

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

ISSN 0321-1339

ՉԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ
REPORTS

2003

Երևան

Երևան

Yerevan

Նվաճարվել է 1944 թ.: Լույս է տեսնում քառիս 4 անգամ

Основан в 1944 г. Выходит 4 раза в год

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Ս. Ա. ՆԱԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ

Խմբագրական խորհուրդ՝ Գ.Ա. ԱՐԶՈՒՄՆՅԱՆ (պար. քարպուղար), ակադեմիկոս Է.Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ե. ԲԱԴԴԱՍԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ա. ԲՐՈՒՏՅԱՆ, ակադեմիկոս Է.Ս. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ա. ԳԱԼՈՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ.Վ. ԴՈՎԼԱՏՅԱՆ (գլխ. խմբագրի տեղակալ), ակադեմիկոս Ա.Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ.Ն. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Կ.Գ. ՂԱՐԱԳՅՈՋՅԱՆ, ակադեմիկոս Յու.Ն. ՇՈՒԲՈՒՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Ֆ.Տ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, ակադեմիկոս Դ.Մ. ՍԵԴՐԱԿՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ.Բ. ՖԱՆԱՐԺՅԱՆ:

Главный редактор академик С. А. АМБАРЦУМЯН

Редакционная коллегия: Г.А. АРЗУМАНИЯН (отв. секретарь), академик Э.Г. АФРИКЯН, академик Г.Е. БАГДАСАРИАН, академик Г.А. БРУТЯН, академик Э.С. ГАБРИЕЛЯН, академик Г.А. ГАЛОЯН, академик В.В. ДОВЛАТЯН (зам. главного редактора), академик В.О. КАЗАРЯН, академик К.Г. КАРАГЕЗЯН, академик Ф.Т. САРКИСЯН, академик Д.М. СЕДРАКЯН, академик А.А. ТАЛАЛЯН, академик В.В. ФАНАРДЖЯН, академик Ю.Г. ШУКУРЯН.

Editor-in-chief academician S. A. AMBARTSUMIAN

Editorial Board: academician G.E. AFRIKIAN, G.A. ARZUMANYAN (executive secretary), academician G.E. BAGDASARIAN, academician G.A. BRUTIAN, academician V.V. DOVLATIAN (vice-editor-in-chief), academician V.V. FANARDJIAN, academician E.S. GABRIELIAN, academician G.A. GALOYAN, academician K.G. KARAGEUZYAN, academician V.H. KAZARIAN, academician F.T. SARGSSIAN, academician D.M. SEDRAKIAN, academician Yu.H. SHOUKOURIAN, academician A.A. TALALIAN.

Խմբագրության հասցեն՝ 375019 Երևան 19, Մարշալ Բագրամյանի պող. 24գ

Տեղ. 52-44-61

Խմբագրության վարիչ՝ Գ. Ա. Աբրահամյան

Адрес редакции: 375019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г

Тел. 52-44-61

Зав. редакцией Г. А. Абрамян

Communication links: address – 24g Marshal Bagramian Ave., Yerevan, 375019, Armenia

Phone-(3741) 52-44-61



ԲՈՎԱՆ ԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ա. Բ. Ներսեսյան – Պաղեի ապրոքսիմացիայի մի ընդհանրացման մասին.....	279
Է. Ա. Դանիելյան, Է. Ա. Սիմոնյան – Կլեյնրոկի պահպանման օրենքի ընդհանրացում	286

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ռ. Մ. Կիրակոսյան, Մ. Ս. Սարգսյան – Գծայնորեն փոփոխական հաստության օրթոտրոպ շերտի երկայնական տատանումները ընդլայնական սեղմման հաշվառմամբ .	291
---	-----

ԱՌԱՋԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Լ. Ա. Աղալովյան, Մ. Լ. Աղալովյան – Օրթոտրոպ շերտի սեփական տատանումների հաճախությունների և տատանման ձևերի որոշման մասին.....	296
---	-----

ՖԻԶԻԿԱ

Է. Մ. Ղազարյան, Լ. Ս. Պետրոսյան, Դ. Ա. Սարգսյան – Խառնուրդային վիճակները հատած պարաբոլական պոտենցիալով քվանտային կետում	302
---	-----

ԷԼԵԿՏՐՈՍՏԵԽՆԻԿԱ

Գ. Լ. Արեշլան – Սինխրոն ունակային ռեակտիվ շարժիչի տեսություն	308
--	-----

ԵՐԿՐԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Մ. Ա. Սաթյան, Գ. Վ. Սարկոսյան - «Երախ» ալկալա-լամպրոֆիրային դիատրեմայի կառուցվածքի երկրաբանա-երկրաֆիզիկական բնութագիրը (Հայաստանի Վեդու օֆիոլիտային զոնա)	314
---	-----

ՄԵՅՍՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Գ. Բազդրև - Երկրաշարժերի գեոդեզիական նախանշանի աղյուսակի ճշգրտումը	320
---	-----

ԻՆՃԵՆԵՐԱՅԻՆ ՄԵՅՍՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆ

Է. Ե. Խաչիյան, Պ. Դ. Տեր-Պետրոսյան, Վ. Վ. Պողոսյան - Սեյսմիկ ազդեցությունների ժամանակ երկաթբետոնե կոնստրուկցիաներում սեղմող նորմալ լարումների մեծությունների սահմանափակումների մասին	326
--	-----

ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԿԵՆՍԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Ա. Ռ. Եղոյան, Շ. Ս. Քառյան, Լ. Ա. Եղոյան - Երկպարուրած և ՌՆԹ-ի կալցիումական ածանցյալի գերցածր քանակների և նատրիումի թիոսուլֆատի հետ գուգորդված կանոնավորիչ ազդեցության առանձնահատկությունները ալոքսանային շաքարախտով տառապող սպիտակ առնետների գլխուղեղի ճարպաթթուների մետաբոլիզմի վրա	336
--	-----

Ա. Ռ. Խաչատրյան, Մ. Կ. Ղարազյոզյան – Լիպիդների ազատ ռադիկալային օքսիդացման ինտենսիվության դիմամիկայի համեմատական վերլուծությունը ֆերմենտային և ոչ ֆերմենտային համակարգերում միկոտոքսին զեարալենոնով թունավորման ժամանակ	342
---	-----

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

Ռ. Մ. Սիմոնյան, Կ. Ռ. Գրիգորյան, Շ. Ա. Սարգսյան, Մ. Ա. Սիմոնյան - Դիմետիլսուլֆօքսիդի ազդեցությունը ինտակտ և զամմա-ճառագայթահարված առնետների արյան մետաղապրոտեինների էնդոգեն մակարդակի վրա	350
---	-----

Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Լ. Մ. Դովսեփյան, Դ. Ա. Սարտիրոսյան – Ցածր էներգետիկ He-Ne լազերային ճառագայթման ազդեցությունը լյարդի և սրտի գլիկոսֆինգոլիպիդներից ստացված սֆինգոզինի քանակական պարունակության վրա ալոքսանային շաքարախտի պայմաններում	357
---	-----

ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Վ. Ա. Դավթյան – Պողատու տեսակների կմախքային ճյուղերով շարժվելու ընթացքում քսիլենային հյութում կատարվող փոփոխությունների մասին	362
Բովանդակություն 103-րդ հատորի	274

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

А. Б. Нерсисян – Об одном обобщении аппроксимации Паде 279

Э. А. Даниелян, Э. А. Симонян – Обобщение закона сохранения Клейнрока 286

МЕХАНИКА

Р. М. Киракосян, М. С. Саркисян – Свободные продольные колебания ортотропных полос линейно-переменной толщины при учете обжатия 291

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

Л. А. Агалянов, М. Л. Агалянов – К определению частот и форм собственных колебаний ортотропной полосы..... 296

ФИЗИКА

Э. М. Казарян, Л. С. Петросян, А. А. Саркисян - Примесные состояния в усеченной параболической квантовой точке 302

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Г. Л. Арешян – Теория синхронного емкостного двигателя 308

ГЕОЛОГИЯ

М. А. Сатян, Г. Ж. Маркосян – Геолого-геофизическая характеристика структуры щелочно-лампрофировой диатремы "Ерах" (Вединская офиолитовая зона Армении) 314

СЕЙСМОЛОГИЯ

А. Г. Багдоев – Уточнение таблицы для геодезического предвестника землетрясений 320

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

Э. Е. Хачиян, П. А. Тер-Петросян, В. В. Погосян - Об ограничениях величин нормальных сжимающих напряжений в железобетонных конструкциях при сейсмических воздействиях 326

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

К. Г. Карагезян, А. Р. Едоян, Ш. С. Карян, Л. А. Едоян – Особенности нормализующего действия сочетанного применения сверхмалых доз кальциевого преципитата двуспиральной РНК с тиосульфатом натрия на метаболизм жирных кислот головного мозга белых крыс с аллоксановым диабетом 336

А. Р. Хачатрян, М. К. Карагезян – Сравнительный анализ изменений динамики интенсивности свободнорадикального окисления липидов в ферментативной и неферментативной системах при интоксикации микотоксином зеараленоном... 342

БИОХИМИЯ

Р. М. Симонян, К. Р. Григорян, Ш. А. Маркарян, М. А. Симонян – Влияние диметилсульфоксида на уровень эндогенных металлопротеинов крови интактных и облученных гамма-лучами крыс 350

К. Г. Карагезян, Л. М. Овсепян, Е. А. Мартиросян – Влияние низкоэнергетического He-Ne лазерного излучения на содержание сфингозина, полученного из гликофинголипидов печени и сердца, при аллоксановом диабете 357

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. А. Давтян - Об изменениях в ксилемном соке плодовых пород в ходе передвижения по скелетным ветвям 362

Содержание 103 тома 275

CONTENTS

MATHEMATICS	
<i>A. B. Nersessian</i> – On a generalization of Padé approximation	279
<i>E. A. Danielyan, E. A. Simonyan</i> – Extension of the Kleinrock's conservation law	286
MECHANICS	291
<i>R. M. Kirakosyan, M. S. Sarkisyan</i> – Free longitudinal vibrations of orthotrope strips of linear variable thickness taking into account the normal compression	
ELASTICITY THEORY	296
<i>L. A. Aghalovyan, M. L. Aghalovyan</i> – On determination of frequencies and forms of free vibrations of an orthotropic strip	
PHYSICS	302
<i>E. M. Kazaryan, L. S. Petrosyan, H. A. Sarkisyan</i> – Impurity states in a spherical quantum dot with truncated parabolic potential	
ELECTROTECHNICS	308
<i>G. L. Areshian</i> – Theory of synchronus capacitance reactive engine	
GEOLOGY	314
<i>M. A. Satian, G. V. Markosyan</i> - Geological and geophysical characteristics of the structure of alcaline-lamprophiric diatreme «Erakh» (Vedi ophiolite zone of Armenia).....	
SEISMOLOGY	320
<i>A. G. Bagdoyev</i> - Precision of table of geodesic harbinger of earthquakes	
ENGINEERING SEISMOLOGY	326
<i>E. Y. Khachian, P. A. Ter-Petrosyan, V.V. Poghosyan</i> – The limitation of the axial normal stresses in the reinforced concrete structures under the fixed loads during the seismic impacts	
MOLECULAR BIOLOGY	336
<i>K. G. Karageuzyan, A. R. Edoyan, Sh. A. Karyan, L. A. Edoyan</i> – Peculiarities of normalizing action of the combined effect of super small concentrations of the double stranded RNA with sodium thiosulfate on alloxandiabeted rats brain fatty acids metabolism	
<i>A. R. Khachatryan, M. K. Karagyozyan</i> – Comparative analysis of free radical oxidation of lipids in enzymatic and non-enzymatic systems at micotoxin zearalenon intoxication	342
BIOCHEMISTRY	350
<i>R. M. Simonyan, K. R. Grigoryan, Sh. A. Margaryan, M. A. Simonyan</i> – Influence of dimethylsulfoxide on the endogenous levels of blood metalloproteins of intact and γ -irradiated rats	
<i>K. G. Karageuzyan, L. M. Hovsepyan, H. A. Martirosian</i> - Quantitative variations of glycosphingolipids and sphingosins at insulin deficiency and He-Ne laser irradiation in liver and in heart	357
PLANT PHYSIOLOGY	
<i>V. A. Davtyan</i> – About changes in xylem sap during of movement along the skeletal branches of fruit kinds	362
Contents of 103 th volume.....	276

Հայաստանի Հանրապետության գիտությունների ազգային ակադեմիան 60 տարեկան է: Այն հայ գիտնականների առջև բացել է լայն հնարավորություններ՝ ընդհանրացնելու մեր ժողովրդի հոգևոր ժառանգությունը, ուրվագծել գալակտիկաների և միկրոաշխարհների իմացության ուղիներ, ստեղծել ամբողջ աշխարհում ճանաչված դպրոցներ և ստացել նոր լայն ճանաչում գտած գիտական արդյունքներ, որոնք հարստացրել են համաշխարհային գիտության տարբեր բնագավառները: Դրանցից շատերը լույս են տեսել «ՀՀ ԳԱԱ Զեկույցներ» հանդեսում: Անցած տարիների ընթացքում «ՀՀ ԳԱԱ Զեկույցներում» տպագրվել են 5000-ից ավելի գիտական հոդվածներ՝ հայերեն, ռուսերեն և անգլերեն: Մենք ուրախ ենք, որ մեր «Զեկույցները» գրավում են ամբողջ աշխարհի գիտնականների ուշադրությունը: մեզ հայտնի են բազմաթիվ հղումներ մեր հրապարակումներին:

«ՀՀ ԳԱԱ Զեկույցների» խմբագրությունը շնորհավորում է Ակադեմիայի բոլոր աշխատակիցներին, մեր հանդեսի հեղինակներին և ընթերցողներին փառապանծ հոբելյանի՝ Հայաստանի Հանրապետության գիտությունների ազգային ակադեմիայի 60-ամյակի առթիվ:

«ՀՀ ԳԱԱ Զեկույցների» գլխավոր խմբագիր
ակադեմիկոս Սերգեյ Համբարձումյան

Национальной академии наук Армении исполнилось 60 лет. Она открыла перед армянскими учеными широкие возможности для обобщения многовекового духовного наследия нашего народа, наметила пути познания галактик и микро-миров, создала признанные во всем мире научные школы и получила новые широко известные научные результаты, обогатившие различные области мировой науки. Многие из этих результатов впервые увидели свет в «Докладах НАН Армении». За эти годы в «Докладах НАН Армении» было опубликовано более 5000 научных статей на армянском, русском и английском языках. Мы рады, что наши «Доклады» привлекают внимание ученых всего мира – нам известны многочисленные ссылки на наши публикации.

Редакция «Докладов НАН Армении» поздравляет всех сотрудников НАН, наших авторов и читателей со славным юбилеем – 60-летием со дня основания Национальной академии наук Армении.

*Главный редактор «Докладов НАН Армении»
академик С.А. Амбарцумян*

It is already 60 years from the day of founding of the National Academy of Sciences of Armenia. During these sixty years, the Academy has provided Armenian scientists with ample opportunities for fostering of the centuries-old spiritual heritage of our people, laid down the paths of understanding both Galaxies and micro-worlds, creating world-acknowledged scientific schools and enriching different fields of world science with widely-noted scientific results. Many of those results were first printed in the “Reports of the National Academy of Sciences of Armenia”. During these years more than 5000 scientific articles in Armenian, Russian and English have been published in the “Reports of the National Academy of Sciences of Armenia”. We are glad that our "Reports" attract the attention of the world's scientists - we are aware of numerous references to our publications.

The editorial staff of the “Reports of the National Academy of Sciences of Armenia” congratulates all the members, staff and employees of the National Academy of Sciences, our authors and readers with the glorious 60th anniversary of the foundation of the National Academy of Sciences of Armenia.

*Editor-in-chief of the “Reports of the
National Academy of Sciences of Armenia”*

Academician S.A. Ambartsumian

УДК 517.518.8, 517.538.3, 517.982

Академик А. Б. Нерсисян

Об одном обобщении аппроксимации Паде

(Представлено 25/VI 2003)

1. Схема для бесконечных рядов

1.1. Рассмотрим Банахово пространство B над полем комплексных чисел и некоторый базис $\{\alpha_n\}$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) в нем.

Пусть задан степенной ряд (производящая функция системы $\{\alpha_n\}$)

$$g(w) = \sum_{n=0}^{\infty} g_n w^n \alpha_n, \quad \{g_n\} \subset \mathbb{C}, \quad w \in \mathbb{C}, \quad (1)$$

сходящийся при $|w| < R_g$ ($0 < R_g \leq \infty$) и $g_n \neq 0$ при $n \geq N_g$.

Для произвольного $f \in B$, $f = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \alpha_n$, и целого $N \geq 0$ обозначим

$$S_N(f) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n \alpha_n, \quad R_N(f) = \sum_{n=N}^{\infty} a_n \alpha_n. \quad (2)$$

Таким образом, $f = S_N(f) + R_N(f)$. Согласно формуле суммирования по частям Абеля имеем

$$R_N(f) = \sum_{n=N}^{\infty} b_n \beta_n = b_N w^{-N} \sum_{k=N}^{\infty} w^k \beta_k + \sum_{n=N}^{\infty} (b_{n+1} - b_n w) w^{-n-1} \sum_{k=n+1}^{\infty} w^k \beta_k, \quad (3)$$

где $b_n = a_n / g_n$, $\beta_n = g_n \alpha_n$, $n \geq N_g$ и $w \in \mathbb{C}$, $w \neq 0$, $|w| < R_g$.

Для заданного конечного множества комплексных чисел $\{w_k\}$, $w_k \neq 0$, $|w_k| < R_g$, $k = 1, 2, \dots, m$, введем в рассмотрение следующие рекуррентно определяемые последовательности:

$$\Delta_n^0 = b_n, \quad \Delta_n^k = \Delta_{n+1}^{k-1} - w_k \Delta_n^{k-1}, \quad n \geq N, \quad 1 \leq k \leq m \quad (4)$$

$$U_1(n, k) = w_1^1, \quad U_p(n, k) = \sum_{s=n+1}^{k-p+1} \left(\frac{w_p}{w_{p-1}} \right)^s U_{p-1}(s, k)$$

$$2 \leq p \leq m, \quad n \geq N - 1, \quad k \geq N + p. \quad (5)$$

Теорема 1. При $N \geq N_g$ справедлива следующая формула

$$R_N(f) = \sum_{p=0}^{m-1} \Delta_N^p w_1^{-N} \sum_{k=N+p}^{\infty} U_{p+1}(N-1, k) w_1^k \beta_k + \sum_{n=N}^{\infty} \Delta_n^m w_1^{-n-1} \sum_{k=n+m}^{\infty} U_m(n, k) w_1^k \beta_k. \quad (6)$$

Наметим схему доказательства. Пусть $m = 2$ и в формуле (3) $w = w_1$. Применив снова формулу Абеля соответственно выбору $w = w_2$, (выбрав Δ_n^1 вместо b_n) и изменив порядок суммирования в последней двойной сумме, без труда придем к формуле (6) при $m = 2$. Повторив этот процесс по индукции, добавляя значения w_k ($k = 3, 4, \dots, m$) и учитывая соотношения (4) и (5) придем к формуле (6).

В случае $m = 2$ и $w_2 \neq w_1$ имеем

$$R_N(f) = b_N \rho_N(w_1) + \Delta_N^1 \frac{\rho_N(w_1) - \rho_N(w_2)}{w_1 - w_2} + \sum_{n=N}^{\infty} \Delta_n^2 \frac{\rho_{n+1}(w_1) - \rho_{n+1}(w_2)}{w_1 - w_2}, \quad (7)$$

где обозначено

$$\rho_n(w) = w^{-n} \sum_{k=n}^{\infty} w^k \beta_k = w^{-n} (g(w) - \sum_{k=0}^{n-1} w^k g_k \alpha_k), \quad n \geq N_g, \quad |w| < R_g. \quad (8)$$

Если же $w_2 = w_1$, то выражение $(\rho_n(w_1) - \rho_n(w_2))(w_1 - w_2)^{-1}$ надо заменить производной $\rho_n'(w_1)$. Добавляя последовательно значения $w_3, w_4, \dots, w_m$, мы придем к видоизмененной формуле (6), содержащей значения функции $\rho_n(w)$ и (если встречаются величины $w_k = w_p$, $k \neq p$) ее производных в точках $\{w_k\}$. Можно показать, что результат не зависит от нумерации множества $\{w_k\}$. Эти рассуждения одновременно доказывают сходимость всех рядов, фигурирующих в формуле (7).

1.2. Поясним метод аппроксимации, основанный на теореме 1, в простейшем случае $m = 1$. Из (2), (3), (8) легко получить следующую формулу

$$f = \sum_{n=0}^{N-1} (a_n - b_N w_1^{n-N} g_n) \alpha_n + b_N w_1^{-N} g(w_1) + \sum_{n=N}^{\infty} \Delta_n^1 \rho_n(w_1). \quad (9)$$

Пусть $b_N \neq 0$ и $b_{N+1} \neq 0$. Выберем w_1 так, чтобы величина $|\Delta_N^1| = |b_{N+1} - w b_N|$ была возможно малой (если $|b_{N+1}/b_N| < R_g$, то $\Delta_N^1 = 0$, т.е. $w_1 = b_{N+1}/b_N$). Естественно ожидать, что при таком выборе бесконечный ряд в конце формулы (9) будет стремиться к нулю при $N \rightarrow \infty$ быстрее, чем $R_N(f)$ и, отбросив его и учитывая оставшуюся часть, можно рассчитывать получить лучшее приближение к f , чем $S_{N+1}(f)$, используя при этом тот же набор коэффициентов $\{a_k\}$, $k = 0, 1, \dots, N$.

Повторив подобные рассуждения на основе формул (4) и (6), придем к аппроксимационной схеме, основанной на решении линейной алгебраической системы (если оно существует)

$$\Delta_p^m = 0, \quad p = N + 1, N + 2, \dots, N + m, \quad (10)$$

относительно величин

$$\sum_{n_1 < n_2 < \dots < n_k} \prod_{i=1}^k w_{n_i}, \quad k = 1, 2, \dots, m. \quad (11)$$

Нетрудно видеть, что система $\{w_k\}_{k=1}^m$ определяется отсюда как множество корней (с учетом их кратности) полинома с коэффициентами (11).

Соответственно измененная формула (9) уже будет содержать под знаком бесконечной суммы только сомножители Δ_n^m ($n = N + m + 1, N + m + 2, \dots$), и, отбросив эту сумму, получим приближенное представление функции f с использованием коэффициентов $\{a_0, a_1, \dots, a_{N+2m-1}\}$, $\{g_0, g_1, \dots, g_{N+2m-1}\}$ и линейной комбинации значений производящей функции $g(w)$ на множестве $\{w_k\}$, $k = 1, 2, \dots, m$ (и ее производных, если некоторые точки этого множества совпадают).

Ограничения можно несколько ослабить, потребовав, чтобы система (10) имела вид $\Delta_p^m = 0$, $p = N + 1, \dots, N + p$, $p \geq m$, а задача состояла в минимизации взвешенной среднеквадратичной ошибки на основе псевдообратной матрицы.

На основе ряда в конце формулы (6) можно, поменяв порядок суммирования, использовать ту же схему, но уже для новой производящей функции и нового числа m .

Замечание 1. Приведенная схема применима и в случае "двухстороннего" базиса $\{\alpha_n\}$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ в B . Именно, в этом случае любой элемент $f = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n \alpha_n$ можно представить в виде

$f = \sum_{n=-N}^N a_n \alpha_n + R_N^+ + R_N^-$, где $R_N^+ = \sum_{n=N}^{\infty} a_n \alpha_n$, $R_N^- = \sum_{n=-\infty}^{-N} a_n \alpha_n$. Следовательно, по предлагаемой схеме можно использовать две производящие функции $g^\pm(w)$.

Теорема 1 легко обобщается и в случае, когда в (1) и (2) фигурируют операторные (например, матричные) коэффициенты.

2. Схема для интегральных преобразований

2.1. Континуальный аналог вышеприведенного метода также можно рассматривать в банаховом пространстве, но мы остановимся лишь на интегральных преобразованиях функций на полуоси $(0, \infty)$, наметив схему эвристически. Примеры таких преобразований общего вида можно найти, например, в [5,6].

Рассмотрим следующее формальное интегральное преобразование:

$$f(x) = \int_0^{\infty} K(x, \lambda) a(\lambda) d\lambda, \quad (12)$$

определенное для $x \geq 0$. Заданное ядро $K(x, \lambda)$ и функция $a(\lambda)$ комплекснозначные и достаточно гладкие по λ при $\lambda > A_0 > 0$.

Пусть нам известно некоторое преобразование вида (аналогично (1) назовем его производящей функцией)

$$G(x, w) = \int_0^{\infty} K(x, \lambda) e^{-w\lambda} g(\lambda) d\lambda, \quad (13)$$

заданного для $\operatorname{Re}(w) > R_g = \text{const} \geq -\infty$ и удовлетворяющего условию $g(\lambda) \neq 0$ при $\lambda \geq A_0 = \text{const}$.

Задавшись положительным $A \geq A_0$ и обозначив, аналогично (2), $f = S_N(f) + R_N(f)$, где

$$S_A(f) = \int_0^A K(x, \lambda) a(\lambda) d\lambda, \quad R_A(f) = \int_A^{\infty} K(x, \lambda) a(\lambda) d\lambda, \quad (14)$$

интегрированием по частям получим следующий аналог формулы (3)

$$\begin{aligned} R_A(f) &= h(A) e^{wA} \int_A^{\infty} Q(x, \lambda) e^{-w\lambda} d\lambda + \\ &\int_A^{\infty} (h'(\lambda) + wh(\lambda)) e^{w\lambda} \int_{\lambda}^{\infty} Q(x, \mu) e^{-w\mu} d\mu d\lambda, \\ x &\geq 0, \operatorname{Re} w > R_g, A \geq A_0, \end{aligned} \quad (15)$$

где использованы обозначения $h(\lambda) = a(\lambda)/g(\lambda)$, $Q(x, \lambda) = K(x, \lambda)g(\lambda)$.

Для заданного множества комплексных чисел $\{w_k\}$, $\operatorname{Re} w_k > R_g$, $k = 1, 2, \dots, m$ введем следующие величины (аналогичные (4) и (5)):

$$\begin{aligned} \Delta^0(\lambda) &= a(\lambda)/g(\lambda), \\ \Delta^k(\lambda) &= \frac{d}{d\lambda} \Delta^{k-1}(\lambda) + w_k \Delta^{k-1}(\lambda), \quad 1 \leq k \leq m. \end{aligned} \quad (16)$$

$$V_1(\lambda, \mu) = 1, \quad V_p(\lambda, \mu) = \int_{\lambda}^{\mu} e^{(w_{p-1} - w_p)t} V_{p-1}(t, \mu) dt, \quad 2 \leq p \leq m \quad (17)$$

Аналог теоремы 1 легко доказывается по индукции, интегрированием по частям.

Теорема 2. При $A \geq A_0$ справедлива формула

$$R_A(f) = \sum_{p=0}^{m-1} \Delta^p(A) e^{w_m A} \int_A^{\infty} Q(x, \mu) e^{-w_1 \mu} V_{p+1}(A, \mu) d\mu + \int_A^{\infty} \Delta^m(\lambda) e^{w_m \lambda} \int_{\lambda}^{\infty} Q(x, \mu) e^{-w_1 \mu} V_m(\lambda, \mu) d\mu d\lambda \quad (18)$$

2.2. Остальные построения континуального случая также аналогичны случаю бесконечных рядов. Так, при $m = 2$ и $w_2 \neq w_1$ из (18) получим

$$R_A(f) = h(A) \rho(x, A, w_1) + \Delta^1(A) \frac{\rho(x, A, w_2) - \rho(x, A, w_1)}{w_1 - w_2} + e^{(w_1 - w_2)A} \int_A^{\infty} \Delta^2(\lambda) \frac{\rho(x, \lambda, w_2) - \rho(x, \lambda, w_1)}{w_1 - w_2} d\lambda, \quad (19)$$

где обозначено

$$\rho(x, \lambda, w) = e^{w\lambda} \int_{\lambda}^{\infty} Q(x, \mu) e^{-w\mu} d\mu = e^{w\lambda} (G(x, w) - \int_0^{\lambda} K(x, \mu) e^{-w\mu} g(\mu) d\mu). \quad (20)$$

При $w_2 = w_1$ в (19) уже фигурируют производные функции G по w . Соответствующую схему аппроксимации также естественно связать с решением линейной системы с Ганкелевой матрицей

$$\frac{d^p}{dA^p} \Delta^m(A) = 0, \quad p = 0, 1, \dots, m-1, \quad (21)$$

относительно величин (11), что позволяет найти величины $\{w_k\}$, в качестве нулей соответствующего полинома. Естественно рассчитывать на то, что в последнем интеграле формулы (18) функция $\Delta^m(\lambda)$ ($\lambda \geq A$) будет стремиться к нулю при $\lambda \rightarrow \infty$ достаточно быстро,

чтобы, после отбрасывания этого интеграла и учета оставшейся части $R_A(f)$, соответствующая аппроксимация функции $f(x)$ была лучшей, чем $S_{N+m-1}(f)$.

Практическая реализация может быть основана на замене производных в (21) соответствующими конечными разностями. Как и выше вместо (21) можно использовать соответствующую переопределенную систему. Наконец, исходя из представления (18), можно снова применить ту же схему, но уже на основе другой производящей функции.

В простейшем случае $m = 1$ из (15) и (20) следует приближенная формула

$$f(x) \approx \int_0^A K(x, \lambda) [a(\lambda) - a(A) e^{w_1(A-\lambda)} g(\lambda)/g(A)] d\lambda + h(A) e^{w_1 A} G(x, w_1). \quad (22)$$

Замечание 2. Как и в дискретном случае, для двухсторонних преобразований (т.е. при интегрировании в (12) от $-\infty$ до $+\infty$) нужно иметь две производящие функции $G^\pm(x, w)$, соответствующие положительной и отрицательной полуосям.

3. Заключение

Нетрудно видеть, что в частном случае аналитической в круге $|z| \leq R$ функции $f(z) = \sum a_n z^n$ (базис $\alpha_n = z^n$ определяется равномерной в этом круге метрикой) и производящей функции $g(w) = (1-wz)^{-1}$ ($g_n = 1$, $n = 0, 1, \dots$; $R_g = R^{-1}$) вышеизложенная схема совпадает со схемой классической аппроксимации Паде (см. [1-3]), отличаясь от нее чисто методически. Широкий выбор даже элементарных производящих функций открывает новые возможности.

Известные в случае функциональных рядов обобщения аппроксимации Паде, в основном, относятся к рациональным приближениям и основаны на иных подходах (см. [1-3]). Схема данной работы непосредственно обобщает также метод Бейкера - Гаммеля для аппроксимации функций марковского типа (см. [1]) и "сингулярный метод Фурье - Паде" ([6]), который основан на применении логарифмических производящих функций в случае рядов Фурье. Отметим, что метод матричных (операторных, см. [1]) аппроксимаций Паде также обобщается (см. выше Замечание 1).

Что же касается интегральных преобразований, то предлагаемый метод, по-видимому, совершенно нов, а его эффективность (по крайней мере, в классических случаях) основана на минимизации величины A (см, выше (14)) при заданной точности, что позволяет уменьшать осцилляцию подынтегральных функций, повышая эффективность применения численного интегрирования.

Численная реализация описанных аппроксимаций оказалась вполне эффективной как в случае разложений Фурье и по классическим ортогональным полиномам (с использованием стандартных производящих функций), так и для преобразований Фурье и Ганкеля.

Важно отметить, что и в случае классических функциональных рядов, и в случае важнейших известных интегральных преобразований метод данной работы, как правило, позволяет автоматически (численно) приближенно распознавать сингулярности разлагаемой функции на основе анализа множества $\{w_k\}$. За исключением немногочисленных работ (см., например, [7,8]), эта задача, чрезвычайно важная для приложений, до последнего времени решалась

физически, т.е. сканированием соответствующих графиков (см., например, [9] с библиографией).

В заключение подчеркнем, что,- в практическом плане,- производящие функции (1) и (13) должны обладать алгоритмом быстрого и точного вычисления (например, выражаться через известные элементарные или специальные функции).

Работа выполнена в рамках проекта ISTC A-823.

Институт математики НАН РА

Литература

1. Бейкер Дж., Грейвс-Моррис П., Аппроксимации Паде. Мир. Москва. 1986.
2. Lubinsky D. S., Sidi A.- Trans. Amer. Math. Soc. 1983 V. 278. N 1. P. 333-345.
3. Суетин С. П. - Успехи мат. наук. 2002. Т. 57. Вып. 1(343). С. 45-142.
4. Рисс Ф., Секефальви-Надь Б. Лекции по функциональному анализу. М. Мир. 1979.
5. Бейтмен Г., Эрдейи А.- Высшие трансцендентные функции. Т. 2. М. Наука. 1974.
6. Driscoll T. A., Fornberg B.- Numerical Algorithms 2001. V. 26. P. 77-92.
7. Eckhoff K. S.- Math. Comput. 1993. V. 61 N 204. P. 745-763.
8. Eckhoff K. S.- Math. Comput. 1995. V. 64 N 210. P. 671-690.
9. Kvernadze G.- Appl. and Comp. Harmonic Analysis. 2001. N 11. P. 439-454.

Ակադեմիկոս Ա. Բ. Ներսեսյան

Պադեի ապրոքսիմացիայի մի ընդհանրացման մասին

Առաջարկված է անվերջ շարքերի և ինտեգրալ ձևափոխությունների մոտարկման
ընդհանուր եղանակ: Այն հիմնված է ծնորդ ֆունկցիաների օգտագործման վրա:

УДК 519.21

Э. А. Даниелян, Э. А. Симонян

Обобщение закона сохранения Клейнрока

(Представлено академиком А. А. Терзяном 8/V 2003)

В классе консервативных дисциплин модели $M_r |G_r|1|^\infty$ действуют универсальные законы сохранения. К их числу относится закон сохранения работы Л. Клейнрока, связывающий средние стационарные времена ожидания вызовов различных потоков (см. [1], с. 138), при недопущении прерываний обслуживания. В настоящей работе данный закон сохранения обобщен на случай допущения прерываний обслуживания и применен к дисциплине абсолютных приоритетов.

