

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

ISSN 0321-1339

Չ Ե Կ Ո Ւ Յ Յ Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы
R E P O R T S

2001

Երևան

Երևան

Yerevan

Նրանադրվել է 1944 թ.: Լույս է տեսնում չորսին 4 անգամ
Основан в 1944 г. Выходит 4 раза в год
Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Ս. Ա. ՆԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ

Խմբագրական խորհուրդ՝ Գ.Ա. ԱՐԶՈՒՄՅԱՆՅԱՆ (պար. քարտուղար), ակադեմիկոս Է.Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ե. ԲԱԴԴԱՍԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ա. ԲՐՈՒՏՅԱՆ, ակադեմիկոս Է.Ս. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ.Ա. ԳԱՈՅԱՆ, ակադեմիկոս Վ.Վ. ԴՈՎԼԱԹՅԱՆ (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. АРЗУМАНЯН (отв. секретарь), академик Э.Г. АФРИКЯН, академик Г.Е. БАГДАСАРЯН, 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 Բաղրամյանի պող. 24գ

Տեղ. 52-44-61

Խմբագրության վարիչ՝ Գ. Ա. Աբրահամյան

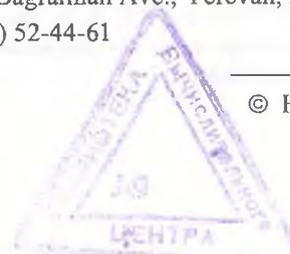
Адрес редакции: 375019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г

Тел. 52-44-61

Зав. редакцией Г. А. Абрамян

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

Phone-(3741) 52-44-61



Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

ՍԱԹԵՍԱՏԻԿԱ

Ս. Լ. Համբարյան – Պարզ արտադրիչների վերլուծման Ֆերմայի մեթոդի ընդհանրացումը..... 107

ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՍԱԹԵՍԱՏԻԿԱ

Ա. Բ. Ներսիսյան, Ն. Վ. Հովհաննիսյան – Քվադրապրերական ինտերպոլացիա..... 115

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ս. Ա. Ձաղոյան – Արագ պտտվող կոնական խողովակի պլաստիկական հոսքը..... 122

Ս. Հ. Սարգսյան, Ա. Ժ. Ֆարմանյան – Ընդհանրացված օրթոգոնալությունն առաձգակա-
նության ոչ սիմետրիկ տեսության հարթ խնդրում..... 128

ԱՌԱՉԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՄՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Ա. Մելքոնյան, Ա. Ժ. Գրիգորյան – Ներքին վերջավոր ուղղաձիգ ճեղքով թուլացված օրթո-
տրոպ կիսահարթության մեջ կոշտ դրոշմի անհամաչափ ճնշման մասին..... 135

ՖԻԶԻԿԱ

Դ. Մ. Մելրակյան, Ա. Ժ. Խաչատրյան, Գ. Մ. Անդրեասյան – Էլեկտրոնի ցրման խնդիրը
միաչափ կամայական դաշտում, որն ունի անվերջությունների տարբեր ֆիքսված արժեքներ..... 142

ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Վ. Վ. Դովլաթյան, Ֆ. Վ. Ավետիսյան, Տ. Ջ. Պապոյան, Թ. Լ. Ջիվանշիրյան, Ա. Ֆ. Ենգոյան –
Էթիլենթիմիզանյութի ռեակցիաները հալոգենիդների ֆունկցիոնալ ածանցյալների հետ..... 146

ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱ

Ա. Կ. Սաթևոյան – Համարժեք էլեկտրական ազդեցության որոշումը՝ հարուցված ինտեգրալ
ամպլիտուդաժամանակային չափանիշների միջոցով..... 150

ԵՐԿՐԱԷԿՈԼՈԳԻԱ

Ռ. Հ. Ռևազյան – Բիոսֆերոլոգիան և շրջակա միջավայրի պահպանության հիմնախնդիր-
ները..... 158

ՋՐԱՅԻՆ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐ

Հ. Վ. Թորմաջյան, Լ. Ա. Չիլինգարյան, Վ. Բ. Մկրտչյան, Հ. Ֆ. Մելքոնյան, Ա. Վ. Սիմոնյան –
Ջրային տնտեսության բնագավառում օգտագործվող հիմնական սահմանումները և հասկա-
ցությունները..... 164

ՍՈԼԵԿՈԼԱՅԻՆ ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Ջ. Փեփոյան – Salmonella derby բջիջների թաղանթների կազմակերպվածությունը..... 171

Ս. Օ. Սահակյան, Ա. Ա. Շահինյան, Ա. Ջ. Փեփոյան, Կ. Գ. Ղարազոյան – Մարդու
աղիքային միկրոֆլորայի Escherichia coli շտամների հակաբիոտիկայալուծության որոշ տեսանկ-
յուններ 178

ԿԵՆՍԱԲԻՄԻԱ

Գ. Մ. Սիմոնյան, Ն. Ա. Սերոպյան, Է. Ա. Քաչվորյան, Մ. Ա. Սիմոնյան, Կ. Գ. Ղարազոյան –
Սևանա լճի Coregonus lavaretus sevanicus էրիթրոցիտների թաղանթներից ցիտոքրոմ b₅₅₈ ֆրակցիայի
ստացումը և օպտիկա-սպեկտրային բնութագրերը..... 183

ԲՈՒՅՄԵՐԻ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Վ. Հ. Ղազարյան, Վ. Ա. Դավթյան, Վ. Վ. Ղազարյան – Թփատեսակների պտղաբերման առա-
տության կախվածությունը վեգետատիվ աճից..... 187

