3, 543.852.6

П. А. Казарян^{1,2}, Т. Р. Паносян¹, К. И. Исраелян¹, Т. В. Кочикян²

Роль ВАС-167 – производного 4-бутанолидов в регуляции метаболизма
фосфоинозитидов гепатоцитов при саркоме-180

(Представлено академиком К. Г. Карагезяном 16/III 2011)

Ключевые слова: саркома-180, производное 4-бутанолидов, фосфоинозитиды, фосфоинозитидный цикл, гепатоциты

Исследование механизмов межклеточных взаимодействий, поиск ответственных звеньев в нарушениях регуляции сигнал-трансдукторных систем, приводящих к изменениям внутриклеточных процессов, приобретает все большую актуальность.

В последние годы активно обсуждается роль фосфоинозитидных мессенджеров в передаче сигнала при онкологических заболеваниях. Изучение тонких механизмов запуска и регуляции фосфоинозитидной сигнальной системы, обеспечивающей антиапоптоз как нормальной, так и опухолевой клетки, имеет важное значение для понимания молекулярных основ опухолевого роста [1, 2]. Установлена отчетливая связь нарушений функционирования фосфоинозитол-3-киназного каскада, являющегося важнейшим звеном фосфоинозитидной сигнальной системы, с возникновением широкого спектра опухолей, различающихся по своей природе и локализации в организме [1, 3]. Так, повышение активности фосфоинозитид-3-киназы, фермента, дефосфорилирующего фосфоинозитиды, наблюдается при опухолях молочной железы [4]. Развитие опухолей эндометрия, связанное со снижением уровня фосфатазы, также ингибирует фосфоинозитидный каскад [2, 5]. Показано, что опухоли яичников, предстательной, поджелудочной и щитовидной желез также сопряжены с экспрессией регуляции фосфоинозитидной сигнальной системы [6, 7].

Опухоли лимфатической системы — лимфомы, развитие множественной миеломы, нейробластома, меланома, остеосаркома и саркома Юинга, опухоли печени, прямой кишки так или иначе связаны с вовлечением фосфоинозитидной сигнальной системы, механизмы активации которой имеют широкий спектр, возможны также параллельные подключения других сигнальных систем с активацией ферментов регуляции пролиферации, транскрипции и промоции опухолей [2, 8, 9].

Понимание механизмов фосфоинозитидной сигнальной системы в регуляции роста опухолей необходимо для разработки и поиска более эффективных схем лечения онкологических заболеваний. Рецепторные и нерецепторные элементы фосфоинозитидного сигнального механизма стали в настоящее время мишенями для воздействия новых лекарств.

В последние годы создан ряд нетоксичных ингибиторов фосфоинозитид-3-киназного сигнального пути, что позволяет разработать новые подходы для комбинированной противоопухолевой терапии [3, 10, 11]. Так, результаты экспериментальных исследований противоопухолевого препарата проспидина при саркоме свидетельствуют об эффективности его биотрансформации в ткани различных органов [12].

С учетом вышеизложенного и исходя из неоспоримости роли биомембран в процессах перерождения нормальных клеток в опухолевые нами были исследованы ранние этапы транслокации внешнего сигнала через плазматические мембраны гепатоцитов путем исследования некоторых компонентов фосфоинозитидной сигнальной системы, в частности, моно- (МФИ), ди- (ДФИ) и трифосфоинозитидов (ТФИ). Рассматривая некоторые патогенетические механизмы развития опухолевого процесса при саркоме-180 (S-180), мы выявили мембраностабилизирующее свойство соединения ВАС-167(1,3,4-тиодиазоламид 4-изопропоксиметил-2-карбоксиметилбутенолида), выступающего в качестве активатора ряда ион-транспортных систем [13].

Целью настоящей работы являлось исследование противоопухолевой активности соединения ВАС-167 после формирования экспериментальной модели веретеночлеточного происхождения — опухоли саркомы-180.

Материал и методы исследований. Эксперименты проводились на 30 беспородных мышах массой 22-25 г, разделенных на три группы, по 10 животных в каждой. Первая, контрольная, группа состояла из 10 интактных животных. Животным второй и третьей групп подкожно перевивали опухолевый штамм S-180, полученный из опухолевого банка Онкологического центра МЗ РФ (Москва). Перевивку проводили в специальном боксе лаборатории токсикологии и химиотерапии Научно-технологического центра органической и фармацевтической химии ГНТО НАН РА под

руководством Р.Е.Мурадяна. Терапевтический эффект оценивали по степени ингибирования роста опухоли в процентах к контролю. Лечение было начато через 48 ч после перевивки. Одновременно определяли качественный и количественный состав мембранных фосфоинозитидов гепатоцитов подопытных животных. ВАС-167 вводили в течение 6 дней непрерывно, однократно в виде водного раствора (из расчета 0.2 мг/кг массы животного). Животных забивали под эфирным наркозом на 15 сутки эксперимента методом декапитации. После перфузии печени и гомогенизации методом дифференциального центрифугирования получали мембраны гепатоцитов, затем выделяли фосфоинозитиды [14]. Методом тонкослойной хроматографии осуществляли фракционирование фосфоинозитидов на закрепленном слое силикагеля марки ЛС 5/40 мкм в системе хлороформ:метанол:аммиак (45:35:10) [15]. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием критерия достоверности Фишера – Стьюдента.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных экспериментов наблюдаются количественные изменения в спектре фосфоинозитидов (табл. 1)

Таблица 1

Количественные изменения фосфоинозитидов гепатоцитов при саркоме-180 и после введения ВАС-167 (в мкг Р на 1 г свежей ткани)

Фосфоинозитиды	Контроль (n = 10)	Саркома-180 (n = 10)	Лечение (n = 10)	P ₁	P ₂	P ₃
ТФИ	69.73±17.11	111.22±19.33	86.31±15.35	< 0.01	< 0.05	> 0.5
ДФИ	61.70±14.44	121.96±20.84	88.39±10.46	< 0.001	< 0.001	> 0.05
МФИ	86.51±17.42	99.59±19.88	64.73±13.06	> 0.05	< 0.05	> 0.05

Примечание. P₁ – сравнение данных при саркоме-180 с контролем, P₂ – сравнение данных при саркоме-180 с данными после лечения, P₃ – сравнение данных после лечения с контролем

При формировании солидной опухоли отмечается резкое статистически достоверное ($p < 0.01$) повышение уровня ТФИ и ДФИ. На этом фоне незначительно повышается абсолютное содержание монофосфоинозитидов ($p > 0.05$).

В мембранах гепатоцитов экспериментальных животных при саркоме-180 происходят глубокие изменения метаболизма изучаемых компонентов фосфоинозитидного цикла. Так, резкое накопление ТФИ и ДФИ при исследуемой патологии свидетельствует об активации фосфоинозитидного цикла, что характерно при опухолевой трансформации, когда потеря клетками

способности использовать защитные механизмы приводит к блокированию апоптоза [11].

Большой интерес представляют данные, касающиеся особенностей количественных и качественных изменений в спектре фосфоинозитидов мембран гепатоцитов после введения ВАС-167. На фоне более выраженного снижения МФИ нормализуются абсолютные уровни ТФИ и ДФИ, что, возможно, обусловлено деградацией этой фракции фосфоинозитидов (табл.1).



Рис. 1. Коэффициенты соотношений абсолютных величин спектра фосфоинозитидов при саркоме-180 и после введения соединения ВАС-167 (в мкг Р на 1 г свежей ткани).

Анализ результатов, касающихся особенностей изменения величины коэффициентов соотношений отдельных фракций фосфоинозитидов, указывает на неоднозначность характера их изменений.

Так, при исследуемой патологии величины коэффициентов соотношений ТФИ/ДФИ и ТФИ/МФИ понижаются, тогда как коэффициент соотношения ДФИ/МФИ возрастает (рис.1), что свидетельствует об ускорении процесса деградации ТФИ и ДФИ. После введения производного 4-бутанолидов коэффициенты соотношений абсолютных величин спектра фосфоинозитидов почти полностью нормализуются.

Таким образом, полученные нами данные являются доказательством нарушения регуляции фосфоинозитидного цикла при саркоме-180, следовательно, и фосфоинозитидной сигнальной системы, обеспечивающей транслокацию внешних сигналов, что позволяет контролировать такие кардинальные клеточные функции, как пролиферация и апоптоз. Нет сомнений, что вышеуказанные изменения в уровне важнейших компонентов этого каскада, в частности, липидных вторичных посредников могут приводить к нарушению деятельности функциональной активности биомембран, тем самым оказывая влияние на защитные механизмы и способствуя развитию злокачественных новообразований.

¹ Гематологический центр им. Р.О.Еоляна МЗ РА

² Греванский государственный университет

Ս. Ա. Կազարյան, Տ. Ք. Փանոսյան, Կ. Ի. Իսրայելյան, Տ. Յ. Կոչիկյան

**Րոլը ВАС-167 – արտադրանքի 4-բութանոլիդի րեգուլյացիոն մետաբոլիզմի
փոփոխությունների ցеллоцитների արкоме-180**

Իսսելովանո սոդերժանիե նեկոտորых коомпонентов фосфоинозитидной сиг-
нальной системы мембран гепатоцитов при экспериментальной опухоли саркома-
180. Установлено, что при этом происходит увеличение уровня моно-, ди- и
трифосфоинозитидов, приводящее к нарушению коэффициентов их соотношений
и деструктивным изменениям биомембран гепатоцитов. После применения со-
единения ВАС-167 наблюдается определенная нормализация уровня изучаемых
компонентов биомембран.

Պ. Ա. Ղազարյան, Թ. Ք. Փանոսյան, Կ. Ի. Իսրայելյան, Տ. Վ. Կոչիկյան

**ВАС-167՝ 4-բութանոլիդների ածանցյալի դերը հեպատոցիտների ֆոսֆոինոզիտիդների
փոխանակության կանոնավորման գործընթացում**

Ուսումնասիրվել են հեպատոցիտների թաղանթների ֆոսֆոինոզիտիդային ազդանշա-
նային համակարգի որոշ բաղադրամասերի պարունակության փոփոխությունները փորձարա-
յական սարկոմա-180-ի ժամանակ: Հաստատված է, որ այդ պայմաններում դիտվում են մոնո-
լի-, երկ- և եռ- ֆոսֆոինոզիտիդների մակարդակների բարձրացում եւ դրանց հարաբերակցության
գործակիցների փոփոխություններ: ВАС-167-ի օգտագործումից հետո փեղի է ունենում
ուսումնասիրվող բոլոր ցուցանիշների որոշակի նորմավորում:

P. A. Ghazaryan, T. R. Panosyan, K. I. Israelyan, T. V. Ghochikyan

**The Role of ВАС-167 - Derived 4 Butanolid in the Regulation Process of Metabolism of
Phosphoinositides**

The content of some components of phosphoinositid signal system of hepatocytus
membranes during experimental sarcoma-180 has been investigated. It has been found out
that under such conditions there is a level increase of mono-, two- and triphosphoinositides
that brins to coefficient abnormalities of their correlation, as wellas to destructive modifi-
cations of hepatocytus biomembranes. After ВАС-167 using a difinitelevel normalization
of examined components of biomembranes is observed.