В одноканальную систему обслуживания с ожиданием поступают независимые пуассоновские потоки 1-вызовов, ..., r-вызовов с параметрами $a_1 > 0$, ..., $a_r > 0$ соответственно. Длительности обслуживания вызовов независимы, не зависят от процесса поступления и для k-вызовов, $k = \overline{1, r}$, имеют функцию распределения (ФР) $B_k(x)$, $B_k(+0) = 0$.

В рамках описанной модели $M_r |G_r|1|^\infty$ рассмотрим класс консервативных дисциплин, для которых внутри потоков действует дисциплина FIFO (first in - first out). Дисциплина обслуживания консервативна, если внутри модели работа (время обслуживания) не возникает и не исчезает, а лишь привносится в модель поступлением вызовов. Обозначим

$$R = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_r, \quad W_0 = -\frac{1}{2} \sum_{k=1}^r a_k \beta_{k2},$$

где

$$\rho_k = a_k \beta_{k1}, \quad \beta_{ki} = \int_0^\infty x^i dB_k(x), \quad k = \overline{1, r}, \quad i = 1, 2.$$

Если консервативная дисциплина обслуживания задается на первом периоде занятости модели $M_r |G_r|1|^\infty$ и в точности повторяется на последующих периодах занятости, то в работах [2,3] развит метод доказательства существования при $R < 1$ вводимых ниже стационарных характеристик. В настоящей работе рассмотрен именно такой подкласс консервативных дисциплин.

Нас интересуют следующие средние стационарные характеристики:

W_k , $k = \overline{1, r}$, - среднее стационарное время ожидания k -вызова до момента первого его поступления на прибор;

V_k , $k = \overline{1, r}$, - среднее стационарное время ожидания k -вызова в очереди до момента ухода его из модели обслуженным;

U_k , $k = \overline{1, r}$, - среднее стационарное время пребывания k -вызова в модели, т.е. время с момента поступления k -вызова в модель до момента ухода его из модели обслуженным;

H_k , $k = \overline{1, r}$, - среднее (условно) стационарное время пребывания k -вызова на приборе, т.е. среднее время, начинающееся с момента первого поступления k -вызова на прибор и завершающееся моментом ухода его из модели.

При недопущении прерываний обслуживания $W_k = V_k$, $H_k = \beta_{k1}$, а в общем случае

$$U_k = W_k + H_k = V_k + \beta_{k1}, \quad k = \overline{1, r} \quad (1)$$

При недопущении прерываний обслуживания закон сохранения работы Л. Клейнрока в предположении $R < 1$ записывается в виде

$$\sum_{k=1}^r \rho_k \cdot W_k = \frac{RW_0}{1 - R}. \quad (2)$$

Закон сохранения (2) позволяет сделать следующее обобщение.

Теорема. При $R < 1$ в рассматриваемом подклассе консервативных дисциплин (с прерываниями или без прерываний обслуживания) модели $M_r |G_r|1|^\infty$ имеет место следующий закон сохранения:

$$\sum_{k=1}^r \rho_k \cdot W_{km} + \sum_{k=1}^r a_k \cdot \frac{\beta_{k2}}{2\beta_{k1}} H_k = \frac{W_0}{1 - R}. \quad (3)$$

Если прерывания обслуживания не допускаются, то (2) следует из (3). Действительно, в данном случае $H_k = \beta_{k1}$, $k = \overline{1, r}$, и

$$\sum_{k=1}^r a_k \cdot \frac{\beta_{k2}}{2\beta_{k1}} H_k = W_0,$$

откуда и из (3) следует (2).

Примером консервативной дисциплины с прерываниями обслуживания, для которой справедлива формула (3), является дисциплина абсолютных с дообслуживанием приоритетов (см., например, [2]). Именно, i -вызов, поступая в модель, замещает j -вызов на приборе при $i < j$. Прерванный j -вызов возвращается в очередь и при новом попадании на прибор дообслуживается. В очереди i -вызовы становятся впереди j -вызовов при $i < j$.

Из (3) вытекает следующий известный результат: при $R < 1$ и дисциплине абсолютных с дообслуживанием приоритетов в модели $M_r |G_r|1|\infty$

$$W_k = \frac{W_0^k}{(1 - R_{k-1})(1 - R_k)}, \quad k = \overline{1, r} \quad (4)$$

где

$$R_k = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_r, \quad W_0^k = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k a_i \beta_{i2}, \quad k = \overline{1, r}, \quad R_0 = 0.$$

Действительно, отметим, что стационарное время пребывания k -вызова на приборе h_k представимо в виде

$$h_k \stackrel{d}{=} b_k + \sum_{i=1}^{v_k} \pi_{k-1}^{(i)}, \quad (5)$$

где символ d указывает на совпадение ФР обеих частей равенства. Здесь: b_k - случайное время обслуживания k -вызова; $\pi_{k-1}^{(i)}$ одинаково распределены с периодом занятости обслуживанием $\overline{1, k-1}$ -вызовов (1 -вызовов, ..., $(k-1)$ -вызовов); v_k - случайное число $\overline{1, k-1}$ -вызовов, поступающих в модель за b_k , не зависящее от $\{\pi_{k-1}^{(i)}\}$.

Переходя в (5) к математическим ожиданиям, по формуле Вальда получаем

$$H_k = \beta_{k1} \cdot \{1 + \sigma_{k-1} \cdot \Pi_{k-1}\}, \quad (6)$$

где $\sigma_{k-1} = a_1 + \dots + a_{k-1}$, Π_{k-1} - среднее периода занятости обслуживанием $\overline{1, k-1}$ -вызовов. Π_{k-1} совпадает со средним периода занятости модели $M |G|1|\infty$ с параметром σ_{k-1} поступления и с ФР

$$\sum_{i=1}^{k-1} (a_i / \sigma_{k-1}) B_i(x), \quad x \geq 0,$$

времени обслуживания вызовов. Поэтому $\sigma_{k-1}\Pi_{k-1} = R_{k-1}/(1-R_{k-1})$. Подставляя эти равенства в (6), находим

$$H_k = \frac{\beta_{k1}}{1 - R_{k-1}}, \quad k = \overline{1, r}. \quad (7)$$

Поскольку при каждом $k = \overline{1, r-1}$ потоки $(k+1)$ -вызовов, ..., r -вызовов не влияют на величины W_i и H_i , $i = \overline{1, k}$, то для абсолютных с дообслуживанием приоритетов из (3) и (7) следует система уравнений

$$\sum_{i=1}^k \rho_i W_i + \sum_{i=1}^k \frac{a_i \beta_{i2}}{2 \cdot (1 - R_{i-1})} = \frac{W_0^{(k)}}{1 - R_k}, \quad k = \overline{1, r}. \quad (8)$$

Вычитая из k -того уравнения (8) $(k-1)$ -ое, находим

$$\rho_k W_k = W_0^{(k)} \cdot \left\{ \frac{1}{1 - R_k} - \frac{1}{1 - R_{k-1}} \right\} = \rho_k \cdot \frac{W_0^{(k)}}{(1 - R_{k-1})(1 - R_k)}, \quad k = \overline{1, r},$$

что равносильно (4).

Набросок доказательства теоремы дан в приложении.

Приложение. В любой момент времени в модели есть не более одного прерванного вызова каждого потока.

Обозначим: $N_k(t)$ - число еще не тронутых обслуживанием k -вызовов в модели в момент t ; $T_k(t)$ - число k -вызовов в модели в момент t , успевших побывать на приборе; $L_k(t)$ равно единице, если в момент t обслуживается k -вызов, и равно нулю в противном случае.

Введенные процессы являются регенерирующими. К ним применима теорема из [3], с. 430. Как и в [4], при $R < 1$ и $t \rightarrow +\infty$ для них существуют стационарные аналоги N_k , T_k и L_k . При этом

$$P(L_k = 1) = P(T_k = 1) = \rho_k > 0, \quad k = \overline{1, r} \quad (9)$$

где P - знак вероятности.

Пусть: x_{ik} - длительность обслуживания i -того k -вызова из числа $N_k(t)$; $y_k(t)$ - условное остаточное время обслуживания тронутого в момент t обслуживанием k -вызова при условии $T_k(t) = 1$.

Из временной оси выкинем промежутки, за которые не было тронутых обслуживанием k -

вызовов, и уплотним временную ось. На временной оси каждому моменту t соответствует на уплотненной временной оси момент $u = \zeta_k(t)$. Из уплотненной временной оси выкинем промежутки, за которые на приборе находится k -вызов, и образуем дважды уплотненную временную ось. Каждому моменту u на уплотненной оси соответствует момент $v = \xi_k(u)$ на дважды уплотненной.

В силу (9), по усиленному закону больших чисел,

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \zeta_k(t) = +\infty, \quad \lim_{t \rightarrow +\infty} \xi_k(\zeta_k(t)) = +\infty \quad \text{почти всюду.} \quad (10)$$

Величина $y_k(t)$ интерпретируется как остаточное время восстановления в момент $\xi_k(\zeta_k(t))$ на дважды уплотненной временной оси для процесса восстановления $\{\xi_k^{(i)}\}$, где $\xi_k^{(i)}$, $i \geq 1$, независимы и имеют ФР $B_k(t)$. Поэтому существует стационарный при $t \rightarrow +\infty$ аналог y_k величины $y_k(t)$ (см. (10)), причем

$$My_k = (\beta_{k2}/2\beta_{k1}), \quad k = \overline{1, r}, \quad (11)$$

где M - знак математического ожидания. Справедливо равенство

$$w(t) = \sum_{k=1}^r \left(\sum_{i=1}^{N_k(t)} x_{ik} + \begin{cases} y_k(t), & \text{если } T_k(t) = 1 \\ 0, & \text{если } T_k(t) = 0 \end{cases} \right), \quad t \geq 0,$$

где $w(t)$ - накопленная и не выполненная к моменту t работа.

Отсюда по формуле Вальда ($N_k(t)$ не зависит от будущего),

$$Mw(t) = \sum_{k=1}^r (\beta_{k1} \cdot MN_k(t) + P\{T_k(t) = 1\} \cdot My_k(t)). \quad (12)$$

Поскольку существуют предел $[(W_0)/(1-R)] = \lim_{t \rightarrow +\infty} Mw(t)$ (см., например, [2]) и стационарные N_k , T_k и My_k , $k = \overline{1, r}$, то, переходя к пределу $t \rightarrow +\infty$ в (12), с учетом $P\{T_k = 1\} = MT_k$ и (11), получаем

$$\frac{W_0}{1-R} = \sum_{k=1}^r \beta_{k1} \cdot MN_k + \sum_{k=1}^r \frac{\beta_{k2}}{2\beta_{k1}} MT_k. \quad (13)$$

По формулам Литтля для средних характеристик, используя (1), имеем

$$MN_k = a_k W_k, \quad M(N_k + T_k) = a_k U_k = a_k W_k + a_k H_k, \quad k = \overline{1, r}.$$

Подставляя последние равенства в (13), выводим (3).

Ереванский государственный университет

Литература

1. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. М. Мир. 1979. 600 с.
2. *Климов Г. П.* Стохастические системы обслуживания. М. Наука. 1966.
3. *Феллер В.* Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 2. М. Мир. 1984. 751 с.
4. *Даниелян Э. А., Хачикян Т. З.*- Уч. зап. ЕГУ. 2001. N1. С. 4-22.

Է. Ա. Դանիելյան, Է. Ա. Միմոնյան

Կլեյնրոկի պահպանման օրենքի ընդհանրացում

M_r $|G_r|1|^\infty$ մոդելի պահպանողական հերթակարգերի դասում գործում են ունիվերսալ պահպանման օրենքներ: Նրանց թվին է պատկանում Լ. Կլեյնրոկի աշխատանքի պահպանման օրենքը, որը կապում է միմյանց հետ տարբեր հոսքերի պահանջների ստացիոնար սպասման ժամանակների միջին արժեքները՝ սպասարկման ընդհատումներ թույլ չտալու պայմաններում:

Այս աշխատանքում նշված պահպանման օրենքն ընդհանրացվում է այն դեպքի համար, երբ սպասարկման ընդհատումները թուլատրելի են: Ստացված արդյունքն օգտագործվում է բացարձակ նախապատվությամբ հերթակարգի համար:

УДК 531.8

Р. М. Киракосян, М. С. Саркисян

Свободные продольные колебания ортотропных полос линейно-переменной толщины при учете обжатия

(Представлено академиком С. А. Амбарцумяном 4/VII 2003)

1. Рассмотрим ортотропную пластинку-полосу. Координатную плоскость xOy совместим со срединной плоскостью, направив ось x вдоль ширины, а ось y -вдоль одной из кромок полосы. Главные направления анизотропии материала параллельны координатным осям. Толщина полосы изменяется вдоль ширины по закону

$$h = h_0 \left(1 - \delta \frac{x}{l} \right), \quad h_0 > 0, \quad \delta < 1. \quad (1.1)$$

Здесь l -ширина полосы, h_0 и δ - заданные постоянные. Полоса закреплена вдоль кромки $x = 0$ и растянута равномерно распределенными силами погонной интенсивности P , приложенными на кромке $x = l$. Рассмотрим задачу о свободных продольных колебаниях полосы, возникающих после ее внезапного освобождения от сил. Будем пользоваться уравнениями и соотношениями [1], учитывающими влияние обжатия. Родственная задача для стержней переменного поперечного сечения в классической постановке рассмотрена в [2].

Второе уравнение плоской задачи полосы [1] удовлетворяется автоматически, а первое с учетом сил инерции можно представить в виде

$$\delta^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial H^2} + \frac{1}{H} \frac{\partial u}{\partial H} \right) = \frac{l^2}{a^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}. \quad (1.2)$$

Здесь u -перемещение вдоль оси x , t -время, ρ -плотность материала полосы,

$$H = 1 - \delta \frac{x}{l}, \quad a^2 = \frac{4B_{11}}{\rho(4+A_1\delta^2s^2)}, \quad s = \frac{h_0}{l}. \quad (1.3)$$

Величины B_{11} и A_1 выражаются через соответствующие модули Юнга E_i и коэффициенты Пуассона материала ν_{ij} по известным формулам [4]:

$$B_{11} = \frac{E_1}{1 - \nu_{12}\nu_{21}}, \quad A_1 = -\frac{E_1}{E_3} \frac{\nu_{13} + \nu_{12}\nu_{23}}{1 - \nu_{12}\nu_{21}}. \quad (1.4)$$

Отметим, что влияние обжатия в данной задаче учитывается параметром A_1 . Положив в (1.2)

$$u(H,t) = X(H)T(t), \quad (1.5)$$

приходим к следующим двум обыкновенным дифференциальным уравнениям:

$$\frac{\partial^2 X}{\partial H^2} + \frac{1}{H} \frac{\partial X}{\partial H} + \frac{\omega^2}{\delta^2} X = 0, \quad \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} + \frac{a^2}{l^2} \omega^2 T = 0, \quad (1.6)$$

где ω - произвольная вещественная постоянная. Общие решения уравнений (1.6) имеют вид

$$X = C_1 J_0 \left(\frac{\omega}{\delta} H \right) + C_2 Y_0 \left(\frac{\omega}{\delta} H \right), \quad (1.7)$$

$$T = C_3 \cos \frac{\omega a}{l} t + C_4 \sin \frac{\omega a}{l} t. \quad (1.8)$$

Здесь J_0 и Y_0 - бесселевы функции нулевого индекса первого и второго родов соответственно. C_i - неизвестные постоянные, подлежащие определению из граничных и начальных условий задачи:

1) при $H = 1$, $u = 0$; 3) при $t = 0$, $[(\partial u)/(\partial t)] = 0$

2) при $H = 1 - \delta$, $[(\partial u)/(\partial H)] = 0$; 4) при $t = 0$, $u = -[(P(4 + A_1 \delta^2 s^2))/(4B_{11} \delta s)] \ln H$. (1.9)

Из первых двух условий (1.9) следует

$$\begin{aligned} C_1 J_0 \left(\frac{\omega}{\delta} \right) + C_2 Y_0 \left(\frac{\omega}{\delta} \right) &= 0, \\ C_1 J_1 \left(\frac{\omega}{\lambda} \right) + C_2 Y_1 \left(\frac{\omega}{\lambda} \right) &= 0, \quad \lambda = \frac{\delta}{1-\delta}, \end{aligned} \quad (1.10)$$

а из третьего условия - $C_4 = 0$. Из (1.10) для определения ω получается трансцендентное уравнение, которое имеет бесконечное множество корней ω_n ($n = 1, 2, 3, \dots$)

$$J_0 \left(\frac{\omega_n}{\delta} \right) Y_1 \left(\frac{\omega_n}{\lambda} \right) - Y_0 \left(\frac{\omega_n}{\delta} \right) J_1 \left(\frac{\omega_n}{\lambda} \right) = 0. \quad (1.11)$$

В случае полосы постоянной толщины $\delta = 0$ уравнение (1.11) сводится к уравнению

$$\cos \omega_n = 0, \quad (1.12)$$

корнями которого являются числа

$$\omega_n = (2n - 1) \frac{\pi}{2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (1.13)$$

Выразив C_2 через C_1 , можно общее решение задачи представить в виде

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \left[Y_0 \left(\frac{\omega_n}{\delta} \right) J_0 \left(\frac{\omega_n}{\delta} H \right) - J_0 \left(\frac{\omega_n}{\delta} \right) Y_0 \left(\frac{\omega_n}{\delta} H \right) \right] \cos \frac{\omega_n a}{l} t. \quad (1.14)$$

Следуя [2] и используя четвертое условие (1.9), можно определить коэффициенты B_n , после чего формула перемещения примет следующий вид:

$$u(x, t) = \frac{\pi P}{s(1-\delta)} \cdot \frac{4 + A_1 \delta^2 s^2}{4B_{11}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0 \left(\frac{\omega_n}{\delta} \right) J_1 \left(\frac{\omega_n}{\lambda} \right)}{\omega_n \left[J_0^2 \left(\frac{\omega_n}{\delta} \right) - J_1^2 \left(\frac{\omega_n}{\lambda} \right) \right]} \times \left[Y_0 \left(\frac{\omega_n}{\delta} \right) J_0 \left(\frac{\omega_n}{\delta} H \right) - J_0 \left(\frac{\omega_n}{\delta} \right) Y_0 \left(\frac{\omega_n}{\delta} H \right) \right] \cos \frac{\omega_n a}{l} t. \quad (1.15)$$

В случае полосы постоянной толщины приходим к формуле, аналогичной формуле перемещения стержня постоянного поперечного сечения [2,3]

$$u(x, t) = \frac{8P}{B_{11} s \pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{(2n-1)^2} \sin \frac{2n-1}{2l} \pi x \cos \frac{2n-1}{2l} \pi a t, \quad a = \frac{B_{11}}{\rho}. \quad (1.16)$$

2. Корни трансцендентных уравнений (1.11) и (1.12) не зависят ни от ширины полосы, ни от механических свойств ее материала. Они определяются заданием лишь параметра

$$\delta = -\frac{1}{s} \frac{dh}{dx}, \quad (2.1)$$

что зависит только от отношения толщин краев полосы. В таблице представлены первые четыре корня ω_n для некоторых значений δ .

n	δ	-10	-1	-0.4	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
1		0.709	1.361	1.466	1.571	1.642	1.735	1.864	2.059	2.405
2		4.246	4.646	4.679	4.712	4.737	4.775	4.839	4.986	5.519
3		7.470	7.814	7.834	7.854	7.869	7.892	7.933	8.038	8.653
4		10.658	10.967	10.981	10.996	11.006	11.023	11.053	11.133	11.790

Круговые частоты свободных продольных колебаний полосы определяются формулой

$$\Omega_n = \frac{\omega_n a}{1} = \frac{2\omega_n}{1} \sqrt{\frac{B_{11}}{\rho(4 + A_1 \delta^2 s^2)}}. \quad (2.2)$$

Соответствующие классические значения $\Omega_n^{\text{кл}}$, которые получаются без учета обжатия, будут

$$\Omega_n^{\text{кл}} = \frac{\omega_n}{1} \sqrt{\frac{B_{11}}{\rho}} \quad (2.3)$$

Следовательно,

$$\Omega_n = \frac{2}{\sqrt{(4 + A_1 \delta^2 s^2)}} \cdot \Omega_n^{\text{кл}}. \quad (2.4)$$

Из (2.4) заключаем:

1. В случае постоянной толщины ($\delta = 0$) учет обжатия не влияет на значения собственных частот продольных колебаний полосы Ω_n .
2. Так как $A_1 < 0$, то учет обжатия при переменности толщины приводит к увеличению собственных частот, т.е. $\Omega_n > \Omega_n^{\text{кл}}$. Причем это не зависит от знака δ , т.е. от того, как изменяется толщина полосы с удалением от ее закрепленного края - убывает она или возрастает.
3. Увеличение Ω_n не зависит от номера n , т.е. оно одинаково для всех собственных частот.
4. Влияние обжатия на значение Ω_n обычно мало. Например, в случае изотропной полосы при $\nu = 1/3$ и $dh/dx = 1/4$ имеем

$$A_1 = -0.5, \quad \delta^2 s^2 = 1/16, \quad \Omega_n = 1.004 \Omega_n^{\text{кл}}, \quad (2.5)$$

В данном случае учет обжатия увеличивает значения всех частот лишь на 0.4%. Однако в настоящее время существуют такие композиционные ортотропные материалы, модуль Юнга которых в поперечном направлении на один, два порядка меньше, чем в направлении армирования. При таких материалах влияние обжатия на значения Ω_n может оказаться существенным. Например, при $A_1 = -10$, что для отмеченных материалов вполне реально, в случае $dh/dx = 1/4$ имеем

$$\Omega_n = 1.089 \Omega_n^{\text{кл}}, \quad (2.6)$$

т.е. учет обжатия примерно на 9% увеличивает собственные частоты. Разумеется, при материалах с более сильной анизотропией эта цифра будет еще большей.

5. Данные таблицы с учетом (2.3) показывают, что в случае отрицательных δ , т.е. когда с удалением от закрепленного края полоса утолщается, классические частоты $\Omega_n^{\text{кл}}$ становятся меньше частот соответствующей полосы постоянной толщины. Причем чем сильнее утолщается полоса (чем больше абсолютное значение δ), тем сильнее уменьшаются частоты. Этот факт физически можно объяснить тем, что утолщение полосы как бы играет роль добавления к полосе постоянной толщины присоединенных масс. Аналогично можно объяснить и обратное явление - увеличение классических частот при положительных δ . В этом случае с удалением от закрепленного края полоса утоньшается, что равносильно отбавлению масс от соответствующей полосы постоянной толщины.

6. Так как $A_1 < 0$, то с ростом $|dh/dx| = |\delta|s$ знаменатель (2.4) уменьшается. При положительных δ это приведет к усилению возрастания неклассических частот, поскольку в этом случае убывание знаменателя дроби (2.4) сопровождается ростом ее числителя. В случаях же отрицательных δ с ростом $|\delta|s$ одновременно убывают и знаменатель и числитель (2.4). Это приведет к ослаблению уменьшения неклассических частот. Возможны случаи, когда учет обжатия при $\delta < 0$ приведет к тому, что частоты сравняются и даже станут больше соответствующих частот полосы постоянной толщины. Например, при $\delta = -1$, $s = 1/8$, $A_1 = -64$ имеет место равенство

$$\Omega_1|_{\delta=-1} = 1.571 = \Omega_1|_{\delta=0}. \quad (2.7)$$

В случае же $\delta = -1$, $s = 1/8$, $A_1 = -80$ первая частота становится больше первой частоты полосы постоянной толщины:

$$\Omega_1|_{\delta=-1} = 1.641 > \Omega_1|_{\delta=0} = 1.571. \quad (2.8)$$

Материалы с такими значениями параметра A_1 очень сильно анизотропны. Модуль Юнга таких материалов в поперечном направлении примерно на два порядка меньше, чем в направлении армирования.

Институт механики НАН РА

Литература

1. *Киракосян Р. М.* - Изв. НАН Армении. Механика. 2002. Т. 55, 4. С.12-23
2. *Гаспарян А. Е., Хачатрян А. А.* - Изв. НАН Армении. Механика. 1994. Т. 47. N 5-6. С.14-23
3. *Тимошенко С. П.* Колебания в инженерном деле. М. Физматгиз. 1959. 440 с.
4. *Амбарцумян С. А.* Теория анизотропных пластин. М. Наука. 1987. 360 с.

Ռ. Մ. Կիրակոսյան, Մ. Ս. Սարգսյան

**Գծայնորեն փոփոխական հաստության օրթոտրոպ շերտի երկայնական
տատանումները ընդլայնական սեղմման հաշվառմամբ**

Ստացվել է գծայնորեն փոփոխական հաստության օրթոտրոպ շերտի ազատ երկայնական տատանումների հաճախությունների հավասարումը [1] տեսության շրջանակներում: Որոշվել են առաջին չորս սեփական հաճախությունները հաստության փոփոխման վարքը նկարագրող պարամետրի մի շարք արժեքների դեպքում: Ստացվել է տեղափոխության բանաձևը: Կատարվել են քանակական և որակական եզրակացություններ երկայնական տատանումների սեփական հաճախությունների վրա ընդլայնական սեղմման և շերտի հաստության փոփոխման ազդեցությունների վերաբերյալ:

УДК 539.3

Академик Л. А. Агаловян, М. Л. Агаловян

К определению частот и форм собственных колебаний ортотропной полосы

(Представлено 14/III 2003)

Рассматривается вопрос определения частот и форм собственных колебаний ортотропной полосы-балки при различных, отличных от классических, условиях на продольных краях. Установлена асимптотика компонентов тензора напряжений и вектора перемещения, выведены характеристические уравнения для определения значений собственных частот с заданной асимптотической точностью. Определены собственные функции.

1. Ставится задача: найти ненулевые решения уравнений динамики теории упругости для ортотропной полосы $D = \{(x,y): x \in [0,l], |y| \leq h, h \ll l\}$ при двух типах граничных условий на продольных краях $y = \pm h$ полосы:

$$u_x(x, \pm h, t), \quad u_y(x, \pm h, t) = 0, \quad (1.1)$$

$$\sigma_{xy}(x, h, t) = \sigma_{yy}(x, h, t) = 0, \quad u_x(x, -h, t) = u_y(x, -h, t) = 0. \quad (1.2)$$

В указанном классе задач условиям при $x = 0, l$ соответствуют собственные колебания в зоне пограничного слоя [1], поэтому мы их здесь не рассматриваем. Решение сформулированной задачи ищем в виде

$$\begin{aligned} \sigma_{xx}, \sigma_{xy}, \sigma_{yy} &= (\sigma_{11}(x,y), \sigma_{12}(x,y), \sigma_{22}(x,y)) \exp(i\omega t), \\ u_x, u_y &= (\overline{u_x}(x,y), \overline{u_y}(x,y)) \exp(i\omega t). \end{aligned} \quad (1.3)$$

Вводя затем безразмерные переменные $\xi = x/l, \zeta = y/h$ и компоненты вектора перемещения $u = \overline{u_x}/l, v = \overline{u_y}/l$, решение задачи сводится к решению сингулярно возмущенной малым параметром $\varepsilon = h/l$ системы

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial \xi} + \varepsilon^{-1} \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial \zeta} + \varepsilon^{-2} \omega_*^2 u &= 0, \\ \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial \xi} + \varepsilon^{-1} \frac{\partial \sigma_{22}}{\partial \zeta} + \varepsilon^{-2} \omega_*^2 v &= 0, \end{aligned}$$

$$\frac{\partial u}{\partial \xi} = a_{11}\sigma_{11} + a_{12}\sigma_{22}, \quad \varepsilon^{-1} \frac{\partial v}{\partial \zeta} = a_{12}\sigma_{11} + a_{22}\sigma_{22}, \quad (1.4)$$

$$\varepsilon^{-1} \frac{\partial u}{\partial \zeta} + \frac{\partial v}{\partial \xi} = a_{66}\sigma_{12}, \quad \omega_*^2 = \rho h^2 \omega^2,$$

где ω - искомая частота собственных колебаний, a_{ik} - постоянные упругости, ρ - плотность.

Решение системы (1.4) представим в виде [2]

$$\sigma_y = \varepsilon^{-1+s} \sigma_y^{(s)}, \quad u, v = \varepsilon^s (U^{(s)}, V^{(s)}) \quad s = \overline{0, N},$$

$$\omega_*^2 = \varepsilon^k \omega_{*k}^2, \quad k = \overline{0, N}. \quad (1.5)$$

Подставив (1.5) в (1.4), применив правило Коши умножения рядов, для определения неизвестных коэффициентов $\sigma_{ik}^{(s)}$, $U^{(s)}$, $V^{(s)}$, ω_{*k}^2 получим рекуррентную систему

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{11}^{(s-1)}}{\partial \xi} + \frac{\partial \sigma_{12}^{(s)}}{\partial \zeta} + \omega_{*k}^2 U^{(s-k)} &= 0, \quad k = \overline{0, s}, \\ \frac{\partial \sigma_{12}^{(s-1)}}{\partial \xi} + \frac{\partial \sigma_{22}^{(s)}}{\partial \zeta} + \omega_{*k}^2 V^{(s-k)} &= 0, \\ \frac{\partial U^{(s-1)}}{\partial \xi} &= a_{11} \sigma_{11}^{(s)} + a_{12} \sigma_{22}^{(s)}, \\ \frac{\partial V^{(s)}}{\partial \zeta} &= a_{12} \sigma_{11}^{(s)} + a_{22} \sigma_{22}^{(s)}, \\ \frac{\partial U^{(s)}}{\partial \zeta} + \frac{\partial V^{(s-1)}}{\partial \xi} &= a_{66} \sigma_{12}^{(s)}, \quad Q^{(m)} \equiv 0, \quad m < 0, \end{aligned} \quad (1.6)$$

где $k = \overline{0, s}$ всегда означает, что по немому (повторяющемуся) индексу "k" происходит суммирование в пределах $0, s$. Из системы (1.6) следуют

$$\sigma_{12}^{(s)} = \frac{1}{a_{66}} \left[\frac{\partial U^{(s)}}{\partial \zeta} + \frac{\partial V^{(s-1)}}{\partial \xi} \right], \quad \sigma_{11}^{(s)} = \frac{1}{\Delta} \left[-a_{12} \frac{\partial V^{(s)}}{\partial \zeta} + a_{22} \frac{\partial U^{(s-1)}}{\partial \xi} \right],$$

$$\sigma_{22}^{(s)} = \frac{1}{\Delta} \left[a_{11} \frac{\partial V^{(s)}}{\partial \zeta} - a_{12} \frac{\partial U^{(s-1)}}{\partial \xi} \right], \quad \Delta = a_{11}a_{22} - a_{12}^2, \quad (1.7)$$

функции $U^{(s)}$, $V^{(s)}$ определяются из уравнений

$$\frac{\partial^2 U^{(s)}}{\partial \zeta^2} + a_{66} \omega_{*k}^2 U^{(s-k)} = f_u^{(s)}, \quad k = \overline{0, s}, \quad (1.8)$$

$$f_u^{(s)} = -a_{66} \frac{\partial \sigma_{11}^{(s-1)}}{\partial \xi} - \frac{\partial^2 V^{(s-1)}}{\partial \xi \partial \zeta},$$

$$\frac{\partial^2 V^{(s)}}{\partial \zeta^2} + A_{11} \omega_{*k}^2 V^{(s-k)} = f_v^{(s)}, \quad (1.9)$$

$$f_v^{(s)} = -A_{11} \frac{\partial \sigma_{12}^{(s-1)}}{\partial \xi} + \frac{a_{12}}{a_{11}} \frac{\partial^2 U^{(s-1)}}{\partial \xi \partial \zeta}, \quad A_{11} = \Delta/a_{11}.$$

При $s = 0$ уравнения (1.8), (1.9) однородны и независимы. Решив их, определив по формулам (1.7) остальные искомые величины и удовлетворив условиям (1.1) или (1.2), получим характеристические уравнения для определения главных значений частот собственных колебаний. Затем определяются соответствующие им собственные функции. Условиям $u_x(\pm h) = 0$ соответствуют следующие характеристические уравнения и главные значения частот:

$$\text{а) } \cos \sqrt{a_{66}} \omega_{*0} = 0, \quad \omega_{*0n}^1 = \frac{\pi}{2\sqrt{a_{66}}} (2n+1), \quad n \in \mathbb{N} \quad (1.10)$$

(симметричная задача),

$$\text{б) } \sin \sqrt{a_{66}} \omega_{*0} = 0, \quad \omega_{*0n}^1 = \frac{\pi n}{\sqrt{a_{66}}}, \quad n \in \mathbb{N} \quad (\text{задача изгиба}), \quad (1.11)$$

Собственными функциями являются соответственно

$$\psi_n^I(\zeta) = \cos \frac{\pi}{2} (2n+1)\zeta, \quad \varphi_n^I(\zeta) = \sin \pi n \zeta. \quad (1.12)$$

Легко убедиться, что они составляют ортонормированную систему

$$\int_{-1}^{+1} \psi_n^I(\zeta) \psi_m^I(\zeta) \partial \zeta = \delta_{mn}, \quad \int_{-1}^{+1} \phi_n^I(\zeta) \phi_m^I(\zeta) \partial \zeta = \delta_{mn}. \quad (1.13)$$

Имеем

$$\text{а) } U_{nl}^{(0)} = C_{1n}^{(0)}(\xi) \psi_n^I(\zeta), \quad \text{б) } U_{nl}^{(0)} = C_{2n}^{(0)}(\xi) \psi_n^I(\zeta). \quad (1.14)$$

Частотам (1.10), (1.11) соответствуют сдвиговые собственные колебания. Условиям $u_y(\pm h) = 0$ соответствуют

$$\text{а) } \sin \omega_* \sqrt{A_{11}} = 0, \quad \omega_{*0n}^{\text{II}} = \frac{\pi n}{\sqrt{A_{11}}}, \quad n \in N, \quad (\text{симметричная задача}) \quad (1.15)$$

$$\text{б) } \cos \omega_* \sqrt{A_{11}} = 0, \quad \omega_{*0n}^{\text{II}} = \frac{\pi(2n+1)}{2\sqrt{A_{11}}}, \quad n \in N \quad (\text{задача изгиба}), \quad (1.16)$$

Собственными функциями являются функции (1.12). Имеем

$$\text{а) } V_{nl}^{(0)} = C_{3n}^{(0)}(\xi) \psi_n^I(\zeta), \quad \text{б) } V_{nl}^{(0)} = C_{4n}^{(0)}(\xi) \psi_n^I(\zeta). \quad (1.17)$$

Собственные колебания являются продольными.