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

*Ն. Է. Թադևոսյան, Է. Գ. Կոստանյան, Ի. Գ. Թադևոսյան, Է. Գ. Գևորգյան, Լ. Գ. Վահանյան,
Կ. Ա. Մանասյան* – Կարճատև հիշողության արդյունավետության և դինամիկայի ուսումնասիրությու-
նը երկլեզվայնության պայմաններում..... 192

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА	
<i>С. Л. Амбарян</i> — Обобщение метода Ферма разложения на простые множители.....	107
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА	
<i>А. Б. Нерсисян, Н. В. Оганесян</i> — Квазипериодическая интерполяция.....	115
МЕХАНИКА	
<i>М. А. Задоян</i> — Пластическое течение быстровращающейся конической трубы.....	122
<i>С. О. Саркисян, А. Ж. Фарманян</i> — Обобщенная ортогональность в плоской задаче несимметричной теории упругости.....	128
ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ	
<i>С. А. Мелкумян, А. Ж. Григорян</i> — О несимметричном вдавлении жесткого штампа в упругую ортотропную полуплоскость, ослабленную внутренним вертикальным конечным разрезом.....	135
ФИЗИКА	
<i>Д. М. Седракян, А. Ж. Хачатрян, Г. М. Андреасян</i> — К задаче рассеяния электрона в поле неоднородного потенциала с различными фиксированными значениями в бесконечностях.....	142
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	
<i>В. В. Довлатян, Ф. В. Аветисян, Т. З. Папоян, Т. Л. Дживаниширян, А. П. Енгоян</i> — Реакции этилентиомочевинны с функциональными производными галогенидов.....	146
ГЕОФИЗИКА	
<i>А. К. Матевосян</i> — Определение эквивалентного электрического воздействия по интегральным амплитудно-временным параметрам вызванной поляризации.....	150
ГЕОЭКОЛОГИЯ	
<i>Р. Г. Реваян</i> — Биосферология и проблемы охраны окружающей среды.....	158
ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ	
<i>О. В. Токмаджян, Л. А. Чилингарян, В. Б. Мкртчян, Г. Ф. Мелконян, А. В. Симонян</i> — Основные понятия и определения, применяемые в области водного хозяйства.....	164
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ	
<i>А. З. Пепоян</i> — Структурная организация мембран клеток <i>Salmonella derby</i>	171
<i>М. О. Саакян, А. А. Шагинян, А. З. Пепоян, К. Г. Карагезян</i> — Некоторые аспекты антибиотикорезистентности штаммов <i>Escherichia coli</i> из кишечной микрофлоры человека.....	178
БИОХИМИЯ	
<i>Г. М. Симонян, Н. А. Серопян, М. А. Симонян, Э. А. Качворян, К. Г. Карагезян</i> — Получение фракции цитохрома b_{558} из мембран эритроцитов <i>Corynebacterium jeikeium</i> из оз. Севан и ее оптические спектральные характеристики.....	183
ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ	
<i>В. О. Казарян, В. А. Давтян, В. В. Казарян</i> — Зависимость обильности плодоношения от вегетативного роста кустарниковых пород.....	187
ФИЗИОЛОГИЯ	
<i>Н. Э. Татевосян, Э. Г. Костанян, И. Г. Татевосян, Э. Г. Геворкян, Л. Г. Ваганян, К. А. Манасян</i> — Исследование продуктивности и динамики краткосрочной памяти в условиях двуязычия.....	192

CONTENTS

MATHEMATICS	
<i>S. L. Hambarian</i> – Generalization of Fermat's prime factorization method.....	107
NUMERICAL MATHEMATICS	
<i>A. B. Nersessian, N. V. Hovhannisyan</i> – Quasiperiodic interpolation.....	115
MECHANICS	
<i>M. A. Zadoyan</i> – The plastic flow of the fast rotating conical tube.....	122
<i>S. O. Sarkisyan, A. G. Farmanyany</i> – The generalized orthogonality in the plane problem of asymmetrical theory of elasticity.....	128
THEORY OF ELECTROELASTICITY	
<i>S. A. Melkumyan, A. G. Grigoryan</i> – About unsymmetric pressing of the cruel stamp in the elastic ortotrop semi-plane, weakened by interior vertical final slit.....	135
PHYSICS	
<i>D. M. Sedrakian, A. Zh. Khachatrian, G. M. Andreasyan</i> – To the problem of an electron scattering in the field of an one-dimensional potential having at infinites different fixed values.....	142
ORGANIC CHEMISTRY	
<i>V. V. Dovlatyan, F. V. Avetisyan, T. Z. Papoyan, T. L. Djivanshiryan, A. P. Yengoyan</i> – The reaction of ethylenthiourea with halogen functional derivatives.....	146
GEOPHYSICS	
<i>A. K. Matevosyan</i> – Determination of equivalent electric influence of integral amplitudical and temporary parameters of induced polarization.....	150
GEOECOLOGY	
<i>R. H. Revazyan</i> – Biospherology and issues of environmental conservation.....	158
WATER RESOURCE	
<i>H. V. Tockmajyan, L. A. Chilingaryan, V. B. Mkrtychyan, H. F. Melkonyan, A. V. Simonyan</i> – Main concepts and formulations used in the field of water facilities.....	164
MOLECULAR BIOLOGY	
<i>A. Z. Pepoyan</i> – Structural organization of Salmonella derby cell membranes.....	171
<i>M. O. Sahakian, A. A. Shahinian, A. Z. Pepoyan, K. G. Karageuzyan</i> – Several aspects of antibioticoresistancy of Escherichia coli strains from human normal intestinal microflora.....	178
BIOCHEMISTRY	
<i>G. M. Simonyan, N. A. Seropyan, M. A. Simonyan, E. A. Kachvoryan, K. G. Karageuzyan</i> – The preparation and optical spectral characteristics of the fraction of cytochrome b_{558} from membranes of erythrocytes of Coregonus Lavaretus Sevanicus from lake Sevan.....	183
PLANT PHYSIOLOGY	
<i>V. O. Kazaryan, V. A. Davtyan, V. V. Kazaryan</i> – Dependence on the abundance of the production of the shrubberies from the vegetational growth.....	187
PHYSIOLOGY	
<i>N. E. Tatevosian, E. G. Kostanian, L. G. Tatevosian, E. G. Gevorkian, L. G. Vahanian, K. A. Manasian</i> – The efficiency and dynamics of short-term memory in bilinguals.....	192