Литература

1. Вересов В.Г., Кабак А.Г., Вологовский И.Д. - Биофизика. 2002. Т.47. N 1. С.31-37.
2. Шпаков А.О. - Вопросы онкологии. 2002. Т.48. С.644-654.
3. Шатская В.А., Красильников М.А., Павличенко О.В. - Бюл. экспериментальной биологии и медицины. 2007. N2. С. 206-210.
4. Герштейн Е.С., Кушлинский Н.Е., Овчинникова Л.К. - Вопр. биол., мед. и фармацевт. химии. 2009. N 5. С.10-13.
5. Слюсарь Н.Н. Роль фосфоинозитидов и их метаболитов в онкогенезе. Докт. дис. СПб. 1993.
6. Зинченко В.П., Долгачева Л.П. Внутриклеточная сигнализация. Путино. 2003. 150 с.
7. Орловская И.А., Топоркова Л.Б., Феофанова Н.А. - Иммунология. 2009. N2. С.136-139.
8. Pendaries C., Tronchera H., Plantavid M., Payrastre B. - FEBS Lett. 2003. V 546. P. 25-31.
9. Toker A. - Cell. Mol. Life Sci. 2002. V.59. P.761-779.
10. Kingsbury S.R., Gout I.T. - Experimental Oncology. 2003. V.25. P.3-15.
11. Toretsky J.A., Thakur M., Eskenazi A.E., Frantz C.N. - Cancer Res. 1999. V 59. P. 5745-5750.
12. Чернов В.А., Богомолова Н.С., Минакова С.М., Сускова В.С. - Фармакокинетика проспирина у крыс. Фармакокинетика и метаболизм лекарственных препаратов. М. 1978.
13. Ghazaryan P.A., Panosyan T.R., Ghochkryan T.V., Harutunyan V.S., Ghazaryan A. P. - Blood. 2010. V.1(10). P.24.
14. Зубер В.Л. Выделение полифосфоинозитидов. Методы биохимических исследований. (Учебное пособие под ред. Прохоровой М.И.) Л. 1982. С.72-80.
15. Казарян П.А., Элоян Д.В. - В кн.: Хроматографические методы. М. ЦОЛИУВ. 1982. С.28-40.

БИОХИМИЯ

УДК 547.221+616.151.5

Академик К. Г. Карагезян, С. С. Овакимян, Г. А. Геворгян, В. Х. Мамиконян

Фторморфокаин как эффективное средство антикоагулянтного действия

(Представлено 19/VIII 2011)

Ключевые слова: *фторморфокаин, протромбиновое время, тромбиновое время, количество фибриногена, парциальное тромбопластиновое время*

Введение. Согласно последним сообщениям ВОЗ современная медицина испытывает исключительную потребность в пополнении арсенала лекарственных средств новыми антисептиками типа солей синтезированных β-аминокетонов противовоспалительного и местноанестезирующего действия. С отмеченной точки зрения особого внимания заслуживает высокая степень чувствительности системы гемокоагуляции к факторам обезболивающей природы, в известной степени обусловленная не только физико-химическими и функциональными особенностями анестетиков, но и состоянием физиологического статуса симпато-адреналовой системы, расстройствами кислородного и углекислотного гомеостаза в комплексе с нарушениями многочисленных реакций тканевого метаболизма [1-3].

Наиболее примечательным из них представляется гидрохлорид α-фенил-β-морфолино-4-фторпропиофенона с условным названием "фторморфокаин" (ФМ), отличительной стороной механизма действия которого является многопрофильность терапевтической эффективности. Установленное нами ингибирующее действие ФМ на качественно-количественные сдвиги отдельных составляющих системы свертывания крови [4-9] служит основанием для обстоятельного изучения особенностей биохимических и молекулярно-биологических механизмов подключения многочисленных факторов, в том числе соединений липидной природы, в процесс реализации различных этапов стимуляции процесса тромбообразования.

На фоне действия высоких концентраций внутрибрюшинно введенных 0.1-0.2 мл 5% р-ра ФМ, содержащих соответственно 5 и 10 мкг активного начала, через 10 и особенно 20 мин имеет место падение тромбопластической активности (ТА), наиболее выраженное в мозговой и печеночной тканях, а низкий уровень этого показателя в почках и миокарде, по всей вероятности, следует объяснить присутствием в них пока не распознанных факторов антикоагулянтного действия, вступающих в комплекс синергических взаимоотношений с ФМ (см. табл.1). ФМ проявляет свойство эффективного ингибитора ТА уже на 10-й мин после введения 0.1 мл и тем более 0.2 мл его раствора, особенно выраженное при 20-минутном действии.

Таблица 1

Особенности действия фторморфокаина на динамику ТА мозговой (1), печеночной (2), миокардиальной (3) и почечной (4) тканей белых крыс через 10 и 20 мин после внутрибрюшинного введения 0.1 и 0.2 мл его 5% р-ра

Контроль (К)		0.1 мл (5 мгр)				0.2 мл (10 мгр)			
		через 10 мин	± % от К	через 20 мин	± % от К	через 10 мин	± % от К	через 20 мин	± % от К
1	16.0±0.35	23.0±0.40	43.75	25.0±0.50	56.25	25.0±0.50	56.25	27.0±0.60	68.75
2	28.0±0.20	35.0±0.80	25.0	41.0±0.70	46.40	36.0±1.00	28.5	37.0±1.10	32.14
3	35.0±0.20	42.0±0.90	20.0	46.0±0.80	31.40	43.0±0.60	22.8	44.0±0.70	25.7
4	38.0±0.40	51.2±0.50	34.2	52.0±0.80	36.80	54.0±0.70	42.1	52.0±0.90	36.8

Примечание: n = 9, P < 0.001.

Аналогичная закономерность была прослежена и на примере плазмы крови подопытных животных (табл. 2).

Развиваемая в настоящее время концепция проф. Е.Б. Бурлаковой [10-15] о высокой степени эффективности действия сверхнизких доз факторов химической и физической природы, в том числе физиологически активных соединений и лекарственных препаратов, основанная на изучении биофизических и биохимических параметров на генетическом и мембранном уровнях, позволила установить специфичность структурных характеристик генома, а также функциональную активность ядерных, микросомальных, митохондриальных, плазматических (синаптических и эритроцитарных) мембран в сопоставлении с качественно-количественными сдвигами локализованных в них спинных зондов, а также липидов различных категорий, продуктов их свободнорадикального окисления, регуляторных механизмов ферментных систем, соотношений изозимных форм и их регуляторных свойств.

Таблица 2

Особенности действия фторморфокаина на динамику ТА плазмы крови белых крыс через 10 и 20 мин после внутрибрюшинного введения 0.1 и 0.2 мл его 5% р-ра

Контроль (К)	0.1 мл (5 мгр)				0.2 мл (10 мгр)			
	через 10 мин	±% от К	через 20 мин	± % от К	через 10 мин	± % от К	через 20 мин	± % от К
16.50±0.50	19.60±0.70	18.9	21.0±0.60	27.3	21.0±0.70	27.3	22.20±0.80	34.5

Примечание: $n = 9$, $P < 0.001$.

Подобная постановка затронутой проблемы особо акцентирует объективно существующую реальность проявления необычных химических свойств со стороны частиц активно действующих соединений, состоящих из небольшого числа атомов, исчисляемых несколькими десятками, по сравнению с теми, что являются носителями тысяч и миллионов атомов того или иного соединения.

Нами проведены исследования по испытанию *in vivo* сверхнизких концентраций (10^{-8} , 10^{-10} и 10^{-12} М) ФМ на отдельные звенья свертывающей системы крови через 1, 2 и 24 ч после их интраперитонеального введения подопытным белым крысам, а также особенностей ингибирующего действия различных концентраций ФМ на динамику ТА плазмы крови.

Проведение сравнительной оценки результатов антикоагулянтного действия сверхнизких концентраций ФМ позволило проследить за особенностями их дозо- и время-зависимости (табл. 3). Примечательна разнонаправленность взаимосвязи функциональных сдвигов отдельных звеньев этого процесса, обусловленная кооперативностью межфеноменальных взаимоотношений между протромбиновым временем (ПВ), парциальным тромбопластиновым временем (ПТВ), тромбиновым временем (ТВ) и количественными сдвигами фибриногена (ФГ). Своеобразие взаимодействия между изучаемыми ингредиентами свертывающей системы крови под влиянием указанных концентраций ФМ характеризуется, в конечном счете, ингибированием интегрального фона процесса гемокоагуляции во все периоды наблюдения.

Анализ описанных сдвигов, развивающихся под действием примененных нами сверхнизких концентраций ФМ в различные промежутки времени, позволяет объяснить возможные механизмы формирования конечного результата в свертывающей системе крови. Как явствует из табл. 3, ПВ в подавляющем большинстве случаев не испытывает статистически достоверных отклонений от контроля во все периоды наблюдения.

Это является серьезным подспорьем в сохранении исходного фона процесса гемокоагуляции. Вместе с тем, в отличие от ПВ, ПТВ во всех

случаях подвергается статистически достоверному дозо- и времязависимому как активированию, так и ингибированию, что в результате также является важным обстоятельством, обуславливающим сохранение стабильного фона свертываемости крови. Примечательным при этом представляются количественные сдвиги ФГ в сторону значительного увеличения, особенно под действием наименьших концентраций ФМ (10^{-12} М), уже через 1 ч после введения. Однако указанный сдвиг в данных конкретных условиях эксперимента не является решающим в повышении свертываемости крови, поскольку сопровождается одновременно развивающимся на этом фоне резко выраженным повышением ТВ как главного стимулирующего фактора в соответствующей контрсистеме, препятствующей трансформации ФГ в фибрин. Следовательно, не вызывает сомнений первостепенность активированного состояния ТВ, оказывающегося поистине демонстративным в реализации суммарного эффекта антикоагулянтного действия.

Таким образом, применение ФМ наиболее эффективно при любом оперативном вмешательстве вследствие неизбежного развития гиперкоагуляции, сохраняющейся в течение длительного времени и в постоперационном периоде, тяжелейшими осложнениями чего являются тромбозы и эмболии с вытекающими отсюда последствиями, сопровождающимися повышением летальности.

Научно-технологический центр органической и фармацевтической химии НАН РА

Академик К. Г. Карагезян, С. С. Овакимян, Г. А. Геворгян, В. Х. Мамиконян

Фторморфокаин как эффективное средство антикоагулянтного действия

Установлен ингибирующий эффект вновь синтезированного соединения антикоагулянтного действия фторморфокаина на отдельные звенья свертывающей системы крови. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о высокой степени биологической активности сверхнизких концентраций использованного соединения, что является подтверждением правомерности концепции проф. Е. Б. Бурлаковой, посвященной этой проблеме.