Граничным условиям (1.2) соответствуют следующие главные значения частот сдвиговых и продольных колебаний и соответствующие им собственные функции, которые также составляют ортонормированную систему:

$$\omega_{*0n}^{\text{I}} = \frac{\pi}{4\sqrt{a_{66}}}(2n+1), \quad \omega_{*0n}^{\text{II}} = \frac{\pi}{4\sqrt{A_{11}}}(2n+1), \quad n \in N, \quad (1.18)$$

$$\psi_n^{\text{I, II}} = \sin \frac{\pi}{4} (2n+1)(1+\zeta). \quad (1.19)$$

2. При $s > 0$ необходимо найти решения уравнений (1.8), (1.9) для двух независимых случаев:

а) $\omega_{*k} = \omega_{*k}^{\text{I}}$, б) $\omega_{*k} = \omega_{*k}^{\text{II}}$, которым будут соответствовать решения $Q_1^{(s)}$, $Q_{\text{II}}^{(s)}$. В частности,

$$U_1^{(0)} \neq 0, \quad \sigma_{121}^{(0)} \neq 0, \quad V_1^{(0)} = 0, \quad \sigma_{111}^{(0)} = \sigma_{221}^{(0)} = 0,$$

$$U_{\text{II}}^{(0)} = 0, \quad \sigma_{12\text{II}}^{(0)} = 0, \quad V_{\text{II}}^{(0)} \neq 0, \quad \sigma_{11\text{II}}^{(0)} \neq 0, \quad \sigma_{22\text{II}}^{(0)} \neq 0. \quad (2.1)$$

При $s = 1$ и $\omega_{*0} = \omega_{*0\text{n}}^1$ уравнение (1.8) принимает вид

$$\frac{\partial^2 U_{\text{nl}}^{(1)}}{\partial \zeta^2} + a_{66}(\omega_{*0\text{n}}^1)^2 U_{\text{nl}}^{(1)} + a_{66} \omega_{*1\text{n}}^2 U_{\text{nl}}^{(0)} = f_{\text{ul}}^{(1)}, \quad f_{\text{ul}}^{(1)} = -a_{66} \frac{\partial \sigma_{11\text{I}}^{(0)}}{\partial \xi} - \frac{\partial^2 V_{\text{I}}^{(0)}}{\partial \xi \partial \zeta}. \quad (2.2)$$

В уравнении (2.2) неизвестными являются функция $U_{\text{nl}}^{(1)}$ и поправка к частоте $\omega_{*1\text{n}}^2$. Для их определения применим следующий прием решения подобных уравнений [3,4]. Решение будем искать в виде ряда по системе функций $\{\psi_n^I\}$:

$$U_{\text{nl}}^{(1)} = a_{\text{nn}}^{(1)}(\xi) \psi_m^{(I)}(\zeta), \quad m = \overline{0, N}. \quad (2.3)$$

При таком представлении решения граничные условия (1.1) удовлетворяются тождественно. Представив $f_{\text{ul}}^{(1)}$ в виде ряда по функциям $\{\psi_n^I\}$, затем умножив обе части уравнения (2.2) на $\psi_k^I(\zeta)$ и используя свойство (1.13), получим

$$a_{\text{kn}}^{(1)} = \frac{R_{\text{nk}}^{(1)}}{a_{66}[(\omega_{*0\text{n}}^1)^2 - (\omega_{*0\text{k}}^1)^2]} (k \neq n), \quad (2.4)$$

$$\omega_{*1\text{n}}^2 = \frac{1}{a_{66}} R_{\text{nn}}^{(1)}, \quad R_{\text{nn}}^{(1)} = \int_{-1}^{+1} f_{\text{ul}}^{(1)} \psi_n^I(\zeta) d\zeta,$$

a_{nn} определяется из условия нормировки [3,4]:

$$\int_{-1}^{+1} (U_{\text{nl}}^{(0)} + \varepsilon U_{\text{nl}}^{(1)})^2 d\zeta = 1. \quad (2.5)$$

Согласно (1.8), (2.1) $f_{\text{ul}}^{(1)} = 0$, следовательно

$$a_{kn}^{(1)} = 0, \quad a_{nn}^{(1)} = 0, \quad \omega_{*1n}^1 = 0. \quad (2.6)$$

При $s=2$ повторяется та же процедура. В результате имеем

$$a_{kn}^{(2)} = \frac{R_{nk}^{(2)}}{a_{66}[(\omega_{*0n}^1)^2 - (\omega_{*0k}^1)^2]} \quad (k \neq n), \quad (2.7)$$

$$a_{nn}^{(2)} = 0, \quad \omega_{*2n}^2 = \frac{1}{a_{66}} R_{nn}^{(2)}.$$

где

$$R_{nk}^{(2)} = \int_{-1}^{+1} f_{nl}^{(2)} \psi_k(\zeta) d\zeta, \quad (2.8)$$

$$f_{nl}^{(2)} = -a_{66} \frac{\partial \sigma_{111}^{(1)}}{\partial \xi} - \frac{\partial^2 V_I^{(1)}}{\partial \xi \partial \zeta},$$

а $V_I^{(1)}$ однозначно определяется из неоднородного уравнения (1.9) при $\omega_{*0} = \omega_{*0I}$ и граничных условий (1.1), $\sigma_{111}^{(1)}$ вычисляется по формуле (1.7). Эту процедуру можно продолжить и при $s > 2$, однако в практических приложениях бывает достаточным ограничиться приближениями $s = 0, 1, 2$. В нашем случае имеем

$$\omega_{*0n}^2 = (\omega_{*0n}^1)^2 + \varepsilon^2 \omega_{*2n}^2,$$

$$U_{nI} = U_{nl}^{(0)} + \varepsilon^2 U_{nl}^{(2)}, \quad V_{nI} = \varepsilon V_{nl}^{(1)}, \quad (2.9)$$

т.е. сдвиговые собственные колебания будут возбуждать продольные колебания с той же частотой, но малой амплитудой и наоборот. Данные для задачи изгиба можно получить из вышеприведенных формальной заменой функций $\psi_k(\zeta)$ на $\varphi_k(\zeta)$. Изложенную процедуру

можно повторить для случая $\omega_{*n} = \omega_{*0n}^{II}$. Здесь главенствующую роль будет играть уравнение (1.9). Поправка к частоте будет порядка $O(\varepsilon^2)$, продольные же колебания будут возбуждать собственные сдвиговые колебания малой амплитуды.

Подобным образом осуществляется процесс определения решения при граничных условиях (1.2).

Литература

1. *Агаловян М. Л.* В кн.: Современные вопросы оптимального управления и устойчивости систем. Ереван. Изд.-во ЕГУ. 1997. С. 132-135.
2. *Агаловян Л. А.*- Асимптотическая теория анизотропных пластин и оболочек. М. Наука. 1997. 414 с.
3. *Найфе А. Х.*- Методы возмущений. М. Мир. 1976. 455 с.
4. *Ломов С. А.*- Введение в общую теорию сингулярных возмущений. М. Наука. 1981. 398 с.

Ակադեմիկոս Լ. Ա. Աղալովյան, Մ. Լ. Աղալովյան

**Օրթոտրոպ շերտի սեփական տատանումների հաճախականությունների և
տատանման ձևերի որոշման վերաբերյալ**

Դիտարկվում են օրթոտրոպ շերտ-հեծանի սեփական տատանումների հաճախականությունների արժեքների և տատանման ձևերի որոշման հարցերը, երբ շերտի երկայնական նիստերի վրա դրված են ոչ դասական եզրային պայմաններ՝ համասեռ պայմաններ տեղափոխման վեկտորի բաղադրիչների նկատմամբ կամ խառը եզրային պայմաններ: Որոշված են լարումների թենզորի և տեղափոխման վեկտորի բաղադրիչների ասիմպտոտիկական կարգերը, արտածված են սեփական տատանումների հաճախականությունների որոշման բնութագրիչ հավասարումները: Որոշված են տատանման ձևերը բնութագրող սեփական ֆունկցիաները:

Академик Э. М. Казарян^{а,б}, Л. С. Петросян^{а,б}, А. А. Саркисян^а

Примесные состояния в усеченной параболической квантовой точке

(Представлено 9/VIII 2003)

1. Квантовые точки (КТ) продолжают оставаться одним из наиболее интенсивно исследуемых классов низкоразмерных систем [1]. Уникальность этих структур заключается в том, что энергетические уровни носителей заряда (НЗ), находящихся в них, будучи полностью квантованными во многом обладают свойствами уровней реальных атомов. Не случайно поэтому, что такие системы называют "искусственными атомами". При этом в отличие от реальных атомов в КТ профиль ограничивающего потенциала может быть оптимизирован под конкретную техническую задачу [2].

С теоретической точки зрения вид ограничивающего потенциала определяет спектр и волновые функции НЗ в КТ. А они в свою очередь будут формировать оптические, кинетические и т.п. характеристики КТ [3]. В последние годы одной из наиболее часто употребляемых моделей ограничивающего потенциала КТ является трехмерная параболическая яма [4]. Такая модель вполне естественна, так как можно ожидать, что в процессе роста КТ имеет место некоторое перемешивание компонентов КТ и окружающей среды. Это приводит к сглаживанию профиля потенциала ямы. Ясно, что в первом приближении такой потенциал можно аппроксимировать параболическим. Ряд экспериментов, и в частности обнаружение обобщения теоремы Кона на случай КТ [4,5], подтвердили правомерность такой аппроксимации. С другой стороны ясно, что параболическое приближение реализуемо для нижних энергетических уровней НЗ. Правильнее более реалистичной считать модель усеченной параболической ямы, считая при этом, что усечение происходит в точке, где энергия достигает края зоны проводимости в окружающей среде [2, 6, 7]. В связи с этим вполне естественно желание изучить физические процессы в КТ с вышеуказанным ограничивающим потенциалом. В частности интересно выяснить влияние такой модификации параболического потенциала на водородоподобные примесные уровни.

2. Предположим, что примесь находится в центре сферической КТ GaAs/Ga_{1-x}Al_xAs, ограничивающий потенциал которой имеет вид

$$U(r) = \begin{cases} U_1(r) = \frac{\mu_1 \omega^2 r^2}{2}, & r < r_0 \\ U_2(r) = U_0, & r \geq r_0 \end{cases} \quad (1)$$

где r_0 - радиус КТ, $\omega = [1/(r_0)] \sqrt{[(2U_0)/(\mu_1)]}$ - частота ограничивающего потенциала КТ, $\mu_1 = 0.067m_e$ - эффективная масса электрона в полупроводнике GaAs (m_e - масса свободного электрона), U_0 - высота ограничивающего потенциала (для GaAs/Ga_{1-x}Al_xAs $U_0 = 1.247 \cdot 0.6 \cdot x$

(эВ), где x - концентрация Al). Уравнение Шредингера для потенциала (1) будет иметь следующий вид:

$$-\frac{\hbar^2}{2\mu_1} \Delta \Psi_1 + \frac{\mu_1 \omega^2 r^2}{2} \Psi_1 - \frac{\alpha}{r} \Psi_1 = E \Psi_1, \quad r < r_0, \quad (2)$$

$$-\frac{\hbar^2}{2\mu_2} \Delta \Psi_2 + U_0 \Psi_2 - \frac{\alpha}{r} \Psi_2 = E \Psi_2, \quad r \geq r_0, \quad (3)$$

где $\mu_2 = (0.067 + 0.083x)m_e$ - эффективная масса электрона в среде из $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$, $\alpha = [(e^2)/(\epsilon)]$, e - заряд электрона, Ψ_1 - волновая функция электрона в КТ, Ψ_2 - волновая функция электрона в окружающей среде, $\epsilon \equiv \epsilon_1 = \epsilon_2$ - диэлектрическая проницаемость КТ и окружающей среды (для GaAs $\epsilon = 13.18$). При этом мы пренебрегли разницей между ϵ_1 и ϵ_2 , так как обусловленный этой разницей эффект мал. Как видно из гамильтониана, электрон находится в сферической яме с эффективной потенциальной энергией $U_{\text{eff}}(r) = U(r) - \alpha/r$ (см. рис. 1). Так как данная задача не является точно решаемой, мы будем рассматривать ее в рамках вариационного метода. Для этого на первой стадии обсудим задачу о поведении электрона внутри ямы с потенциалом (1) в отсутствие примесного центра. Тогда задача о нахождении волновых функций в двух областях $r \geq r_0$ и $r < r_0$ становится точно решаемой, и соответствующие решения будут иметь вид

$$\Psi(r, \theta, \varphi) = \begin{cases} \Psi_1(r, \theta, \varphi) = C_1 e^{-(a_1 r^2)/2} r^{l_1} {}_1F_1 \left[\begin{matrix} n_1, l_1 + \frac{3}{2} \\ n_1 + l_1 + 2 \end{matrix}; a_1 r^2 \right] Y_{lm}(\theta, \varphi), & r < r_0 \\ \Psi_2(r, \theta, \varphi) = C_1 A_1 h_1^{(+)}(ik_1 r) Y_{lm}(\theta, \varphi), & r \geq r_0, \end{cases} \quad (4)$$

где $a_1 = [(\mu_1 \omega)/(\hbar)]$, $n_1 = -[1/2][(E/(\hbar \omega)) - 1 - [3/2]]$, $k_1 = \sqrt{[(2\mu_2(U_0 - E))/(\hbar^2)]}$, $C_1^2 = [1/(I_{11} +$

$A_1^2 I_{21})]$, $A_1 = [(e^{-(a_1 r^2)/2} r^{l_1} {}_1F_1[n_1, l_1 + [3/2]; a_1 r^2])/(h_1^{(+)}(ik_1 r))]$, $I_{11} = \int_0^{r_0} e^{-a_1 r^2} r^{2l_1+2} \{ {}_1F_1[n_1, l_1 + [3/2]; a_1 r^2] \}^2 dr$,

$$I_{21} = \int_{r_0}^{\infty} r^2 \{ h_1^{(+)}(ik_1 r) \}^2 dr,$$

l, m - соответственно орбитальное и магнитное квантовые числа, ${}_1F_1$ - вырожденная гипергеометрическая функция первого рода, $h_1^{(+)}$ - функция Ганкеля мнимого аргумента, Y_{lm} - шаровые функции. Постоянные C_1 и A_1 определяются из условий нормировки и

непрерывности логарифмических производных функций Ψ_1 и Ψ_2 в точке $r = r_0$. Соответствующий E_{nl} энергетический спектр беспримесной задачи можно определить из условия $[1/(\mu_1)][(\Psi'_1)/(\Psi_1)]|_{r=r_0} = [1/(\mu_2)][(\Psi'_1)/(\Psi_2)]|_{r=r_0}$.

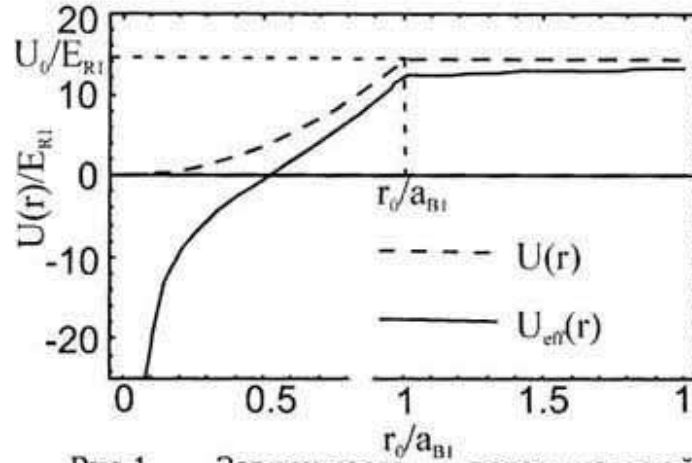


Рис.1. Зависимость потенциальной энергии электрона от r , для $x = 0.1$, $r_0 = a_{B1}$ (в эффективных боровских единицах для среды $GaAs$ $a_{B1} = \hbar^2 / \mu_1 \alpha \approx 100 \text{ \AA}$, $E_{R1} = \alpha / 2a_{B1} \approx 5.2$ (мэВ)).

Далее, для обсуждаемой задачи пробные вариационные волновые функции основного состояния будем рассматривать в виде

$$\Psi_v(r) = \begin{cases} \Psi_{v1}(r) = \frac{C_v}{\sqrt{4\pi}} e^{-[(a_1 r^2)/2]} {}_1F_1 \left[\begin{matrix} 3 \\ 2 \end{matrix}; a_1 r^2 \right] e^{-\lambda[r/(a_{B1})]}, & r < r_0 \\ \Psi_{v2}(r) = \frac{C_v A_v A_0}{\sqrt{4\pi}} \frac{e^{-k_0 r}}{k_0 r} e^{-\lambda[r/(a_{B1})]}, & r \geq r_0, \end{cases} \quad (5)$$

где мы учли, что $h_0^{(+)}(\rho) = [(e^{i\rho})/(\rho)]$, а $A_0 = e^{-[(a_1)/2]r_0^2} k_0 r_0 [({}_1F_1[n_0, [3/2]; a_1 r_0^2]) / (e^{-k_0 r_0})]$, λ - вариационный параметр, $A_v = \exp(-\lambda[(r_0)/(a_{B1})](1 - a_{B1}/a_{B2}))$, $a_{B2} = [(\mu_1)/(\mu_2)]a_{B1}$ - эффективный боровский радиус в среде из $Ga_{1-x}Al_xAs$. Постоянная нормировки C_v выражается через вариационный параметр λ посредством соотношения

$$C_v^2 = \frac{1}{I_{v1} + A_v^2 A_0^2 I_{v2}}, \quad (6)$$

где

$$I_{v1} = \int_0^{r_0} e^{-a_1 r^2 - 2\lambda[r/(a_{B1})]} r^2 \left\{ {}_1F_1 \left[\begin{matrix} 3 \\ 2 \end{matrix}; a_1 r^2 \right] \right\}^2 dr, \quad I_{v2} = \frac{1}{k_0^2} \int_{r_0}^{\infty} e^{-2r(k_0 + \lambda[1/(a_{B2})])} dr. \quad (7)$$

Определив энергию системы как

$$E_v = \int_{0 < r < r_0} \Psi_{v1}^* \hat{H}_1 \Psi_{v1} d\vec{r} + \int_{r_0 < r < \infty} \Psi_{v2}^* \hat{H}_2 \Psi_{v2} d\vec{r}, \quad (8)$$

где $\hat{H}_{1,(2)} = \hat{H}_{01,(2)} - \omega/r$, $\hat{H}_{01,(2)}$ - гамильтониан беспримесной задачи в области $r < r_0$ ($r \geq r_0$), и подставляя выражения для волновых функций (5) в (8), после преобразований для E_v получим

$$E_v = E_0 + \frac{\hbar^2 \lambda^2 C_v^2}{2\mu_1 a_{B1}^2} \left(I_{v1} + A_v^2 A_0^2 \frac{a_{B1}}{a_{B2}} I_{v2} \right) - \alpha^2 C_v^2 (I_{v3} + A_v^2 A_0^2 I_{v4}), \quad (9)$$

где

$$I_{v3} = \int_0^{r_0} r e^{-a_1 r^2 - 2\lambda[r/(a_{B1})]} \left\{ {}_1F_1 \left[\begin{matrix} 3 \\ 2 \end{matrix}; a_1 r^2 \right] \right\}^2 dr, \quad I_{v4} = \frac{1}{k_0^2} \int_{r_0}^{\infty} \frac{1}{r} e^{-2(k_0 + \lambda[1/(a_{B2})])} dr. \quad (10)$$

3. На рис. 2 представлен график зависимости энергии основного состояния примеси от радиуса КТ, ограничивающий потенциал которой имеет вид (1) (кривая 1). Для сравнения на том же рисунке представлена аналогичная зависимость для примеси, находящейся в КТ с прямоугольным ограничивающим потенциалом конечной высоты [8-10]. Из рисунка следует, что основной уровень данной задачи лежит выше соответствующего уровня примеси в КТ с прямоугольным ограничивающим потенциалом. С ростом r_0 энергия примеси уменьшается, стремясь к значению $-E_{R1}$ при $r_0 \rightarrow \infty$ [8]. При этом разность энергий, соответствующих случаям $\mu_1 = \mu_2$ и $\mu_1 \neq \mu_2$ (учет разности эффективных масс приводит к опусканию уровня) стремится к нулю. Это обусловлено ослаблением влияния окружающей среды на состояния примесного электрона, локализованного в области центра КТ. Отметим, что для нашей модели эта разница исчезает быстрее, так как при фиксированном радиусе КТ область локализации электрона меньше, чем в случае прямоугольной ямы. Важно учесть также, что возникновение примесных уровней носит пороговый характер, так как о них имеет смысл говорить начиная со значений радиусов КТ, когда в ней имеется связанное состояние при отсутствии примеси. Определив энергию связи примеси E_b как разность между основной энергией беспримесной задачи E_0 и E_v , т.е. $E_b = E_0 - E_v$, можно построить зависимость E_b от r_0 . На рис.3 даны графики этих зависимостей для нашего (кривая 1) и прямоугольного (кривая 2) потенциалов. Из них следует, что с уменьшением r_0 энергия связи увеличивается, достигая максимального значения. E_b , соответствующая нашему случаю, достигает максимального

значения при большем радиусе r_0 , так как из-за формы потенциала электрон раньше "вылетает" из КТ [10]. В то же время для

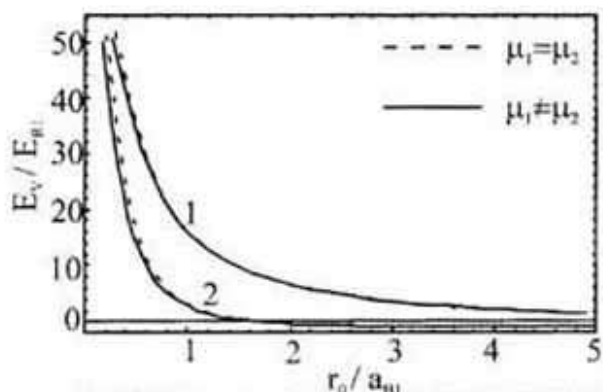


Рис.2. Зависимость энергии электрона от радиуса КТ 1) усеченный параболический потенциал, 2) прямоугольный потенциал ($\chi = 0.4$).

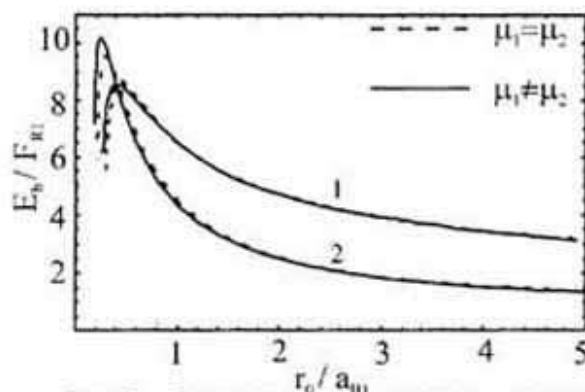


Рис.3. Зависимость энергии связи электрона от радиуса КТ 1) усеченный параболический потенциал, 2) прямоугольный потенциал ($\chi = 0.4$).

прямоугольной ямы этот радиус меньше, а максимум E_b больше, так как в этом случае электрон прежде чем «вылететь» из ямы успевает ближе подойти к примесному центру. Аналогичным образом интерпретируется и причина достижения максимума E_b при больших r_0 для случая $\mu_1 = \mu_2$ по сравнению со случаем $\mu_1 \neq \mu_2$.

^{a)} Ереванский государственный университет

^{б)} Российско-Армянский (Славянский) государственный университет

Литература

1. Алферов Ж. И.- ФТП. 1998. Т.32. С. 3.
2. Елисеев П. Г. - Квантовая электроника. 2000. Т. 30. Р. 152.
3. Haug H. In: Spectroscopy of systems with spatially confined structures, ed. by B. Di Bartolo [NATO Science Series, Mathematics, Physics and Chemistry. 2003. V.90. P.61].
4. Maksym P., Chakraborty T.- Phys. Rev. Lett. 1990. V. 65. P.108.
5. Peeters F. M. - Phys. Rev. 1990. B42. P. 1486
6. Kazaryan E. M., Petrosyan L. S., Sarkisyan H. A.- 23 International Colloquium on Group Theoretical Methods in Physics, Book of Abstracts. Dubna. 2000. P.74.
7. Niculescu E.- Modern Phys. Letters. 2001. B 15. P. 545.
8. Porras-Montenegro N., Perez-Merchancano S. T. - J. Appl. Phys. 1993. V.74. P.7624.
9. Zhu J. L. et al. - Phys. Rev. 1990. B 41. P. 6001.
10. Bose C., Sarkar C.- Phys. Stat. Sol. 2000. B 218. P. 461.

Ակադեմիկոս Է. Մ. Ղազարյան, Լ. Ս. Պետրոսյան, Հ. Ա. Սարգսյան

**Խառնուրդային վիճակները հատած պարաբոլական պոտենցիալով
քվանտային կետում**

Վարիացիոն եղանակով հետազոտված են խառնուրդային վիճակները հատած պարաբոլական պոտենցիալով քվանտային կետում: Հաշվի է առնված քվանտային կետում և շրջապատող միջավայրում էլեկտրոնի արդյունաբար զանգվածների տարբերությունը: Գրաֆիկական եղանակով ստացված են էլեկտրոնի հիմնական վիճակի և նրան համապատասխանող կապի էներգիաների քվանտային կետի շառավղից կախվածությունները: Ստացված արդյունքները համեմատված են վերջավոր ուղղանկյուն պոտենցիալով գնդային քվանտային կետում նմանատիպ արդյունքների հետ: Ցույց է տրված, որ էլեկտրոնի հիմնական վիճակի էներգիան և նրան համապատասխանող կապի էներգիան հատած պարաբոլական պոտենցիալով քվանտային կետում ավելի մեծ են, քան վերջավոր ուղղանկյուն պոտենցիալով գնդային քվանտային կետում:

УДК 621.313.323

Академик Г. Л. Арешян

Теория синхронного емкостного реактивного двигателя

(Представлено 27/III 2003)

Дается система дифференциальных уравнений электрических цепей и уравнение электроемкостного момента вращения нового синхронного реактивного емкостного двигателя, который питается только от трехфазной электрической сети и не требует дополнительного источника постоянного напряжения для создания электрического поля возбуждения [1].

Основопологающая идея для создания синхронного емкостного реактивного двигателя (СЕРД), который является аналогом синхронного реактивного двигателя индуктивного типа, заключается в следующем. В обычных синхронных емкостных генераторах каждый плюсовой и минусовой электроды возбуждения охватывают на роторном диске угол в 180 электрических градусов. При такой геометрии электродов возбуждения вся торцевая поверхность роторного диска (стороной, обращенной к статорному диску), за исключением малой поверхности межэлектродных пазов, покрыта металлической пленкой электродов возбуждения. Фазные статорные электроды (по два на каждую фазу и на пару полюсов), имеющие $180/m$ (m - число фаз) электрических градусов дугового охвата, также покрывают полностью одну торцевую поверхность статорного диска. Геометрию фазных электродов и электродов возбуждения с такими углами охвата будем называть электродами с полным обхватом или просто полными электродами (соответственно полные электроды возбуждения и полные фазные электроды).

Укороченными электродами возбуждения будем называть электроды с углом охвата меньше чем 180 эл. градусов (обычно 120-150 эл. градусов). При укороченных электродах возбуждения не вся торцевая поверхность диска возбуждения охвачена их металлической поверхностью. Расчеты показали, что в случае укороченных электродов возбуждения в величине собственной емкости фазных электродов появляются провалы, которые обусловлены межэлектродными пазами на роторном диске. Поэтому при укороченных электродах возбуждения в величине собственной емкости фазных электродов, кроме постоянной составляющей, появляется вторая гармоника в зависимости от угла поворота ротора, амплитуда которой сопоставима с постоянной составляющей. Наличие второй гармоники в величине собственной емкости фазных электродов приводит к тому, что синхронная емкость машины по продольной оси C_d оказывается по величине больше, чем синхронная емкость по поперечной оси C_q . В случае полных электродов возбуждения эти емкости равны друг другу $C_d = C_q = C_s^*$. Эффект появления C_d , не равного C_q из-за укорочения электродов возбуждения, приводит к изменению структуры системы дифференциальных уравнений и расширению динамических характеристик таких синхронных емкостных машин

[2].

Наконец, что не менее важно, возникновение в результате укорочения электродов возбуждения разности в величине $C_d - C_q$ приводит к появлению дополнительной составляющей в электроемкостном моменте вращения синхронных емкостных машин. Эта дополнительная составляющая момента вращения не зависит от напряжения возбуждения. Это обстоятельство дает возможность, замкнув укороченные электроды возбуждения через активное сопротивление, получить так называемый синхронный реактивный момент вращения без наличия источника постоянного напряжения (обоснование дается ниже). Таким образом, синхронный емкостный реактивный двигатель - это многофазная (или трехфазная) емкостная машина дискового или цилиндрического типа с укороченными электродами возбуждения, замкнутыми друг с другом через активное сопротивление, и с фазными электродами, подключенными к многофазной (или трехфазной) электрической сети. Кроме того, на роторном диске для каждой пары полюсов установлены дополнительно пара электродов (замкнутых между собой) по продольной оси и пара электродов (также замкнутых между собой) по поперечной оси. Система таких дополнительных (демпферных), замкнутых на себя, электродов создает асинхронную составляющую в моменте вращения, что обеспечивает разгон ротора при пуске и наборе оборотов вращения до подсинхронной скорости с дальнейшим втягиванием ротора в синхронизм за счет синхронного реактивного момента [1].

Для обоснования вышесказанного составим вначале матрицу собственных натуральных емкостей трехфазных статорных электродов C_{ss} . Эта матрица может быть вычислена по той же методике, по которой вычисляется матрица индуктивностей фазных статорных обмоток машин индуктивного типа при наличии явнополюсности (см. §1.7 в [3]). Производя необходимые вычисления, получаем для трехфазных синхронных емкостных машин с укороченными электродами возбуждения матрицу C_{ss} вида

$$C_{ss} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} \quad (1)$$

где элементы матрицы равны

$$\left. \begin{aligned} C_{11} &= C_s + C_\sigma + C_\varepsilon \cos 2\gamma, C_{12} = C_s \cos \rho + C_\varepsilon \cos(2\gamma - \rho), \\ C_{13} &= C_s \cos \rho + C_\varepsilon \cos(2\gamma + \rho), \\ C_{21} &= C_{12}, C_{22} = C_s + C_\sigma + C_\varepsilon \cos(2\gamma + \rho), C_{23} = C_s \cos \rho + C_\varepsilon \cos 2\gamma \\ C_{31} &= C_{13}, C_{32} = C_{23}, C_{33} = C_s + C_\sigma + C_\varepsilon \cos(2\gamma - \rho), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $C_\varepsilon = 0.5\varepsilon C_s$, $\rho = 2\pi/3$, γ - угол положения продольной оси d ротора относительно электрической оси статорного электрода фазы "а"; C_ε - амплитуда второй гармоники пульсации в собственной емкости фазного электрода, ε - коэффициент модуляции из-за

укорочения угла охвата электрода возбуждения, при полных электродах $\varepsilon = 0$; C_σ - величина емкости из-за электрических полей рассеяния каждого фазного электрода (электрод-корпус); C_s - величина собственной емкости фазного электрода без учета емкостей C_σ и C_ε .

Преобразуя эту натуральную матрицу статорных фазных емкостей в пространство Парка - Горева, по уравнению $C_{ss*} = (\Lambda_s)^{-1} C_{ss} \Lambda_s$ получаем

$$C_{ss} = \begin{bmatrix} C_0 & 0 & 0 \\ 0 & C_d & 0 \\ 0 & 0 & C_q \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где

$$C_0 = C_\sigma, \quad C_d = 1.5(C_s + C_\varepsilon) + C_\sigma, \quad C_q = 1.5(C_s - C_\varepsilon) + C_\sigma, \quad (4)$$

Λ_s и $(\Lambda_s)^{-1}$ - матрицы преобразования Ляпунова трехфазных статорных электрических цепей, равные

$$\Lambda_s = \begin{bmatrix} 1 & \cos \gamma & \sin \gamma \\ 1 & \cos(\gamma - \rho) & \sin(\gamma - \rho) \\ 1 & \cos(\gamma + \rho) & \sin(\gamma + \rho) \end{bmatrix}; \quad (\Lambda_s)^{-1} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ \cos \gamma & \cos(\gamma - \rho) & \cos(\gamma + \rho) \\ \sin \gamma & \sin(\gamma - \rho) & \sin(\gamma + \rho) \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где $\gamma = \int_0^t \omega dt + \gamma_0$, γ - угол положения ротора, $\rho = 2\pi/3$.

Как следует из (4), при отсутствии укорочения ($\varepsilon = 0$, $C_\varepsilon = 0$) синхронные емкости C_d и C_q становятся равными друг другу и равны $C_d = C_q = 1.5C_s + C_\sigma = C_{s*}$. Синхронные емкостные машины с укороченными электродами возбуждения являются аналогом синхронных явнополюсных машин индуктивного типа, у которых L_d не равно L_q . Синхронные емкостные машины с полными электродами возбуждения являются аналогом неявнополюсных синхронных индуктивных машин.