МАТЕМАТИКА

УДК 511

С. Л. Амбарян

Обобщение метода Ферма разложения на простые множители

(Представлено академиком Н. У. Аракеляном 18/ХИ 2000)

Разложение на множители больших чисел является одной из труднейших вычислительных проблем теории чисел, для которой верхняя оценка количества шагов вычисления для числа n равна $O(n)^{1/4+\varepsilon}$, где $\varepsilon > 0$. Вопрос о вычислительной сложности разложения на множители в настоящее время не решен [1, 2]. Разработка новых методов криптографии, в частности, метода открытого распространения ключей Диффи-Хеллмана [3] и криптосистемы с открытым ключом RSA (R. Rivest, A. Shamir, L. Adleman) [4], дала новый толчок развитию четырех направлений теории чисел и компьютерной арифметики:

- разработка алгоритмов разложения на множители [1, 2, 5];
- разработка алгоритмов нахождения больших простых чисел [1, 5];
- разработка эффективных алгоритмов умножения и деления [5, 6];
- разработка высокоскоростной арифметики многократной точности [5].

В настоящей работе рассматривается задача построения алгоритма разложения на множители, основанного на обобщении идеи, предложенной Пьером де Ферма.

Метод Ферма основан на представлении числа N в виде разности двух квадратов [5, 7-9]. Пусть требуется разложить на множители нечетное составное число N ; тогда если требуемое разложение имеет вид $N = p \cdot q$, $1 < p < q$, то полагая $x = (p + q)/2$, $y = (q - p)/2$, задача сводится к представлению N в виде

$$N = x^2 - y^2, \quad 0 < y < x < N. \quad (1)$$

Как известно, метод Ферма обобщен Лежандром [5]. Метод Лежандра основан на поиске чисел x и y , таких, что

$$y^2 \equiv x^2 \pmod{N}, \quad 0 < y < x < N, \quad x + y \neq N. \quad (1a)$$

Из (1a) следует, что $\text{нод}(N, x - y)$ и $\text{нод}(N, x + y)$ – делители числа N .

Предложенный Ферма метод проверки правых крайних цифр обобщен Д. Х. Лемером и его сотрудниками с привлечением других модулей (*метод просеивания*) [5].

В данной работе метод Ферма обобщен для произвольного количества k последних цифр полного квадрата, т. е. для сравнения

$$r \equiv x^2 \pmod{10^k}, \quad k = 1, 2, 3 \dots$$

Как будет видно из дальнейшего изложения, это обобщение, с одной стороны, приводит к интересным результатам, а с другой стороны, что не менее важно, квадратичные вычеты всех натуральных чисел по степеням десяти будут представлены в виде простых математических формул (будем называть их структурными представлениями).

Аналогично сказанному для удобства рассмотрим вначале случаи малых k . В случае $k = 2$, как легко видеть, число является полным квадратом, если две его последние цифры определяют число, принадлежащее следующему множеству:

$$A = \{00, 01, 04, 09, 16, 21, 24, 25, 29, 36, 41, 44, 49, 56, 61, 64, 69, 76, 81, 84, 89, 96\}.$$

Элементы множества A разобьем на подмножества (*классы*) так, чтобы элементы одного и того же класса образовали арифметическую прогрессию с разностью $d_2 = 20$ либо заканчивались на 0 или 5 (этот класс назовем *нулевым классом*): $k_0 = (00, 25) = (0, 25)$; $k_1 = (1, 21, 41, 61, 81)$; $k_2 = (4, 24, 44, 64, 84)$; $k_3 = (9, 29, 49, 69, 89)$; $k_4 = (16, 36, 56, 76, 96)$.

При $k = 1$ имеем $k_0 = (0, 5)$; $k_1 = (1)$; $k_2 = (4)$; $k_3 = (9)$; $k_4 = (6)$; при $k = 3$ и $d_3 = 40$ имеем

$$\begin{aligned} k_0 &= (0, 25, 100, 225, 400, 500, 600, 625, 900); \\ k_1 &= (1, 41, 81, \dots, 921, 961); \\ k_2 &= (4, 44, 84, \dots, 924, 964); \\ k_3 &= (9, 49, 89, \dots, 929, 969); \\ k_4 &= (16, 56, 96, \dots, 936, 976); \\ k_5 &= (36, 76, 116, \dots, 956, 996); \\ k_6 &= (64, 104, 144, \dots, 984, 24) \text{ и т. д.} \end{aligned}$$

Теперь перейдем к рассмотрению случаев произвольных k .

Множество чисел, определяемых k последними цифрами полных квадратов, обозначим через \tilde{A}_k , а его мощность — через A_k ; $k = 1, 2, 3, \dots$.

Определим вектор L_k , $k = 1, 2, 3, \dots$, состоящий из шести компонент

$$L_k = (a_k, b_k, d_k, |k_0|, A_k^*, A_k), \quad (2)$$

где a_k количество ненулевых классов;

$b_k = 5^{k-1}$ количество элементов в каждом ненулевом классе;

$d_k = 2^k \cdot 5$ – разность между соседними элементами ненулевых классов;

$|k_0|$ – мощность нулевого класса;

$A_k^* = a_k \cdot b_k$ – мощность регулярного множества \tilde{A}_k^* (без нулевого класса);

$A_k = A_k^* + |k_0|$ – мощность множества \tilde{A}_k .