Особенности действия сверхмалых доз фторморфокаина на отдельные звенья свертывающей системы крови в различные периоды времени после их внутрибрюшинного введения подопытным белым крысам

Показатели		Контроль (К)	10 ⁻⁸ М			10 ⁻¹⁰ М			10 ⁻¹² М		
			1 ч	2 ч	24 ч	1 ч	2 ч	24 ч	1 ч	2 ч	24 ч
1	ПВ, с	16.7±0.51	16.9±0.61 ¹	16.9±0.61 ¹	17.2±0.63 ¹	5.6±0.53 ²	15.7±0.55 ²	16.4±0.59 ¹	16.2±0.68 ¹	15.4±0.55 ²	16.5±0.59 ¹
	% разницы от К		-2	-2	-3	+7	+7	-2	+3	-8	+1
2	ПТВ, с	30.0±0.31	29.3±0.30 ¹	30.7±0.29 ¹	31.5±0.35 ¹	29.5±0.30 ¹	30.7±0.31 ¹	31.5±0.33 ¹	31.5±0.32 ¹	29.3±0.30 ¹	32.5±0.33 ¹
	% разницы от К		+2	-2	-5	+2	-2	-5	-5	+2	-8
3	ТВ, с	14.7±0.45	13.7±0.28 ¹	14.1±0.15 ¹	15.0±0.17 ¹	13.5±0.17 ¹	14.3±0.15 ¹	14.7±0.15 ¹	12.5±0.13 ¹	13.5±0.14 ¹	14.7±0.14 ¹
	% разницы от К		+7	+5	-2	+8	+3	0	+15	+8	0
4	Фиб-ген, мг/дл	325.0±2.00	345.0±1.70 ¹	327.0±1.93 ¹	310.0±2.50 ¹	365.0±2.90 ¹	327.0±1.93 ¹	315±1.15 ¹	390.0±4.10 ¹	340.0±1.80 ¹	325.0±1.90 ¹
	% разницы от К		+6	0	-5	+12	0	-3	+20	+5	0

Примечания: n=6; ¹P<0.001; ²P<0.01; ¹P>0.5

Ակադեմիկոս Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Ս. Ս. Նովակիմյան, Գ. Ա. Գևորգյան,
Վ. Խ. Մամիկոնյան

Ֆորմորֆոկաինը՝ որպես արդյունավետ հակամակարդիչ

Բացահայտվել է ֆորմորֆոկաինի՝ հակամակարդիչ հատկություններով օժտված նյութի ճնշող ազդեցությունը արյան մակարդուակության համակարգի առանձին գործոնների վրա՝ Ստացված արդյունքները վկայում են հեփազոտված միացության գերցածր քանակների դրսևորած կենսաբանական ակտիվության բացառիկ արդյունավետության մասին. մի բան որ հաստատվում է սլրոֆ Ե.Բ. Բուռլակովայի կողմից նշված պրոբլեմին նվիրված տեսության իրավասությունը.

Academician K. G. Karageuzyan, S. S. Hovakimyan, G. A. Gevorgyan,
V. Kh. Mamikonyan

Formorphocain as an Effective Remedy with Anticoagulant Properties

A pronounced inhibitory activity of the newly synthesized remedy formorphocain on different factors of the blood coagulation process is set. The data obtained have shown the effectiveness of super low concentrations of formorphocain. This fact confirms the conception of prof. E. B. Burlacova on the mentioned problem.

Литература

1. *Карагезян К.Г.* Условно-рефлекторная регуляция свертывания крови. Канд. дис. Ереван. 1953. 310 с.
2. *Карагезян К.Г.* Фосфолипиды головного мозга, цереброспинальной жидкости, крови и печени при различных функциональных состояниях организма. Докт. дис. Ереван. 1968. 463 с.
3. *Карагезян К.Г., Амирханян О.М.* - ДАН СССР. 1971. Т.201. N 1. С. 238-241.
4. *Бурлакова Е.Б.* - Вестн. РАН. 1994. Т. 64. N 5. С. 425-431.
5. *Бурлакова Е.Б.* - Рос. хим. ж. 1999. Т. 43. N 5. С. 3-11.
6. *Бурлакова Е.Б.* - Рос. хим. ж. 1999. Т. 43. N 5. С. 63-71.
7. *Бурлакова Е.Б.* - Рос. хим. ж. 1999. Т. 43. N 5. С. 336-341.
8. *Бурлакова Е.Б.* - Докл. и тезисы Всерос. конф. молодых ученых. М. 2008. С. 5-8.
9. *Бурлакова Е.Б., Карагезян К.Г., Амирханян О.М., Овакимян С.С., Секоян Э.С.* - ДАН РФ. 2010. Т. 433. N 1. С. 118-121.
10. *Buniatyan H.Kh.* - Studies of the Role of Gamma-Aminobutyric Acid in Carbohydrates Metabolism. Yerevan. 1961. 67 p.

11. Карагезян К.Г., Саакян С.С. - Вопр. биохимии мозга. Ереван. 1964. N 1. С. 63-72.
12. Бунцятян Г.Х., Казарян Б.А., Карагезян К.Г. - ДАН АрмССР. 1965. Т. 2. N 5. С. 289-295.
13. Овакимян С.С. Фосфолипиды фибриногена и изменения их содержания в процессе фибринообразования. Канд. дис. Ереван. 1970. 195 с.
14. Карагезян К.Г., Овакимян С.С., Тевосянц А.В. - ДАН СССР. 1971. Т. 201. N 2. С. 486-489.
15. Карагезян К.Г., Овакимян С.С., Тевосянц А.В. - ДАН СССР. 1971. Т. 201. N 3. С. 733-736.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581.112

В. В. Казарян, В. А. Давтян

О потенциале изменчивости фотосинтетического аппарата древесных интродуцентов в ботанических садах Армении

(Представлено чл.-кор. ИАН РА Ж. А. Вартаняном 10/II 2011)

Ключевые слова: *интродуценты, адаптация, фотосинтетический аппарат*

Успех интродукции древесных растений обусловлен потенциалом их изменчивости. Последний определяется возможностями организма не только модифицироваться в новых условиях, но и включать быстрыми темпами внутренние механизмы для активной утилизации факторов нового местообитания и адаптации [1, 2]. Более чувствительными физиологическими параметрами адаптации являются качественные и количественные изменения в фотосинтетическом аппарате.

Необходимость изучения последних в условиях ботанических садов Армении, которые расположены в резко отличающихся почвенно-климатических и высотных поясах, является первостепенной задачей успешной интродукции.

С целью изучения изменчивости фотосинтетического аппарата основное внимание было сосредоточено на связи хлорофилла с липопротеидным комплексом (ЛПК) и количестве каротиноидов, которые являются важными внутренними факторами адаптации растения, обеспечивающими уровень его функционирования в новых условиях жизни.

В данной работе излагаются результаты определения этих параметров у интродуцированных из европейской части СНГ древесных в ботанические сады Армении.

Объектами исследования служили 10-летние растения вяза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.), дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и клена полевого

(*Acer campestre* L.), выращенные в ботанических садах Армении из семян европейской репродукции.

Ереванский ботанический сад расположен в полупустынной зоне (1250 м над ур. м.), Ванадзорский — в мезофильно-лесной (1450 м над ур. м.), Севанский — в умеренно влажной горно-степной (2000 м над ур. м.); их почвенно-климатические условия которых подробно описаны в [3].

Исследования проводились в период бурного роста (июль) растений. В листьях опытных растений определялось содержание хлорофилла по формуле Мак-Кинни, каротиноидов — по Мурри [4], извлекаемость пигментов из растительного материала проводилась по Осиповой [5].

Несмотря на различия в количественных изменениях зеленых пигментов, связанные с условиями ботанических садов закономерности межвидовых различий сохранились.

Содержание пластидных пигментов в листьях интродуцентов в ботанических садах Армении

Объект	Хлорофилл, мг/г сухого веса		% прочносвязанного хлорофилла от общего	Каротин, мг/г сухого веса	<u>Хлорофилл</u>
	Общий	Прочно связанный			Каротин
Ереванский ботанический сад					
Дуб черешчатый	5.45±0.16	4.42±0.11	81.1	1.42±0.04	3.84
Клен полевой	6.11±0.19	4.91±0.13	80.4	1.56±0.05	3.92
Вяз гладкий	8.25±0.31	7.16±0.22	86.8	2.34±0.10	3.52
Ванадзорский ботанический сад					
Дуб черешчатый	6.17±0.23	4.62±0.17	74.9	1.54±0.04	4.01
Клен полевой	7.26±0.28	5.24±0.16	72.2	1.67±0.06	4.36
Вяз гладкий	8.97±0.32	7.05±0.31	78.6	2.09±0.09	4.29
Севанский ботанический сад					
Дуб черешчатый	4.37±0.12	3.69±0.10	84.4	2.31±0.11	1.89
Клен полевой	4.95±0.14	4.02±0.12	81.2	2.51±0.11	1.97
Вяз гладкий	5.12±0.20	4.66±0.20	91.0	2.79±0.13	1.84

Как следует из таблицы, наибольшее количество хлорофилла зафиксировано в листьях растений, растущих в мезофильно-лесном районе (Ванадзорский ботанический сад), наименьшее — в горно-степном (Севан). Мезофильно-лесные условия Ванадзорского ботанического сада благоприятны для роста и развития древесных умеренного климата [3]. В таких

условиях развивается мощная крона с повышенным количеством хлорофилла в листьях, способствующим поглощению не только полного солнечного, но и проходящего через крону рассеянного света [6]. Тем самым рационально используется световая энергия в процессе фотосинтеза, которая обеспечивает энергетические потребности растения.

В высокогорном Севанском ботаническом саду накопление зеленых пигментов в листьях сравнительно низкое, что обусловлено более интенсивными световыми условиями [7, 8]. Эти количественные изменения не дают полной картины потенциала изменчивости. Наиболее достоверное представление об адаптации можно получить при учете качественных изменений в фотосинтетическом аппарате. В связи с этим мы определяли в листьях интродуцентов связь хлорофилла с ЛПК. Наибольшая прочность связи хлорофилла с ЛПК зафиксирована в Севанском ботаническом саду, наименьшая — в мезофильно-лесной зоне (Ванадзор).

В условиях высокогорного Севана имеет место сильная инсоляция с большим количеством ультрафиолетовых лучей, которые разрушительно влияют на молекулу хлорофилла. В таком случае одним из важнейших механизмов адаптации является упрочнение связи хлорофилла с ЛПК. В Ереванском и Ванадзорском ботанических садах этот показатель выражен более слабо. В процессе адаптации интродуцентов большую роль играют желтые пигменты, которые защищают молекулу хлорофилла от фотоокисления и участвуют в фотосинтезе, поглощая при этом коротковолновые лучи спектра [9, 10]. Наибольшее накопление каротиноидов отмечено в Севанском ботаническом саду, наименьшее — в Ванадзорском.