Система дифференциальных уравнений емкостного реактивного двигателя, имеющего на статорном диске трехфазные электроды, а на роторном диске закороченные через активное сопротивление, укороченные электроды возбуждения (индекс f) и в продольной и поперечной осях закороченные цепи из демпферных электродов (индексы D и Q), имеет следующий вид в пространстве Парка - Горева:

$$dQ_o/dt + g_s U_o = i_o, \quad dQ_d/dt + \omega Q_q + g_s U_d = i_d, \quad dQ_q/dt - \omega Q_d + g_s U_q = i_q, \quad (6)$$

$$dQ_f/dt + g_f U_f = 0, \quad dQ_D/dt + g_D U_d = 0, \quad dQ_Q/dt + g_Q U_Q = 0, \quad (7)$$

где электрические потокоцепления равны:

$$\begin{aligned} Q_0 &= C_0 U_0, \quad Q_d = C_d U_d + M_f U_f + M_D U_D, \quad Q_q = C_q U_q + N_Q U_Q, \quad Q_f = M_f U_d + M_{ff} U_f + \\ &+ M_{fD} U_D, \quad Q_D = M_D U_d + M_{fD} U_f + M_{DD} U_D, \quad Q_Q = N_Q U_q + N_{QQ} U_Q. \end{aligned} \quad (8)$$

Система уравнений (6)-(8) получена автором после преобразования соответствующей системы дифференциальных уравнений в натуральных переменных в пространство Парка - Горева с помощью матриц преобразования Ляпунова. Метод преобразования для обычных емкостных машин описан в [3] (§3.2 и §3.3). Матрицы преобразования Ляпунова для получения уравнений (6)-(8) имеют вид:

$$\Lambda_A = \begin{bmatrix} \Lambda_S & 0_A \\ 0_a & E_R \end{bmatrix}, \quad \Lambda_B = \begin{bmatrix} \Lambda_S & 0_A \\ 0_A & (2/3)E_R \end{bmatrix}, \quad (9)$$

$$(\Lambda_A)^{-1} = \begin{bmatrix} (\Lambda_S)^{-1} & 0_A \\ 0_A & E_R \end{bmatrix}, \quad (\Lambda_B)^{-1} = \begin{bmatrix} (\Lambda_S)^{-1} & 0_A \\ 0_A & (2/3)E_R \end{bmatrix}, \quad (10)$$

где Λ_s и $(\Lambda_s)^{-1}$ по (5), 0_A - нулевая матрица размерности 3×3 , E_R - единичная матрица размерности 3×3 .

Электроемкостный момент вращения двигателя получаем в результате вычисления по формуле

$$M_{Bp} = -(p_0/2)U^t(\partial C/\partial \gamma)U, \quad (11)$$

где p_0 - число пар полюсов, U - матрица-столбец натуральных напряжений всех электрических цепей, C - квадратная матрица натуральных емкостей и взаимноемкостей машины. Верхний индекс t означает транспонирование.

Для рассматриваемого двигателя момент вращения равен (принято, что поперечная ось q отстает от оси d)

$$M_{Bp} = 1.5_0[(C_d - C_q)U_d U_q + (M_f U_f + M_D U_D)U_q - N_Q U_Q U_d]. \quad (12)$$

Система уравнений должна решаться совместно с дифференциальным уравнением движения маховых масс

$$(J/p_0)(d\omega/dt) + M_H = M_{Bp}, \quad (13)$$

где M_H - тормозной момент нагрузки, J - момент инерции вращающихся масс. В процессе пуска, так как $\omega = \text{var}$, система (6)-(8) и (13) является нелинейной системой. В режиме

синхронизма, когда $\omega = \omega_0 = \text{const}$, система уравнений получит вид (производные потокосцеплений при таком режиме равны нулю)

$$\omega_0 Q_q + g_s U_d = i_d, \quad -\omega_0 Q_d + g_s U_q = i_q. \quad (14)$$

Уравнение нулевой последовательности в уравнении (6) и уравнение (7) дают

$$U_0 = U_f = U_D = U_Q = 0. \quad (15)$$

Уравнения (8) с учетом (15) принимают вид

$$Q_0 = 0, \quad Q_d = C_d U_d, \quad Q_q = C_q U_q, \quad Q_f = M_f U_d, \quad Q_D = M_D U_D, \quad Q_Q = N_Q U_q. \quad (16)$$

В режиме синхронной скорости электроемкостный момент вращения (11) становится равным

$$M_{Bp} = 1.5_0 (C_d - C_q) U_d U_q. \quad (17)$$

Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. *Аресян Г., Маилян А., Маилян В.* Емкостный синхронный двигатель. Патент РА N Р20020127 с приоритетом от 09.07.2002. - Официальный вестник на изобретение. - 2002. N 9 (26).
2. *Аресян Г. Л.*- ДНАН Армении. 2002. Т. 102. N 4. С. 297-229.
3. *Аресян Г. Л.*- Специальные вопросы теории электрических машин переменного тока. Ереван. Изд. ГИУА. 1999.

Ակադեմիկոս Գ. Լ. Արեշյան

Մինիսրոն ունակային ռեակտիվ շարժիչի տեսություն

Տրվում են նոր ունակային ռեակտիվ շարժիչի էլեկտրական շղթաների դիֆերենցիալ հավասարումները և էլեկտրաունակային պտտող մոմենտի հավասարումը: Այդ շարժիչը սնվում է եռավազ էլեկտրական ցանցից և գրգռման էլեկտրական դաշտի ստեղծման համար հաստատուն լարման լրացուցիչ աղբյուր չի պահանջում: Շարժիչի աշխատանքի սկզբունքը և կոնստրուկցիան պաշտպանված են Հայաստանի Հանրապետության արտոնագրով [1]:

УДК 551.7

М.А. Сатян, Г.В. Маркосян

**Геолого-геофизическая характеристика структуры
щелочно-лампрофировой диатремы "Ерах"
(Вединская офиолитовая зона Армении)**

(Представлено академиком Р. Т. Джрбашяном 7/VII/2003)

Довольно редкие, в частности и для геологического разреза территории Армении, родственные кимберлитам и лампроитам диатремы (трубки взрыва) щелочных лампрофиров выявлены в ядре Ерахской антиклинали и в верховье р. Веди [1,2].

В данном сообщении приведены результаты геолого-геофизического изучения наиболее крупной - Ерахской диатремы (рис. 1, 2).

Эллипсовидный в плане контур диатремы подтверждается геологической съемкой в М 1:2000, магнитометрической съемкой в М 1:1000 (колебания значений поля от 200 до 600 нТл) и бурением трех структурных скважин глубиной до 40 м. К первой стадии формирования диатремы отнесены впервые выделенные краевые туфы щелочно-базальтового состава, пограничного с составом тефритов; туфы на с-в участке диатремы выражены локальным минимумом в 200 нТл и включают силлы и шток фоно-тефритов [1]. К следующей стадии эрупции отнесены алевро-псаммитовые гологиалиновые туфы щелочно-лампрофирового состава. Высокая их титанистость (TiO_2 - 3-4.5%) связана с концентрацией титана главным образом в глобулах витрокластиков. Щелочно-лампрофировые туфы включают мелкие, до 3-5 см, ксенолиты щелочных базальтов, нередко и ксенолиты кальцитовых карбонатитов с хромдиопсидом с мантийными характеристиками $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ [1]. Широтная полоса их развития вдоль северного крыла крупного, контролирующего диатрему разлома характеризуется значениями поля в 200-300 нТл, и к северу она разграничена разломом от туфов также щелочно-лампрофирового состава, умеренно титанистых и содержащих многочисленные крупные, размером в 5-20 см, ксенолиты щелочных базальтов, габбро, трахитов и др. [1,2] (здесь приводятся новые данные по структуре диатремы, тогда как вопросы петрологии и возраста пород обсуждены ранее [1-3]). Отметим, что эта стадия эрупции наиболее поздняя и объемы туфов, к ней относимые, наиболее значимы. Магнитометрической съемкой они обозначаются некоторым повышением поля в 300-400 нТл. Отметим также, что две структурные скважины (глубиной 40 м), заданные на их выходах, не вышли из туфов. С поверхности до 3-4 м туфы массивные, рыхлые, но с глубиной уплотняются, зеленовато-серая окраска сменяется голубовато-серой. Существенных различий минерального состава с глубиной выявлено не было.

Высокими значениями - до 400-600 нТл обозначается дуговидная полоса даек камптонитов и кампто-мончикитов, на юго-востоке завершающаяся штоком мончикитов. При ширине

аномалий в 20-30 м она прослеживается на расчетную глубину примерно до 100 м, и при этом крутые к углы падения в $70-80^{\circ}$ даек к центру диатремы, судя по обнажениям и по расчетам на первые десятки метров, вероятно, сменяются более пологими (рис. 1).

Несомненно, что дайки камптонитов на западе и севере диатремы моложе, чем туфы щелочно-лампрофировые (второй стадии). Вместе с тем, в предшествующих им продуктах эрупции обнаруживаются обломки мончикитов, что указывает на более раннее внедрение мончикитов, вовлеченных в эрупции ранних стадий активности диатремы. Помимо того, имеются разрезы севернее контакта штока мончикитов, где линзы эпикластических туфов перекрываются наиболее поздними туфами щелочно-лампрофирового состава. Все эти данные говорят в пользу более раннего возникновения мончикитов, чем дайки камптонитов. Их формирование произошло вслед за извержениями высокотитанистых туфов. Перерывы между эксплозиями тефры щелочно-лампрофирового состава обозначаются тремя горизонтами линз эпикластических туфов (туффитов). В них выше содержание кальцитового цемента и минералов тяжелой фракции.

Разломная тектоника диатремы довольно сложна. Контролирует местоположение диатремы пересечение широтной системы разломов с меридиональной. К западу и востоку от диатремы мелкие выходы туфов щелочных лампрофиров принадлежат той же системе широтного разлома. На магнитометрической карте она отчетливо обозначается локально вытянутыми аномалиями с низкими или отрицательными значениями поля (рис.2). Выбросы тефры щелочно-базальтового состава и внедрение даек фонотефритов произошло при высокой проницаемости разломов, очевидно, меридионального

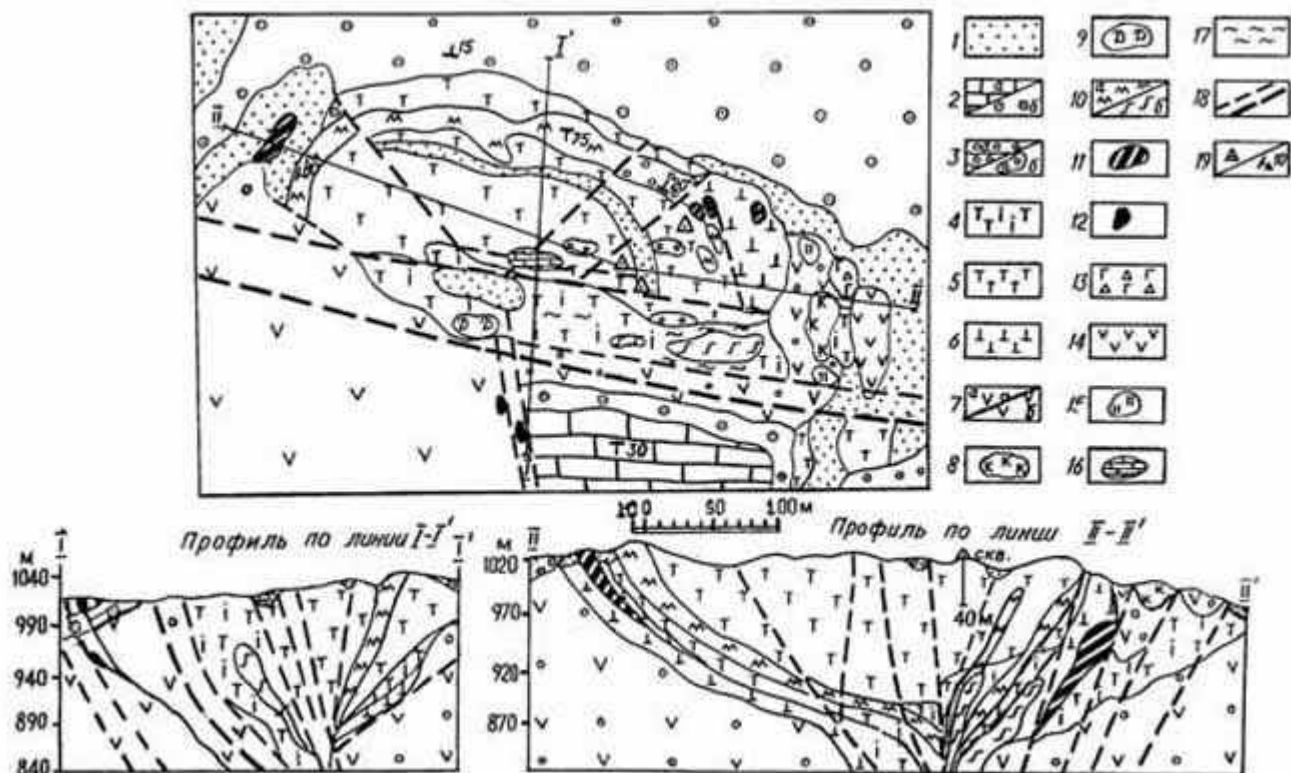


Рис.1. Геологическая карта диатремы "Ерах" (М 1 :2000). 1 - Пески. Голоцен; 2. а - известняки. Верхний сенон; б - конгломераты, песчаники, прослои известняков. Верхний коньяк - нижний сантон; 3 - линзы эпикластических

туфов, туфопесчаников: а - слоистые, б - массивные; 4 - туфы (туффизиты) щелочно-лампрофировые, высокотитанистые; 5 - туфы щелочно-лампрофировые, умеренно-титанистые; 6 - туфы щелочно-базальтовые; 7 - формации: а - карбонатно-вулканогенная (келловей - берриас), б - кремнисто-вулканогенная (валанжин - беррем); 8 - крупные блоки севитов (карбонатитов); 9 - штоки диабазов; 10 - дайки и штоки: а - камптонитов и кампто-мончикитов; б - мончикитов (шток); 11 - силлы и штоки фонотефритов; 12 - протрузии серпентинитов; 13-16 - краевые крупные ксенолиты: 13 - габбро-брекчии, 14 - базальты, 15 - силициты, 16 - микро-мелкозернистые известняки; 17 - гидротермально измененные породы; 18 - разломы: а - крупные, б - мелкие; 19. а - местоположение структурных скважин, б - элементы залегания пород.

простираения (трещинные жерла), с последующим формированием центрального жерла при извержениях щелочно-лампрофировой тефры вдоль широтной системы разломов. В выходах пород диатремы картируются концентрические разломы, выполненные дайками, и разломы радиальные, затрагивающие дайки камптонитов. На юге и с-в диатремы радиальный разлом образовался до внедрения даек камптонитов.

Под отложениями сенона магнитометрия выявляет узкую зону локального минимума, соответствующую краю диатремы. Размеры диатремы определяются в 460 м по длине и 230 м по ширине. По расчетам и графическим построениям глубина раструба не должна превышать 160 м. Рельеф его осложнен многочисленными нарушениями, что особенно характерно для восточного и северного сегментов (рис.1,2). На юго-востоке прогнозируется конфокальная структура, выполненная карбонатитами кальцитового состава, что следует из данных изучения ксенолитов и по наличию вдоль эндоконтакта крупного, объемом более 1000 м³, блока карбонатита.

Среди пород выполнения диатремы наибольшие объемы имеют умеренно - Ti туфы щелочно-лампрофирового состава - сырье для высококачественного цветного стекла (полупромышленные испытания) и стеклокерамики; клинопироксены в составе туфов, как показали лабораторные и клинические испытания, обладают биоактивностью и могут быть рекомендованы для минералотерапии.

Исследование диатремы "Ерах" и подобных ей структур расширяет представления о мезозойской истории тектонического развития всего региона и прежде всего офиолитовых зон, где они были выявлены [1,4]. Диатремы перспективны для поисковых задач, учитывая своеобразие механизма их

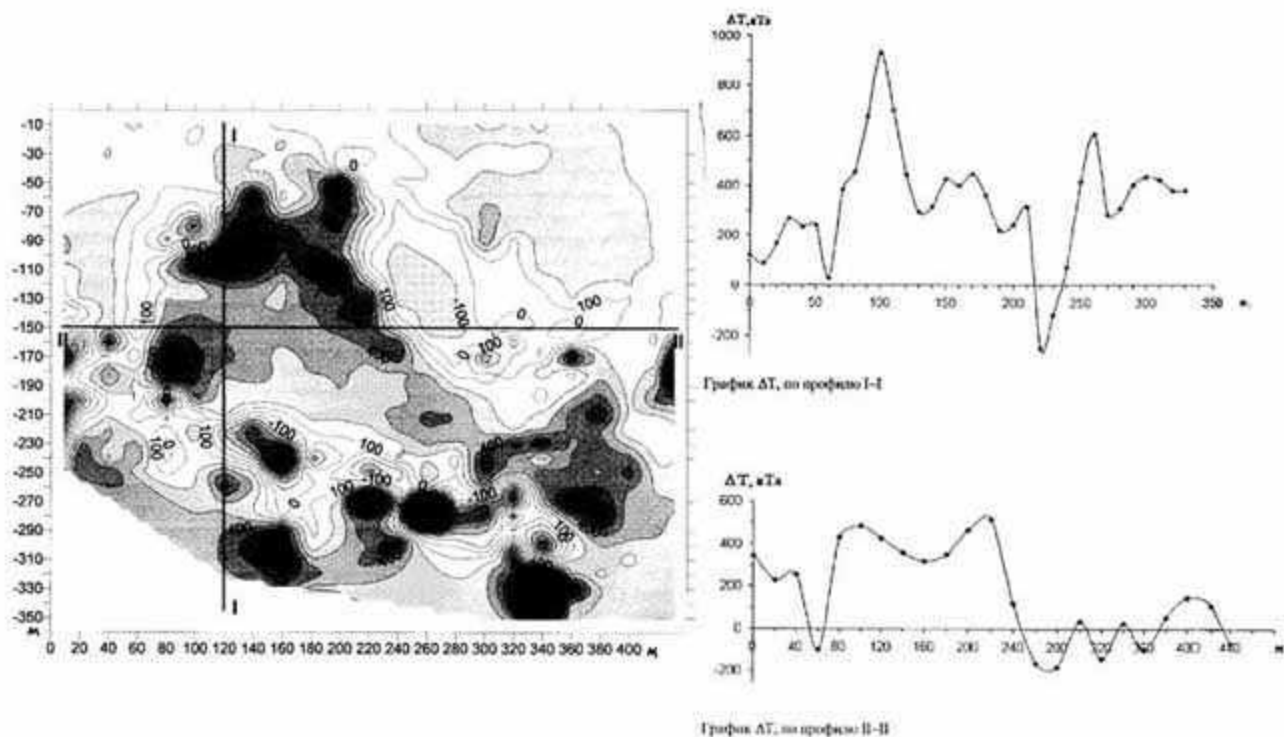


Рис. 2. Карта изодинам ΔT диатремы "Ерах" по результатам магнитометрической съемки, М 1:1000.

Примечание: значение полного вектора магнитной индукции земного магнитного поля (Т) в нТл измерялось протоновым магнитиметром G-826 фирмы 'Geometrics' с точностью измерения -1 нТл. Съемка магистральными профилями (север-юг) через 10 м осуществлена с точностью $\varepsilon = \pm 6.25$ нТл. Контрольных измерений - 3% от общего их числа. Длина профилей на графиках не соблюдена.

формирования, присутствие мантийных ксенолитов и ксенокристов и своеобразие состава пород выполнения.

Методика и результаты геолого-геофизических исследований диатремы "Ерах" могут быть заимствованы для поисков погребенных диатрем щелочных лампрофиров. Выражаем признательность академику Р. Т. Джрбашяну за критические замечания при ознакомлении с рукописью и С. А. Капляняну, финансировавшему буровые и магнитометрические работы.

Институт геологических наук НАН РА
Ереванский государственный университет

Литература

1. Сатиан М. А., Варданыан А. В., Степаныан Ж. О., Мнацакянян А. Х. - Изв.вузов. Геология и разведка. 1997. N 3.
2. Сатиан М. А., Варданыан А. В., Степаныан Ж. О. - ДНАН Армении. 1996. Т. 94. N 2-4.
3. Сатиан М. А., Кванталиани В. И., Варданыан А. В. - ДАН АрмССР. 1988. Т. 88. N 5.
4. Акимов А. П., Геншафт Ю. С. - ДАН СССР. 1990. Т. 113. N 5.

Մ. Ա. Սաթյան, Գ.Վ. Մարկոսյան

**«Երախ» ալկալա-լամպրոֆիրային դիատրեմի կառուցվածքի
երկրաբանա-երկրաֆիզիկական բնութագիրը
(Հայաստանի Վեդու օֆիոլիտային զոնա)**

Երկրաբանական (Մ.1 :2000) և մագնիսաչափական (Մ.1 :1000) հանույթի, ինչպես նաև երեք կառուցվածքային հորատանցքերի արդյունքների հիման վրա ցույց է տրված դիատրեմի բազմափուլ զարգացման ապարների տեղադրումը՝ ալկալային բազալտներ (վաղ փուլ), բարձր և չափավոր T_i պարունակող ալկալա-լամպրոֆիրային տուֆեր և օղակաձև դայկայի ակտիվության վերջնափուլ (կամպտոնիտներ և մոնչիկիտներ): Առանձնացվել է էպիկլաստիկ տուֆերի երեք հորիզոն: Կատարված է դիատրեմի խորքային կառուցվածքի վերլուծությունը: Մեթոդիկան և արդյունքները կարելի է ներդնել հետախուզաորոնողական աշխատանքներում:

Член-корреспондент НАН РА А. Г. Багдоев

Уточнение таблицы для геодезического предвестника землетрясений

(Представлено 16/I 2003)

Задача определения геодезического предвестника землетрясений при наличии разлома, вдоль которого заданы касательные перемещения, решена в [1]. Пусть ось x направлена по нормали к разлому, ось y вдоль него. В [1] сформулирована модельная задача для разлома с использованием дифференциального уравнения движения среды на разломе, приведенного в [2]. Решение этого уравнения позволяет записать условие при $x=0$ для компоненты перемещения по оси y в виде [1]

$$V(y,0) = \begin{cases} V_0 - V_0 e^{-\alpha(y-a)}, & a < y < \infty \\ 0, & -a < y < a \\ V_0 - V_0 e^{\alpha(y+a)}, & y < -a \end{cases} \quad (1)$$

где $2a$ есть ширина зацепления блоков, постоянная α должна быть определена, V_0 - крипповые перемещения.

$V(y,x)$ есть нечетная функция x , поэтому вместо (1) можно взять удвоенное значение для скачка $V(y,0)$ на берегах разлома [3].

Решение уравнений статической теории упругости при условии (1) находится сверткой от решения Эшелби [3] в виде [1], $x \geq 0$,

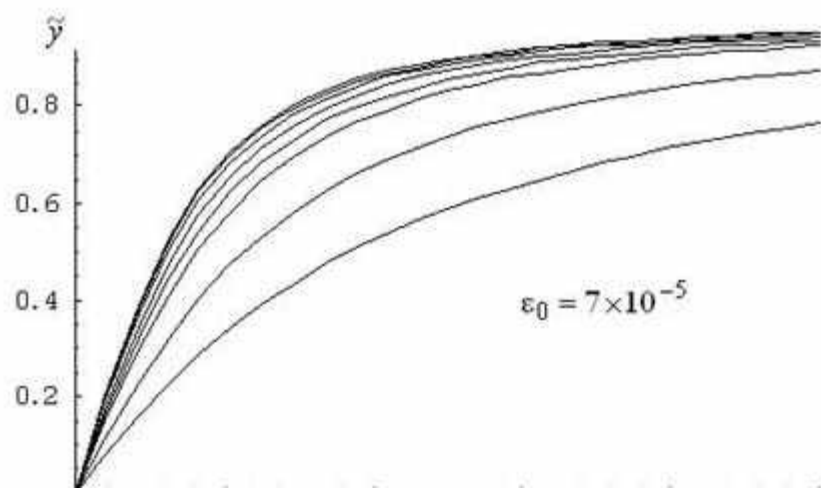
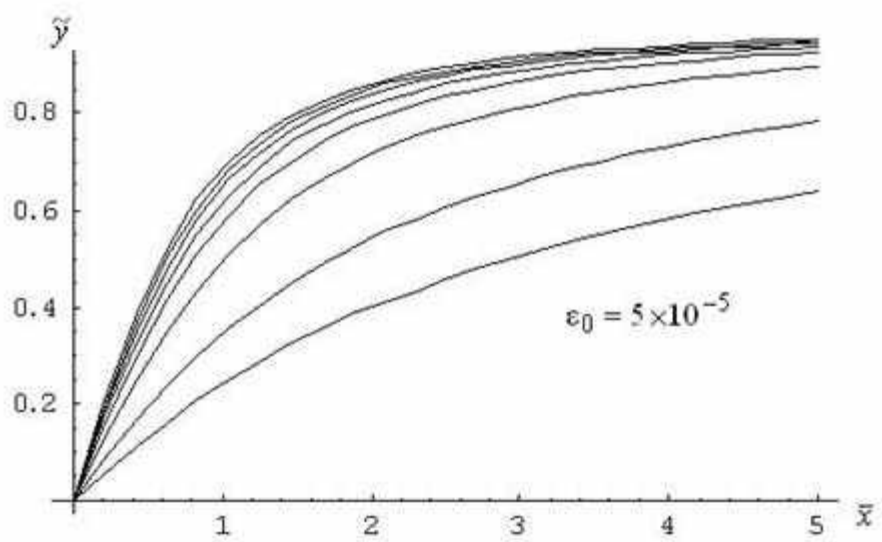
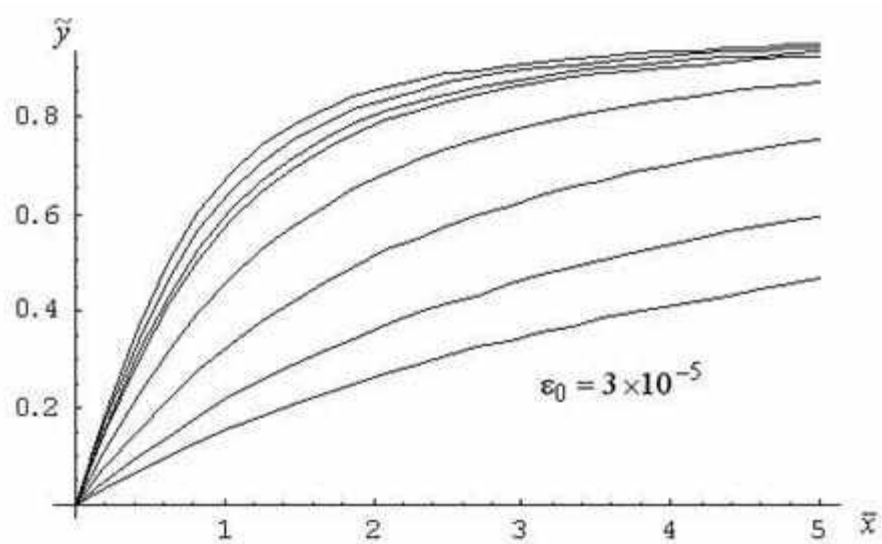
$$V(x,y) = \frac{\alpha V_0}{\pi} \int_0^\infty \left\{ \operatorname{arctg} \frac{x}{a-y+y'} + \frac{a_0^2 - b^2}{a_0^2} \frac{\frac{x}{a-y+y'}}{1 + \frac{x^2}{(a-y+y')^2}} + \right. \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
& + \arctg \frac{x}{a+y+y'} + \frac{a_0^2 - b^2}{a_0^2} \frac{\frac{x}{a+y+y'}}{1 + \frac{x^2}{(a+y+y')^2}} \Bigg\} e^{-\alpha y'} dy'; \\
U(y,x) = & \frac{\alpha V_0}{2\pi} \frac{b^2}{a_0^2} \int_0^\infty \ln \frac{(a+y+y')^2 + x^2}{(a-y+y')^2 + x^2} e^{-\alpha y'} dy' + \frac{\alpha V_0}{\pi} \left(1 - \frac{b^2}{a_0^2} \right) \times \\
& \times \int_0^\infty \left\{ \frac{x^2}{(a-y+y')^2 + x^2} - \frac{x^2}{(a+y+y')^2 + x^2} \right\} e^{-\alpha y'} dy',
\end{aligned} \tag{2}$$

M	$\varepsilon_0 \times 10^5$	$\tilde{y}_{\min}$	$\frac{V_0}{a_0} \times 10^5$	$\bar{\alpha}$	α , KM	α , 1/KM
5	3	0.986	0.2	4.85	4.15	1.17
5.6		0.95	0.333	4.49	7	0.64
6.1		0.885	0.5	4.37	12.5	0.349
6.7		0.85	0.9	1.61	22	0.073
7.2		0.76	1.2	1.27	37.5	0.034
7.8		0	1.8	1.22	65	0.02
8.4		0	2.8	0.4034	115	0.00351
8.9		0	3.2	0.30237	205	0.00148

5	5	0.996	0.2	5.9	4.15	1.42
5.6		0.984	0.333	5.27	7	0.75
6.1		0.976	0.5	3.4	12.5	0.272
6.7		0.958	0.9	1.79	22	0.081
7.2		0.93	1.2	1.42	37.5	0.038
7.8		0.87	1.8	0.99	65	0.015
8.4		0.6	2.8	0.87	115	0.0076
8.9		0.4	3.2	0.85	205	0.0041

5	7	0.999	0.2	16.68	4.15	4.02
5.6		0.99	0.333	6.95	7	0.99
6.1		0.978	0.5	6.15	12.5	0.492
6.7		0.97	0.9	2.54	22	0.12
7.2		0.96	1.2	1.95	37.5	0.052
7.8		0.93	1.8	1.26	65	0.02
8.4		0.8	2.8	1.08	115	0.0094
8.9		0.75	3.2	0.97	205	0.0047



где U есть компонента перемещения по оси x , a_0 и b есть скорости продольных и поперечных упругих волн.

Следуя [1], найдем деформацию на разломе в виде $\varepsilon = [(\partial V)/(\partial x)] + [(\partial U)/(\partial y)]$, $\varepsilon(y, 0) = \varepsilon_0$,

$$\varepsilon_0 = \frac{V_0}{2\alpha} \frac{4}{\pi} \bar{\alpha} \int_0^{\infty} \left(\frac{1}{1 - \tilde{y} + \bar{y}} + \frac{1}{1 + \tilde{y} + \bar{y}} \right) e^{-\alpha y'} dy', \quad (3)$$

где введены безразмерные величины $\tilde{y} = [y/a]$, $\bar{\alpha} = \alpha a$, $\bar{y}' = [(y')/a]$.

Можно показать, используя ветвь арктангенса $\arctg(-x) = \pi - \arctg x$, что (2) удовлетворяет условиям (1).

Поскольку для типичных землетрясений значения минимальной деформации на разрыв известны [4,5], а именно $\varepsilon_0 = 3 \cdot 10^{-5}$; $5 \cdot 10^{-5}$; $7 \cdot 10^{-5}$, можно задавать $[(V_0)/2a]$ и из (3) найти параметр α закладки данного землетрясения. При этом, в отличие от [4], α зависит также от координаты $y = y_{\min}$, начиная с которой возможен разрыв. В [1] это значение $y_{\min}$ для заданного землетрясения находится из упрощенного уравнения (3), записанного для больших $\bar{\alpha}$ из требования, чтобы в окрестности $y = y_{\min}$ кривая $\bar{\alpha}(y)$ была медленно меняющейся. В настоящей работе это требование сохраняется, но применяется оно к точному уравнению (3).

В результате получаются значения $\bar{\alpha}$ и α , которые качественно, но не количественно согласуются с данными [1,4] и приведены в таблице.

По ориентировочным данным $\bar{\alpha}$ или $\alpha = [(\bar{\alpha})/a]$ из таблицы можно построить графики функции $V(0, x)$ для разных $[(V_0)/2a]$, α , a и путем сравнения с предполагаемыми опытными данными найти α для данного землетрясения, а магнитуду (m) определить по таблице или по известным формулам [3-8]. Эти кривые приведены на рисунке, где $\bar{x} = [x/a]$. При этом верхние кривые соответствуют большим значениям $\bar{\alpha}$, взятым из таблицы. Другие методы предсказания землетрясений рассмотрены в [6-8].

Предположим теперь, что значения $\bar{\alpha}$ меняются от года к году и определим время, прошедшее с начала подготовки землетрясения. Пусть t_0 есть данный момент времени, например $t_0 = 2003$ год. По измерениям на местности, приведенным выше, которые сравниваются с данными рисунка, найдем значения $\bar{\alpha}_1$, $\bar{\alpha}_2$, $\bar{\alpha}_3$ при $t = t_0$, $t = t_0 + 1$, $t = t_0 + 2$.

Уравнение прямой регрессии

$$\bar{\alpha} = At + B. \quad (4)$$

Постоянные A и B находятся из минимума величины

$$y = (At_0 + B - \bar{\alpha}_1)^2 + (At_0 + A + B - \bar{\alpha}_2)^2 + (At_0 + 2A + B - \bar{\alpha}_3)^2 \quad (5)$$

в виде

$$A = -\frac{\bar{\alpha}_1 - \bar{\alpha}_3}{2}, \quad A < 0, \quad B = -At_0 - A + \frac{1}{3}(\bar{\alpha}_1 + \bar{\alpha}_2 + \bar{\alpha}_3). \quad (6)$$

Проведем прямую (4) плоскости $t, \bar{\alpha}$ и обозначим через $t = \beta$ значение начала закладки процесса.