Ниже приводятся рекуррентные соотношения между элементами a_k ; $k = 1, 2, 3, \dots$, а также явное выражение a_k через k :

$$\begin{aligned} a_1 = a_2 = 4; \quad a_k = a_{k-2} + 2^{k-2}, \quad k = 3, 4, 5, \dots \\ a_k = (2^k - (-1)^k)/3 + 3; \quad k = 1, 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (3)$$

Формула (3) позволяет найти мощность регулярного множества \tilde{A}_k^* для любого k .

В данной постановке задачи представляют интерес те квадраты, которые заканчиваются на 0, 025, 225 и 625 (других окончаний длиной в три цифры в нулевом классе не существует), эти множества обозначим через $E_k(0), E_k(025), E_k(225)$ и $E_k(625)$, а их мощности – соответственно через $e_k(0), e_k(025), e_k(225)$ и $e_k(625)$ при $k \geq 3$.

Нетрудно убедиться, что

$$e_k(0) = A_{k-2}, \quad e_k(025) = 10^{k-3}, \quad e_k(225) = 10^{k-3}; \quad k = 3, 4, 5, \dots$$

Через c_k обозначим следующее число:

$$c_k = e_k(025) + e_k(225) + e_k(625); \quad k = 3, 4, 5, \dots$$

Ниже приводятся рекуррентные соотношения между элементами c_k ; $k = 3, 4, 5, \dots$, а также явное выражение c_k через k

$$\begin{aligned} c_3 = 3; \quad c_4 = 22; \quad c_k = 2 \cdot 10^{k-3}, \quad k = 5, 6, \dots \\ c_k = 2^{k-5}((5^{k-1} - (-1)^{k-1})/3 + 3 + (-1)^{k-1}); \quad k = 3, 4, 5, \dots \end{aligned} \quad (4)$$

Формула (4) позволяет найти мощность множества $r \equiv 0 \pmod{5}$ (кроме $E_k(0)$) для любого k .

Ниже приводятся рекуррентные соотношения между элементами A_k ; $k = 1, 2, 3, \dots$, а также явное выражение A_k через k :

$$A_1 = 6, \quad A_2 = 22; \quad A_k = A_{k-2} + u_k; \quad u_k = a_k \cdot b_k + c_k; \quad k = 3, 4, 5, \dots$$

$$u_k = ((2^k - (-1)^k)/3 + 3) \cdot 5^{k-1} + 2^{k-5}((5^{k-1} - (-1)^{k-1})/3 + 3 + (-1)^{k-1}); \quad k = 3, 4, 5, \dots$$

$$A_k = A_1 + 1/36((5^2(10^{k-1} - 1) + 5^3(5^{k-1} - 1) + 11(2^{k-1} - 1)); \quad k = 1, 3, 5, \dots \quad (5.1)$$

$$A_k = A_2 + 1/18((5^3(10^{k-2} - 1) + 2 \cdot 5^3(5^{k-2} - 1) + 7(2^{k-2} - 1)); \quad k = 2, 4, 6, \dots \quad (5.2)$$

Формулы (5.1) и (5.2) позволяют найти мощность множества \tilde{A}_k для любого k .

Теперь можно сформулировать следующие предельные теоремы.

Теорема 1. *Отношение мощности регулярного множества \tilde{A}_k^* к 10^k при стремлении k к бесконечности есть постоянное число, равное $1/15 = 0.06(6)$.*

Теорема 2. *Отношение мощности множества $r \equiv 0 \pmod{5}$ (кроме $E_k(0)$) к 10^k при стремлении k к бесконечности есть постоянное число, равное $1/480$.*

Теорема 3. *Отношение мощности множества \tilde{A}_k к 10^k при стремлении k к бесконечности есть постоянное число, равное $5/72 = 0.0694(4)$.*

Ниже приводятся рекуррентные соотношения между элементами a_k ; $k = 3, 4, 5, \dots$, а также явное выражение a_k через k :

$$\begin{aligned} a_5 = a_6 = 1; \quad a_k = a_{k-2} + 2 \cdot 5^{k-7}; \quad k = 5, 6, 7 \dots \\ a_k = (5^{k-5} - 5^{\delta(k)})/12 + 1; \quad k = 5, 6, 7, \dots \quad \text{где } \delta(k) = (1 + (-1)^k)/2. \end{aligned} \quad (7)$$

Формула (7) позволяет найти мощности множеств $E_k(0625)$ и $E_k(5625)$, т. е. $E_k(625)$ для любого k .

Теперь сформулируем задачу нахождения минимальных элементов (наименьший неотрицательный вычет – первый элемент арифметической прогрессии) ненулевых классов. Дадим следующее определение.

Определение 1. *Всякий минимальный элемент r одного из ненулевых классов, содержащихся в \tilde{A}_k^* , $k \geq 1$, который входит в представление минимальных элементов других ненулевых классов в виде*

$$S(r) = d \cdot n + r, \quad d \in D = \{d_k; k \geq 3\}; \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

называется порождающим числом \tilde{A}_k^ .*

Справедлива следующая обобщенная лемма.

Лемма 1. *При неограниченном возрастании длины окончания квадрата k , числа*

$$\begin{aligned} 1 \text{ и } 9, \text{ с разностью } d = d_3 = 40; \\ 4 \text{ и } 36, \text{ с разностью } d = d_5 = 160; \\ 16 \text{ и } 144, \text{ с разностью } d = d_7 = 640; \\ 64 \text{ и } 576, \text{ с разностью } d = d_9 = 2560; \\ 256 \text{ и } 2304, \text{ с разностью } d = d_{11} = 10240 \end{aligned}$$

являются порождающими числами \tilde{A}_k^ .*

Полученная закономерность дает возможность сформулировать следующую основную теорему в этом направлении.