Надежным показателем адаптации является также соотношение хлорофилла и каротиноидов (таблица). Отмечена обратная связь между потенциалом изменчивости адаптации и этим показателем: самое низкое соотношение зеленых и желтых пигментов выявлено в Севанском ботаническом саду, высокое — в Ванадзоре. Одновременно прослеживается прямая зависимость между прочностью связи хлорофилла с белком и соотношением хлорофилла и каротиноидов, что говорит о наличии параллелизма в качественных изменениях фотосинтетического аппарата при интродукции, т. е. согласованном действии механизмов приспособления.

Институт ботаники НАН РА

В. В. Казарян, В. А. Давтян

О потенциале изменчивости фотосинтетического аппарата древесных интродуцентов в ботанических садах Армении

На уровне количественных и качественных изменений фотосинтетического аппарата изучен потенциал изменчивости древесных пород, интродуцированных из европейской части СНГ в резко отличающиеся друг от друга условиями ботанические сады Армении. В более оптимальных условиях Ванадзорского ботанического сада отмечаются максимальный синтез хлорофилла и его слабая связь с липопротеидным комплексом, а также меньшее накопление каротиноидов в листьях. Эти показатели в обратной закономерности проявляются в высокогорном Севанском ботаническом саду.

Полученные результаты обсуждаются исходя из потенциала изменчивости интродуцентов в различных условиях произрастания.

Վ.Վ. Դազարյան, Վ. Ա. Դավթյան

Հայաստանի բուսաբանական այգիներում ծառային ինտրոդուցենտների ֆոտոսինթետիկ ապարատի փոփոխականության պոտենցիալի վերաբերյալ

ԱՊՀ-ի եվրոպական մասից Հայաստանի՝ կենսապայմաններով միմյանցից խստորեն տարբերվող բուսաբանական այգիներ են ներմուծվել որոշ ծառատեսակներ: Դրանց փոփոխականության պոտենցիալը որոշվել է ֆոտոսինթետիկ ապարատի քանակական և որակական փոփոխության մակարդակով: Վանաձորի բուսաբանական այգու ավելի օպտիմալ պայմաններում նկատվում են քլորոֆիլի առավելագույն սինթեզը եւ նրա թույլ կապը սպիրակուցալիպոիդային կոմպլեքսի հետ, ինչպես նաեւ փերեններում ավելի քիչ կարոտինոիդների կուտակում: Այդ գույանիշները հակառակ օրինաչափությամբ են դրսևորվում Սևանի բարձրլեռնային բուսաբանական այգում:

Սպացված արդյունքները քննարկվում են տարբեր պայմաններում աճող ինտրոդուցենտների պոտենցիալի փոփոխականության տեսանկյունից:

V. V. Kazaryan, V. A. Davtyan

On the Potentiality Change of Photosynthetic Apparatus of Woody Introducers in Botanical Gardens of Armenia

From European part of CIS, woody rocks are introduced to the Botanical gardens of Armenia which strongly differ one from each other by living conditions. Their potentiality

of change was studied on the level of quantitative and qualitative changes of photosynthetic apparatus. It is clarified that maximal synthesis of chlorophyll and its slight connection with protein-lipoid complex is defined in more optimal conditions of Vanadzor Botanical Garden. Less quantity of carotinoids is accumulated in the leaves. These indicators are revealed in opposite regularity in alpine Sevan Botanical Garden.

The obtained results are discussed from the point of view of potentiality of introducers' changeability in different conditions of vegetation.

Литература

1. Казарян В. В. Морфо-физиологические аспекты адаптации в ходе онтогенеза и интродукции растений. Автореф. докт. дис. Ереван. 1992. 43 с.
2. Воложин А. И., Субботин Ю. К. Адаптация и компенсация – универсальный биологический механизм приспособления. М. Медицина. 1987. 176 с.
3. Казарян В. О., Арутюнян Л. В. Хуршудян П. А., Григорян А. А. Барсегян А. М. Научные основы облесения и озеленения Армянской ССР. Ереван. 1974. 333 с.
4. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. М. Высшая школа, 1975. 391 с.
5. Осипова О. П. - ДАН СССР, 1947. Т. 37. N8. С. 799-801.
6. Ван дер Вин, Мейер Г. Свет и рост растений. М. 1962. 199 с.
7. Нахуцришвили Г. Ш., Гамцемлидзе З. Г. Жизнь растений в экстремальных условиях высокогорий. Л. Наука. 1984. 122 с.
8. Казарян В.О., Давтян В.А., Казарян В.В. В сб.: Юбилейная междунар. конф., посвященная 160-летию Сухумского бот. сада. Сухум. 2003.
9. Казарян В. В. - ДНАН Армении. 2006. Т. 106. N1. С. 90-94.
10. Хитт О. Фотосинтез. М. Мир. 1972. 314 с.

Описание. Тело и конечности черные, членики лапок слегка осветлены. верх тела со слабым бронзовым отливом, низ матовый. Волосистость головы и переднеспинки не густая, короткая, желто-бурая, надкрылий – густая, длинная, серая. Коготки простые. Длина тела 5.2 мм, ширина 1.0 мм.

Лоб выпуклый, резко спадает вниз, с четким передним кантом, отогнутым вверх. Голова в густых, простых точках, которые отстоят друг от друга на свой диаметр. Усики достигают задних углов переднеспинки, их членики слабо конусовидные, 2-й членик в 1.6 раза короче 3-го (рис. 4). Переднеспинка равной длины и ширины, от середины равномерно сужается вперед и назад. Бороздки у заднего края четкие, глубокие, кили задних углов заходят за основание бороздок. Боковой кант заходит вперед за середину длины переднеспинки. Задний край переднеспинки перед щитком 3-бугорчатый. Точечность нежная, простая, густая, точки мельче, чем на голове, и отстоят друг от друга на 1-1.2 своего диаметра. Щиток сердцевидный, почти равной длины и ширины, в двойной точечности – на мелко густом простом точечном фоне рассеяны крупные вдавленные точки, которые в 2 раза крупнее мелких (фоновых) точек. Надкрылья в 2.4 раза длиннее переднеспинки, с выраженным плечом, с глубокими точечными бороздками, точки в бороздках удлинённые, крупнее точек слабо выпуклых и морщинистых междурядий. Волосистость на 1-2 пришовных междурядьях направлена слабо косо наружу.

Все стерниты брюшка одноцветно черные.

Пластинки совокупительной сумки: срединная пластинка в 1.3 раза короче боковой (рис.1-3).

Самец неизвестен.

Диагноз. Окраской напоминает *C. nigratissimus* Buysson, 1891, но отличается от него слабым бронзовым отливом, соотношением длины надкрылий и переднеспинки, формой щитка, строением и точечностью головы, переднеспинки, надкрылий, строением пластинок совокупительной сумки, которые резко отличаются от таковых у *C. nigratissimus* Buysson, 1891 и похожи на таковые у *C. kryzhanovskyi* Dolin et Tschantladze, 1980. Слабым бронзовым отливом несколько напоминает *C. rorulentus* Gurjeva, 1966 и *C. golestanicus* Platia, из них от 1-го вида отличается пропорциями тела и иной точечностью головы, длинной светло-серой полуприлегающей волосистостью и глубокими основными бороздками переднеспинки, от 2-го – размерами тела, соотношением длины надкрылий и переднеспинки, длиной и окраской конечностей.

Вид посвящается светлой памяти энтомолога-колеоптеролога Степана Мироновича Яблокова-Хнзоряна, талантливого и неутомимого исследователя, научного руководителя одного из авторов (М.А.Марджанян).

Cardiophorus terminasiani sp. n.

Изученный материал. Голотип, самка, Iran, Mazandaran, Poshte-Koh, 19.06.2008, leg.H.Barimani.

Описание. Самка. Тело черное, ноги одноцветно светло-желто-бурые, волосистость верха тела короткая, не густая, желто-рыжая, низа – густая, серая. Коготки простые. Длина тела 7.2 мм, ширина 2.2 мм.

Лоб слабо выпуклый, постепенно (полого) спадает вниз, с четким слабо отогнутым вверх передним кантом. Голова в густых, простых точках, отстоящих друг от друга на 1 свой диаметр. Усики заходят за задние углы переднеспинки на 1.5 членика, 2-й членик бочковидный, в 2 раза длиннее ширины и почти в 1.4 короче 3-го треугольного членика, последующие членики, кроме последнего, треугольные (рис. 7). Переднеспинка слабо поперечная, от середины равномерно суживается вперед и назад. Бороздки у заднего края достигают приблизительно передней $\frac{1}{4}$ длины переднеспинки. Точечность нежная, простая, густая, точки мельче, чем на голове, и отстоят друг от друга на 1-1.2 своего диаметра. Щиток широко сердцевидный, в 1.2 раза шире длины, в мелкой густой простой точечности и густой желто-рыжей волосистости. Надкрылья в 2.5 раза длиннее переднеспинки, с выраженным плечом, в точечных неглубоких бороздках, точки в бороздках в 1.5-1.6 раза крупнее мелких простых точек на плоских междурядьях, точки этих последних отделены друг от друга на расстояние своего диаметра или слегка его превосходят.

Последний (5-й) видимый стернит брюшка в вершинной $\frac{1}{2}$ с желтым рисунком.

Пластинки совокупительной сумки (рис. 5-6): боковая пластинка в 1.7 раза длиннее срединной, которая U-образная, с широким ребром.

Самец неизвестен.