В качестве естественного предположения считаем, что для всех видов землетрясений, для которых $\bar{\alpha}_{1,2,3}$ находятся для моментов $t_0, t_0 + 1$ и $t_0 + 2$ указанным выше способом, начальные значения $\bar{\alpha}(\beta) = \alpha^0$ одинаковы.

Пусть для одного землетрясения значение момента закладки β_0 известно. Тогда по нему из (4) можно найти α^0 , а начальные значения $t = \beta$ для остальных строк найдутся подстановкой $\bar{\alpha} = \alpha^0$ в (4), где значения A и B находятся по (6) для каждого $\bar{\alpha}_{1,2,3}$ и t_0 . Тогда $t_0 - \beta$ даст время, прошедшее с момента закладки процесса для данного района
Автор благодарит А. В. Саакяна, проделавшего все расчеты по таблице и графикам.

Институт механики НАН РА

Литература

1. Мовсесян Р. А., Багдоев А. Г., Саакян А. В.- ДНАН Армении. 2002. Т.102. №2. С. 153-158.
2. Мкртчян М. С., Хачикян А. С.- Изв. НАН Армении. Механика. 1995. Т. 48. №1. С. 16-23.
3. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология. Т. 2. М. Мир. 1983. 880 с.
4. Мовсесян Р. А.- Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1999. №1. С. 3-17.
5. Ризниченко Ю. В. В кн.: Исследования по физике землетрясений. М. Наука. 1976. С. 9-27.
6. Григорян С. С. - ДАН СССР. 1989. Т. 306. №5. С. 1083-1087.
7. Рикитаке Т. - Предсказание землетрясений. М. Мир. 1979. 388 с.
8. Хачиян Э. Е.- ДНАН Армении. 2001. Т. 101. №1. С. 66-74.

ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Ա.Գ. Բագդոն

Երկրաշարժերի գեոդեզիական նախանշանի աղյուսակի ճշգրտումը

Դիտարկվում է կտրվածքի շարժման խնդիրը հարթ առաձգական միջավայրի համար: Ստացված է անալիտիկ լուծում և կառուցված է աղյուսակ: Ստացված են տեղափոխությունների գրաֆիկներ:

Նշված տվյալների միջոցով որոշվում են մտցված պարամետրերի արժեքները տվյալ երկրաշարժի համար: Այնուհետև որոշվում է տվյալ երկրաշարժի նախապատրաստման ժամանակը:

Academician E. Y. Khachian, P. A. Ter-Petrosyan, V. V. Poghosyan

The limitation of the axial normal stresses in the reinforced concrete structures under the fixed loads during the seismic impacts

(Submitted 8/VII 2003)

1. Introduction. Usually for the non-elastic deformation using the yielding coefficient μ what is the relation of maximal limiting deformation in the elastic-plastic phase to deformation at the moment when plastic deformation starting (end of elastic deformation):

$$\mu = \frac{\Delta_{n \max}}{\Delta_y}. \quad (1)$$

As shown on the figure 1 it takes place

$$\frac{\Delta_{n \max}}{\Delta_y'} = \frac{R_{y \max}}{R_{n \max}}. \quad (2)$$

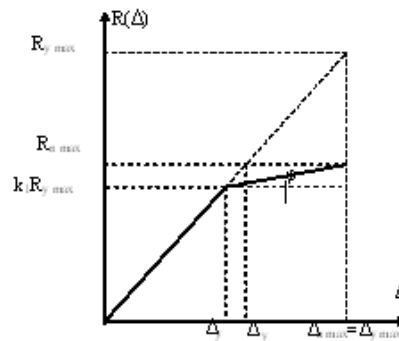


Figure 1. To definition of coefficient of damages.

For the ideal elastic-plastic materials (structures) $\Delta_y = \Delta_y'$ and as result will have

$$R_{n \max} = \frac{R_{y \max}}{\mu}, \quad \text{or} \quad R_{n \max} = k_1 R_{y \max}, \quad (3)$$

where is

$$k_1 = \frac{1}{\mu} = \frac{R_{n \max}}{R_{y \max}}. \quad (4)$$

Thus, the coefficient of damages k_1 represents the relation of elastic-plastic response of system in the moment

of beginning of plastic deformation $R_{n \max}$ to conventional maximal response $R_{y \max}$ of this system in the assumption of its elastic behavior from beginning to end of earthquake.

The non-elastic deformation in the buildings and structures always arise during the strong earthquake. The study of these deformations under the accelerograms of strong earthquakes for the different "regeneration force - relative movement" non-linear relations is shown one important property of the process of structure deformation: maximal displacement of the elastic and non-elastic structures with the same equivalent natural periods of free oscillation and damping characteristics very closed when the value of μ does not exceed 3-4 [1,2,3]. In the table 1 are shown the calculation results for simple system with one degree of freedom for elastic and equivalent non-elastic system under the different values of k_1 [3] under the accelerogram of real earthquake (the maximal ground acceleration is 0.25g, Eureka Earthquake, 21.12.1954), which are confirm above mentioned.

Table 1

The value of maximal displacements

The value of initial period of free oscillation, T, sec	Maximal displacement, cm			
	Elastic calculation	Non-elastic calculation		
		$\mu=1.43$ $k_1=0.7$	$\mu=2.0$ $k_1=0.5$	$\mu=3.33$ $k_1=0.3$
0.35	2.41	2.37	1.99	2.89
0.4	2.97	3.91	3.67	2.94
0.45	3.97	3.87	4.14	2.86
0.5	4.27	4.18	3.41	3.83
0.55	3.01	3.45	3.81	3.99
0.6	5.53	5.34	5.04	6.6
0.7	6.05	4.98	6.33	4.54
0.8	4.57	4.02	3.40	4.83
1.0	3.86	3.44	3.91	4.10
1.2	2.96	3.61	4.99	3.28
1.5	8.04	8.55	7.67	7.12
2.0	14.3	14.4	14.0	13.9
2.5	17.2	18.0	19.8	11.3
3.0	18.5	18.6	15.7	12.7

The same results were received for the 10 storeys reinforced concrete frame building with masses $m_1 = m_2 = \dots m_{10} = 52 \text{ kgsec}^2/\text{cm}$, storeys stiffness $a_1 = a_2 = \dots a_n = 110400 \text{ kg/cm}$ and $k_1 = 0.5$, $\varphi_k = 0; 0.2; 0.5$ under the calculation by accelerogram of Holister Earthquake (09.03.1949, maximal ground acceleration was 0.125g). The results of this calculation are shown in figure 2.

2. Criterion of seismic resistance for calculation by the Armenian Codes. The formation of damages in reality is the cause of decreasing the stiffness of structure, increasing the its period of natural oscillation and arising of residual deformation. The optimum design solution is the compromise of two approaches: decreasing of stiffness (through including the coefficient k_1) and limitation of displacements (elastic + elastic-plastic).

If will take into consideration the seismic zone 3 ($A=0.4$) and taking $k_0=0.8$ for I-st category of soil for maximal displacements under the elastic oscillation will have

$$y_{\max}(T) = 10.73T^{4/3}. \quad (8)$$

The period of natural oscillations for the structural system (column with fixed edges), which is shown on the figure 2, will have

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{Q}{gr}} = 2\pi\sqrt{\frac{2Nl^3}{2g12EI}}. \quad (9)$$

Transfer (9) to (8) and assuming

$$\sigma = \frac{N}{bh}, \quad I = \frac{bh^3}{12} \quad (10)$$

where is σ normal stress in the columns under the permanent loading for the displacement (8) will have (in the cm)

$$y_{\max} = 1.27\sigma^{2/3}h^{-4/3}l^2E^{-2/3}. \quad (11)$$

Thus we can take into consideration that during the earthquakes the expression (11) for the maximal displacements of structure for the conventional elastic and real elastic-plastic behavior is the same, where σ is normal stress in the column, E - initial module of elasticity, h -column cross section height and l - column height.

For the optimal design it is necessary to determine by the experiment the value of very important parameter: what displacement limitation may be allow or the structure.

J. F. Borjes and A.Ravara have shown [2] on the base of experimental studying of reinforced concrete elements buckling and on the base of hypothesis of plane section and ideal diagram "stress-deformation" for concrete and reinforcement (maximal relative deformation 1% for the strained reinforcement and 0.35% for the concrete correspond to destruction) and non-elastic behavior, that for the fixed by two edges column the boundary displacement express in the following way

$$y_{\lim} = 2 \times 10^{-4} \frac{l^2}{nh}, \quad (12)$$

where are $n = [N/(bh\sigma_{bk})]$, σ_{bk} - characteristically strength of cylindrical concrete samples with age 28 days, which is assume equal to 85% of cubic strength. The percentage of reinforcement of samples was in limitation 0.5-1.5%, and value of yielding coefficient equal $\mu = 3.5$. By the mean of authors [2], at the more large percentages of reinforcement the value of yielding coefficient may be too high. As authors mention the expression (12) may be true for different classes of concrete and steel.

Base on the main criterions of seismic resistance - the maximal movement of structure with taking into consideration of elastic-plastic deformation can't exceed permissible value:

$$(13)$$

$$y_{\max} < y_{\lim}$$

On the base of (11) and (12) will have:

$$1.27\sigma^{2/3}h^{-4/3}l^2E^{-2/3} < 2 \times 10^{-4} \frac{\sigma_{bk}}{\sigma h} l^2. \quad (14)$$

From where

$$\sigma_{\lim} < 5.23 \times 10^{-3} \sigma_{bk}^{3/5} E^{2/5} h^{1/5}. \quad (14')$$

The expression (14) allows determine relation between the height of cross section h and minimal value of axial stress σ under the permanent loading for the column with known concrete class (strength). On the case of keeping of this relation the value of yielding of structure μ may be take equal 3.5 ($k_1=0.285$).

3. Analysis of results. In the table 2 are shown boundary values of axial stresses $\sigma_{\lim}$ what were calculated by (14) in dependence of column cross section h for the light and heavy concrete which are usually use in the construction of frame buildings in Armenia (concrete class B15, B20 and B25).

Table 2

The limit values of axial stresses

Height of column cross section h , cm	Limit values of axial stress $\sigma_{\lim}$ under the permanent loading for the different concretes, kgf/cm ²						
	light concrete				heavy concrete		
	B15 D2000	B20 D1800	B20 D2000	B25 D2000	B15	B20	B25
20	24.3	32.5	34.4	39.5	26.8	39.2	45.6
30	26.4	35.3	37.3	42.8	29.1	42.5	49.5
40	27.9	37.4	39.5	45.4	30.8	45.0	52.4
50	29.2	39.1	41.3	47.4	32.2	47.1	54.8
60	30.3	40.5	42.9	49.2	33.4	48.8	56.8
70	31.2	41.8	44.3	50.7	34.5	50.3	58.6
80	32.1	42.9	45.4	52.1	35.4	51.7	60.2

The values of characteristically strength of concrete σ_{bk} correspondingly take equal 200, 250, and 300kgf/cm². For the light concrete were considered three class of concrete: B20 (D1800), B20 (D2000) and B25 (D2000) with initial module of elasticity E equal 173×10^3 , 199×10^3 and 214×10^3 kgf/cm² correspondingly. For the heavy concrete class B15, B20 and B25 the values of initial modules of elasticity were 235×10^3 , 275×10^3 and 306×10^3 kgf/cm² correspondingly [5].

As you can see from Table 2, with increasing of column cross section height h the value of boundary axial stress under the permanent loading also increase, but very slowly. For the column from light concrete at $h=30 \div 50$ cm the value of $\sigma_{\lim}$ is 13÷15% from σ_{bk} and at $h=60 \div 80$ cm - 15÷16% from σ_{bk} . For the column from heavy concrete these relation is insignificant higher and there are at $h=30 \div 50$ cm - 15÷19% from σ_{bk} and at $h=60 \div 80$ cm - 18÷21% from σ_{bk} .

The limitation of relative drift of stories Δ of buildings also can be considers as measure for the structure seismic resistance. According to Armenian Code CCRA II-2.02-94 for the frame reinforced concrete structures

this limitation is 1/200 of the building height [4]. With accordance to experimental results what were received by M. Melkumyan [6] for the II-type reinforced concrete frame the limit drift Δ may be assume a 1/200÷1/160 of the floor height. In accordance to [2] the relative displacement for the buildings with ordinary height of the floors cannot exceed 2cm, that is for floor height $l = 300\text{cm}$ corresponded to $\Delta = 1/150$.

On the base of (11), the drift limitation can be express by the following way

$$1.27\sigma^{2/3}h^{-4/3}l^2E^{-2/3} < \Delta. \quad (15)$$

From (15) it is possible to determine the minimal height of column cross section for the different values of axial stresses σ :

$$h > 1.196\sigma^{1/2}E^{-1/2}\Delta^{-3/4}l^{3/2}. \quad (16)$$

For the above considered columns from the light and heavy concrete B15, B20 and B25 classes the minimal values of h calculated by (16) for the two values of limit drift $\Delta = 1.5 \text{ cm}$ (1/200) and $\Delta = 2.0\text{cm}$ (1/150) are shown in the table 3.

Table 3

The minimal values of columns section height h

Normal stress in the column under the permanent loading σ , kgf/cm^2	The height of column h must be not less than (cm)											
	acceptable drift is $\Delta=1.5\text{cm}$						acceptable drift is $\Delta=2.0\text{cm}$					
	light concrete			heavy concrete			light concrete			heavy concrete		
	B20 D1800	B20 D200	B25 D200	B15	B20	B25	B20 D1800	B20 D200	B25 D200	B15	B20	B25
5	25	23	22	21	20	18	20	19	18	17	16	15
10	35	33	31	30	28	26	28	26	25	24	22	21
15	43	40	38	37	34	32	34	32	31	29	27	26
20	49	46	44	42	39	37	40	37	35	34	31	30
25	55	51	49	47	44	41	44	41	39	38	35	33
30	60	56	54	52	48	45	47	45	43	42	38	36
35	65	61	59	56	52	49	52	49	46	45	42	40
40	69	65	63	60	55	52	56	52	51	48	44	42
45	74	69	66	63	59	55	59	56	53	51	47	44
50	79	73	70	67	62	58	63	58	56	54	50	47
55	82	76	73	70	65	61	66	61	59	56	52	49
60	85	80	77	73	68	64	69	64	62	59	54	52
70	92	86	83	79	73	69	74	69	67	64	56	56
80	98	92	87	85	78	74	79	74	70	68	60	60

As shown in table 3 the minimal height of the columns cross-section at $\Delta = 2\text{cm}$ in 1.24 times less than the acceptable distortion $\Delta = 1.5\text{cm}$. The comparison of the data of tables 2 and 3 shown the significant differences between limit maximal axial stresses and minimal heights of columns sections for the limit drift calculated by formula (15) and deformations by formula (12). The values of axial stresses s for the small and large height of columns section change insignificantly when use the formula (12) and when use the formula (15) this change is more rapidly. But in real limitation of column cross section height $50 < h < 70\text{cm}$ the using of both formula give the same result.

4. Conclusion. The research shows the connections between the coefficient of damaged, floors acceptable drifts, axial stresses and cross section height of reinforced concrete columns. In the research it is shown:

- 1) for the ordinary dimensions of cross section of columns (from 40 cm to 80 cm) and at the coefficient of

damages $k \leq 0.3$ the values of axial stresses under the permanent loading can not be more than 25% from characteristically strength of concrete;

2) the minimal height of column cross section at the acceptable drift $\Delta = 2.0\text{cm}$ in the 1.24 times less than at $\Delta = 1.5\text{cm}$;

3) the minimal height of cross section of column from heavy concrete is in the 1.5 times less than light concrete when the class of concrete is the same.

The main conclusion of research is that for the ordinary dimensions of columns cross sections the axial forces must be limited and its values must be not more than 25% from characteristically strength of concrete.

Above were shown the analysis of simple system with one degree of freedom. As shown in [2,3,9] and many other works, the maximal displacements in the elastic and elastic-plastic calculations of multi-storey buildings also insignificantly different like it is for above mentioned single floor buildings. In this case it is only necessary to increase the maximal displacement (8) on 20-25%. Therefore above-mentioned conclusions can be the same for ground floors of multi-storey buildings.

The selective calculations by norms of the former USSR ($k_1=0.24$, $A=0.1-0.2g$) of axial stresses under the permanent loadings for existing in Armenia multi-storey frame buildings shown that they don't satisfy to above-mentioned conditions. It is significantly decrease their real yielding and increase the possibility of brittle destruction during the earthquakes with ground acceleration 0.3-0.4g, that foreseen by Armenian Codes.

Yerevan State University of Architecture and Construction

References

1. *Newmark N.M., Rosenblueth E.* Fundamentals of Earthquake Engineering, (Prentice-Hall, Inc.Englewood CCliffs, N.Y., 1971) translation on Russian, M., p.344, 1980.
2. *Borges I. F., Ravara A.* Earthquake Engineering Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings, (Lisbon, 1969) translation on Russian, M., p.136, 1978.
3. *Khachian E. E.* Seismic Impact on High Buildings and Structures, Hayastan, Yerevan, p.328, 1973. (in Russian)
4. Seismic Construction. Construction Codes of Republic of Armenia CCRA II-2.02-94 Yerevan, p.94, 1998. (in Armenian and Russian)
5. Concrete and Reinforced Concrete Structures. Construction Codes CCR 2.03.01-84 Moscow, p.79, 1985. (in Russian)
6. *Melkumyan M. G.* Forming of Dynamic Calculation Models for Seismic Response Analysis of Reinforced Concrete Buildings, Yerevan, p.100, 1993. (in Russian)
7. *Poltavtsev S. I., Ayzenberg Y. M., Koff G. L., Melentiev A. M.*- Seismic Zonning and Seismic Construction, Moscow, p.260, 1998. (in Russian)
8. Construction in the Seismic Regions. Construction Codes CCR II-7-81 Moscow, p.47, 1982. (in Russian)
9. *Clough R. W, Penzien I.* - Dynamics of Structures, (McGraw-Hill Book Company, New-York, 1975) translation on Russian, Moscow, p.320, 1979.

Ակադեմիկոս Է. Ե. Խաչիյան, Պ. Հ. Տեր-Պետրոսյան, Վ. Վ. Պողոսյան

**Սեյսմիկ ազդեցությունների ժամանակ երկաթբետոնե կոնստրուկցիաներում
սեղմող նորմալ լարումների մեծությունների սահմանափակումների մասին**

Համաձայն սեյսմակայուն շինարարության նորմերի [4] երկրաշարժի ժամանակ կրող կոնստրուկցիաներում թույլատրվում են որոշակի վնասվածքներ: Հոդվածը նվիրված է այդ վնասվածքների մակարդակի վրա երկաթբետոնե կառույցի սեփական քաշից առաջացած սեղմող լարումների դերին: Ցույց է տրված, որ ինչքան փոքր լինեն այդ լարումները, այնքան մեծ չափերի վնասվածքներ կարելի է թույլատրել: Ստացված արդյունքները վկայում են, որ Հայաստանի սեյսմիկ պայմաններում սեփական քաշից երկաթբետոնե սյուներում առաջացած նորմալ լարումները չպետք է գերազանցեն բետոնի նորմատիվային ամրության 25%-ը: Նշվում է, որ նախկինում ՀՀ տարածքում կառուցված երկաթբետոնե բարձրահարկ շենքերը չեն բավարարում այս պայմաններին, ինչը կարող է բերել նրանց ընկրկելիության փոքրացմանը և փխուր քայքայման հավանականության մեծացմանը:

Академик Э. Е. Хачиян, П. А. Тер-Петросян, В. В. Погосян

**Об ограничениях величин нормальных сжимающих напряжений в
железобетонных конструкциях при сейсмических воздействиях**

Согласно нормам сейсмостойкого строительства [4] в несущих конструкциях при землетрясениях допускаются определенные повреждения. В статье рассматривается зависимость уровня таких повреждений от сжимающих напряжений, возникающих в железобетонных конструкциях под действием собственного веса. Показано, что чем меньше эти напряжения, тем больше уровень допустимых повреждений. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в сейсмических условиях Армении нормальные напряжения, возникающие в железобетонных колоннах под действием собственного веса, не должны превышать 25% нормативной прочности бетона. Отмечено, что построенные в прошлом на территории РА железобетонные здания не удовлетворяют этим условиям, что может привести к их податливости и возрастанию вероятности хрупкого разрушения.

УДК 661.732.9-611.81-599.323.4-616.379.608.64-771.74

Академик К. Г. Карагезян, А. Р. Едоян, Ш. С. Карян, Л. А. Едоян

**Особенности нормализующего действия сочетанного применения
сверхмалых доз кальциевого преципитата двуспиральной РНК с
тиосульфатом натрия на метаболизм жирных кислот головного мозга
белых крыс с аллоксановым диабетом**

(Представлено 11/VI 2003)

Исследования последних лет [1-4] продемонстрировали особенности регуляторных механизмов, ответственных за нормальное функционирование эндокринного аппарата поджелудочной железы с участием Ca^{2+} и принимающих непосредственное участие в оптимизации медиаторных и гормональных систем регуляции клеточной активности [5,6], обусловленной во многом мессенджерной функцией этих ионов и кальциевых каналов [7-9] как мембраностабилизирующих факторов первостепенной важности. Показана важная регуляторная роль сверхмалых доз [10] кальциевого преципитата дрожжевой низкомолекулярной двуспиральной РНК (Ca^{2+} -дс-РНК). Нормализующая роль этого физиологически активного соединения продемонстрирована при различных болезненных состояниях организма, в частности при болезнях крови [11-14], а также при аллоксановом диабете (АД) [15].

Целью настоящего сообщения явилось изучение особенностей физиологической активности сверхмалых доз Ca^{2+} -дс-РНК при более ограниченных сроках применения (10 дней) в комбинации с определенными дозами тиосульфата натрия (ТСН). Согласно научной информации последних лет [16-18] это соединение обладает ярко выраженной антиоксидантной активностью при различных экстремальных и патологических состояниях организма.

Как показали наши наблюдения, хотя изолированное действие Ca^{2+} -дс-РНК на протяжении 10 дней и характеризуется ярко проявляющейся тенденцией к восстановлению исходных показателей состава жирных кислот (ЖК) в мозговой ткани аллоксандиабетических белых крыс, тем не менее полученные данные продолжают демонстрировать статистически достоверные расхождения по сравнению с контролем и полностью нивелируются лишь спустя 20 дней после его применения. Дальнейшие исследования велись в направлении изучения особенностей комбинированного однократного введения в течение дня сверхмалых доз Ca^{2+} -дс-РНК (10^{-12}М) в сочетании с одновременной внутримышечной инъекцией 1 мл 10% раствора ТСН на протяжении 20 дней.

Исследования проводили на 60 беспородных белых крысах-самцах массой 180-200 г. АД вырабатывали однократным внутримышечным введением аллоксана из расчета 15 мг/100 г массы тела. Животных декапитировали под легким эфирным наркозом на 10 день после введения аллоксана на фоне ярко выраженной и стойкой гипергликемии. Изолирование головного мозга, его очистку от оболочек и кровеносных сосудов, гомогенизирование,

экстракцию ЖК проводили на холоду; их количественные колебания определяли на газовом хроматографе (Рau Unіkam, Англия).

Как показали исследования (табл. 1), АД у белых крыс характеризуется развитием в мозговой ткани ярко выраженных расстройств изменением качественного состава и количественного содержания как насыщенных (НЖК) (пальмитиновой - $C_{16:0}$, стеариновой - $C_{18:0}$), так и ненасыщенных (ННЖК) (олеиновой - $C_{18:1}$, линолевой - $C_{18:2}$, линоленовой - $C_{18:3}$, арахидоновой - $C_{20:4}$) кислот. Это свидетельствует о глубоких структурных нарушениях фосфолипидного компонента мозговой ткани, развивающихся в результате максимально повышенной активности фосфолипазы A_2 , катализирующей, как известно, реакцию деацилирования ННЖК с освобождением их большого количества, что в значительной степени констатируется при АД. Основная масса ННЖК вовлекается в реакции свободнорадикального окисления с образованием высоких концентраций продуктов перекисления, обладающих ярко выраженной мембранотоксической, а в далеко зашедших случаях и мембранолитической активностью. На фоне описанных расстройств накопившиеся в мозговой ткани неэстерифицированные НЖК в свою очередь вовлекаются в реакции ацилирования с лизопроизводными различных ФЛ-глицеридов, преимущественно лизофосфатидилхолинами. В результате имеет место замена НЖК на ННЖК - $C_{18:1}$, $C_{18:2}$, $C_{18:3}$ или $C_{20:4}$ с образованием так называемых "патологических разновидностей" ФЛ-глицеридов, что в свою очередь вносит значительный разнороб в реакции клеточного метаболизма. Понижение в результате отмеченных сдвигов содержания свободных НЖК в мозговой ткани приводит к заметному уменьшению при АД коэффициента отношения суммы НЖК к сумме ННЖК. Описанные расстройства в известной степени корректируются при 10-дневном одноразовом (в течение дня) применении Ca^{2+} -дс-РНК, хотя и полученные результаты продолжают статистически достоверно отставать от контрольных (табл.1).

Таблица 1

**Особенности количественных изменений (в мг%) жирных кислот
в мозговой ткани белых крыс в контроле, при аллоксановом диабете и спустя
10 и 20 дней после применения Ca^{2+} -дс-РНК (10^{-12} М ежедневно)**

Показатель	Контроль	Диабет	Ca^{2+} -дс-РНК	Ca^{2+} -дс-РНК
			10 дней	20 дней
Пальмитиновая $C_{16:0}$	27.3±0.69	19.7±0.61 ^x	23.4±0.59 ^x	26.7±0.63
Стеариновая $C_{18:0}$	39.1±0.67	31.9±0.59 ^x	35.6±0.61 ^x	37.8±0.66
Олеиновая $C_{18:1}$	38.3±0.63	30.8±0.61 ^x	34.9±0.60 ^x	35.3±0.59 ^{xx}
Линолевая $C_{18:2}$	3.9±0.09	1.0±0.07 ^x	2.1±0.09 ^x	3.1±0.09 ^{xx}
Линоленовая $C_{18:3}$	6.4±0.23	3.9±0.21 ^x	4.8±0.27 ^x	5.6±0.21 ^x
Арахидоновая $C_{18:4}$	8.9±0.71	19.9±0.73 ^x	13.6±0.69 ^x	10.9±0.70 ^{xx}

Сумма насыщенных жирных кислот $C_{16:0}+C_{18:0}$ (А)	66.4±0.62	51.6±0.60	59.0±0.57	64.5±0.61
Сумма ненасыщен- ных жирных кислот $C_{18:1}+C_{18:2}+$ $+C_{18:3}+C_{20:4}$ (В)	57.5±0.43	55.6±0.57	55.4±0.42	54.9±0.41
Коэффициент А/В	66.4/57.5=1.15	51.6/55.6=0.93	59.0/55.4=1.06	64.5/54.9=1.17

Примечание: n=19; x-P < 0.001; xx-P < 0.01; без обозначений - данные статистически недостоверны.

Примечательно, что изолированное 10-дневное применение ТСН в использованных концентрациях также не приводит к полному восстановлению исходных уровней в мозговой ткани животных с АД (табл. 2).

Таблица 2

Особенности количественных изменений (в мг%) жирных кислот в мозговой ткани белых крыс в контроле, при аллоксановом диабете и спустя 10 и 20 дней после применения тиосульфата натрия (1 мл 10% р-ра ежедневно)

Показатель	Контроль	Диабет	Тиосульфат натрия 10 дней	Тиосульфат натрия 20 дней
Пальмитиновая $C_{16:0}$	23.5±0.67	20.1±0.51 ^x	21.8±0.42 ^{xx}	23.1±0.61
Стеариновая $C_{18:0}$	36.1±0.61	29.7±0.59 ^x	32.0±0.60 ^x	35.9±0.63
Олеиновая $C_{18:1}$	35.9±0.69	31.6±0.63 ^x	33.7±0.51 ^{xx}	35.9±0.61
Линолевая $C_{18:2}$	3.7±0.11	1.1±0.09 ^x	2.9±0.13 ^x	3.6±0.13 ^{xx}
Линоленовая $C_{18:3}$	5.3±0.21	3.7±0.16 ^x	4.9±0.25 ^x	5.1±0.19 ^{xx}
Арахидоновая $C_{18:4}$	8.1±0.81	17.9±0.83 ^x	12.6±0.73 ^{xx}	8.3±0.75
Сумма насыщенных жирных кислот $C_{16:0}+C_{18:0}$ (А)	59.6±0.63	49.8±0.55 ^x	53.8±0.53 ^x	59.0±0.60
Сумма ненасыщенных жирных кислот	53.0±0.48	54.3±0.41 ^{xx}	54.1±0.53	52.2±0.46

$C_{18:1}+C_{18:2}+C_{18:3}+C_{20:4}^{(B)}$				
Коэффициент А/В	59.6/53.0=1.12	49.8/54.3=0.92	53.8/54.1=0.99	59.0/52.2=1.13

Примечание: n=19; x - P < 0.001; xx - P < 0.01; без обозначений - данные статистически недостоверны.

Применение же Ca^{2+} -дс-РНК в сочетании с указанными дозами ТСН при том же 10-дневном сроке сопровождается восстановлением исходных уровней ЖК различных категорий (табл.3).

Таблица 3

Особенности количественных изменений (в мг%) жирных кислот в мозговой ткани белых крыс в контроле, при аллоксановом диабете и спустя 10 и 20 дней после ежедневного одноразового комбинированного применения Ca^{2+} -дс-РНК (10^{-12} М) и тиосульфата натрия (1 мл 10% р-ра)

Показатель	Контроль	Диабет	Ca^{2+} -дс-РНК+ тиосульфат натрия 10 дней	Ca^{2+} -дс-РНК+ тиосульфат натрия 20 дней
Пальмитиновая $C_{16:0}$	25.7±0.55	20.3±0.51 ^x	24.9±0.54	26.9±0.53
Стеариновая $C_{18:0}$	37.3±0.59	30.1±0.55 ^x	35.9±0.59	36.9±0.57
Олеиновая $C_{18:1}$	36.6±0.61	30.1±0.59 ^x	34.8±0.60	36.1±0.59
Линолевая $C_{18:2}$	4.0±0.08	1.9±0.07 ^x	3.5±0.09	3.8±0.09
Линоленовая $C_{18:3}$	5.9±0.22	3.2±0.19 ^x	5.3±0.20	5.7±0.27
Арахидоновая $C_{18:4}$	8.7±0.63	17.4±0.61 ^x	9.3±0.61	8.3±0.61
Сумма насыщенных жирных кислот $C_{16:0}+C_{18:0}$ (А)	63.0±0.57	50.4±0.55	60.8±0.55	63.8±0.56
Сумма ненасыщенных жирных кислот $C_{18:1}+$ $+C_{18:2}+C_{18:3}+C_{20:4}$ (В)	55.2±0.46	52.6±0.47	52.9±0.45	53.9±0.49
Коэффициент А/В	63.0/55.2=1.14	50.4/52.6=0.96	60.8/52.9=1.15	63.8/53.9=1.19

Примечание: n=19; x - P < 0.001; xx - P < 0.01; без обозначений - данные статистически недостоверны.

Полученные результаты свидетельствуют о существовании важной синергической связи между эффектами двух испытанных нами физиологически активных соединений и служат основанием для интерпретации описанных феноменов с точки зрения участия указанных веществ в молекулярно-биологических преобразованиях систем регуляции клеточной активности. Они позволяют также рекомендовать разработанный нами метод комбинированной антиоксидантотерапии в условиях экспериментального АД для клинических испытаний.

Институт молекулярной биологии НАН РА

Литература

1. *Kasahara K., Kikkawa U.* - J. Biochem. Tokyo. 1995. V.117. P.648-653.
2. *Orellana A., Hidalgo P. C., Morales M. N.* - Eur. J. Biochem. 1990. V.190. P.57-61.
3. *Majumdar S., Rossi M. W., Fujiki T.* - J. Biol. Chem. 1991. V. 266. P. 9285-9294.
4. *Nesher M., Boneh A.* - Biochem. Biophys. Acta. 1994. V.1221. P. 66-72.
5. *Osborne T. F.* - Genes Dev. 2001. V. 15. P. 1873-1878.
6. *Osborne T. F.* - J. Biol. Chem. 2000. V. 275. P. 32379-32382.
7. *Faergeman N. J., Knudsen J.* - Biochem. J. 1997. V. 323. (part 1). P. 1-12.
8. *Wiernsperger N. F.* - Diabete Metab. Paris. 1999. V.25. P.110-127.
9. *Kelley D. E., Goodpaster B. H.* - Diabetes Care. 2001. V.24. P.933-941.
10. *Бурлакова Е. Б.* - Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева). 1999. Т. 43. N 5. С. 3-11.
11. *Магакян Ю. А., Каралова Е. М., Аброян Л. О., Захарян Р. А., Карапетян С. А.* - Цитология. 1998. Т.40, N 4. С. 266-274.
12. *Аброян Л. О., Каралова Е. М., Карапетян С. А., Магакян Ю. А.* - Биол. журн. Армении. 1998. Т.40, N 1-2. С.30-38.
13. *Аброян Л. О., Каралова Е. М., Захарян Р. А., Карапетян С. А., Магакян Ю. А.* - Биол. журн. Армении. 1998. N 2. С.140-143.
14. *Аброян Л. О.* Механизмы регуляции процесса восстановления эритрона при острой анемии у крыс и влияние на них Ca_{2+} -дс-РНК. Автореф. канд. дис. Ереван. 1999. 18 с.
15. *Карагезян К. Г., Едоян А. Р., Едоян Л. А., Овсепян Л. М.* - ДНАН Армении. 2003. Т.103. N 3.
16. *Каралова Е. М., Акопян Л. А., Габриэлян Н. А., Канаян А. С., Магакян Ю. А.* - Биол. журн. Армении. 1997. Т.50. N 1-2. С.41-45.
17. *Магакян Ю. А., Каралова Е. М., Акопян Л. А., Габриэлян Н. А., Канаян А. С.* - Биол. журн. Армении. 1997. Т.50. N 1-2. С.46-52.
18. *Акопян Л. А.* - Механизмы регуляции функционирования гепатоцитов и эндокринных панкреатитов крыс при остром панкреатите и влияние на них тиосульфата натрия. Автореф. канд. дис. Ереван. 1999. 20 с.