Теорема 4. *При неограниченном возрастании длины окончания квадрата k числа*

$$1 \cdot 4^m \pmod{d_k} \text{ и } 9 \cdot 4^m \pmod{d_k},$$

и только они с разностью $d = d_{2m+3} = 4^{m+1} \cdot 10$; $m = 0, 1, 2, \dots$ являются порождающими числами \tilde{A}_k^ .*

Теперь сформулируем задачу нахождения минимальных элементов $E_k(625)$. Дадим следующее определение.

Определение 2. *Всякий минимальный элемент r , содержащийся в $E_k(625)$ $k \geq 3$, который входит в представление других минимальных элементов, в виде*

$$S(r) = d \cdot n + r, \text{ с разностью } d = 2^\delta \cdot 5^k; \quad k \geq 3; \quad \delta = \{0, 3\}; \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

называется порождающим числом $E_k(625)$.

Справедлива следующая лемма.

Лемма 2. *При неограниченном возрастании длины окончания квадрата k числа*

$$39 \text{ и } 351, \text{ с разностью } d = 5^4;$$

$$r_1 = 14.39(\text{mod } 50) \text{ и } r_2 = 1.76(\text{mod } 125), \text{ с разностью } d = 2^3 \cdot 5^3$$

являются порождающими числами $E_k(625)$.

Исследования подтвердили, что имеет место следующая теорема.

Теорема 5. *При неограниченном возрастании длины окончания квадрата k числа*

$$39 \text{ и } 351, \text{ с разностью } d = 5^4;$$

$$r_1 \equiv 14.39(\text{mod } 50) \text{ и } r_2 \equiv 1.76(\text{mod } 125), \text{ с разностью } d = 2^3 \cdot 5^3,$$

и только они являются порождающими числами $E_k(625)$.

Следствие 1. *Минимальные элементы $E_k(0625)$ определяются формулами*

$$S_1(r) \equiv (625n + 39)\text{mod } 5^{k-4}; \quad n \in \{0, 3, 5, 8(\text{mod } 10) \& 14.39(\text{mod } 50)\}.$$

$$S_2(r) \equiv (1000n + r_1)\text{mod } 5^{k-4}; \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Следствие 2. *Минимальные элементы $E_k(5625)$ определяются формулами*

$$S_1(r) \equiv (625n + 351)\text{mod } 5^{k-4}; \quad n \in \{0, 2, 5, 7(\text{mod } 10) \& 1.76(\text{mod } 125)\}.$$

$$S_2(r) \equiv (1000n + r_2)\text{mod } 5^{k-4}; \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Замечание: $S_1(r) \cap S_2(r) \neq \emptyset$.

Таким образом, согласно полученным результатам, для чисел натурального ряда структура окончаний их квадратов известна и поэтому, в частности, для (2), при $k \geq 3$, $10^{k-1} < N < 10^k$, из равенства $N = x^2 - y^2$ и $x \neq (N + 1)/2$ следует

$$N = n_N d_k + r_N, \text{ где } r_N - \text{остаток от деления } N \text{ на } d_k,$$

$$x^2 \equiv (n_x d_k + r_x) \text{mod } 10^k, \quad x^2 = 10^k x_0 + n_x d_k + r_x,$$

где r_x – минимальный элемент строки числа x ;

$$y^2 \equiv (n_y d_k + r_y) \text{mod } 10^k, \quad y^2 = 10^k y_0 + n_y d_k + r_y,$$

где r_y – минимальный элемент строки числа y ;

$$x^2 \equiv ((n_N + n_y) d_k + r_N + r_y) \text{mod } 10^k,$$

при $x_0 = y_0$; $r_N = r_x - r_y$; $n_N = n_x - n_y$ не исключены и другие случаи,

например, $r_N = d_k + r_x - r_y$; и/или $x_0 = y_0 + 1$; $n_N = (n_x + 5^{k-1} - 1) - n_y$.

Рассмотрим сравнения

$$x^2 \equiv ((n_N + n_y)d_k + r_N + r_y) \pmod{10^k}; \quad (8)$$

$$y^2 \equiv (n_y d_k + r_y) \pmod{10^k}. \quad (9)$$

В этих выражениях единственное неизвестное – n_y . Так как $n_N + n_y \leq 5^k - 1$, то задача нахождения сомножителей $N = p \cdot q$, $1 < p < q$, в общем случае, сводится к перебору по n_y в промежутке $0 \leq n_y \leq 5^k - n_N - 1$.

Таким образом, при $0 \leq n_y < C$ или $5^k - n_N - C < n_y \leq 5^k - n_N - 1$, где C – предел перебора на базе современной технологии, число $N = p \cdot q$ криптосистемы с открытыми ключами RSA раскрываемо независимо от его величины.

Согласно теории сравнения второй степени по составному модулю исследованы и решены сравнения вида [8]

$$x^2 \equiv a \pmod{2^k}, (a, 2) = 1 \text{ и } x^2 \equiv a \pmod{5^k}, (a, 5) = 1,$$

которые совместно дают решения сравнения вида

$$x^2 \equiv a \pmod{10^k}, (a, 10) = 1; \quad k = 1, 2, \dots, 8.$$

Пусть

$x = f_i(n_y)$ – некоторое решение сравнения $x^2 \equiv ((n_N + n_y)d_k + r_N + r_y) \pmod{10^k}$

и $y = g_j(n_y)$ – некоторое решение сравнения $y^2 \equiv (n_y d_k + r_y) \pmod{10^k}$.