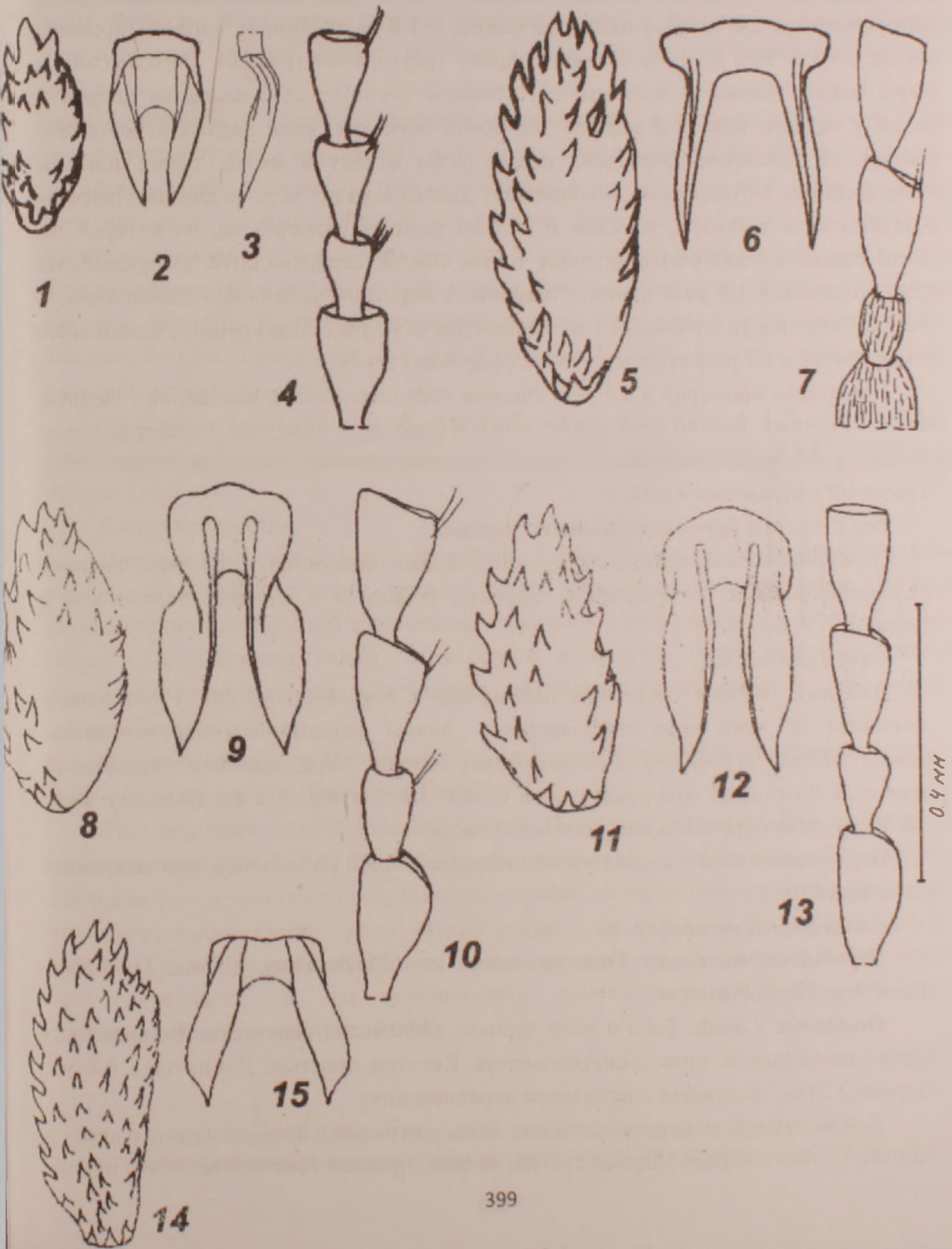
Диагноз. Внешне напоминает *C. bogatschevi* Dolin [3], но отличается от него соотношением длины надкрылий и переднеспинки, формой щитка, строением и точечностью головы, переднеспинки, надкрылий, желтым рисунком последнего (5-го) видимого стернита брюшка, строением пластинок совокупительной сумки (рис. 5-6). Кроме того, напоминает *C. magnani* Platia, Furlan & Gudenzi, 2002 желтым рисунком последнего видимого стернита брюшка, соотношением надкрылий к переднеспинке, однако отличается от него бронзовым отливом покровов, строением пластинок совокупительной сумки, широким сердцевидным щитком и окраской ног.

Вид посвящается светлой памяти видного колеоптеролога Маргариты Ервандовны Тер-Минасян, внесшей неоценимый вклад в развитие энтомологии в Армении, в связи со 100-летием со дня рождения.

Cardiophorus kalashiani sp.n.

Изученный материал. Голотип, самка: Iran, Mazandaran, Alikola, 22.06 2009. Malaise trap, leg. H. Barimani.

Рисунки: 1-15. *Cardiophorus*. 1-4 – *Cardiophorus khnzoriani* n.sp.; 5,6,7 – *C. terminasiani* n.sp.; 8-10 – *C. kulashiani* n.sp.; 11-13 – *C. varandii* n.sp.; 14-15 – *Cardiophorus* sp.; 4,7,9,13 – усики; 1,5,8,11,14 – боковые пластинки совокупительной сумки; 2,6,9,12,15 – срединные пластинки совокупительной сумки сверху; 3 – срединная пластинка совокупительной сумки сбоку.



Описание. Самка. Тело черное, ноги красновато-бурые, лапки и вертлуг темно-бурые. Волосистость верха светло-рыжая, низа – светло-желтая. Коготки простые. Длина тела 9.0 мм, ширина 2.0 мм, надкрылья слегка шире переднеспинки.

Лоб слабо выпуклый, постепенно (полого) спадает вниз, у переднего края дугообразно изогнут и с цельным кантом. Голова в густых, мелких, простых точках, отстоящих друг от друга на свой диаметр. Усики едва заходят за задние углы переднеспинки, 2-й членик цилиндрический, в 1.8 раза длиннее ширины и слегка короче 3-го, с 3-го по 10-й членики широко треугольные (рис. 10). Переднеспинка почти равной длины и ширины, от середины равномерно суживается вперед и назад, у заднего края с 2 парами глубоких бороздок, кили задних углов слабо заходят за основание бороздок, задние углы оттянуты назад, перед щитком переднеспинки 3-бугорчатая. Боковой кант далеко заходит за $\frac{1}{2}$ ее длины. Покровы переднеспинки в густой, простой и мелкой фоновой точечности, на которой по бокам рассеяны единичные крупные точки. Щиток сердцевидный, выпуклый, по краю уплощен, в 1.2 раза длиннее ширины, с коротким срединным вдавлением, в двойной точечности – на мелко густом простом фоне рассеяны крупные вдавленные точки, которые в 2 раза крупнее мелких (фоновых) точек.

Надкрылья примерно в 2.4 раза длиннее переднеспинки, у основания точечные бороздки глубже, чем по всей длине, точки в бороздках вдавлены, примерно вдвое крупнее точек слабо выпуклых, густо- и мелкоточечных междурядий. Волоски надкрылий направлены назад.

Все стерниты брюшка одноцветно черные.

Пластинки совокупительной сумки: боковые пластинки в 1.1 раза длиннее срединной, которая U-образная, с широким ребром и с сильной перетяжкой в основной 1.3 (рис. 8-9).

Самец неизвестен.

Диагноз. Внешне несколько напоминает *C. bogatschevi* Dolin, 1985, однако отличается от этого вида соотношением длины надкрылий и переднеспинки, формой щитка, строением и точечностью головы, переднеспинки, надкрылий, строением пластинок совокупительной сумки. Близок также к следующему виду, диагностические признаки которого описаны ниже.

Вид назван именем видного колеоптеролога М.Ю. Калашяна в знак искренней благодарности.

Cardiophorus varandi sp. n.

Изученный материал. Голотип, самка: Iran, Mazandaran, Alikola, 21.04.2009, yellow trap, leg. H. Barimani

Описание. Самка. Тело и ноги черные, сочленения осветлены. Волосистость верха светло-рыжая, низа – светло-желтая. Коготки простые. Длина тела 6.8 мм, ширина 2.2 мм, надкрылья слегка шире переднеспинки.

Лоб выпуклый, постепенно спадает вниз, у переднего края, отогнутого вверх, с кантом. Голова в неравномерной густой, мелкой, простой точечности, точки отстоят

друг от друга на расстояние, меньшее их диаметра. Усики слабо (примерно на 1.25 длины последнего членика) заходят за задние углы переднеспинки, их членики с 2-го по 10-й удлинено треугольные, 2-й членик в 2 раза длиннее ширины и в 1.25 раза короче 3-го (рис. 13). Переднеспинка почти равной длины и ширины, от середины равномерно суживается аперед и назад, у заднего края с 2 парами глубоких бороздок, кили задних углов слабо заходят за основание бороздок, задние углы оттянуты назад, перед щитком переднеспинка 3-х бугорчатая. Боковой кант переднеспинки далеко заходит за $\frac{1}{2}$ ее длины. Точечность равномерно густая, мелкая, простая. Щиток сердцевидный, выпуклый, по краю уплощен, в 1.2 раза длиннее ширины, с коротким срединным вдавлением, в двойной точечности – на мелко густом простом фоне рассеяны крупные, вдавленные точки, которые в 2 раза крупнее мелких (фоновых) точек. Надкрылья примерно в 2.4 раза длиннее переднеспинки, с выраженными точечными бороздками, точки в бороздках вдавлены, приблизительно вдвое крупнее точек плоских междурядий, точечность этих последних равномерная, густая, мелкая, точки отстоят друг от друга более, чем на свой диаметр. У изученного экземпляра на надкрыльях за их серединками имеется светлая поперечная широкая полоса из густых волосков, направленных назад (возможно, артефакт).

Пластинки совокупительной сумки: боковые пластинки в 1.1 раза длиннее срединной U-образной пластинки, со слабой перетяжкой в основной 1.4, с широким ребром (рис. 11-12).

Самец неизвестен.

Диагноз. Близок к *C. bogatschevi* Dolin, 1985, отличается соотношением длины надкрылий и переднеспинки, формой щитка, строением и точечностью головы, переднеспинки, надкрылий и строением пластинок совокупительной сумки. Сходен также с предыдущим видом, от которого отличается более выпуклым лбом, строением члеников усиков, плоскими междурядиями надкрылий и их редкой светлой волосистостью.

Вид поименован по названию деревни Варанд провинции Мазандаран, откуда родом один из авторов (Баримани Варанди Х.).

При изучении материалов коллекций Института зоологии НЦ зоологии и гидроэкологии НАН РА был обнаружен экземпляр с этикеткой «Elisabethpol. Maljuchenco», у которого было выявлено крайне своеобразное строение пластинок совокупительной сумки, резко отличающееся от такового у всех известных «черных» видов рода *Cardiophorus*. Экземпляр не подлежит описанию из-за плохой его сохранности, и мы ограничились приведением рисунков пластинок совокупительной сумки (рис. 14-15).

¹ Научный центр зоологии и гидроэкологии НАН РА, mmarjanpouyan@yahoo.com;

² Исследовательский центр ресурсов сельского хозяйства и природы Мазандарана, Иран

Մ. Ա. Մարձանյան, Բարիմանի Բարանդի Ք.

Новые виды щелкунов рода *Cardiophorus* Eschscholtz, 1829 (Coleoptera, Elateridae, Cardiophorinae) из Мазандарана (Иран)

Дается описание 4 новых видов щелкунов рода *Cardiophorus* Eschscholtz из Ирана провинции Мазандаран: *C. khnzoriani* sp. n., *C. terminasiani* sp. n., *C. kalashiani* sp. n., *C. varandi* sp. n. Типовой материал хранится в коллекции насекомых Института зоологии Научного центра зоологии и гидроэкологии НАН РА.

Ս. Ս. Մարջանյան, Բարիմանի Վարանդի Ջ.