Ակադեմիկոս Կ.Գ.Ղարազյոզյան, Ա. Ռ. Եդոյան, Շ. Ս. Քառյան, Լ. Ա.Եդոյան

Երկպարուրաձև ՌՆԹ-ի կալցիումական ածանցյալի գերցածր քանակների և նատրիումի թիոսուլֆատի հետ զուգորդված կանոնավորիչ ազդեցության առանձնահատկությունները ալոքսանային շաքարախտով տառապող սպիտակ առնետների գլխուղեղի ճարպաթթուների մետաբոլիզմի վրա

Ցույց է տրված երկպարուրաձև ՌՆԹ-ի կալցիումական ածանցյալի գերցածր քանակների ($10^{-12}M$) և նատրիումի թիոսուլֆատի կանոնավորիչ ազդեցությունը փորձարարական (ալոքսանային) շաքարախտով տառապող սպիտակ առնետների ուղեղային հյուսվածքի հագեցած և չհագեցած ճարպաթթուների փոխանակության կանոնավորման գործում:

УДК 547.915+547.953+577.153+54-39

А. Р. Хачатрян, М. К. Карагезян

**Сравнительный анализ изменений динамики интенсивности
свободнорадикального окисления липидов в ферментативной и
неферментативной системах при интоксикации микотоксином
зеараленоном**

(Представлено академиком К. Г. Карагезяном 22/VIII 2003)

Изучение метаболизма мембран лимфоцитов (МЛ) селезенки белых крыс при отравлении их микотоксином зеараленоном (МТЗ) представляет интерес для многих направлений медико-биологического профиля [1].

Жирнокислотные компоненты липидов в качестве субстратов окисления, активно вовлекающихся в процессы свободнорадикального окисления (СРО), образуют продукты переокисления типа гидроперекисей, моно-, ди-, триеновых конъюгатов, соединений типа Шиффа, малонового диальдегида (МДА), формирующие в комплексе систему с мощным мембранотоксическим и мембранолитическим действием. Последнее обуславливает одно из главных молекулярно-биологических звеньев патогенетического механизма действия МТЗ [2].

Целью настоящего исследования явилось изучение особенностей изменения в МЛ селезенки белых крыс в различные периоды интоксикации МТЗ, сдвигов интенсивности течения реакций СРО липидов. Исследования проводились по выявлению и изучению особенностей нарушения интенсивности течения процессов СРО липидов в деталях при интоксикации в ферментативной и неферментативной системах [3].

Исследования проводились на 10 беспородных белых крысах-самцах массой 150-170 г, содержащихся на ординарном пищевом рационе в обычных условиях вивария. Интоксикацию МТЗ производили путем однократного внутривенного введения 1 мл этанолового раствора МТЗ в концентрации 15 мкг/мл в месте слияния верхней полый и подключичной вен (*Angulus venosus*); спустя 1, 2, 3, 4, 5 ч животных декапитировали под легким эфирным наркозом. Изолированные и многократно промытые селезенки объединяли и использовали для выделения лимфоцитов из клеточной суспензии центрифугированием в градиенте плотности фикол 400-верографин 12 и в количестве 10^7 клеток на 1 мл суспензии преинкубировали при 37°C в 0,1 М растворе трис-HCl-буфера (pH 7.4) в смеси со средой 199 (соотношение 1 : 4) в присутствии митогена конканавалина А (6 мкг/мл). В мембранах лимфоцитов, полученных методом осмотического шока и осажденных центрифугированием, определяли содержание МДА [4].

Анализ данных заключается в вычислении и сравнении описательных статистик в каждой подгруппе (5 уровней времени). Проверка нормальности распределения, показанная в таблице 1, проведенная с помощью критерия Шапиро-Уилка, подтвердила нормальность

распределения во всех группах по всем признакам. Для проверки статистических гипотез равенства средних в разные периоды времени использовался классический дисперсионный анализ (ANOVA). В случае отвержения гипотезы равенства средних использовался метод линейных контрастов Шеффе. Критический уровень значимости принимался равным 5% [5, 6]. Результаты проведенных исследований выявляют принципиально новую информацию по двум группам данных, касающихся количественных изменений МДА/мг белка в течение 5 ч в аскорбат-зависимой (неферментативной) (МДА1) и NADPH-зависимой (ферментативной) (МДА2) системах. В случае превышения уровня значимости $P < W$ над величиной 0.05 (т.е. 5%), мы руководствуемся нулевой гипотезой о нормальности данного признака в данной подгруппе. Анализ полученных результатов при подобном подходе позволяет сделать заключение о подчиненности всех изученных признаков по исследованным подгруппам нормальному распределению, что и послужило основанием для использования параметрический дисперсионный анализ - ANOVA для сравнения средних групповых (табл.2).

Данные, приведенные в табл. 2, построены на сравнении дисперсий, порождаемых внутригрупповой и межгрупповой вариациями с использованием F-критерия Фишера. Исходя из смысла фактора можно сформулировать нулевую гипотезу, согласно которой среднее количество МДА при отравлениях МТЗ не демонстрирует заметных различий в аскорбат- и NADPH-зависимой системах перекисления липидов, несмотря на то, что альтернативная гипотеза допускает возможность существования таких различий. В случае, когда $P > F < 5\%$, гипотеза о равенстве генеральных средних отклоняется.

Таблица 1

**Результаты проверки нормальности распределения признаков
в сравниваемых группах (МДА1 и МДА2)**

Переменная	Время	N	Mean	Sum	Std Dev	Variance	Skewness	Kurtosis	CV	Std Mean	W:Normal	Pr<W
МДА1	1	8	15,5	124	0.430946	0.185714	0.585474	-0.9177	2.780296	0.152362	0.927812	0.5012
МДА2		8	9.025	72.2	0.212132	0.045	-0.31427	-1.24444	2.350493	0.075	0.953426	0.7471
МДА1	2	8	20.2	161.6	0.4	0.16	0	-0.7	0.980198	0.141421	0.983282	0.9736
МДА2		8	11.975	95.8	0.265922	0.070714	0.660938	-1.02847	2.220639	0.094017	0.896811	0.2745
МДА1	3	8	20.4875	163.9	0.429077	0.184107	-1.40491	1.951579	2.094336	0.151702	0.867978	0.1468
МДА2		8	17	136	0.29277	0.085714	0	-1.596	1.722177	0.10351	0.951729	0.7305
МДА1	4	8	25.2	201.6	0.250713	0.062857	0	-0.14463	0.994894	0.088641	0.980637	0.9621
МДА2		8	18	144	0.29277	0.085714	0	-1.596	1.6265	0.10351	0.951729	0.7305
МДА1	5	8	30.2	241.6	0.320713	0.102857	0.519675	-0.89444	1.061965	0.113389	0.944218	0.6563

МДА2		8	22.5	180	0.267261	0.071429	0	-1.01584	1.187828	0.094491	0.958077	0.7919
------	--	---	------	-----	----------	----------	---	----------	----------	----------	----------	--------

Примечание. N – число непропущенных значений признака МДА1 и МДА2 в данной подгруппе. Mean – среднее арифметическое; Sum – сумма значений анализируемого признака (МДА1 и МДА2) в данной подгруппе, Std Dev – стандартное отклонение, Variance – вариация, Skewness – асимметрия, Kurtosis – эксцесс, CV – коэффициент вариации, W – значение критерия Шапиро-Уилка для проверки нормальности распределения; Pr<W – достигнутый уровень значимости для данного критерия.

Таблица 2

Параметрический дисперсионный анализ - ANOVA

Переменная	Анализ вариаций						
	Выделенные эффекты значимы при $p < 0.05000$						
	SS	MS	SS Error	R-Square	MS Error	F	Pr>F
МДА1	998.029	249.507	4.86875	0.995145	0.13910	1793.63	0.0001
МДА2	893.210	223.302	2.5100	0.997198	0.07171	3113.78	0.0001

Примечание. SS - сумма квадратов, MS - средний квадрат, SS Error - ошибка суммы квадратов, R-Square - коэффициент детерминации, показывающий силу связи между фактором T и зависимой переменной МДА1 или МДА2, MS Error - ошибка средних квадратов, F - критерий Фишера, Pr > F - уровень значимости при данном критерии.

Из табл. 2 вытекает, что Pr > F оказывается значительно меньше величины 0.05 (5%), что свидетельствует о правильности отказа от применения нулевой гипотезы. При внутригрупповом попарном сравнении генеральных средних при помощи теста Шеффе (табл. 3, 4) становится очевидным наличие довольно интенсивно совершающегося процесса изменения количества МДА в обеих системах перекисеобразования, особенно в аскорбат-зависимой. R-Square - показатель, называемый коэффициентом детерминации, показывающий силу связи между фактором (время T) и зависимой переменной (МДА1 и МДА2). Его значение изменяется от 0 до 1. Очевидно, что этот показатель подчеркивает очень большую зависимость между этими двумя признаками. С каждым последующим часом его среднее значение достаточно сильно меняется (рис. 1 и 2). В период времени перекисления от T1 к T2 и T3 до T5 наиболее интенсивно совершающиеся изменения в значениях МДА отличаются в аскорбат-зависимой системе, в то время как ко второму и третьему часу их значения оказываются максимально приближенными. Количество же МДА в NADPH -зависимой системе также обнаруживает время-зависимый рост с каждым часом, с наиболее резким скачком в интервале между 3-им и 4-ым часом. Проверка по Шеффе говорит о наличии статистически значимого различия между средними на 3-й и 4-й час наблюдения. Хотя средние и близки, но они все же статистически значимо различаются.

Таблица 3

Результаты теста Шеффе для переменной МДА1

Т Сравнение	Нижняя граница доверительного интервала	Разность средних	Верхняя граница доверительного интервала	Значимость сравнения при $\alpha = 0.05$
5-4	4.3938	5.0000	5.6062	***
5-3	9.1063	9.7125	10.3187	***
5-2	9.3938	10.0000	10.6062	***
5-1	14.0938	14.7000	15.3062	***
4-5	-5.6062	-5.0000	-4.3938	***
4-3	4.1063	4.7125	5.3187	***
4-2	4.3938	5.0000	5.6062	***
4-1	9.0938	9.7000	10.3062	***
3-5	-10.3187	-9.7125	-9.1063	***
3-4	-5.3187	-4.7125	-4.1063	***
3-2	-0.3187	0.2875	0.8937	
3-1	4.3813	4.9875	5.5937	***
2-5	-10.6062	-10.0000	-9.3938	***
2-4	-5.6062	-5.0000	-4.3938	***
2-3	-0.8937	-0.2875	0.3187	
2-1	4.0938	4.7000	5.3062	***
1-5	-15.3062	-14.7000	-14.0938	***
1-4	-10.3062	-9.7000	-9.0938	***
1-3	-5.5937	-4.9875	-4.3813	***
1-2	-5.3062	-4.7000	-4.0938	***

..

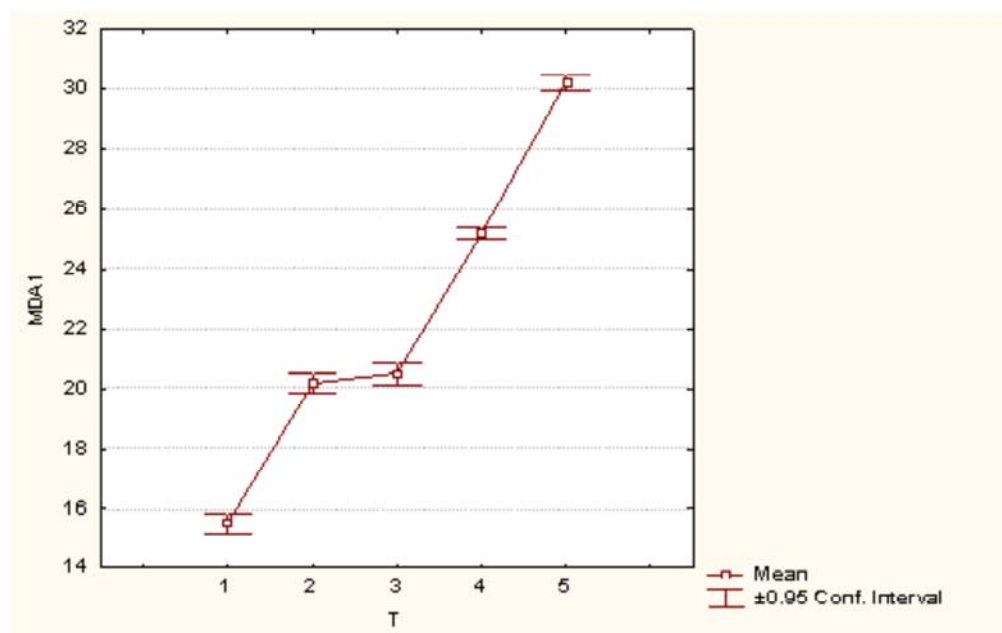


Рис. 1. Зависимость МДА1 от времени Т.

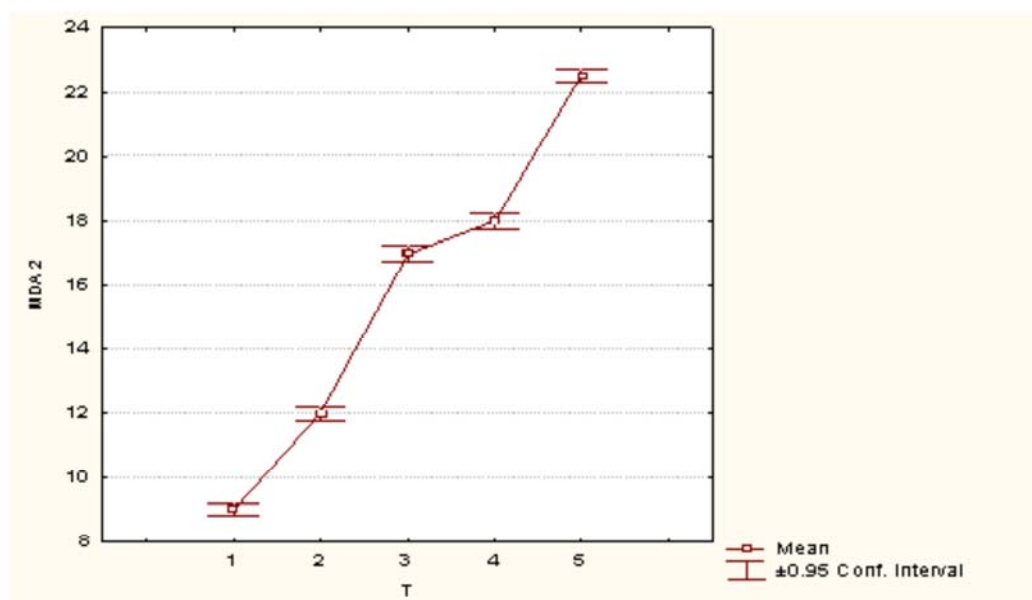


Рис. 2. Зависимость МДА2 от времени Т.

Таблица 4

Результаты теста Шеффе для переменной МДА2

Т Сравнение	Нижняя граница доверительного интервала	Разность средних	Верхняя граница доверительного интервала	Значимость сравнения при $\alpha = 0.05$
5-4	4.0648	4.5000	4.9352	***
5-3	5.0648	5.5000	5.9352	***
5-2	10.0898	10.5250	10.9602	***
5-1	13.0398	13.4750	13.9102	***
4-5	-4.9352	-4.5000	-4.0648	***
4-3	0.5648	1.000	1.4352	***
4-2	5.5898	6.0250	6.4602	***
4-1	8.5398	8.9750	9.4102	***
3-5	-5.9352	-5.5000	-5.0648	***
3-4	-1.4352	-1.0000	-0.5648	***
3-2	4.5898	5.0250	5.4602	***
3-1	7.5398	7.9750	8.4102	***
2-5	-10.9602	-10.5250	-10.0898	***
2-4	-6.4602	-6.0250	-5.5898	***
2-3	-5.4602	-5.0250	-4.5898	***
2-1	2.5148	2.9500	3.3852	***
1-5	-13.9102	-13.4750	-13.0398	***
1-4	-9.4102	-8.9750	-8.5398	***
1-3	-8.4102	-7.9750	-7.5398	***
1-2	-3.3852	-2.9500	-2.5148	***

Как видно из графиков зависимости МДА1 и МДА2 от времени Т с групповыми средними и 95%-ными доверительными интервалами для среднего, доверительные интервалы оказываются довольно узкими, что говорит о достаточно высокой точности оценки среднего этой величины и ее малой дисперсии (рис.1,2).

Вышеизложенное позволяет сделать заключение о более выраженных нарушениях перекисеобразовательного процесса в условиях интоксикации МКЗ в неферментативной системе перекисления, нежели в ферментативной, что подчеркивает важность статистического анализа в максимально объективной оценке патогенетической роли

изменений интенсивности течения реакций СРО липидов в мембранах лимфоцитов селезенки при изученной патологии, ответственных в целом за становление и модулирование иммунологической функции организма в экстремальных условиях его существования. Выражаем особую благодарность за помощь в выполнении статистического анализа В. П. Леонову (Центр БИОСТАТИСТИКА, Томск, РФ).

Институт молекулярной биологии НАН РА

Литература

1. *Владимиров Ю. А., Арчаков А. И.* Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. М. Наука. 1972. 230 с.
2. *Карагезян М. К., Овсепян Л. М., Овакимян С. С., Бояджян А. С., Осипян Л. Л., Карагезян К. Г.* - ДАН РА. 1995. Т. 341. N 2. С. 259-361.
3. *Карагезян М. К.* - Укр. биохим. журн. 2000. Т. 72. N3. С. 105-109.
4. *Хачатрян А. Р., Амирханян О. М., Карагезян М. К.* - Матер. шестого съезда Арм. физиол. о-ва. Ереван. 2001. С. 192-195.
5. *Ллойда Э., Ледермана У., Тюрина Ю. Н.* Справочник по прикладной статистике. В 2-х т. Финансы и статистика. М. Т.1. 1989. 510 с.; Т. 2. 1990. 526 с.
6. *Леонов В. П.* Обработка экспериментальных данных на программируемых микрокалькуляторах. Томск. Изд-во ТГУ. 1990. 376 с.

Ա. Ռ. Խաչատրյան, Մ. Կ. Ղարազյոզյան

**Լիպիդների ազատ ռադիկալային օքսիդացման ինտենսիվության դինամիկայի
համեմատական վերլուծությունը ֆերմենտային և ոչ ֆերմենտային համակարգերում
միկոտոքսին զեարալենոնով թունավորման ժամանակ**

Միկոտոքսին զեարալենոնով թունավորման ժամանակ լիպիդների ազատ ռադիկալային օքսիդացման հետազոտությունների արդյունքում առաջ են բերվել մի շարք վարկածներ, որոնց օբյեկտիվ գնահատման համար անհրաժեշտ է կատարել համապատասխան վիճակագրական վերլուծություն: Փորձարարական տվյալների նման վերլուծությունը հանգեցրեց այն եզրահանգմանը, որ ակնհայտ են պերօքսիդացիայի ընթացքի ընդգծված խախտումներ ոչ ֆերմենտատիվ միջավայրում զեարալենոնային թունավորման ժամանակ:

УДК 539.166.612.599.322

Р. М. Симонян, К. Р. Григорян, Ш. А. Маркарян, М. А. Симонян

**Влияние диметилсульфоксида на уровень эндогенных
металлопротеинов крови интактных и облученных гамма-лучами
крыс**

(Представлено академиком А. А. Галояном 14/X 2002)

Диметилсульфоксид (ДМСО) широко используется в медицинской практике как фармацевтический препарат для лечения заболеваний, представляющих собой различные проявления оксидантного стресса, при этом препарат ДМСО димексид оказывает бактерицидное, противовоспалительное, сосудорасширяющее действие, изменяет проницаемость клеточных мембран, стабилизируя их, обладает криопротекторным воздействием [1-4]. ДМСО оказывает цитопротекторное и радиопротекторное действие [5] при облучении мышей смешанными радионуклеотидами [6]. Профилактическое введение ДМСО предотвращает понижение супероксиддисмутазной (СОД)-активности в печени мышей при гамма-облучении, понижая при этом липидную перекисидацию [7]. Однако под воздействием гамма-лучей в водных растворах ДМСО образуются токсические для нуклеиновых кислот активные метилпероксильные радикалы [8]. Наряду с этим ДМСО снижает АТФазную активность в субмитохондриальных образованиях с подавлением гликолиза [9]. Механизм эффектов ДМСО связывается главным образом с его $\text{OH}^\bullet$ - улавливающей способностью [10,11], а эти радикалы, будучи высокоактивными, являются высокотоксичными для различных биосистем соединений, инициируют процесс липидной перекисидации биомембран, инактивируя многие ферменты, включая и СОД [12]. Для выявления механизмов воздействия ДМСО на гомеостаз не облученных и облученных гамма-лучами организмов целесообразно одновременно и комплексно определить сдвиги металлопротеинов крови (как чувствительный диагностический тест), продуцирующих и утилизирующих активные формы кислорода (АФК), без воздействия и под влиянием введенного в лечебном режиме ДМСО после различных доз облучения гамма-лучами (3.5 и 6.14 Гр), что и составляет цель работы.

Опыты проводились на белых половозрелых крысах-самцах (180-200 г), разделенных на пять групп по 10 животных в каждой. В контрольной группе (К) крысы получали внутрибрюшинно 0.9% хлористый натрий (0.5 мл) на 3 и 7 день опыта, в опытной группе-1 (ОГ-1) - 0.5 мл ДМСО по 40 мг/кг массы животного на 3 и 7 день эксперимента, в ОГ-2 и ОГ-3 животные были подвергнуты γ -облучению в дозе 3.5 и 6.14 Гр соответственно. В ОГ-4 и ОГ-5 животные получали по 40 мг/кг ДМСО на 3 и 7 дни после γ -облучения в дозе 3.5 и 6.14 Гр соответственно. Крыс декапитировали под легким эфирным наркозом на 15 день эксперимента. Кровь животных каждой группы собирали в отдельных сосудах, стабилизируя 2% раствором оксалата натрия.

Металлопротеины крови антиоксидантного действия (СОД, каталаза, полученные из растворимой фракции эритроцитов, церулоплазмин (ЦП) и трансферрин (ТФ) из сыворотки крови) и новые металлопротеины прооксидантного действия (суммарная фракция сывороточных цитохромов b_{558}^I и b_{558}^{II} ; эритроцитарные мембранные цитохромы b_{558}^{III} и b_{558}^{IV} , супероксидпродуцирующий липопротеин сыворотки - супрол с определением его супероксидпродуцирующей активности [13], а также цитохром b_5 - из растворимой фракции эритроцитов) получали одновременно по биотехнологическому способу [14], путем ионообменной хроматографии отдиализованных против воды сыворотки, белковой фракции плазматической части эритроцитов и солюбилизированной без использования детергента белковой фракции мембран эритроцитов [15] на отдельных колонках с целлюлозами ДЕ-52 и КМ-52 ("Whetman", Англия) и сефадексом ДЕАЕ А-50 ("Pharmacia", Швеция) и гель-фильтрации на биогеле Р-100 ("Reanal", Венгрия).

СОД-активность фракций и O_2^- -продуцирующую активность супрола определяли методом нитротетразолиевого синего путем вычисления процента понижения (в случае СОД) или прироста (в случае супрола) плотности максимального оптического поглощения формазана (при 560 нм), образовавшегося в результате восстановления нитротетразолия синего супероксидными радикалами. Каталазную активность фракций определяли перманганатометрическим методом, рассчитав количество расщепляющейся перекиси водорода за 1 мин при 20° под воздействием определенного количества фракций. Удельные активности СОД и каталазы определяли в расчете на 1 мл эритроцитов, удельную O_2^- -продуцирующую активность супрола - в расчете на 1 мл сыворотки.

Количество металлопротеинов рассчитывали путем измерения величин характерных максимальных оптических поглощений, которые для цитохрома b_5 наблюдаются при 525 нм, цитохромов b_{558} - 530 нм (окисленная форма), ЦП - 610 нм, ТФ - 470 нм и супрола - 430 нм (слабое плечо). γ -облучение животных осуществляли на установке "РУМ-I" (СССР), с фильтрами Cu и Al-0.5 мм. Оптические спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре "Specord UV-VIS" (Германия), с длиной оптического пути 1 см при 20°C. Описанный эксперимент повторяли 4 раза; полученные результаты обрабатывали общеизвестным методом вариационной статистики Стьюдента - Фишера.

Под влиянием ДМСО в крови интактных животных уровень металлопротеинов анти- и прооксидантного действия повышается, исключение составляет цитохром b_5 (таблица, ОГ-1). В этой группе повышение уровней O_2^- -продуцирующих металлопротеинов происходит не на фоне адекватного повышения уровней утилизирующих O_2^- (других АФК) антиоксидантного действия металлопротеинов. При этом заметно увеличиваются уровни эритроцитарных мембранных цитохромов b_{558}^{III} и b_{558}^{IV} , O_2^- -продуцирующая активность супрола и уровень ТФ. Уровни же ЦП, каталазы, супрола и суммарной фракции сывороточных цитохромов b_{558}^I и b_{558}^{II} , а также СОД повышаются незначительно. Можно констатировать, что под

воздействием ДМСО в интактных организмах происходит стимулирование аэробных метаболических процессов с участием АФК.

В ОГ-2 на фоне понижения уровней прооксидантного действия металлопротеинов (цитохромы b_5 , b_{558}^I и b_{558}^{II} , супрол) и антиоксидантных металлопротеинов (СОД и особенно каталаза) происходит повышение уровней эритроцитарных мембранных цитохромов b_{558} , ЦП, ТФ и O_2^- - продуцирующей активности супрола. При увеличении дозы облучения (ОГ-3) происходит общее снижение уровней как прооксидантного, так и антиоксидантного действия металлопротеинов, хотя уровень ЦП практически не меняется, а уровень каталазы даже заметно повышается. ДМСО в лечебном режиме в ОГ-4 приводит к некоторому повышению уровней цитохрома b_5 , сывороточных цитохромов b_{558}^I , b_{558}^{II} и ТФ, хотя уровни остальных цитохромов b_{558} , ЦП, СОД и каталазы продолжают снижаться. В ОГ-5 происходит заметное увеличение уровней цитохрома b_5 , супрола (его O_2^- - продуцирующей активности), ЦП, ТФ, СОД и каталазы, однако уровни сывороточных и эритроцитарных цитохромов b_{558} остаются ниже нормы. При этом положительный регулирующий эффект ДМСО в ОГ-5 более ощутим, чем в ОГ-4.

Уменьшение уровня цитохрома b_5 в ОГ-1 скорее всего есть результат повышения подвижности животных под воздействием ДМСО (при гипокинезии происходит резкое повышение уровня цитохрома b_5). Понижение уровня сывороточных цитохромов b_{558}^I и b_{558}^{II} (особенно при гамма-облучении 6.14 Гр), видимо, связано с повышением их расходования в процессе "обуздания" токсического воздействия перекиси водорода на различные биосистемы плазмы. Сывороточные цитохромы b_{558} , особенно цитохромы b_{558}^{II} из сыворотки крови крыс, проявляют высокую резистентность против H_2O_2 , по сравнению с другими цитохромами, более того, защищают биосистемы от деградирующих эффектов перекиси водорода не путем ее расщепления, как это делает каталаза, а путем "экранирования" перекиси [16]. При увеличении дозы облучения в результате радиолиза образуются АФК, в частности O_2^- , продуктом ферментативного дисмутирования которого является перекись водорода [12]. Видимо, из-за этого в ОГ-3 соответственно увеличивается уровень каталазы. С другой стороны, в ОГ-2-4 в условиях начинающейся анемии, наряду с уменьшением уровня гемоглобина, уменьшаются уровни и других металлопротеинов - участников метаболических процессов переноса электрона, в частности, в эритроцитах (цитохром b_5 , СОД, каталаза, уровень последнего, как отмечалось, заметно выше только в ОГ-3). В ОГ-2 повышение уровня эритроцитарных мембранных цитохромов b_{558} скорее всего связано с повышением уровня липидной пероксидации в этих мембранах, в результате чего могут расщепляться гидрофобные связи, ответственные за удержание этих гемопротеинов в соответствующих местах мембран (это облегчает выброс цитохромов b_{558} из мембран эритроцитов в растворимую фазу). В ОГ-3 уменьшение уровня цитохромов b_{558} из мембран эритроцитов свидетельствует об ощутимом истощении организма и потере стабильности мембран

эритроцитов, новыми структурно-функциональными элементами которых являются цитохромы b_{558} различных типов [17]. Аналогичного типа цитохромы b_{558} локализованы в мембранах различных биосистем, в частности, в мембранах форменных элементов плазмы, и в основном являются НАДРН-зависимыми O_2^- - продуцирующими системами [18].

Увеличение O_2^- - продуцирующей активности супрола в ОГ-2-4 с уменьшением его уровня может быть, с одной стороны, связано с активированием этого НАДРН-содержащего липопротеина сыворотки высокой плотности нового типа *in vivo* [19], с другой - с увеличением его расходования путем перекисного окисления собственных фосфолипидных остатков (этот процесс может усиливаться продуцируемыми самим супролом O_2^- , которые наряду с гидроксильными радикалами $OH^\bullet$ также инициируют липидную пероксидацию) [13].

Изменение уровней ЦП и ТФ свидетельствует об определенном нарушении метаболизма меди и железа во всех группах. Уменьшение уровня СОД после гамма-(рентгеновского) облучения связано не только с повышением ее расходования, но и с обратимым восстановлением Cu^{2+} в активном центре фермента супероксидными радикалами или перекисью водорода как *in vitro*, так и *in vivo*; при таком облучении и вводимая СОД имеет защитную компенсаторную функцию [20]. Снижение уровня СОД в ОГ-2-4, видимо, также происходит по аналогичному механизму. С другой стороны, ДМСО, являясь скаведжером $OH^\bullet$ радикалов, так или иначе предотвращает дезактивацию Cu , Zn -СОД, хотя в апротонной среде ДМСО заменяет молекулы воды в активном центре фермента и необратимо изменяет нативную конформацию его активного центра и несколько дезактивирует этот фермент [20]. Поскольку ДМСО имеет высокую проницаемость через различные биомембраны [3], включая и эритроцитарные, не исключается и непосредственное его воздействие на СОД, локализованную в эритроцитах. Эти эффекты ДМСО необходимо учитывать при его использовании в медицинской практике, в частности, в качестве радиопротектора.

Под воздействием ДМСО в указанном режиме оптические спектры ЦП, ТФ, цитохромов b_5 , b_{558} и супрола ощутимых качественных изменений не претерпевают *in vivo*, что является немаловажным аргументом в пользу ДМСО как фармацевтического препарата.

Можно констатировать, что в течение пятнадцатидневного постоблученного периода адаптационные механизмы организма энергичнее противодействуют более повышенным дозам рентгеновского облучения (6.14 Гр), чем меньшим (3.5 Гр). Изменение метаболизма АФК под воздействием ДМСО у интактных и облученных животных происходит неадекватным образом, что вызывает соответствующий дисбаланс между уровнями продуцирующих и утилизирующих O_2^- - металлопротеинов. Это является основным фактором оксидативного повреждения крови при гамма-облучении в различных дозах в период коренных изменений гомеостаза (в течение первых 15 дней после облучения).

Радиорезистентность организма под воздействием ДМСО связана не только со стабилизацией эритроцитарных мембран, но и с повышением уровней ключевых металлопротеинов антиоксидантного действия (СОД, каталаза, ЦП и ТФ), утилизирующих,

нейтрализующих АФК различными механизмами.

Относительные сдвиги уровней эндогенных металлопротеинов крови интактных и облученных гамма-лучами (3.5 и 6.14 Гр) крыс в отсутствие и под воздействием ДМСО по сравнению с контрольными показателями, которые принимаются за 100% (n=4, P < 0.05)

Металлопротеины	ОГ-1	ОГ-2	ОГ-3	ОГ-4	ОГ-5
Цитохром b ₅	-24.1±2.2	-12.5±1.4	-27.8±3.5	-12.6±1.6	+9.2±1.1
Суммарная фракция цитохрома b ₅₅₈ ^I и b ₅₅₈ ^{II}	+2.5±0.4	-16.7±2.1	-63.2±5.4	-10.1±1.3	-31.6±3.3
			P < 0.01		
Цитохром b ₅₅₈ ^{III}	+16.3±2.4	+51.5±5.2	-21.8±2.0	-54.1±7.2	-16.4±1.6
		P < 0.02			
Цитохром b ₅₅₈ ^{IV}	56.1±7.7	+52.0±5.8	-4.0±0.3	-50.5±6.9	-48.7±5.4
Супрол	+5.5±1.2	-79.2±8.0	66.7±4.9	-65.8±6.1	+32.2±3.6
O ₂ ⁻ - продуц. активность супрола	+109.6±7.9	+120.4±10.2	9.5±1.1	+133.4±15.3	+76.0±5.4
				P < 0.04	
ЦП	+2.2±0.2	+50.0±4.7	+4.1±0.3	-25.1±2.3	+40.0±4.9
Cu, Zn-СОД	+11.6±1.9	-14.5±1.2	-2.0±0.2	-14.5±2.1	+3.8±0.1
ТФ	+23.8±2.6	+46.6±5.1	+14.3±1.2	+26.6±2.9	+71.4±8.0
Каталаза	+2.4±0.3	-44.1±4.6	+50.0±5.1	-23.4±2.2	+27.0±5.1
			P < 0.01		

Институт биохимии им. Г. Х. Бунятына НАН РА
Ереванский государственный университет

Литература

1. Компанцева Е. В., Гаврилин М. В., Сеньчукова Г. В. и др.-Лекарственные препараты. 2000. Т.34. С. 53-54.
2. Брилль Г. Е., Захаров Е. И.-Эксп. клин. фармакол. 1998. Т.61. С. 54-56.
3. Jacob S. V., Herschler R.-Cryobiology. 1986. V.23. P. 14-27.
4. Веселовский В. П., Богоявленский И. Ф., Сергеев В. П. Применение димексида в медицине. Л. 1998.
5. Ashwood-Smith M. J.- Ann. N. - Y Acad. Sci. 1967. V.4. P. 41-62.
6. Goddu S. M., Narra V. R., Harapanhali R. S. -Acta oncol. 1996. V.35. P. 901-907.