Таким образом, задача сводится к отысканию положительного целочисленного решения следующих уравнений:

$$f_i^2(n_y) - g_j^2(n_y) - N = 0; \quad i, j \in \{1, 2, \dots, 8\}.$$

Алгоритм разложения для \tilde{A}_k^*

Шаг 1. Вычислить k из условия $10^{k-1} < N < 10^k$.

Шаг 2. Представить N в виде $N = n_N \cdot d_k + r_N$, $0 < r_N < d_k$.

Шаг 3. Найти минимальные элементы r_x и r_y такие, чтобы

$$r_N = r_x - r_y \text{ (либо } r_N = d_k + r_x - r_y \text{)}.$$

Шаг 4. Решить сравнение (8).

Шаг 5. Пусть $x = f_i(n_y)$ – некоторое решение сравнения (8).

Шаг 6. Решить сравнение (9).

Шаг 7. Пусть $y = g_j(n_y)$ – некоторое решение сравнения (9).

Шаг 8. Найти целочисленное решение уравнений

$$f_i^2(n_y) - g_j^2(n_y) - N = 0; \quad i, j \in \{1, 2, \dots, 8\}.$$

Шаг 9. Если $n_y \in Z_+$, то N – составное, иначе N – простое.

Объединение представлений (2), (6), $E(0)$ и $E(25)$ для окончательного уточнения алгоритма разложения на множители и проектирования специального процессора для этой цели находится в стадии разработки.

В заключение выражаю глубокую признательность И. Д. Заславскому за полезные обсуждения и предложения.

Ереванский научно-исследовательский
институт математических машин

Ս. Լ. Համբարյան

Պարզ արտադրիչների վերլուծման Ֆերմայի մեթոդի ընդհանրացումը

Դիցուք պահանջվում է վերլուծել արտադրիչների $n = p \cdot q$, $1 < p < q$ կենտ թիվը: Այդ դեպքում տեղադրելով.

$$x = (p + q)/2 \quad \text{և} \quad y = (p - q)/2,$$

n թիվը կներկայացվի երկու բնական թվերի քառակուսուների տարբերության տեսքով.

$$x^2 = y^2 + n, \quad 0 < y < x < n: \quad (1)$$

Ֆերմայի մեթոդը կայանում է երանում, որ փնտրվում են x -ի և y -ի այնպիսի արժեքներ, որոնք բավարարում են (1) հավասարմանը, այսինքն՝ նրա աջ մասը պետք է լինի լրիվ քառակուսի:

Լրիվ քառակուսու վերջին երկու նիշերը կարող են լինել՝ 00, 25, $a1, a4, a9$, կամ $b6$, որտեղ a -ն գույգ, իսկ b -ն կենտ նիշ է:

Այս աշխատանքում Ֆերմայի մեթոդը ընդհանրացվում է լրիվ քառակուսու վերջին ցանկացած k քանակով նիշերի ընդգրկմամբ՝ հաշվի առնելով n թվի բոլոր նիշերը.

$$10^{m-1} < n < 10^m, \quad r \equiv x^2 \pmod{10^k}; \quad m \leq k = 1, 2, 3 \dots$$

Աշխատանքում ապացուցված են մի քանի սահմանային թեորեմներ քառակուսային մնացքների վերաբերյալ:

Քառակուսային մնացքները ներկայացվում են պարզ մաթեմատիկական բանաձևերի օգնությամբ, որը հնարավորություն է տալիս էապես կրճատել արտադրիչների վերլուծման ալգորիթմի գործողությունների քանակը (հատարկման ծավալը):

Литература

1. Кибернетический сборник. Новая серия. Вып. 23. М.: Мир, 1986.
2. *Pollard J.* - Proc. Cambridge Philos. Soc. 1974. V. 76.
3. *Diffie W., Hellman. M. B.* - IEEE Trans.Informat. Theory, 1976. V. IT-22. Nov.
4. *Rivest R. L, Shamir A., Adleman. L.* - САСМ. 1978. V. 21, № 2. Feb.
5. *Кнут. Д.* Искусство программирования для ЭВМ. Т. 2. Получисленные алгоритмы. М: Мир, 1977.
6. *Schdnhage A., StrassenV.* - Computing, Archiv fur elektronisches Rechnen. № 7. 1971.
7. *Арнольд. И. В.* Теория чисел. М. Учпедгиз. 1939.
8. *Виноградов. И. М.* Основы теории чисел. М.-Л.: Гос. изд-во техн.- теоретич. лит., 1952.
9. *Трост. Э.* Простые числа. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 519.65, 517.57

Академик А. Б. Нерсисян, Н. В. Оганесян

Квазипериодическая интерполяция

(Представлено 29/1 2001)

Интерполяция гладкой функции на конечном отрезке является одной из основных задач математического анализа, имеющих непосредственное прикладное значение. Наиболее известны полиномиальная и тригонометрическая интерполяции, пределы точности которых регулируются теоремами о наилучших приближениях [1].

Одной из наиболее эффективных является тригонометрическая интерполяция гладкой периодической функции на равномерной сети. Однако в случае негладкой (недостаточно гладкой) периодической функции L_2 -сходимость такой интерполяции медленная, а равномерная сходимость ограничивается явлением Гиббса. В ряде работ [2-5] этот недостаток в значительной степени преодолен применением полиномиально-тригонометрической интерполяции для кусочно-гладкой функции.

В работах [6, 7] была предложена общая интерполяционная схема, основанная на минимизации определенных функционалов и обобщающая схему построения интерполяционных периодических вейвлетов. На основе этого подхода ниже изучается интерполяция функции, достаточно гладкой на отрезке $[a, b]$, посредством систем периодических функций, период которых больше $b - a$. Назовем такую интерполяцию **квазипериодической**.