***Cardiophorus* Eschscholtz, 1829 (Coleoptera, Elateridae, Cardiophorinae) սեռի չրիսկանների նոր տեսակներ Մազանդարանից (Իրան)**

Տրվում է Իրանի Մազանդարանի մարզի *Cardiophorus* Eschscholtz, 1829 սեռի չորս նոր տեսակի չրիսկանների՝ *C. khnzoriani* sp. n., *C. terminasiani* sp. n., *C. kalashiani* sp. n., *C. Varandi* sp. n. նկարագրությունը։ Տիպային նյութը պահվում է ՀՀ ԳԱԱ կենդանաբանության և հիդրոէկոլոգիայի գիտական կենտրոնի կենդանաբանության ինստիտուտի միջատների հավաքածուներում։

M. A. Marjanyan, Barimani H. Varandi

New Species of Click-Beetles of Genus *Cardiophorus* Eschscholtz, 1829 (Coleoptera, Elateridae, Cardiophorinae) from Mazandaran (Iran)

Four new species of click-beetles of genus *Cardiophorus* Eschscholtz, 1829 are described from Mazandaran province of Iran: *C. khnzoriani* sp. n., *C. terminasiani* sp. n., *C. kalashiani* sp. n., *C. varandi* sp. n. The type material is deposited in the collection of the Institute of Zoology of Scientific Centre of Zoology and Hydroecology, the National Academy of Sciences of Republic of the Republic Armenia.

Литература

1. Гурьева Е.Л. - Тр. ЗИН АН СССР. 1966. Т.37. С. 62-96.
2. Долин В.Г., Атамуратов Х.И. Жуки-щелкуны Elateridae Туркменистана. Киев. Ин-т зоологии НАН Украины. 1994. 175 с.
3. Долин В.Г., Марджанян М.А. - ДАН АрмССР. 1985. Т. 81. N3. С. 134-138.
4. Марджанян М.А. Щелкуны. - Фауна Армянской ССР. Изд.АН АрмССР. 1987. 204 с.
5. Долин В.Г., Чантладзе Т. - Сообщ.АН ГССР. 1980. Т. 97. N1. С. 190-192.
6. Орлов В.Н. - Энтомологическое обозрение. 1993. Т. 72. N1. С. 96-99.
7. Орлов В.Н. - Энтомологическое обозрение. 1997. Т. 76. N 1. С. 172-176.
8. Cule P. C., Platia G., Schimmel R. - Folia Heyrovskyana. 2002. V. 10 (1). P. 25-68.
9. Platia G. - Boletin de la Sociedad Entomologica Aragonesa. 2010. V. 46. P. 23-49.
10. Platia G. - Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna. 2010. V. 30. P. 103-130.
11. Platia G., Furlan L., Gudenzi I. - Il Naturalista Valtellinese-Atti Mus civ Stor nat Morbegno. 2002. V. 13. P. 65-77.
12. Platia G., Gudenzi I. - Entomologica Fennica. 1999. V. 10. P. 117-125.
13. Platia G., Gudenzi I. - Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna. 2000. V. 13. P. 11-16.
14. Platia G., Gudenzi I. - Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna. 2000. V. 13(Suppl.). P. 65-83.
15. Platia G., Gudenzi I. - Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna. 2009. V. 28. P. 111-131.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ 111-րդ ՀԱՏՈՐԻ

ՍԱԹԵՍԱՏԻԿԱ

<i>Ա. Լ. Բերբերյան</i> – Հարմոնիկ ֆունկցիաների որոշ սահմանային բազմությունների մասին	7
<i>Ա. Հ. Քամալյան, Հ. Բ. Ներսիսյան, Ի. Գ. Խաչատրյան</i> – Լ-վարժարանի ինտեգրալային օպերատորներ կիսաառանցքի վրա	15
<i>Ա. Տ. Ափոգյան</i> – GM_4 վարկածի հերքման վերաբերյալ.....	107
<i>Ռ. Վ. Դալլաբյան</i> – Անալիտիկ ֆունկցիաների մի դասի Շտուլցի անկյուններում ընկած զրոների լրիվ բնութագիրը	215
<i>Ա. Գ. Առաքելյան, Ռ. Հ. Բարխուդարյան, Մ. Պ. Պողոսյան</i> – Վերջավոր տարբերությունների մեթոդը երկփուլ խոչընդոտի խնդրի համար	224
<i>Ս. Ե. Աբրահամյան</i> – Վերջավոր դաշտերի վրա նորմալ բազմանդամների կառուցում	232
<i>Ա. Յու. Շահվերդյան</i> – Հոսքեր եւ հիշողություն ուտատորային ցանցերում.....	240
<i>Ա. Բ. Ներսեսյան, Ա. Հ. Գասպարյան</i> – Լեժանդրի բազմսնդումներով վերլուծությունների գույզամիտությունների արագացում	317

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՍԱԹԵՍԱՏԻԿԱ

<i>Ա. Ն. Մանուկյան</i> – Մ.Պրեսբուրգերի համակարգում ներկայացվող բազմաչափանի թվաբանական բազմությունների դասակարգումը	114
---	-----

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

<i>Ա. Վ. Բելուֆեկյան, Ա. Ռ. Մարտիրոսյան</i> – Կոնստրուկցիոն շփման անկայունացնող ազդեցությունը գերձայնային զագի հոսքում շրջափռ սալի կայունության վրա կենտրոնացված իներցիալ մոմենտների սովորական դեպքում	23
<i>Ա. Հ. Սարգսյան</i> – Միկրոպոլյար առաձգական բարակ հեծանների մաթեմատիկական մոդելները	121
<i>Լ. Ա. Ադալովյան, Գ. Լ. Ազատյան, Ռ. Ս. Գևորգյան, Հ. Ս. Պողոսյան</i> – Ուղղանկյուն պլեգակերամիկական սալի տարածական դինամիկական խնդրի ասիմպտոտիկ լուծման մասին	129
<i>Կ. Բ. Ղազարյան, Դ. Գ. Փիլիպոսյան</i> – Լյավի տիպի ալիքներ անհամասեռ շերտով կառուցվացքում	138
<i>Ռ. Ս. Կիրակոսյան</i> – Փոփոխական հաստության օրթոտրոպ ողորկ թաղանթների ճշգրտված մի տեսության մասին	148
<i>Ա. Հ. Սարգսյան</i> – Կաշկանդված պտույտներով միկրոպոլյար առաձգական բարակ թաղանթների ընդհանուր տեսությունը	250
<i>Լ. Ա. Մուխսիսյան</i> – Սեյսմապաշտպանության համակցված մի եղանակի մասին (III մաս)	326
<i>Ա. Պ. Սեյրանյան, Ռ. Վանգ</i> – Դուֆինգի հավասարման պարբերական լուծումների կայունության մասին	335

Ա. Հ. Սարգսյան – Միկրոպոլյար առաձգական բարակ ձողերի դինամիկ ծոման մաթեմատիկական մոդելը.....	342
ՖԻԶԻԿԱ	
Մ. Ա. Ադինյան, Կ. Ա. Իսպիրյան, Մ. Կ. Իսպիրյան – Իոններով առաջացված Կոսելի և Օկորոկովի էֆեկտների տիպի պրոցեսներ բյուրեղային թիրախներում.....	31
Ա. Ա. Սահակյան – Մրրիկ-մրրիկ փոխազդեցությունը $Yb_{2x}Cu_{1-x}O$ գերհաղորդիչ կերամիկայում ցածր հաճախության մագնիսական դաշտում.....	259
Գ. Գ. Դեմիրիանյան, Է. Պ. Կոկանյան, Մ. Այլերի, Հ. Ռիններտ – Էլեկտրոնային զրգոման էներգիայի ոչ ճառագայթային վերաբաշխումը $LiNbO_3:Yb^{3+}$ -ում.....	265
ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՖԻԶԻԿԱ	
Հ. Ա. Ջալալի – CH_3O_2 ռադիկալների հետ օրգանական միացության հետերոգեն ռեակցիայի մոդելի կինետիկական անալիզը.....	275
ԿԵՆՍՍՖԻԶԻԿԱ	
Յ. Մ. Ավագյան, Ն. Ի. Մկրտչյան, Ն. Վ. Միմոնյան, Գ. Է. Խաչատրյան – Տարբեր վերակառուցողական գենոտիպ ունեցող E. Coli K-12 մանրէների բջիջների վրա 7.5 ՄէՎ էներգիայով էլեկտրոնների կենսաբանական ազդեցության ուսումնասիրությունը.....	164
Պ. Հ. Վարդևանյան, Ա. Պ. Անտոնյան, Մ. Ա. Շահինյան, Ա. Թ. Կարապետյան – ԴՆԹ-ի հետ ոչ կովալենտ կապվող լիզանդների փոխազդեցությունը	352
ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱ	
Ա. Կ. Մաթևոսյան – Հարուցված բևեռացման լրիվ ինտեգրալ ամպլիտուդաժամանակային չափանիշների որոշումը վեկտորային չափումների արդյունքներով.....	157
Ա. Կ. Մաթևոսյան – Հարուցված բևեռացման ինտեգրալ ամպլիտուդաժամանակային չափանիշների արտահայտման առանձնահատկությունները ինդուկցիոն պրոցեսների առկայության դեպքում.....	280
ԱՆԱԼԻՏԻԿ ՔԻՄԻԱ	
Ն. Օ. Գյոկչյան – Պլատին (IV) - ի միկրոգրամային քանակների էքստրակցիոն – ֆոսֆոմոմսուրական ոլուջումը թիազինային շաքի ներկանյութ դիմեթիլթիոնինով	359
ԿԵՆՍՍՔԻՄԻԱ	
Լ. Պ. Տեր-Թադևոսյան, Լ. Վ. Սարգիսյան, Լ. Ա. Երանոսյան, Ա. Ա. Գալոյան – Նոր տվյալներ հիպոթալամուս-ոսկրածուծ նեյրոսկրետոր առանցքի գոյության մասին N.Paraventricularis-ի մասնակցությունը ածխաջրաֆոսֆորային փոխանակության ակտիվության կարգավորման գործում սպիտակ առնետների ոսկրածուծում և փայծաղում:	38
Լ. Հ. Թադևոսյան – Դոքսոտուբիցինի ազդեցությունը առնետների հյուսվածքների մետաբոլիզմի պրոտեկտիվների մակարդակների եվ ակտիվությունների վրա <i>in vitro</i>	44
Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Գ. Ա. Հովեյան, Մ. Ա. Բադալյան, Ա. Գ. Հովեյան – Սպիտակ առնետների զլսուղեղի և լյարդի միտոքոնդրիումային ֆրակցիաների ֆոսֆոլիպիդային կազմի փոփոխությունները գանգլիոսիմպաթետիկայի, վագոտոմիայի, սոլարեկտոմիայի պայմաններում	52
Պ. Ա. Ղազարյան, Մ. Ս. Դադբաշյան, Ա. Ա. Գալոյան – Լիմֆոպրոլիֆերատիվ հիվանդությունների ախտածնության և թերապիայի թաղանթային ասպեկտները	59
Ա. Ա. Դուրգարյան – Գալարմինի և նրա անալոգների ուղիղ հակաբակտերիալ ազդեցության ուսումնասիրությունը <i>in vitro</i> պայմաններում մի շարք գրամ-դրական և գրամ-բացասական բակտերիաների դեմ.....	69

Ա. Ա. Գուկոյան, Ս. Լ. Գրիգորյան, Ա. Մ. Բաղդասարյան, Խ. Վ. Բաղդասարյան – Գալարմին-ժ15-րդ դարի սիբիրախառնի իմունաձևության խթանիչ..... 36