7. *Ueda T., Toyoshima Y., Kushihiushi T., Hishida H.-J.* Toxcicol. Sci. 1993. V.18. N4. P. 239-249.
8. *Milligan J. R., Ng J. Y., Wu C. C. et al.* -Radiat. Res. 1996. V.146. P. 436-443.
9. *Gosh A.K., Iti T., Gosh S., Sloviter H. A.* -Biochem. Pharmacol. 1976. V.25. P. 1115-1117.
10. *Гуляева Н. В.-Ж.* высш. нервн. деятельн. им. И. П. Павлова. 1987. Т.37. N2. С. 356-358.
11. *Panganamala R. V., Sharma H. M., Lleikkila R. F.*-Prosataglandins. 1976. V.11. P. 599-607.
12. *Fridovich I.*-Ann. Rev. Biochem. 1995. V. 64 P. 97-112.
13. *Симонян М. А., Карапетян А. В., Бабаян М. А., Симонян Р. М.*-Биохимия. 1996. Т.61. N5. С. 932-938
14. *Симонян М. А., Симонян Г. М., Мелконян Р. В.* Лицензия изобр. N341. Армпатент. 1997. Ереван.
15. *Симонян М. А., Симонян Г. М., Григорян Г. Г., Симонян Р. М.* Лицензия изобр. N908. Армпатент. 2001. Ереван.
16. *Симонян Г. М., Григорян Г. Г., Симонян Р. М., Симонян М. А.* В сб.: Актуальные вопросы военной медицины. Ереван. Гос. мед. ун-т. 1999. С. 48-61.
17. *Симонян М. А., Симонян Г. М., Бабаян М. А.*- Биохимия. 1995. Т. 60. С. 1977-1987.
18. *Batot G., Paclet M. H., Dousierre J. et all.*-Biochem. Biophys. Acta. 1998. P. 1406-1412.
19. *Симонян Г. М., Бабаян М. А., Симонян Р. М., Симонян М. А.*- Биол. журн. Армении. 1999. Т. 52. С. 18-21.
20. *Симонян М. А.* Автореф. докт. дис. Ереван. НАН РА. 1996.

Ռ. Մ. Սիմոնյան, Կ. Ռ. Գրիգորյան, Շ. Ա. Մարգարյան, Մ. Ա. Սիմոնյան

Դիմերթիլսուլֆօքսիդի ազդեցությունը ինտակտ և գամմա-ճառագայթահարված առնետների արյան մետաղապրոտեինների էնդոգեն մակարդակի վրա

Բուժական նպատակով ներարկված դիմերթիլսուլֆօքսիդի (ԴՄՍՕ) ազդեցության ներքո (ԴՄՍՕ-ն տրվում է ներորովայնային ներարկումով՝ 40 մգ/կգ չափաքանակով փորձի 3-րդ և 7-րդ օրը) հիմնականում դիտվում է ինտակտ առնետների արյան հակաօքսիդային և պրօօքսիդային գործողության մետաղապրոտեինների էնդոգեն մակարդակների աճ: Հիմնականում դրանք մոտենում են ստուգիչ չափանիշներին՝ 3.5 և հատկապես 6.14 Գր դոզաներով գամմա-ճառագայթումից հետո:

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

ՈՒՏԴ 615.849.19 -577.125.8

Ակադեմիկոս Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Լ. Մ. Հովսեփյան, Հ. Ա. Մարտիրոսյան

**Ցածր էներգետիկ He - Ne լազերային ճառագայթման ազդեցությունը լյարդի և սրտի
գլիկոսֆինգոլիպիդներից ստացված սֆինգոզինի քանակական պարունակության վրա
ալոքսանային շաքարախտի պայմաններում**

(Ներկայացված է 14/IV 2003)

Վերջին տասնամյակներում բազմաթիվ ախտաբանական երևույթների թերապիա-
յում լայն տարածում է գտել լազերային ճառագայթումը (ԼՃ): ԼՃ-ի ազդեցությունը
կենսաբանական կառուցվածքների վրա պայմանավորված է վերջիններում սպեցիֆիկ և
ոչ սպեցիֆիկ ֆոտոակցեպտորների առկայությամբ, որոնց փոխազդեցությունը ԼՃ-ի հետ
պայմանավորում է էներգիայի կլանման տարբեր մակարդակներ, որոնք ինտենսիվ
օգտագործվում են կարևորագույն կենսաքիմիական փոխարկումների կատալիզում [1]:
ԼՃ-ի հիմնական թիրախ են հանդիսանում բջջային մեմբրանները, քանի որ ապա-
ցուցված է նրա ազդեցությունը լիպիդային երկշերտ բևեռացված խմբերի վերակազ-
մավորման վրա, վերջինս էլ նպաստում է այն պրոցեսների փոփոխությանը, որոնք
կապված են մեմբրանների հետ [2]: Պլազմատիկ մեմբրանների կարևորագույն բաղա-
դրիչներից է բարձրակարգ ալիֆատիկ չհագեցած ամինաապիրտ սֆինգոզինը (Ս), որը
տեղակայված է մեմբրանում՝ էնդոզեն ցերամիդից ցերամիդազա ֆերմենտի օգնությամբ:
Ս-ի կենսասինթեզը բջջում իրականացվում է սերին ամինաթթվից և պալմիտինաթթվից՝
կոֆերմենտ A-ի մասնակցությամբ: Սույն հետազոտության նպատակն է ուսումնասիրել
սֆինգոզինի, որպես գլիկոսֆինգո լիպիդների կարևոր բաղադրիչի, քանակական պա-
րունակությունը նորմայում, ալոքսանային դիաբետի (ԱԴ) և ԼՃ-ն որպես թերապիայի
միջոց օգտագործելու պայմաններում:

Հետազոտությունները տարվել են 80 սեռահասուն սպիտակ արու առնետների
վրա՝ 170-200 գ քաշով, որոնք բաժանված են եղել 3 խմբի՝ 1) ինտակտ, 2) ալոքսանդիա-
բետիկ, 3) ալոքսանդիաբետիկ՝ 15 օր ԼՃ-ի ենթարկված: II և III խմբի առնետների մոտ
առաջացվել է ինսուլինային անբավարարվածություն (ԻԱ)՝ ալոքսան ներարկելու
եղանակով: Ներարկման չափը՝ 15 մգ/100 գ քաշին: Այս խմբերում 15-օրյա ժամանակա-
հատվածում պարբերաբար որոշվել է շաքարի քանակը արյան մեջ: Ճառագայթման է

ենթարկվել կենդանու ենթաստամոքսային գեղձի հատվածը՝ նախօրոք մաքրված լինելով մազաձածկից: Լճ-ն բնորոշվել է հետևյալ պարամետրերով՝ ալիքի երկարությունը՝ 632.8 նմ, հետքի տրամագիծը՝ 1.5 սմ, ճառագայթման մակերեսը՝ 1.8 սմ², ընդհանուր էներգիան՝ 66 Ջ, ճառագայթման հզորությունը՝ 110 մՎտ, հզորության խտությունը (ՀԽ)՝ 66 մՎտ/սմ², ճառագայթման էքսպոզիցիան՝ 600 վ:

Սֆինգոզինային հիմքերը անջատելու համար լյարդի և սրտի գանգլիոզիդներն ու ցերեբրոզիդները ենթարկվել են թթվային մեթանոլիզի, որին հաջորդել է սֆինգոզինային հիմքերի էքստրակցիան: Գանգլիոզիդների հիդրոլիզն իրականացվել է խիտ աղաթուջուր-մեթանոլ (8.6:9.4:82) համակարգում, 18 ժամում, 80°C-ում: Ցերեբրոզիդները հիդրոլիզվել են խիտ ծծմբական թթու-մեթանոլ (1:20) խառնուրդում, 78-80°C-ում, 6 ժամվա ընթացքում [3]:

Ինչպես ցույց են տվել մեր հետազոտությունները, ԱԴ-ի պայմաններում սրտում նվազում է գանգլիոզիդներից և ցերեբրոզիդներից անջատված սֆինգոզինի քանակը [4]: Լյարդում գանգլիոզիդներից ստացված սֆինգոզինի քանակը նվազում է, իսկ ԱԴ-ի սկզբնական երկու շաբաթում բարձրանում է ցերեբրոզիդներից և սուլֆատիդներից ստացված սֆինգոզինի քանակը [5]: Հետազոտությունների այս բաժնում ստացված արդյունքները ներկայացնում են He - Ne Լճ-ի և ԱԴ-Ի պայմաններում լյարդից և սրտից էքստրակտված սֆինգոզինի քանակական տատանումները:

He -Ne լազերային ճառագայթման ազդեցությունը լյարդի և սրտի գլիկոսֆինգոլիպիդներից ստացված սֆինգոզինի քանակական պարունակության վրա ալոքսանային դիաբետի պայմաններում ($M \pm m$, $n=7$, ՀԽ=66 մ Վտ/սմ²)

Էքսպոզիցիա	Օրգան	Գանգլիոզիդներից ստացված սֆինգոզին (մկգ/գ)		
		նորմա	ալոքսանային դիաբետ	լազերային ճառագայթման և ալոքսանային դիաբետի պայմաններում
600վ	Լյարդ	37.4±3.8	22.5±1.1 P<0.01	29.7±1 P<0.05
	Սիրտ	28.5±1.3	17.0±0.97 P<0.001	22.0±0.9 P<0.002
	Սուլֆատիդներից և ցերեբրոզիդներից ստացված սֆինգոզին (մկգ/գ)			
	Լյարդ	11.2±0.7	25.9±0.9 P<0.001	19.4±0.9 P<0.001
	Սիրտ	47.3±9	34.2±1.12 P<0.1	40.8±1.4 P<0.5

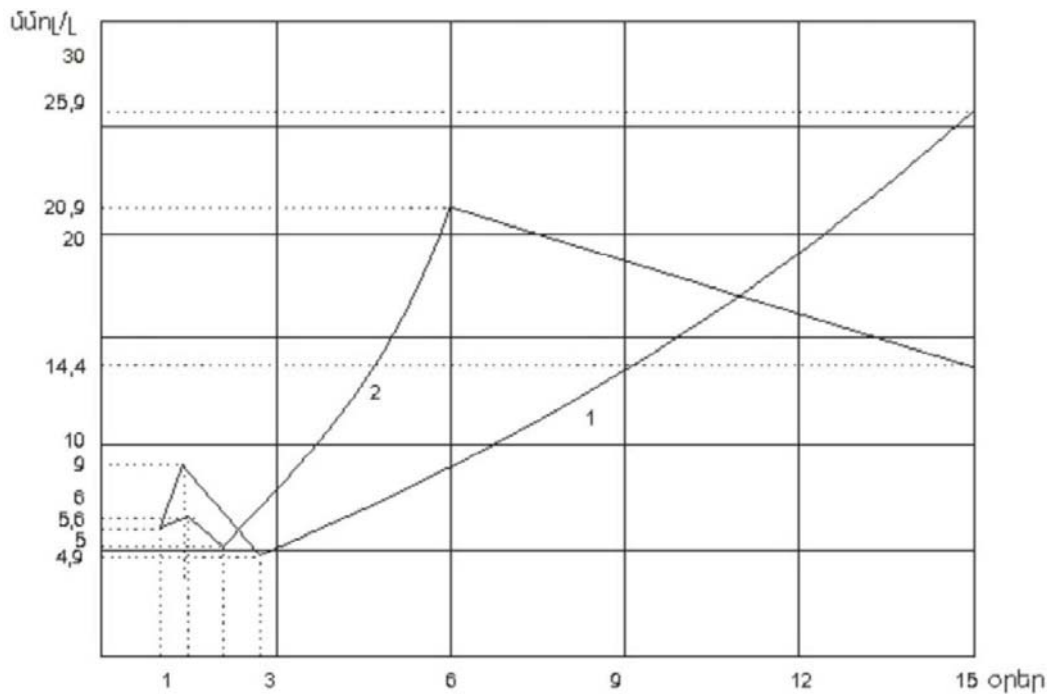
Հարկ է նշել, որ լազերային էներգիան, անցնելով մաշկի միջով, կիսով չափ կլանվում է: Նշանակում է, որ β -բջջերի կոզակային հյուսվածքի վրա ազդում է 33 Ջ էներգիա, համապատասխանաբար կիսով չափ փոքրանում է լազերի ՀԽ-ն (30.5 մՎտ/սմ²):

Ինչպես երևում է աղյուսակից, He - Ne Լճ-ի և ԱԴ-ի երկակի ազդեցության պայմաններում դիտվում է սֆինգոզինի քանակական պարունակության զգալի փոքր

շեղում նորմայից, քան ԱԴ-ի պայմաններում: Տվյալ դեպքում կարելի է խոսել օրգանիզմում «միջին ձևի» դիաբետի զարգացման մասին: Պետք է ընդգծել, որ այս պարագայում փորձնական ժամանակահատվածում կենդանիների անկման փաստեր չեն գրանցվել, ի տարբերություն այն իրողության, որ միայն ԱԴ-ի պայմաններում առնետները սկսում են սատկել ներարկման երրորդ օրից սկսած: Նախնական հետազոտությունները հնարավորություն տվեցին ԱԴ-ի պայմաններում հաշվարկել գլիկոսֆինգո լիպիդների դեգրադացիայի արդյունքում անջատված Ս-ի մոտավոր քանակները [4,5]: Հայտնի են որոշակի տվյալներ այն մասին, թե ինչ ախտաբանական փոփոխությունների կարող է հանգեցնել ազատ ցերամիդի ավելացող ֆերմենտատիվ դեգրադացիան և, հետևաբար ազատ Ս-ի քանակի ավելացումը: Այս մասին է վկայում այն փաստը, որ ցերամիդի ֆերմենտատիվ դեգրադացիայի արդյունքում անջատված Ս-ն գլխավորում է բջջային մահվան՝ ապոպտոզի ազդանշանի փոխանցումը, ISE պրոտեազների ակտիվացումը, bcl-2 գենի և նրա արգասիքի էքսպրեսիայի արգելակումը: Ս-ի կտրուկ ավելացման ֆոնի վրա լյարդում տեղի են ունենում ապոպտիկ փոփոխություններ [6]: Մյուս կողմից Ս-ն օժտված է հակամակարդիչ ազդեցությամբ, քանի որ արգելակում է պրոթրոմբինից թրոմբինի առաջացումը [6], և նրա քանակական տատանումները ԱԴ-ի պայմաններում այս տեսանկյունից ևս կանդրադառնան ախտաբանական պրոցեսների զարգացման վրա:

Քննարկելով ԱԴ-ի ժամանակ սֆինգոզինի քանակական տատանումներից բխող հետևանքները, հարկ է նշել նաև այն դրդապատճառները, որոնք նպաստում են վերոհիշյալ փոփոխություններին: Աղյուսակում ներկայացված են ճարպային փոխանակության արդյունքներ՝ օրգանիզմում ինսուլինի տարբեր մակարդակների դեպքում: Անհրաժեշտ է հաշվի առնել այն փաստը, որ այս դեպքում փոխանակության պրոցեսների խանգարումը ԱԴ-ի պայմաններում և մասնակի կանխումը LՃ-ն որպես թերապիայի միջոց օգտագործելու դեպքում կախված են ենթաստամոքսային գեղձի β -բջջերում տեղի ունեցող առաջնային պրոցեսներից: Փաստորեն, պանկրեատիկ հյուսվածքը ենթարկվում է դիաբետոգեն ալոքսանի և LՃ-ի երկակի ազդեցությանը, ինչը ազդում է արյան մեջ շաքարի քանակի փոփոխությանը:

Նկարում ներկայացված է արյան մեջ շաքարի քանակի տատանման դինամիկան ԱԴ-ի և LՃի ու ալոքսանի համատեղ ազդեցության ժամանակ: (1) կորը բնորոշում է այն փոփոխությունները, որոնք վերաբերում են ալոքսան ներարկելու պահից արյան մեջ շաքարի քանակական փոփոխություններին: Վերջինս արտահայտվում է սկզբնական 2-4 ժամում շաքարի քանակի բարձրացմամբ, դրան հաջորդող 15-20 ժամ տևող հիպոգլիկեմիայով, որին փոխարինում է երկրորդային հիպերգլիկեմիան: He-Ne LՃ-ի և ալոքսանի միաժամանակյա ազդեցությունը սկզբում առաջացնում է համանման փոփոխություններ, որը մեկ շաբաթից փոխարինվում է արյան մեջ գլյուկոզայի քանակի իջեցմամբ մինչև 14 մմոլ/լ (2): Այս փաստը ևս ապացուցում է LՃ-ի հակազդեցությունը ալոքսանի դիաբետոգեն ներգործությանը:



Արյան մեջ գլյուկոզայի քանակի փոփոխությունը ալոքսանային դիաբետի (1) և He-Ne լազերային ճառագայթման ու ալոքսանի ազդեցության (2) պայմաններում:

Քննարկենք հնարավոր պրոցեսները, որոնք, տեղի ունենալով β -կղզյակներում ալոքսանի և He-Ne $\text{L}\alpha$ -ի ժամանակ, նպաստում են վերոհիշյալ փոփոխությունների զարգացմանը: Այլ կերպ ասած, ինչպես է լազերային ճառագայթը հակազդում ալոքսանի դիաբետոգեն ազդեցությանը: Հարկ է նշել, որ մեր կողմից ընտրվել է այնպիսի ՀԽ (30.5 մՎտ/սմ²), որը կարող է նպաստել β -բջջերի միտոտիկ ինդեքսի բարձրացմանը [7]: Հաշվի առնելով այն փաստը, որ ալոքսանը քայքայիչ ազդեցություն կարող է թողնել β -բջջերի կորիզներում ԴՆԹ-ի շղթայի վրա և փեղեկել պրոինսուլինի սինթեզը [8], մեր կողմից ընտրվել է ճառագայթման էքսպոզիցիայի այնպիսի միավոր (600 վ), որի ժամանակ դիտվում է ԴՆԹ-ի սինթեզի խթանում բջջի կորիզում [9]: Անհրաժեշտ է նկատի ունենալ, որ օգտագործվել են լազերի չֆոկուսավորված ճառագայթները, որոնք համաձայն գրականության [1], առաջ են բերում β -բջջերում ինսուլինի սինթեզի համար պատասխանատու մի շարք գործոնների ակտիվացում և հակազդում են ալոքսանի հնարավոր ներգործություններից մեկին՝ օքսիդացիոն ֆոսֆորիլացման փեղեկմանը [10]:

Այսպիսով, սույն հետազոտության արդյունքները՝ ճառագայթված կենդանիների դիմադրողականության բարձրացումը, արյան մեջ շաքարի պարունակության միջին ցուցանիշի պահպանումը և, ի վերջո, նորմայի համեմատ սֆինգոզինի քանակի ցածր տատանման ցուցանիշները լյարդում և սրտում, վկայում են, որ ԱԴ-ի դեպքում $\text{L}\alpha$ -ի օգտագործումը որպես թերապիայի միջոց կլինիկական պայմաններում նպատակահարմար է:

ՀՀ ԳԱԱ մոլեկուլային կենսաբանության ինստիտուտ

Академик К. Г. Карагезян, Л. М. Овсепян, Е. А. Мартиросян

Влияние низкоэнергетического He-Ne лазерного излучения на содержание сфингозина, полученного из гликосфинголипидов печени и сердца, при аллоксановом диабете

Целью настоящего исследования является изучение содержания сфингозина в норме, при аллоксановом диабете (АД) и при воздействии низкоэнергетического лазера.

Как показали проведенные исследования, в результате совместного воздействия лазерного излучения (ЛИ) и аллоксана в организме образуется диабет “среднего вида”, в результате которого содержание сфингозина, полученного из гликосфинголипидов печени и сердца, занимает промежуточное положение между соответствующими показателями нормы и АД.

При этом жизнестойкость исследуемых крыс в течение опытов остается стабильной, и образовавшаяся в организме аллоксанзависимая вторичная гипергликемия спустя неделю после применения ЛИ сменяется понижением сахара в крови до 14 ммоль/л.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование ЛИ при АД в качестве терапевтического средства в клинических условиях целесообразно.

Գրականություն

1. Крюк А. С., Мостовников В. А., Хохлов И. В., Сердюченко Н. С. - Наука и техника. Минск. 1986. С. 3-120.
2. Kovach Y.- Laser Surg. Med. 1981. V.1. P. 214-252
3. Прохорова М.И. В кн.: Методы биохимических исследований. Изд-во Ленингр. ун-та. 1982. С. 81-273.
4. Мартиросян Г. А. Информационные технологии и управление. Ереван. 2002. Т. 4. N 2. С. 10-15.
5. Карагезян К. Г., Овсепян Л. М., Мартиросян Г. А. Информационные технологии и управление. Ереван. 2003. Т. 1. N 1. С. 213-217.
6. Алесенко А. В. - Биохимия. 1993. Т. 58. N 3. С. 416-470.
7. Москалик К. Г., Кравченко В. М. В кн.: Применение методов и средств лазерной техники в биологии и медицине. Киев. 1981. С. 174-175.
8. Iatamoto H., Ushigata I., Okamoto H. - Biochem Biophys. Res. Com. 1981. V. 103. N 3. P. 1014-1020.
9. Дюба В. М. Автореф. кан. дис. Харьков. 1975. С. 17-23.

В. А. Давтян

Об изменениях в ксилемном соке плодовых пород в ходе передвижения по скелетным ветвям

(Представлено академиком К. С. Погосяном 12/VI 2003)

Этапы индивидуального развития древесных растений характеризуются морфо-физиологическими особенностями и направленностью использования пластических веществ. В период зрелости эти вещества усиленно расходуются на формирование плодовых веток, а также на созревание плодов и семян [1]. При этом в период обильного плодоношения одновременно наблюдается прогрессивное отмирание обрастающих плодовых веток преимущественно внутри кроны, т.е. некоторая часть скелетных образований превращается в неплодоносную зону.

Морфо-физиологические изменения древесных пород в этапе зрелости нельзя рассматривать без участия поступающих в надземные органы через ксилемный сок (КС) корневых метаболитов, качественный и количественный состав которых при передвижении по стволу различных по онтогенетической продвинутиости деревьев [2], а также в зависимости от плодоношения [3] сильно меняется.

Эти факты дают основание полагать, что изменения состава КС происходят также по пути передвижения в неплодоносных и плодоносных зонах скелетных ветвей деревьев. Исходя из этого нами изучался химический состав КС, транспортируемого по скелетным ветвям деревьев, находящихся в этапе зрелости.

Объектом исследований служили обильно плодоносящие (40-45-летние) деревья груши кавказской (*Pyrus caucasica* Fed.), произрастающие в Таушской области (бывший Ноемберян) Армении.

В период роста плодов у скелетных ветвей с места расхождения от ствола, на расстоянии 0.2; 2.5; 4.0 (основание зоны плодоношения) и 6 м (зона обильного плодоношения), по ранее разработанной методике [4] собирался КС для анализов.

Для определения содержания сухих веществ КС высушивали в вакуум-сушильном шкафу, затем сухой остаток подвергали озолению в муфельной печи. Содержание различных форм азота определялось по Къельдалю [5], фосфора - по Лоури и Лопесу [6], активность каталазы - методом Баха и Опарина [5], пероксидазы - по Бояркину [7], пероксидазы - по Самнеру и Гьесингу [8]. Повторность определений 4-6-кратная.

Результаты исследований показали, что концентрация КС в ходе передвижения по скелетным ветвям начиная от их основания до зоны обильного плодоношения возрастает, тогда как при поступлении в зону плодоношения существенно уменьшается (табл.1). Аналогичным образом меняется содержание золы в КС, а также ее процент от сухого веса последнего.

Таблица 1

Изменение концентрации КС зрелых деревьев группы кавказской в ходе передвижения по скелетным ветвям ($M \pm m$)

Расстояние от ствола, м	Сухой вес, мг/100 мл	Содержание золы, мг/100 мл
0.2	80.0 $\pm$ 1.63	22.2 $\pm$ 1.06
2.5	91.1 $\pm$ 2.21	31.8 $\pm$ 1.25
4.0	108.9 $\pm$ 3.84	44.5 $\pm$ 2.19
6.0	84.5 $\pm$ 2.23	31.1 $\pm$ 1.20

Экспериментально показано, что в увеличении концентрации КС огромную роль играют либо пассивное высвобождение, либо активная секреция ионов из паренхимных клеток ксилемы в сосуды [9], а также латеральный транспорт веществ, который включает отвод из дальнейшего русла флоэмы разнокачественных соединений ионов [10, 11], тем самым корректируя их передвижение через ксилему. Таким путем осуществляется взаимодействие флоэмного потока транспортируемых веществ с КС [12]. Несомненно, эти процессы имели место также у деревьев группы кавказской. Причем уменьшение концентрации КС в зоне обильного плодоношения в 1.29 раза может быть результатом неодинакового поступления воды и растворенных в ней веществ в развивающиеся плоды [13], поскольку высокая аттрагирующая способность последних ориентирует поток поступающих с КС веществ [11].

Наличие в КС разнообразных органических соединений подсказывает, что изменение его концентрации в ходе передвижения является результатом сдвигов их содержания. В этом плане исследовалось количественное изменение различных форм азота и фосфора в КС (табл.2). Из табл. 2 видно, что содержание общего азота и фосфора в КС исследуемых деревьев нарастает по мере приближения к основанию зоны плодоношения и это происходит за счет увеличения содержания небелкового азота и неорганического фосфора.

Исходя из литературных данных можно полагать, что это обстоятельство является следствием импорта аминокислот и амидов [14], а также фосфора [10] в ксилему в ходе латерального транспорта.

Таблица 2

Изменение содержания различных форм азота и фосфора (мг/100 мл, $M \pm m$) в КС зрелых деревьев группы кавказской в ходе его передвижения по скелетным ветвям

Расстояние от ствола, м	А з о т			Ф о с ф о р		
	общий	белковый	небелковый	общий	белковый	небелковый
0.2	9.98 $\pm$ 0.33	2.55 $\pm$ 0.09	7.43 $\pm$ 0.38	1.87 $\pm$ 0.12	0.91 $\pm$ 0.05	0.96 $\pm$ 0.05
2.5	10.15 $\pm$ 0.35	2.07 $\pm$ 0.08	8.08 $\pm$ 0.31	2.01 $\pm$ 0.10	0.93 $\pm$ 0.04	1.08 $\pm$ 0.05
4.0	11.56 $\pm$ 0.35	1.96 $\pm$ 0.15	9.60 $\pm$ 0.32	2.19 $\pm$ 0.12	0.87 $\pm$ 0.04	1.32 $\pm$ 0.09
6.0	8.40 $\pm$ 0.43	1.36 $\pm$ 0.08	7.04 $\pm$ 0.18	1.72 $\pm$ 0.07	0.48 $\pm$ 0.02	1.24 $\pm$ 0.08

Вторым путем увеличения количества небелкового азота и неорганического фосфора в указанном участке скелетных ветвей является гидролитический распад белков и фосфорсодержащих органических соединений, в связи с чем содержание белкового азота и органического фосфора постоянно убывает. Этот процесс продолжается и в зоне обильного плодоношения. При этом вследствие интенсивного поступления содержащихся в КС веществ в плоды уменьшается содержание и других форм азота и фосфора.

Примечательно, что картина изменения активности окислительных ферментов в КС скелетных ветвей груши кавказской оказалась противоположенной изменению его концентрации (табл.3). Это выражается в том, что начиная от ствола активность этих ферментов падала (у каталазы на расстоянии 2.5 м, у пероксидазы и полифенолоксидазы - 4 м), а при поступлении КС в зону плодоношения - заметно возрастала, что является важным условием для активации метаболических процессов и использования содержащихся в нем веществ растущими плодами 15.

Таблица 3

Изменение активности окислительных ферментов при передвижении КС по скелетным ветвям зрелых деревьев груши кавказской ($M \pm m$)

Расстояние от ствола, м	Каталаза, мл 0.01 $KMnO_4$ на 100 мл за 1 ч	Пероксидаза, за секунду на 100 мл	Полифенолоксидаза, мг пурпургаллина на 100 мл за 30 мин
0.2	193.3 $\pm$ 3.4	46.4 $\pm$ 0.30	35.4 $\pm$ 1.55
2.5	126.7 $\pm$ 3.0	45.4 $\pm$ 0.21	25.0 $\pm$ 1.19
4.0	160.0 $\pm$ 5.8	41.1 $\pm$ 0.40	19.3 $\pm$ 0.98
6.0	210.0 $\pm$ 9.0	50.7 $\pm$ 0.64	27.0 $\pm$ 1.77

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что с переходом древесных растений в этап зрелости и формированием мощных аттрагирующих центров репродуктивных органов транспорт веществ по ксилеме приобретает новое качество.

Институт ботаники НАН РА

Литература

1. *Шитт П.Г.* Учение о росте и развитии плодовых и ягодных растений. М. Сельхозгиз. 1958. 447 с.
2. *Казарян В.О., Хуршудян П. А., Давтян В. А., Арутюнян Р. Г., Чилингарян А. А.-* ДАН АрмССР. 1982. Т.75. N 4. С. 186-191.
3. *Казарян В. О., Давтян В. А., Арутюнян Р. Г., Чилингарян А. А.-* Физиол. раст. 1982. Т.29. N 4 .

С. 661-666.

4. Федорова А. И., Казарян В. О., Давтян В. А. В сб.: Исследование обмена веществ древесных растений. Новосибирск. Наука. 1985. С. 117-122.

5. Белозерский А. Н., Проскуряков Н. И. Практическое руководство по биохимии растений. М. Сов. наука. 1951. 388 с.

6. Lowry O. H., Lopez J. H. - J. Biol.Chem. 1946. V.162. N 3. P. 421-426.

7. Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. В кн.: Большой практикум по физиологии растений. М. Высшая школа. 1975. С. 284-285.

8. Sumner J. B., Gjessing E. C. Arch. Biochem. 1943. V.2 N 2. P.291-295.

9. Люттге У., Хигинботан Н. - Передвижение веществ в растениях. М. Колос. 1984. 408 с.

10. Захарин А. А., Наумова Т. Г. Физиол. раст. 1985. Т. 32. N 6. С. 1090-1097.

11. Курсанов А. Л. Транспорт ассимилянтов в растении. М. Наука. 1976. 647с.

12. Чиков В. И. Тезисы докл. Второго съезда Всесоюз. о-ва физиологов растений. Минск. 1990. С. 97.

13. Кларксон Д. Транспорт ионов и структура растительной клетки. М. Мир. 1978. 368 с.

14. Измайлов С. Ф. Азотный обмен в растениях. М. Наука. 1986. 320 с.

15. Авунджян Э. С. В сб.: Онтогенез высших растений (Сообщ. Ереванского симпозиума). Ереван. Изд-во АН АрмССР. 1970. С. 232-247.