1. Пусть $f(x) \in C^p[-1, 1]$, $p \geq 1$ и $\{x_k\}$ – некоторая сеть $2N + 1$ различных точек на $[-1, 1]$. Примером квазипериодической интерполяции может служить лагранжева интерполяция

$$f_N = \sum_{k=-N}^N a_k(x, \alpha) f(x_k), \quad x \in [-1, 1], \quad 0 < \alpha < 1, \quad (1)$$

где

$$a_k(x, \alpha) = \prod_{p \neq k} \frac{\sin(\frac{\alpha}{2}\pi(x - x_k))}{\sin(\frac{\alpha}{2}\pi(x_k - x_p))}, \quad a_k(x_k, \alpha) = 1, \quad k = -N, -N + 1, \dots, N. \quad (2)$$

Эта формула точна для тригонометрических полиномов из замыкания $\{e^{i\pi n x}\}, -N \leq k \leq N$, с периодом $2/\alpha$. Однако при росте N резко растет число выполняемых операций, и как следствие растет ошибка округления.

Одним из преимуществ квазипериодической интерполяции является возможность включения в сеть $\{x_k\}$ обеих граничных точек $x = 1$ и $x = -1$. В дальнейшем такую интерполяцию назовем **полной**.

Пусть имеем некоторую интерполяционную формулу для $f(x)$ на сети $\{x_k\} \in [-1, 1]$, $a = \min\{x_k\}$, $b = \max\{x_k\}$ и $(b - a) < 2$. Применив ее к функции $g(x) = f((2x - a - b)/(b - a))$ и сделав обратную замену $x = (b - a)t/2 + (a + b)/2$, получим полную интерполяционную формулу для $f(t)$. В частности, каждой периодической интерполяции соответствует полная квазипериодическая интерполяция, но уже на сети $\{(2x_k - a - b)/(b - a)\}$, включающей точки ± 1 .

Такой подход позволяет изучать явление Гиббса для функций, гладких на замкнутом отрезке, более естественным образом, чем это принято (см., например, [8, 9]). Именно, при периодической интерполяции нельзя рассчитывать на равномерную ошибку для гладкой на отрезке $[-1, 1]$ функции менее половины ее значений на концах, а классическое явление Гиббса характеризует только превышение ("перелет", "overshoot") абсолютных величин этих значений. При квазипериодической же интерполяции можно учитывать и "недолет" ("undershoot") (см. рис. 2 ниже и комментарий к нему).

2. В работах [6, 7] были изучены, в частности, интерполяционные схемы, точные для конечных ортогональных систем периодических функций вида

$$\varphi_n(x) = \varphi_n(x, N, \vartheta) = \sum_{s=-\infty}^{\infty} \vartheta_{n+(2N+1)s} e^{i\pi(n+(2N+1)s)x}, \quad -N \leq n \leq N, \quad (3)$$

где $\{\vartheta_n\} = \{\vartheta_n(N)\} \in \mathbf{C}$ — последовательность, такая, что

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} |\vartheta_n| < \infty.$$

В случае, когда $\vartheta_n = \vartheta(n/(2N + 1))$, $\vartheta(\lambda) \in L_2(-\infty, \infty)$ и

$$\mu(x) = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\pi\lambda x} \vartheta(\lambda) d\lambda, \quad \mu(x) \in L_2(-\infty, \infty) \cup C_{\text{loc}}, \quad (4)$$

справедливо представление (см. [7])

$$\varphi_n(x) = \sum_{s=-N}^N \rho((2N + 1)x - 2s) e^{2i\pi ns/(2N+1)}, \quad -N \leq n \leq N, \quad (5)$$

при условии, что существует непрерывная 2-периодическая функция

$$\rho(x) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \mu(x - 2k). \quad (6)$$

Ясно, что

$$\overline{\{\varphi_n(x)\}} = \overline{\{\rho((2N + 1)x - 2n)\}}, \quad -N \leq n \leq N.$$

3. Пусть теперь $-1 = x_{-N} < x_{-N+1} < \dots < x_{N-1} < x_N = 1$, $N > 0$. Рассмотрим интерполяцию вида (1), точную для системы $\{\varphi_n(\alpha x)\}$, или, что то же самое, $\{\rho((2N+1)\alpha x - 2n)\}$, $k = -N, -N+1, \dots, N, 0 < \alpha < 1$.

Это приводит к решению линейных систем с соответствующей матрицей (обозначим ее через A) для определения коэффициентов $\{a_k(x, \alpha)\}$.

Рассмотрим подробнее случай полной тригонометрической интерполяции (1) - (2) на сети вида

$$x_k = \frac{k}{N}; \quad k = -N, -N+1, \dots, N, \quad (7)$$

когда

$$\vartheta_n = \begin{cases} 1, & |n| \leq N \\ 0, & |n| > N. \end{cases} \quad (8)$$

Примем также, что $m \geq 0$ целое и

$$\alpha = \frac{2N}{m + 2N + 1}. \quad (9)$$

Нетрудно убедиться, что при этом матрица A является "урезанной" матрицей дискретного преобразования Фурье и ее можно считать возмущением унитарной матрицы матрицей ранга m (при $m = 0$ сама матрица A унитарна).

Применив известный метод Шермана-Моррисона (см. [10]), приходим к выводу, что при $m \geq 1$ задача нахождения коэффициентов интерполяции (1) сводится к обращению невырожденной матрицы

$$\left[(-1)^{p-q} \operatorname{csc} \left(\frac{\pi(p-q)}{m + 2N + 1} \right) \sin \left(\frac{m\pi(p-q)}{m + 2N + 1} \right) \right], \quad p, q = 1, 2, \dots, m, \quad (10)$$

где диагональные элементы принимаются равными m .

К сожалению, – как при росте N , так и при росте m , – число обусловленности матрицы (10) чувствительно растет и может стать чрезмерным для компьютера с данной разрядностью. Поэтому имеет смысл выбирать m постоянным и относительно малым. Для $m \leq 5$ нетрудно выписать явный вид $\{a_k(x, \alpha)\}$, $k = -N, -N+1, \dots, N$.