Պ. Ա. Ղազարյան, Տ. Ռ. Փանոսյան, Լ. Ս. Սահակյան, Տ. Վ. Ղոչիկյան – Իոնփոխադրիչ ֆերմենտային համակարգի վիճակը սարկոմա-180-ի ժամանակ և 4-բութանոլիդների ածանցյալ՝ ՎԱՍ-167-ի օգտագործումից հետո 171

Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Գ. Ա. Հովեյան, Գ. Ա. Գետրոգյան, Ա. Գ. Հովեյան – Սպիտակ առնետների առյուծ լիսիդային զերոքսիդացման պրոցեսների ինտենսիվությունը գանգլիոսիմալաթեկտոմիայի, վագոտոմիայի, սոլարեկտոմիայի պայմաններում 177

Ա. Ա. Ազատբաբյան, Հ. Ա. Մովսեսյան – Առնետների աղեստամոքսային տրակտի պայմանական ախտածին միկրոֆլորայի փոփոխությունը ցածր հաճախականության լազերի ազդեցության ներքո..... 372

Պ. Ա. Ղազարյան, Թ. Ռ. Փանոսյան, Կ. Ի. Իսրայելյան, Տ. Վ. Ղոչիկյան – BAC-167 4-բութանոլիդների ածանցյալի դերը հեպատոցիտների ֆոսֆոինոզիտիդների փոխանակության կանոնավորման գործընթացում 379

Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Ս. Ս. Հովակիմյան, Գ. Ա. Գետրոգյան, Վ. Խ. Մամիկոնյան – Ֆտորմորֆոկաինը որպես արդյունավետ հակամակարդիչ 385

ԵՐԿՐԱԶԻՄԻՍ

Ռ. Ա. Փաշայան, Լ. Ս. Բաղդասարյան – Հիդրոէրկրաքիմիական էլեմենտների փոփոխության դինամիկան Արարատյան սեյսմափորձադաշտում 364

ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Վ. Գրիգորյան, Ա. Զ. Աղամյան, Գ. Հ. Մինասյան – Քիմիական էլեմենտների լիթոէրկրաքիմիական եզրապսակների երկրաբանաորոնոգեկոսն նշանակությունը..... 186

ԻՃՇԿԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Լ. Ա. Պետրոսյան – Պարբերական հիվանդությամբ տառապող երեխաների բջջային իմունիտետի համեմատական բնութագիրը՝ կախված ստամոքս-աղիքային հիվանդությունների առկայությունից կամ բացակայությունից 81

Ա. Վ. Հովակիմյան – Ֆուքսի ուվեալ սինդրոմը Հայաստանում..... 295

ԶԻՋՈՒՆՊԻԱ

Ա. Ս. Չոբանյան, Տ. Ա. Մարտիրոսյան, Հ. Հ. Մկրտչյան – Սինուսիտիկ օստիցման մոդելի միջոցով կատարված հաշվարկման եքսպերիմենտներ 88

Սահամմադ Շահանդեհ – Երկարատև ֆիզիկական վարժությունների ազդեցությունը կապարի ացետատ ստացած առնետների հիպոկամպի ուղեղածին նեյրոթֆիկ ֆակտորի մակարդակի վրա 93

Լ. Ռ. Մանվելյան, Ա. Մ. Նասոյան, Դ. Օ. Թերզյան – Գորտի անդաստակային կորիզային համակարգի նեյրոնների էլեկտրոսկսու ակտիվության վրա ուղեղիկի ազդեցության մասին..... 300

ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Վ. Վ. Ղազարյան, Վ. Ա. Դավթյան – Հայաստանի բուսաբանական այգիներում ծառային ինտրոդուցենտների ֆոտոսինթետիկ ապարատի փոփոխականության պոտենցիալի վերաբերյալ 391

ՄԻՋՍՏԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Մ. Ա. Մարգարյան, Բարիմանի Վարանդի Հ. – *Cardiophorus* Eschscholtz. 1829 (Coleoptera, Elateridae, Cardiophorinae) սեռի չրխականները նոր տեսակներ Մազանդարանից (Իրան) 396

ՊԱՏՄՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Ա. Սահակյան – Մծուրք մայրաքաղաքը և սլատմիչ Մարաբ Մծուրեհացին 195

СОДЕРЖАНИЕ 111-го ТОМА

МАТЕМАТИКА

<i>С. Л. Берберян</i> – О некоторых предельных множествах гармонических функций	7
<i>А. Г. Камалян, А. Б. Нерсисян, И. Г. Хачатрян</i> – Интегральные операторы $\mathcal{L}$ -свертки на полуоси	15
<i>А. Т. Аprozян</i> – Об опровержении гипотезы GM_d	107
<i>Р. В. Дадлякян</i> – Полная характеристика лежащих в углах Штольца нулей одного класса аналитических в круге функций	215
<i>А. Г. Аракелян, Р. Г. Бархударян, М. Р. Погосян</i> – Метод конечных разностей для двухфазной задачи препятствий	224
<i>С. Е. Абрамян</i> – Построение нормальных полиномов над конечными полями	232
<i>А. Ю. Шахвердян</i> – Лавины и память в ротаторных сетях	240
<i>А. Б. Нерсисян, А. А. Гаспарян</i> – Ускорение сходимости рядов по полиномам Лежандра	317

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

<i>С. Н. Манукян</i> – Классификация многомерных арифметических множеств, представимых в системе М.Пресбургера	114
--	-----

МЕХАНИКА

<i>М. В. Белубекян, С. Р. Мартirosян</i> – О дестабилизирующем влиянии конструкционного трения на устойчивость пластинки при сверхзвуковом обтекании и наличии сосредоточенных инерционных моментов на кромках	23
<i>С. О. Саркисян</i> – Математические модели микрополярных упругих тонких балок	121
<i>Л. А. Агаловян, Г. Л. Азатян, Р. С. Геворкян, А. М. Погосян</i> – Об асимптотическом решении пространственной динамической задачи для прямоугольной пьезокерамической пластинки	129
<i>К. Б. Казарян, Д. Г. Цилипосян</i> – Волны Лява в структуре с неоднородным слоем	138
<i>Р. М. Киракосян</i> – Об одной уточненной теории гладких ортотропных оболочек переменной толщины	148
<i>С. О. Саркисян</i> – Общая теория микрополярных упругих тонких оболочек со сгесненным вращением	250
<i>Л. А. Мовсисян</i> – Об одном комбинированном способе сейсмозащиты (часть III)	326
<i>А. П. Сейранян, У. Ванг</i> – Об устойчивости периодических решений для уравнения Луффинга	335

А. А. Саркисян – Математическая модель динамического изгиба микрополярных упругих тонких балок.....	342
ФИЗИКА	
М. А. Агинян, К. А. Испирян, М. К. Испирян – Процессы типа эффектов Кесселя и Окорокова, вызываемые ионами в кристаллических мишенях.....	31
А. А. Саакян – Вихрь-вихрь взаимодействие в сверхпроводящей керамике $YBa_2Cu_3O_x$ в низкочастотном магнитном поле.....	259
Г. Г. Демирханян, Э. П. Коканян, М. Айтери, Г. Риннерт – Нерезонансное перераспределение энергии электронного возбуждения в $LiNbO_3:Yb^{3+}$	265
ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	
А. А. Джанин – Кинетический анализ модели гетерогенной реакции радикалов CH_3O_2 с органическим соединением.....	275
БИОФИЗИКА	
Ц. М. Авакян, Н. Н. Мкртчян, Н. В. Симонян, Г. Э. Хачатрян – Биологическое действие электронов с энергией 7.5 МэВ на клетки бактерий <i>E. coli</i> K-12 разного репарационного генотипа.....	164
П. О. Вардеванян, А. П. Антонян, М. А. Шагинян, А. Т. Карапетян – Взаимодействие нековалентно связывающихся лигандов с ДНК.....	352
ГЕОФИЗИКА	
А. К. Матевосян – Определение полных интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации по результатам векторных измерений.....	157
А. К. Матевосян – Особенности проявления интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации в присутствии индукционных процессов.....	280
АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	
П. О. Геокчян – Экстракционно-фотометрическое определение микрограммовых количеств платины (IV) тиазиновым красителем диметилтионином.....	359
БИОХИМИЯ	
Л. П. Тер-Татевосян, Л. В. Саркисян, Л. А. Ериносян, А. А. Галоян – Новые данные о наличии нейрогуморальной оси нейросекреторный гипоталамус - костный мозг. Участие N Paraventricularis в регуляции активности углеводно-фосфорного обмена в селезенке и костном мозге белых крыс.....	38
Л. Г. Тадевосян – Влияние доксорубина на уровень и активность металлопротеинов из тканей крыс <i>in vitro</i>	44
К. Г. Карагезян, Г. А. Овсян, М. А. Бадалян, А. Г. Овсян – Изменение фосфолипидного состава митохондриальной фракции головного мозга и печени белых крыс в условиях ганглиосимпатэктомии, ваготомии, солэкрэктомии.....	52
П. А. Казарян, С. С. Дадбашян, А. А. Галоян – Мембранные аспекты патогенеза и терапии лимфопролиферативных заболеваний.....	59
А. А. Дургарян – Исследование прямого антибактериального воздействия галармина и его аналогов на грам-положительные и грам-отрицательные микроорганизмы в условиях <i>in vitro</i>	69
А. А. Галоян, С. Л. Григорян, А. М. Бадалян, Х. В. Бадалян – Галармин-d15 как стимулятор иммуногенности сибирской язвы.....	76