Վ. Ա. Դավթյան

Պտղատու տեսակների կմախքային ճյուղերով շարժվելու ընթացքում քսիլեմային հյուսվածքում կատարվող փոփոխությունների մասին

Հասունության փուլում գտնվող կովկասյան տանձենու պտուղների աճման շրջանում ուսումնասիրվել է կմախքային ճյուղերի չպտղաբերող և պտղաբերող (բնից համապատասխանաբար 0.2-4 և 4-6 մ հեռավորության հատվածներում) գոտիներով շարժվող քսիլեմային հյուսվածքի (ՔՀ) բաղադրությունը:

Պարզվել է, որ չպտղաբերող գոտով շարժվելիս ՔՀ-ում ավելանում է ընդհանուր և ոչ սպիտակուցային ազոտի, ընդհանուր և անօրգանական ֆոսֆորի քանակն ու ընկնում օքսիդա-վերականգնվող ֆերմենտների ակտիվությունը: Պտղաբերող գոտում հակառակ պատկերն է նկատվել, որը նյութափոխանակության ուժեղացման, պտուղների կողմից պլաստիկ նյութերի եռանդուն օգտագործման և դրա հետ կապված ֆերմենտների ակտիվության աճի արդյունք է:

Եզրակացություն է արվում այն մասին, որ հասունության էտապում նյութերի տեղաշարժը ՔՀ նոր որակ է ստանում:

ՍԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Է. Ա. Սիրզախանյան – Հիլբերթյան տարածության ենթաբազմությունների անընդհատ արտապատկերումների $K_0 \subset K$ դասերի որոշ հատկությունների մասին	5
Վ. Ս. Համբարյան – Կապ ուղղորդված հետպնդման և զուգահեռ մոտեցման ստրատեգիաների միջև հետապնդվողի ուղղագիծ շարժման դեպքում	12
Ա.Հ.Կարապետյան – C^1 – ֆունկցիաների կշռային ∂ -ինտեգրալ ներկայացումներ C^n -ում	101
Վ.Վ.Սկրտչյան, Ռ.Ռ.Քամալյան – «ԿԱՊԱԿՑՎԱԾ 3-ԻՐԱԳՈՐԾԵԼԻՈՒԹՅԱՆ» NP- լրիվության մասին	105
Ա.Հ.Կարապետյան – Կշռային ∂ -ինտեգրալ ներկայացումներ մատրիցայի շրջանում	199
Ա. Ի. Պետրոսյան – C^n -ի միավոր գնդում հոլոմորֆ ֆունկցիաների կշռային դասերի վերաբերյալ	203
Ա.Ա.Ջրբաշյան – Կոմպլեքս հարթության մակերեսով հանրագումարելի ամբողջ ֆունկցիաների կշռային տարածությունների վերաբերյալ	210
Ա. Ա. Գրիգորյանց – Ֆրակտալ կողերի հեռավորության վերին եզրի հասանելիության մասին	216
Ա. Բ. Ներսեսյան – Պադեի ապրոքսիմացիայի մի ընդհանրացման մասին	279
Է. Ա. Դանիելյան, Է. Ա. Սիմոնյան – Կլեյնրոկի պահպանման օրենքի ընդհանրացում	286

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Յու. Ս. Սաֆարյան, Ս. Ս. Պողոսյան – Նեղ փնջերի մասին կոնկրետ խնդիրների անալիտիկ և թվային լուծումը էլեկտրահաղորդիչ մագնիսաձայնային ռելաքսացվող միջավայրի համար	16
Ս. Ս. Գաբրիելյան, Լ. Ա. Մովսիսյան – Անկայուն առաձգական համակարգերի շարժման ստաբիլիզացիայի խնդրի մասին	24
Ս. Ա. Զադոյան – Գադոլինի խնդիրը կոնական խողովակների համար	31
Ռ. Ս. Կիրակոսյան, Ս. Ս. Սարգսյան – Գծայնորեն փոփոխական հաստության օրթոտրոպ շերտի երկայնական տատանումները ընդլայնական սեղմման հաշվառմամբ	291

ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Է. Ե. Խաչիյան, Լ. Ա. Մովսիսյան – Արտաքին ակտիվ ուժերի կիրառմամբ կառուցվածքների սեյսմիկ պաշտպանվածության խնդրի դրվածքի մասին	212
---	-----

ԱՌԱՃՊԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Վ. Բելյուբեկյան – Լամեի տիպի լուծումների լրիվությունը հարթ խնդիրների համար	109
Լ. Ա. Աղալովյան, Ս. Լ. Աղալովյան – Օրթոտրոպ շերտի սեփական տատանումների հաճախությունների և տատանման ձևերի որոշման մասին	296

ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ

Ա. Դ. Սոսթելյան, Ա. Գ. Կարդաշյան - Երկչափ կենսաբժշկական ազդանշանների սպլայն մշակում 45

ԶԱՓՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ

Բ. Մ. Մամիկոնյան, Ս. Գ. Կյուրեղյան, Ա. Ս. Շադգամյան – Խյուսի խտության և մակարդակի միկրոարոցեստորային չափիչ 49

Բ. Մ. Մամիկոնյան, Ա. Ս. Շադգամյան, Խ. Բ. Մամիկոնյան - Պոլլպայի մակարդակի և խտության թվային չափիչ 237

ՖԻԶԻԿԱ

Դ. Մ. Սեդրակյան, Ա. Ժ. Խաչատրյան, Ն. Մ. Իսպիրյան - Անկանոն շերտավոր համակարգի վրա թեք ընկած կամայական բևեռացված հարթ էլեկտրամագնիսական ալիքի դաշտը 39

Ա. Գ. Բազդոն, Յու. Ս. Սաֆարյան, Դ. Ա. Մարտիրոսյան – Ոչ գծային ոչ ստացիոնար տարածական էլեկտրամագնիսական ալիքի դիֆրակցիայի խնդիրը էլեկտրական դաշտի կամայական դիրքորոշման համար 115

Բ. Վ. Խաչատրյան - «Ֆրենելի գոտիները» դիֆրակցիոն ճառագայթման ընթացքում 228

Ա. Ժ. Խաչատրյան – Էլեկտրոնի շարժումը ուղղահայաց պոտենցիալներից բաղկացող պարբերական ցանցում 233

Է. Մ. Ղազարյան, Լ. Ս. Պետրոսյան, Դ. Ա. Սարգսյան – Խարնուրդային վիճակները հատած պարաբոլական պոտենցիալով քվանտային կետում 302

ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՖԻԶԻԿԱ

Լ. Ա. Մանուչարովա, Ս. Վ. Ծառուկյան, Ի. Ա. Վարդանյան – Սեթանի հետ CH_3O_2 ռադիկալների հետերոգեն փոխազդեցության ժամանակ կոմպլեքսի առաջացման մասին 121

ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ

Գ. Լ. Արեշլան – Սինխրոն ունակային ռեակտիվ շարժիչի տեսություն..... 308

ԱՍՏՂԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Ժ. Բարսեղյան, Ռ. Ա. Եփրեմյան, Է. Ս. Պարսամյան - Գիսավորների դիտման նոր վկայություններ հայկական մատենագրություններում 126

ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Մ. Ա. Սաթյան, Գ. Վ. Մարկոսյան - «Երախ» ալկալա-լամպրոֆիրային դիատրենայի կառուցվածքի երկրաբանա-երկրաֆիզիկական բնութագիրը (Հայաստանի Վեդու օֆիոլիտային զոնա) 314

ՍԵՅՍՄՈԼՈԳԻԱ

Ա. Գ. Բազդոն - Երկրաշարժերի գեոդեզիական նախանշանի աղյուսակի ճշգրտում 320

ԻՆՃԵՆԵՐԱՅԻՆ ՍԵՅՍՄՈԼՈԳԻԱ

Է. Ե. Խաչիյան, Պ. Դ. Տեր-Պետրոսյան, Վ. Վ. Պողոսյան - Սեյսմիկ ազդեցությունների ժամանակ երկաթբետոնե կոնստրուկցիաներում սեղմող նորմալ լարումների մեծությունների սահմանափակումների մասին 326

ԵՐԿՐԱԷԿՈԼՈԳԻԱ

Ռ. Դ. Ռևազյան - Անապատացման ընթացքի երկրաէկոլոգիական գնահատման սկզբունքների մասին 244

ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ	
Վ. Վ. Դովլաթյան, Ֆ. Վ. Ավետիսյան, Թ. Լ. Ջիվանջիրյան – 2-Արիլօքսի- էթիլամինո/ թիո/-4-մեթիլթիազոլ-5-կարբոնաթթուների էթիլէսթերներ և անի- լիդներ	131
ԶՐԱՅԻՆ ՏՆՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ	
Ա. Խ. Մարկոսյան, Դ. Ս. Դովհաննիսյան, Դ. Վ. Թոքմաջյան – Ջրի և այլ բնական պաշարների կառավարման կոնցենիայի եղանակը	139
ՍՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	
Ա. Ռ. Զրբաշյան, Լ. Փ. Սիմոնյան, Ս. Ա. Թորոսյան, Ս. Ս. Դովհաննիսյան - Ապոպտոզը և ԴՆԹ դեգրադացիան. օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական վիճակի արտապատկերման տեսությունը ԴՆԹ դեգրադացիայով	57
Լ. Դ. Կիրակոսյան – Escherichia coli բակտերիալ շտամների ՌԻՄ- զգայունության որոշ ասպեկտներ	143
Մ. Օ. Սահակյան – Escherichia coli շտամների բջջապատերի ռենտ- գենագրաֆիկ ուսումնասիրություն	147
Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Ա. Ռ. Եղոյան, Լ. Ա. Եղոյան, Լ. Ս. Դովսեփյան – Սոդիֆիկացված երկպարուրային ՌՆԹ-ի գերցածր քանակների ազդեցությունը ալոքսանային շաքարախտով տառապող առնետների գլխուղեղի ճար- պաթքվային փոխանակության վրա	251
Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Ա. Ռ. Եղոյան, Շ. Ս. Քառյան, Լ. Ա. Եղոյան - Երկպարուրած ՌՆԹ-ի կալցիումական ածանցյալի գերցածր քանակների և նատրիումի թիոսուլֆատի հետ զուգորդված կանոնավորիչ ազդեցության առանձնահատկությունները ալոքսանային շաքարախտով տառապող սպիտակ առնետների գլխուղեղի ճարպաթթուների մետաբոլիզմի վրա	336
Ա. Ռ. Խաչատրյան, Մ. Կ. Ղարազյոզյան – Լիպիդների ազատ ռադիկա- լային օքսիդացման ինտենսիվության դիմամիկայի համեմատական վերլու- ծությունը ֆերմենտային և ոչ ֆերմենտային համակարգերում միկոտոք-սին զետարալենոնով թունավորման ժամանակ	342
ԿԵՆՍԱԶԻՄԻԱ	
Դ. Ռ. Վարդանյան - Ալոքսանի փոխազդեցությունը արյան մետաղա- պրոտեինների ֆիզիկաքիմիական հատկությունների վրա in vitro	62
Գ. Ռ. Օքսուզյան - Առնետների արյան հակառադիկալային պաշտպանիչ համակարգի մակարդակի բարձրացում ներարկված Hg(II)-ի քանակի աճին զուգընթաց	68
Գ. Ս. Սիմոնյան, Ս. Ա. Սիմոնյան, Է. Ա. Քաչվորյան, Կ. Գ. Ղարազյոզյան – Ֆոսֆոլիպիդ պարունակող նոր լիպոպրոտեինի սուպրոլի կայուն ֆրակցիայի ստացումը Սևանի սիգ ձկան (Coregonus Lavaretus) արյան շիճուկից և նրա որոշ ֆիզիկաքիմիական առանձնահատկությունների բնութագրումը	151
Ա. Ա. Սիմոնյան, Ռ. Բ. Բաղալյան, Լ. Ա. Սիմոնյան, Ռ. Ա. Ստեփանյան - ԱՏՖ-ֆոսֆոհիդրոլազի ակտիվության տեղաշարժերը կատուների սրտի և ուղե- ղի միտոքոնդրիումներում պրոլինով հարուստ պոլիպեպտիդի ներգործությամբ սրտամկանի փորձարարական ինֆարկտի դեպքում	156
Գ. Ռ. Օքսուզյան, Գ. Ս. Սիմոնյան, Ա. Ա. Գալոյան - Առնետների արյան որոշ մետաղապրոտեինների էնդոգեն մակարդակների կարգավորումը գալարմինով ծանր մետաղների իոնների սուր թունավորման ժամանակ	160

Ռ. Մ. Սուլխանյան - Երկու պրոլինոլ հարուստ հիպոթալամիկ նեյրո- հորմոնների (PRP-1 և PRP-3) ազդեցության համեմատական բնութագրումը ինտակտ կենդանու պայմաններում	167
Ի. Վ. Ավետիսյան, Ա. Ս. Աղաբալյան, Ե. Գ. Ջանպուլադյան – Ca^{2+} եթ ՌնԹ-ի ազդեցությունը հետալոպաժքային վերականգնված գործընթացի վրա	173
Ա. Ա. Շահինյան, Լ. Է. Ներսեսյան, Ջ. Վ. Ղարիբյան, Բ. Տ. Ղարիբջանյան – Ուռուցքային ԴՆԹ-ի կառուցվածքային փոփոխությունները դոքսոռուբիցինի և Escherichia coli բակտերիալ կուլտուրայի ազդեցությամբ in vivo պայմաններում .	257
Մ. Ա. Կարալյան – Տուբերկուլոզային մենինգոէնցեֆալիտը և հասարակ հերպեսի (I տիպ) վիրուսի քրոնիկ ինֆեկցիայի ակտիվացիայի դերը իմունային անբավարարության կազմավորման մեջ	263
Ռ. Մ. Սիմոնյան, Կ. Ռ. Գրիգորյան, Շ. Ա. Մարգարյան, Մ. Ա. Սիմոնյան - Դիմետիլտուլֆոքսիդի ազդեցությունը ինտակտ և զամմա-ճառագայթահարված առնետների արյան մետաղապրոտեինների էնդոգեն մակարդակների վրա	350
Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Լ. Մ. Հովսեփյան, Հ. Ա. Մարտիրոսյան – Ցածր էներգետիկ He-Ne լազերային ճառագայթման ազդեցությունը լյարդի և սրտի գլիկոսֆինգոլիպիդներից ստացված սֆինգոլիպիդների քանակական պարունակության վրա ալոքսանային շաքարախտի պայմաններում	357
ԲԺՇԿԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ	
Մ. Մ. Մարտիրոսյան - Երեխաների մոտ գանգուղեղի, կրծքավանդակի և նրա օրգանների հետ համակցված վնասվածքների ախտորոշման և բուժման առանձնահատկությունները	267
ՎԻՐՈՒՄԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	
Ջ. Ա. Կարալյան - NIH 3T3 բջջային կուլտուրայում կորիզային և կորի- զակային ցուցանիշները նորմալ պայմաններում և էնցեֆալոմիոկարդիտի վիրուսի ազդեցության տակ	73
Ջ. Ա. Կարալյան – Կորիզային և կորիզակային ցուցանիշները HEP-2 բջջային կուլտուրայում և պոլիոմիելիտի եռավալենտ պատվաստանյութի ազդեցությամբ	178
ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ	
Վ. Ա. Ղալբյան – Պտղատու տեսակների կմախքային ճյուղերով շարժվելու ընթացքում քսիլենային հյութում կատարվող փոփոխությունների մասին	262
ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ	
Ք. Վ. Ղազարյան, Վ. Ց. Վանցյան, Ի. Բ. Մելիքսեթյան, Ա. Ս. Տիրայան – Հիստամինի ազդեցությունը ծովախոզուկի միզածորանի թաքնված պեյսմե- կերների ակտիվացման վրա	81
Ն. Է. Թադևոսյան, Է. Գ. Գևորգյան, Լ. Գ. Վահանյան, Ի. Գ. Թադևոսյան, Է. Գ. Կոստանյան - Գլխուղեղի ֆունկցիոնալ վիճակի հետազոտությունները ըստ տեսաշարժիչ ռեակցիաների վերլուծության.....	86
Ս. Ա. Բաջինյան, Մ. Հ. Մալաթյան, Ա. Կ. Աբրահամյան, Ս. Հ. Ղազարյան – Օրգանիզմի վրա ճառագայթային ներգործության դեպքում Mn(II) ամի- նաթթվային խեղտի ազդեցությունն էրիթրոցիտների թաղանթների որոշ ֆիզիկաքիմիական պարամետրների վրա	186
ԿԵՆԴԱՆԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	
Հ. Ջ. Գրիգորյան – Կենդանիների ապրելու վայրը ցույց տվող հայերեն անվանումների կազմության մասին	92

СОДЕРЖАНИЕ 103-го ТОМА

МАТЕМАТИКА

Э. А. Мирзаханян – О некоторых свойствах классов $K_0 \subset K$ непрерывных отображений подмножеств Гильбертова пространства	5
В. С. Амбарян – Связь между стратегиями погонного преследования и параллельного сближения при прямолинейном движении преследуемого...	12
А. О. Карапетян – Весовые ∂ -интегральные представления C^1 -функций в C^n	101
В. В. Мкртчян, Р. Р. Камалян – О NP-полноте "СВЯЗНОЙ 3-ВЫПОЛНИМОСТИ"	105
А. О. Карапетян – Весовые ∂ -интегральные представления в матричном круге	199
А. И. Петросян – О весовых классах голоморфных функций в единичном шаре в C^n	203
А. М. Джрбашян – О весовых пространствах целых функций, суммируемых по комплексной плоскости	210
А. А. Григорьянц – Об одном случае достижимости границы расстояния для фрактальных кодов	216
А. Б. Нерсисян – Об одном обобщении аппроксимации Паде	279
Э. А. Даниелян, Э. А. Симонян – Обобщение закона сохранения Клейнрока	286

МЕХАНИКА

Ю. С. Сафарян, С. М. Погосян – Аналитическое и численное решение конкретных задач об узких пучках для электропроводящей магнитозвуковой релаксирующей среды	16
М. С. Габриелян, Л. А. Мовсисян – К вопросу стабилизации движения неустойчивых упругих систем	24
М. А. Задоян - Задача Гадолина для конических труб	31
Р. М. Киракосян, М. С. Саркисян – Свободные продольные колебания ортотропных полос линейно-переменной толщины при учете обжатия	291

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Э. Е. Хачиян, Л. А. Мовсисян – К постановке задачи о сейсмической защите сооружения путем применения активных внешних сил	212
---	-----

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

М. В. Белубекян – О полноте решений типа Ламе для плоских задач ...	109
Л. А. Агаловян, М. Л. Агаловян – К определению частот и форм собственных колебаний ортотропной полосы.....	296

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

А. А. Аракелян, А. Г. Кардашян - Сплайн обработка двумерных медико- биологических сигналов	45
--	----

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

<i>Б. М. Мамиконян, С. Г. Кюрегян, А. С. Шахкамян</i> – Микропроцессорный измеритель плотности и уровня пульпы	49
<i>Б. М. Мамиконян, А.С. Шахкамян, Х. Б. Мамиконян</i> – Цифровой измеритель уровня и плотности пульпы	237

ФИЗИКА

<i>Д. М. Седракан, А. Ж. Хачатрян, Н. М. Испирян</i> – Поле произвольно поляризованной плоской электромагнитной волны, падающей наклонно на нерегулярную слоистую структуру	39
<i>А. Г. Багдоев, Ю. С. Сафарян, Г. А. Мартirosян</i> – Нелинейная нестационарная пространственная задача дифракций электромагнитной волны при ее произвольной ориентации	115
<i>Б. В. Хачатрян</i> – «Зоны Френеля» в дифракционном излучении	228
<i>А. Ж. Хачатрян</i> – Движение электрона в периодической решетке из прямоугольных потенциалов	233
<i>Э. М. Казарян, Л. С. Петросян, А. А. Саркисян</i> - Примесные состояния в усеченной параболической квантовой точке	302

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

<i>Л. А. Манучарова, С. В. Царукян, И. А. Варданян</i> – О возможности образования промежуточного комплекса при гетерогенном взаимодействии радикалов CH_3O_2 с метаном	121
---	-----

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

<i>Г. Л. Арешян</i> – Теория синхронного емкостного двигателя	308
---	-----

АСТРОНОМИЯ

<i>А. Ж. Барсегян, Р. А. Епремян, Э. С. Парсамян</i> – Новые свидетельства наблюдений комет в армянских рукописях	126
---	-----

ГЕОЛОГИЯ

<i>М. А. Сатян, Г. В. Маркосян</i> – Геолого-геофизическая характеристика щелочно-лампрофировой диатремы «Ерах» (Вединская офиолитовая зона Армении)	314
--	-----

СЕЙСМОЛОГИЯ

<i>А. Г. Багдоев</i> – Уточнение таблицы для геодезического предвестника землетрясений	320
--	-----

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

<i>Э. Е. Хачиян, П. А. Тер-Петросян, В. В. Погосян</i> – Об ограничениях величин нормальных сжимающих напряжений в железобетонных конструкциях при сейсмических воздействиях	326
--	-----

ГЕОЭКОЛОГИЯ

<i>Р.Г.Ревазян</i> – О принципах геоэкологической оценки процесса опустынивания	244
---	-----

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

<i>В. В. Довлатян, Ф. В. Аветисян, Т. Л. Дживанширян</i> – Этиловые эфиры и анилиды 2-арилоксиэтил-амино-(тио)-4-метилтиазол-5-карбоновых кислот	131
--	-----

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

- А. Х. Маркосян, О. С. Оганисян, О. В. Токмаджян* - Концессия как способ управления водными и другими природными ресурсами 139

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

- А. Р. Джербашьян, Л. П. Симонян, С. А. Торосян, С. С. Оганесян* – Апоптоз и деградация ДНК: теория отражения физиологического состояния организма в деградированности ДНК 57

- Л. А. Киракосян* – Некоторые аспекты УФ-чувствительности бактериальных штаммов *Escherichia coli* 143

- М. О. Саакян* – Рентгенографическое исследование структуры клеточных стенок штаммов *Escherichia coli* 147

- К. Г. Карагезян, А. Р. Едоян, Л. В. Едоян, Л. М. Овсепян* - Воздействие сверхмалых доз модифицированной двуспиральной РНК на жирнокислотный состав фосфолипидов мозговой ткани аллоксан-диабетических белых крыс..... 251

- К. Г. Карагезян, А. Р. Едоян, Ш. С. Карян, Л. А. Едоян* – Особенности нормализующего действия сочетанного применения сверхмалых доз кальциевого преципитата двуспиральной РНК с тиосульфатом натрия на метаболизм жирных кислот головного мозга белых крыс 336

- А. Р. Хачатрян, М. К. Карагезян* – Сравнительный анализ изменений динамики интенсивности свободнорадикального окисления липидов в ферментативной и неферментативной системах при интоксикации микотоксином зеараленоном 342

БИОХИМИЯ

- А. Р. Вардадян* – Влияние аллоксана на физико-химические свойства металлопротеинов *in vitro* 62

- Г. Р. Оксюзян* – Повышение уровня антирадикальной защитной системы в крови крыс с увеличением вводимых доз Hg(II) 68

- Г. М. Симонян, М. А. Симонян, Э. А. Качворян, К. Г. Карагезян* – Получение фракции стабильного супрола из сыворотки крови рыбы сиг из озера Севан и характеристика ее некоторых физико-химических особенностей 68

- А. А. Симонян, Р. Б. Бадалян, Л. А. Симонян, Р. А. Степанян* – Сдвиги активности АТФ-фосфогидролазы в митохондриях сердца и мозга кошек при экспериментальном инфаркте миокарда под воздействием пролин-богатого полипептида 156

- Г. Р. Оксюзян, М. А. Симонян, А. А. Галоян* – Воздействие галармина на эндогенные уровни металлопротеинов крови при острой интоксикации крыс ионами тяжелых металлов 160

- Р. М. Сулхянян* – Сравнительная характеристика действия двух представителей пролин-богатых гипоталамических нейрогормонов (PRP-1 и PRP-3) в условиях интактного животного..... 167

И. В. Аветисян, А. С. Агабалян, Е. Г. Джанполадян – Влияние кальциевого преципитата двухспиральной РНК на постожоговые восстановительные процессы	173
А. А. Шагинян, Л. Э. Нерсисян, Д. В. Гарибян, Б. Т. Гарибджанян – Изменения в структуре опухолевой ДНК in vivo под влиянием доксорубина и бактериальной культуры <i>Escherichia coli</i>	257
М. А. Каралян – Туберкулезный менингоэнцефалит и роль активации хронической инфекции вируса простого герпеса (I тип) в формировании иммунодефицита	263
Р. М. Симонян, К. Р. Григорян, Ш. А. Маркарян, М. А. Симонян – Влияние диметилсульфоксида на уровни эндогенных металлопротеинов интактных и облученных гамма-лучами крыс	350
К. Г. Карагезян, Л. М. Овсепян, Е. А. Мартиросян – Влияние низкоэнергетического He-Ne лазерного излучения на содержание сфингозина, полученного из гликосфинголипидов печени и сердца, при аллоксановом диабете...	357
МЕДИЦИНА	
М. М. Мартиросян – Особенности диагностики и лечения при краниоторакальной травме у детей	267
ВИРУСОЛОГИЯ	
З. А. Каралян – Ядерные и ядрышковые показатели в клетках линии NIN 3T3 в норме и при действии вируса энцефаломиокардита	73
З. А. Каралян – Ядерные и ядрышковые показатели в клетках линии HEp-2 в норме и при действии оральной и тривалентной полиовакцины	178
ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ	
В. А. Давтян – Об изменениях в ксилемном соке плодовых пород в ходе передвижения по скелетным ветвям.....	362
ФИЗИОЛОГИЯ	
К. В. Казарян, В. Ц. Ванцян, И. Б. Меликсетян, А. С. Тираян – Воздействие гистамина на активацию латентных пейсмекеров мочеочника морской свинки	81
Н. Э. Татевосян, Э. Г. Геворкян, Л. Г. Ваганян, Э. Г. Костанян – Исследование функционального состояния мозга по анализу характеристик зрительно-моторных реакций	86
С. А. Баджисян, М. Г. Малакян, А. К. Абраамян, С. А. Казарян – Влияние аминокислотного хелата Mn(II) на некоторые физико-химические параметры мембран эритроцитов при радиационном воздействии на организм	186
ЗООЛОГИЯ	
А. Дж. Григорян – О написании армянских названий животных, указывающих место их обитания	92

CONTENTS of 103th VOLUME

MATHEMATICS

<i>E. A. Mirzakhanyan</i> – On some properties of classes $K_0 \subset K$ of continuous mappings of subsets of Hilbert space.....	5
<i>V. S. Hambaryan</i> – Connection between strategy of linear pursuit and strategy of parallel rapprochement when evader moves rectilinear.....	12
<i>A.H.Karapetyan</i> – Weighted ∂ -integral representations of C^1 -functions in C^n	101
<i>M.V.Mkrtchyan, R.R.Kamalian</i> – “Connected 3-Satisfiability” is NP-complete.....	105
<i>A. H. Karapetyan</i> – Weighted ∂ -integral representations in a matrices disc	199
<i>A. I. Petrossyan</i> – On weighted classes of holomorphic functions in the unit ball of C^n	203
<i>A. M. Jerbashian</i> – On weighted spaces of entire functions summable over the complex plane	210
<i>A. A. Grigoryants</i> – On a case of fractal codes distance upper boundary reaching	216
<i>A. B. Nersessian</i> – On a generalization of Padé approximation	279
<i>E. A. Danielyan, S. A. Simonyan</i> – Extension of the Kleinrock’s conservation law	286

MECHANICS

<i>Yu. S. Safaryan, S. M. Pogosyan</i> – Thin beams solutions in electroconducting magnetosonic relaxating media.....	16
<i>M. S.Gabrielian, L. G. Movsisian,</i> – Problem of stabilization of nonstability elastic systems	24
<i>M. A. Zadoyan</i> – The Gadolin problem for the conical tube	31
<i>R. M. Kirakosyan, M. S. Sarkisyan</i> – Free longitudinal vibrations of orthotrope strips of linear variable thickness taking into account the normal compression	291

BUILDING MECHANICS

<i>E. E. Khachian, L. A. Movsisyan</i> – On the formulation of seismic protection task for a structure by application of external active forces	221
---	-----

THEORY OF ELASTICITY

<i>V.V.Belubekyan</i> – On the completeness of the Lamé type solutions for the plane problems....	109
<i>L. A. Aghalovyan, M. L. Aghalovyan</i> – On determination of frequencies and forms of free vibrations of an orthotropic strip	296

COMPUTING TECHNIQS

<i>A. H. Arakelyan, A. G. Kardashyan</i> – Spline processing of two dimentional biomedical signals.....	45
---	----

MEASURING TECHNIQS

<i>B. M. Mamikonyan, S. G. Kyureghyan, A. S. Shakhkamyany</i> – Microprocessor measurer of pulp density and level.....	49
<i>B. M. Mamikonyan, A. S. Shakhkamyany, Kh. B. Mamikonyan</i> -- Digital measurer of pulp level and density	237

PHYSICS

<i>D. M. Sedrakian, A. Zh. Khachatrian, N. M. Ispiryan</i> – Field of an arbitrary plane polarized electromagnetic wave obliquely incident on nonregular layered structure.....	39
<i>A.G.Bagdoev, Yu.A.Safaryan, H.A.Martirosyan</i> – Nonlinear unsteady space diffraction problem of electromagnetic wave for arbitrary orientation of electrical field	115
<i>B. V. Khachatryan</i> – «The Fresnel zones» in the process of diffraction radiation	228

<i>A. Zh. Khachatryan</i> – An electron movement in periodic chain from rectangular barriers ...	233
<i>E. M. Kazaryan, L. S. Petrosyan, H. A. Sarkisyan</i> – Impurity states in a spherical quantum dot with truncated parabolic potential	302
CHEMICAL PHYSICS	
<i>L. A. Manucharova, S. V. Tsarukyan, I. A. Vardanyan</i> – On possibility of formation of complex by heterogeneous interaction of CH_3O_2 radicals with methane	121
ELECTROTECHNICS	
<i>G. L. Areshian</i> – Theory of synchronus capacitance reactive engine	308
ASTRONOMY	
<i>A.J.Barseghian, R.A.Epremian, E.S.Parsamian</i> – New evidences on comet observations according to Armenian medieval manuscripts.....	126
GEOLOGY	
<i>M. A. Satian, G. V. Markosyan</i> - Geological and geophysical characteristics of the structure of alkaline-lamprophiric diatreme «Erakh» (Vedi ophiolite zone of Armenia)	314
SEISMOLOGY	
<i>A. G. Bagdov</i> - Precision of table of geodesic harbinger of earthquakes	320
ENGINEERING SEISMOLOGY	
<i>E. Y. Khachian, P. A. Ter-Petrosyan, V.V. Poghosyan</i> – The limitation of the axial normal stresses in the reinforced concrete structures under the fixed loads during the seismic impacts	326
GEOECOLOGY	
<i>R. H. Revazyan</i> – About the principles of geo-ecological assessment of the process of desertification	244
ORGANIC CHEMISTRY	
<i>V.V.Dovlatyan, F.V.Avetisyan, T.L.Jivanshiryan</i> – Ethyl esters and anilids of aryloxyethylamino(thio)-4-methyltriazole-5-carboxylic acids.....	131
WATER RESOURGES	
<i>A.Kh.Markosyan, H.S.Hovhannisyan, H.V.Tockmajan</i> – Concessions as the type of management of water and other natural resources.....	139
MOLECULAR BIOLOGY	
<i>A. R. Jrbashyan, L. P. Simonyan, S. A. Torosyan, S.S.Oganesyan</i> – Apoptosis and the DNA degradation: A theory for reflection of physiological state of organism in DNA degradation	57
<i>L.H.Kirakosyan</i> – Several aspects of Escherichia coli bacterial strains UV-resistancy	143
<i>M.O.Sahakyan</i> – Roentgenographic investigations of cell walls structure in Escherichia coli strains.....	147
<i>K. G. Karageuzyan, A. R. Edoyan, L. A. Edoyan, L. M. Hovsepyan</i> – Effect of super small doses of modified double stranded RNA on phospholipid fatty acids composition in brain tissue of alloxandiabeted rats	251
<i>K. G. Karageuzyan, A. R. Edoyan, Sh. A. Karyan, L. A. Edoyan</i> – Peculiarities of normalizing action of the combined effect of super small concentrations of the double stranded RNA with sodium thiosulfate on alloxandiabeted rats brain fatty acids metabolism	336
<i>A. R. Khachatryan, M. K. Karagyozyan</i> – Comparative analysis of free radical oxidation of lipids in enzymatic and non-enzymatic systems at micotoxin zearalenon intoxication	342
BIOCHEMISTRY	
<i>A. R. Vardanyan</i> – Influence of alloxan on physico-chemical properties of blood's metalloproteins in vitro.....	62
<i>G. R. Oxuzyan</i> – Adequate elevation of the antiradical protecting systems of the rat's blood during elevation of the leading dosage of Hg(II).....	68

<i>G.M.Simonyan, M.A.Simonyan, E.A.Kachvoryan, K.G.Karageuzyan</i> – Obtaining of stable suprol fraction, new phospholipid containing lipoprotein, from blood serum of fish sig (<i>Coregonus Lavaretus Sevanicus</i>) of the lake Sevan, and characterization of its several physico-chemical peculiarities.....	151
<i>A.A.Simonyan, R.B.Badalyan, L.A.Simonyan, R.A.Stepanyan</i> – Activity shifts of ATP-phosphohydrolase in heart and brain mitochondria in the experimental infarction of myocard by the influence of proline rich polypeptide.....	156
<i>G.R.Oxuzyan, M.A.Symonyan, A.A.Galoyan</i> – Regulating effect of Galarmin on the endogenous levels of some blood metalloproteins during rat's intoxication by the ions of heavy metals.....	160
<i>R.M.Sulkhanyan</i> -- Comparative characteristic of action of two membre of proline-rich hypothalamic neurohormones (PRP-1 and PRP-3) in intact animal.....	167
<i>I.V.Avetissian, A.S. Agabalian, E.G.Janpoladian</i> – Influence of double strend spiral RNA calcium precipitate on the postburned regenerative processes.....	173
<i>A. A. Shaginyan, L. E. Nerssesyan, D. B. Garibyan, B. T. Garibjanyan</i> – Changes of DNA structure of tumor cells in vivo under the effect of doxorubicin and bacterial culture <i>Escherichia coli</i>	257
<i>M. A. Karalyan</i> - Tuberculous meningoencephalitis and role of the activation of human herpes virus-1 infection in immunodeficiency	263
<i>R. M. Simonyan, K. R. Grigoryan, Sh. A. Margaryan, M. A. Simonyan</i> – Influence of dimethylsulfoxide on the endogenous levels of blood metalloproteins of intact and γ -irradiated rats ..	350
<i>K. G. Karageuzyan, L. M. Hovsepyan, H. A. Martirosian</i> - Quantitative variations of glycosphingolipids and sphingosins at insulin deficiency and He-Ne laser irradiation in liver and in heart	357
MEDICINE	
<i>M. M. Martirosyan</i> – Peculiarities of diagnosis and treatment at craniothoracic trauma in children	267
VIROLOGY	
<i>Z. A. Karalyan</i> – Nuclear and nucleolar indices in NIH 3T3 cell line in normal conditions and under the action of encephalomyocarditis virus	73
<i>Z.A.Karalyan</i> – Nuclear and nucleoar indices in HEp-2 cells in norm and under the action of Oral Polio Vaccine.....	178
PLANT PHYSIOLOGY	
<i>V. A. Davtyan</i> – About changes in xylem sap during of movement along the skeletal branches of fruit kinds	362
PHYSIOLOGY	
<i>K. V. Kazarian, V. Tz. Vantzian, I. B. Meliksetyan, A. S. Tirayan</i> – Effect of histamine upon the activation of guinea pig's ureter latent pacemakers	81
<i>N. E. Tatevosyan, E. G. Gevorkyan, L. G. Vaganyan, I. G. Tatevosyan, E. G. Kostanyan</i> – Stady of the functional state of brain by analysis of characteristics of visual-motor reactions.....	86
<i>S.A.Bajinyan, M.H.Malakyan, A.K.Abrahamyan, S.H.Ghazaryan</i> – Effect of Mn(II) amino acid chelate on some physical and chemical features of erythrocyte membranes under the exposure of the organism to irradiation.....	186
ZOOLOGY	
<i>H. G. Grigoryan</i> – Forming of Armenian names of the animals showing their living place	92