П. А. Казарян, Т. Р. Паносян, Л. С. Саакян, Т. В. Кочикян – Состояние нон-транспортных ферментных систем при саркоме-180 и после применения ВАС-167 – производного 4-бутанолидов	171
К. Г. Карагезян, Г. А. Опеян, Г. А. Геворкян, А. Г. Онеян – Интенсивность процессов перекисного окисления липидов в крови белых крыс в условиях ганглиосимпатэктомии, пилотомии, соларэктомии	177
А. А. Агабабова, О. А. Мовсесян – Изменение условнопатогенной микрофлоры желудочно-кишечного тракта крыс под воздействием низкочастотного лазера	172
П. А. Казарян, Т. Р. Паносян, К. И. Израелян, Т. В. Кочикян – Роль ВАС-167 – производного 4-бутанолидов в регуляции метаболизма фосфоинозитидов гепатоцитов при саркоме-180	179
К. Г. Карагезян, С. С. Овакимян, Г. А. Геворкян, В. Х. Мамиконян – Фторморфокаин как эффективное средство антикоагулянтного действия	185
ГЕОХИМИЯ	
Р. А. Пашиоян, Л. С. Багумян – Динамика изменения гидрогеохимических элементов на Араратском сейсмополигоне	164
МИКРОБИОЛОГИЯ	
Ф. С. Матевосян, Т. У. Степанян, С. А. Арутюнян, Н. М. Алексанян – Об адгезивной способности клубеньковых бактерий	188
ГЕОЛОГИЯ	
С. В. Григорян, А. З. Адамян, Г. А. Мишасян – О поисковом значении литогеохимических ореолов химических элементов месторождений и проявлений углеводородов	186
МЕДИЦИНА	
Р. А. Петросян – Отличительная характеристика состояния клеточного звена иммунитета у детей, страдающих периодической болезнью, в зависимости от наличия или отсутствия сопутствующей патологии желудочно-кишечного тракта	81
А. В. Овакимян – Увеальный синдром Фукса в Армении	295
ФИЗИОЛОГИЯ	
А. С. Чобанян, Т. С. Мартиросян, О. А. Мкртчян – Вычислительные эксперименты с моделью синаптического обучения	88
Мохаммад Шанде – Влияние длительных физических упражнений на уровни нейротрофического фактора мозгового происхождения в гиппокампе крыс, подвергнутых воздействию ацетата свинца	91
Л. Р. Манвелян, А. М. Насоян, Д. О. Терзян – О влиянии мозжечка на электрическую активность нейронов вестибулярного ядерного комплекса лягушки	300
ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ	
В. В. Казарян, В. А. Давтян – О потенциале изменчивости фотосинтетического аппарата древесных интродуцентов в ботанических садах Армении	391
ЭНТОМОЛОГИЯ	
М. А. Марджанян, Баримани Варанди Х. – Новые виды щелкунов рода <i>Cardiophorus</i> Eschscholtz, 1829 (Coleoptera, Elateridae, Cardiophorinae) из Мазандарана (Иран)	396
ИСТОРИЯ	
А. А. Сиакян – Столица Мцурн и историограф Марзб Мцурнийский	195

CONTENTS of IIIrd VOLUME

MATHEMATICS

<i>S. L. Berberyan</i> – About Some Harmonic Functions Cluster Sets	7
<i>A. G. Kamalyan, A. B. Nersessyan, I. G. Khachatryan</i> – $\mathcal{L}$ -Convolution Type Integral Operators on Half-Line	15
<i>A. T. Apozyan</i> – On Rejection of GM_d Conjecture	107
<i>R. V. Dallakyan</i> – The Whole Characteristic of the Zeros Inside the Shiloit's Angles and the Analytical Functions Having the Same Class	215
<i>A. G. Arakelyan, R. H. Barkhudaryan, M. P. Poghosyan</i> – Finite Difference Scheme for Two-Phase Obstacle Problem	224
<i>S. Y. Abrahamyan</i> – Some Constructions of N -polynomials over Finite Fields	232
<i>A. Yu. Shahverdian</i> – Avalanches and Memory in Rotator Networks	240
<i>A. B. Nersessian, A. H. Gasparyan</i> – Convergence Acceleration for Expansions by Legendre Polynomials	317

APPLIED MATHEMATICS

<i>S. N. Mamukian</i> – Classification of Many-Dimensional Arithmetical Sets Represented in M. Presburger's System	114
--	-----

MECHANICS

<i>M. V. Belubekyan, S. R. Martirosyan</i> – On the Destabilizing Effect of Constructive Friction on the Stability of the Plate in Supersonic Flow and the Presence of Concentrated Inertial Moments on the Edges	23
<i>S. H. Sargsyan</i> – Mathematical Models of Micropolar Thin Elastic Bars	121
<i>L. A. Aghalovyan, G. L. Azatyan, R. S. Gevorgyan, H. M. Poghosyan</i> – On Asymptotic Solution of the Dynamic 3D Problem for Rectangular Piezoceramical Plate	129
<i>K. B. Ghazaryan, D. G. Piliposyan</i> – Love Waves in a Structure with an Inhomogeneous Layer	138
<i>R. M. Kirakosyan</i> – On a Refined Theory of Smooth Orthotropic Shells of Variable Thickness	148
<i>S. H. Sargsyan</i> – General Theory of Micropolar Elastic Thin Shells with Constrained Rotation	250
<i>L. A. Movsisyan</i> – On One Combined Method of Seismoprotection (Part III)	326
<i>A. P. Seyranian, Y. Wang</i> – On Stability of Periodic Solutions for Duffing's Equation	335
<i>A. H. Sargsyan</i> – Mathematical Model of The Dynamic Bend of Micropolar Elastic Thin Bars	342

PHYSICS

<i>M. A. Aginien, K. A. Ispirian, M. K. Ispiryan</i> – Kossel and Okorokov Effects Like Processes Produced by Ions in Crystalline Targets	31
<i>A. A. Sahakyan</i> – Vortex-Vortex Interactions in Superconducting $Yb_{2}Cu_{3}O_{x}$ Ceramics in a Low Frequency Magnetic Field	259

<i>G. G. Demirkhanyan, E. P. Kokanyan, M. Aillerie, H. Rinnert</i> – Non-Resonance Redistribution of Electron Excitation Energy in $\text{LiNbO}_3:\text{Yb}^{3+}$	265
CHEMICAL PHYSICS	
<i>H. A. Jalali</i> – Kinetic Analysis of Model of Heterogeneous Reaction between CH_3O_2 Radicals and Organic Compounds	275
BIOPHYSICS	
<i>Ts. M. Avakyan, N. I. Mkrtchyan, N. V. Simonyan, G. E. Khachatryan</i> – The Research of Biological Action of the Electrons with the Energy of 7.5 MeV on the Cells of E. coli K-12 Bacteria Having Different Reparation Genotype	164
<i>P. O. Vardevanyan, A. P. Antonyan, M. A. Shahinyan, A. T. Karapetyan</i> – The Interaction of Non-Covalent Binding Ligands with DNA	352
GEOPHYSICS	
<i>A. K. Matevosyan</i> – Determination of Total Integral Amplitude-time Parameters of Induced Polarization on Results of Vector Survey.....	157
<i>A. K. Matevosyan</i> – Particularities of Manifestation of Integral Amplitude-Time Parameters of Induced Polarization in Presence of Induction.....	280
ANALYTICAL CHEMISTRY	
<i>N. O. Geokchian</i> – Extraction-Photometric Determination of Microgramm Amounts of Platinum (IV) Using Dimethylthionine Tiazin Due.....	359
BIOCHEMISTRY	
<i>L. P. Ter-Tatevosyan, L. V. Sargisyan, L. A. Yernanosyan, A. A. Galoyan</i> – New Data about the Existence of Hypothalamus – Bone Marrow Neurohumoral Axis Participation of NPV in Regulation of Carbohydrate-Phosphorus Metabolism in Bone Marrow and Spleen.....	38
<i>L. H. Tadevosyan</i> – The Influence of Doxorubicin on the Level and Activity of Rat Tissue Metalloproteins <i>in vitro</i>	44
<i>K. G. Karageuzyan, G. A. Hoveyan, M. A. Badalyan, A. G. Hoveyan</i> – Changes of Phospholipids Composition of White Rat Brain and Liver Mitochondrial Fractions under Conditions of Gangliosympathectomy, Vagotomy, Solarectomy	52
<i>P. A. Ghazaryan, S. S. Daghashyan, A. A. Galoyan</i> – Membranous Aspects of Pathogenesis and Therapy at Lymphoproliferative Diseases	59
<i>A. A. Durgaryan</i> – Investigation of Direct Antibacterial Activity of Galramin and Analogues on Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria <i>in vitro</i>	69
<i>A. A. Galoyan, S. L. Grigoryan, A. M. Badalyan, Kh. V. Badalyan</i> – Galarmin-d15 as Stimulator Immunogenicity of Anthrax	76
<i>P. A. Ghazaryan, T. R. Panosyan, L. S. Sahakyan, T. V. Ghochikyan</i> – The Condition of Iontransport Enzymes System in Sarcoma-180 and after Application VAS-167 – 4-Butanolides Derivative	171
<i>K. G. Karageuzyan, G. A. Hoveyan, G. A. Kevorkian, A. G. Hoveyan</i> – Intensity of Lipid Peroxidation Processes in Blood of White Rats under Conditions of Gangliosympathectomy, Vagotomy, Solarectomy	177
<i>A. A. Agababova, H. A. Movsesyan</i> – Change of Gut Microflora of Healthy Rats under the Low Energy Laser Irradiation	372
<i>P. A. Ghazaryan, T. R. Panosyan, K. I. Israelyan, T. V. Ghochikyan</i> – The Role of BAC-167 – Derived 4 Butanolid in the Regulation Process of Metabolism of Phosphoinositides	379

<i>K. G. Karageuzyan, S. S. Hovakimyan, G. A. Gevorgyan, V. Kh. Mamikonyan</i> – Formorphocain as an Effective Remedy with Anticoagulant Properties.....	385
--	-----

GEOCHEMISTRY

<i>R. A. Pashayan, L. S. Bagumyan</i> – The Dynamics of Changes of Hydrogeochemical Elements on the Ararat Seismic Polygone	364
---	-----

MICROBIOLOGY

<i>F. S. Matevosyan, T. H. Stepanyan, S. H. Harutunyan, N. M. Alexanyan</i> – On Adhesion Activity of Nodule Bacteria.....	288
--	-----

GEOLOGY

<i>S. V. Grigoryan, A. Z. Adamyan, G. H. Minasyan</i> – Lithogeochemical Halos of Minor Elements as a Guide to Hydrocarbon Deposits.....	180
--	-----

MEDICINE

<i>R. A. Petrosyan</i> – The Specific Characteristics of Cellular Immunity in Children with Familial Mediterranean Fever Depending on the Presence or Absence of Gastrointestinal Diseases	81
--	----

<i>A. V. Hovakimyan</i> – Fuchs Uveitis Syndrome in Armenia	295
---	-----

PHYSIOLOGY

<i>A. S. Chobanyan, T. C. Martirosyan, O. A. Mkrtichyan</i> – Computational Experiments with Synaptic Learning Model	88
--	----

<i>Mohammad Shahandeh</i> – Effect of Prolonged Physical Exercises on Brain-Derived Neurotrophic Factor Levels in the Hippocampus of Rat's Subjected to the Influence of Lead Acetate	93
---	----

<i>L. R. Manvelyan, A. M. Nasoyan, D. O. Terzyan</i> – The Influence of the Cerebellum on the Electrical Activity of Neurons in the Vestibular Nuclear Complex of Frogs	300
---	-----

PLANT PHYSIOLOGY

<i>P. V. Kazaryan, V. A. Davtyan</i> – On the Potentiality Change of Photosynthetic Apparatus of Woody Introducers in Botanical Gardens of Armenia.....	391
---	-----

ENTOMOLOGY

<i>M. A. Marjanyan, Barimani H. Varandi</i> – New Species of Click-Beetles of Genus <i>Cardiophorus</i> Eschscholtz, 1829 (Coleoptera, Elateridae, Cardiophorinae) from Mazandaran (Iran).....	396
--	-----

HISTORY

<i>A. A. Sahakyan</i> – The Capital of Mtsourk and Historiographer Marah Mtsournatsi	195
--	-----