Например, при $m = 1$ получаем

$$a_k(x, \frac{N}{N+1}) = \left((-1)^k \cos \left(\frac{N(2N+1)\pi x}{2N+2} \right) \sec \left(\frac{N\pi x}{2N+2} \right) + \operatorname{csc} \left(\frac{\pi(Nx-k)}{2N+2} \right) \sin \left(\frac{(2N+1)\pi(k-N)x}{2N+2} \right) \right) / (2N+2). \quad (11)$$

С вычислительной же точки зрения очевидно преимущество формулы (1) + (11) перед формулой (1) + (2) при $m = 1$ ($\alpha = \frac{N}{N+1}$). Тем не менее, иногда удобнее пользоваться иной формой записи интерполяции (1) + (11). Для этого рассмотрим следующее обратное

дискретное преобразование Фурье вектора $\{f(x_k)\}$, вычисляемого посредством быстрого преобразования Фурье (БПФ):

$$f_n^{\vee} = \frac{1}{2N+2} \sum_{k=-N-1}^N e^{-\frac{2i\pi nk}{2N+2}} f(x_k); \quad -N-1 \leq n \leq N+1, \quad (12)$$

где принято $f(x_{-N-1}) = 0$. Нетрудно убедиться, что формула (1) + (11) может быть записана в гораздо более простых и удобных для применений формах

$$f_N = \sum_{n=-N}^N e^{\frac{i\pi n N x}{N+1}} f_n^{\vee} + \cos\left(\frac{N(2N+1)\pi x}{2N+2}\right) \sec\left(\frac{N\pi x}{2N+2}\right) f_{-N-1}^{\vee} = \sum_{n=-N}^N e^{\frac{i\pi n N x}{N+1}} \left(f_n^{\vee} + (-1)^{n+N} f_{-N-1}^{\vee}\right). \quad (13)$$

Отметим, что последнее выражение имеет то преимущество, что не содержит неопределенных в некоторых точках выражений, чреватых ошибками округления или переполнением. Аналогичные выражения, – с использованием подобного (12) $(2N + m + 1)$ -мерного обратного дискретного преобразования Фурье для "дополненного" нулями вектора $\{f(x_k)\}$, – справедливы и при других значениях m . Их явный вид нетрудно получить при $m \leq 5$.

4. Соответствующие алгоритмы были апробированы в ходе многочисленных экспериментов, с применением вычислительных и символьных возможностей компьютерной системы MATHEMATICA 4.0 [11]. Приведем типичные результаты.

Полная квазипериодическая интерполяция реализована при $m = 0,1,2,3$. Классическая периодическая интерполяция (1) - (2) ($\alpha = 1$) условно соответствует значению $m = -1$. Изучены интерполяции следующих функций:

$$f_1(x) = \frac{2.5e^{x/2}}{5 - \cos(5x + 2)}; \quad f_2(x) = (\cos(x + 0.3(1 - x^2)) - \cos(1))^4. \quad (14)$$

Зависимость точности интерполяции от значений t продемонстрирована на рис. 1-3.

Рис. 1 демонстрирует типичную интерполяцию аналитической в окрестности отрезка $[-1,1]$ функции. Как видим, наибольший эффект наблюдается внутри интервала $(-1,1)$. Так, при $m = 3$ точность на $(-0.7,0.7)$ примерно на четыре порядка выше, чем при $m = -1,0$. Но и на интервале $(-1,1)$ эффект значителен: при $m = 3$ точность примерно на два порядка выше, чем при $m = -1,0$.

Указанная разница между погрешностями на интервалах $(-1,1)$ и $(-0.7,0.7)$ обусловлена явлениями Гиббса вблизи точек $x = -1$ и $x = 1$, характер которых продемонстрирован на рис. 2

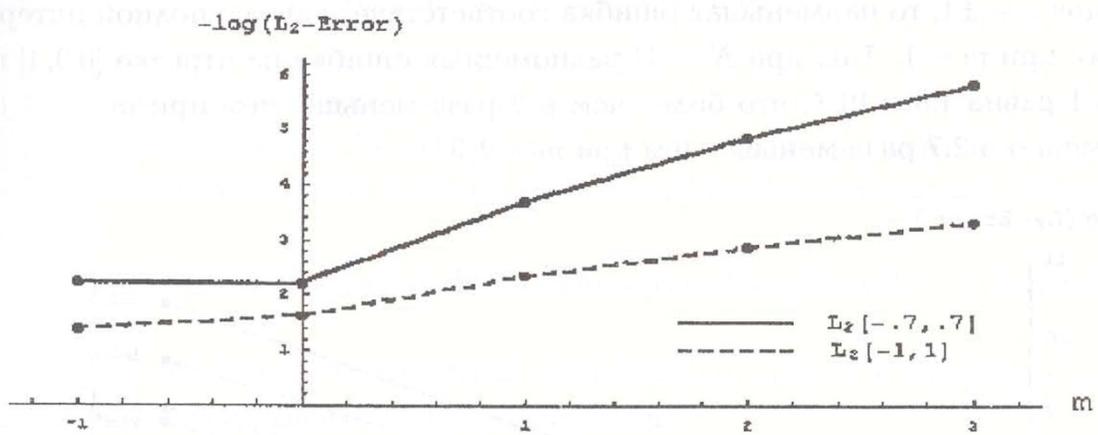


Рис. 1. Интерполяция функции $f_1(x)$ на сети из 65 точек $N = 32$.
 Указан десятичный логарифм обратной величины L_2 -погрешности при $m = -1, 0, 1, 2, 3$ на отрезках $(-0.7, 0.7)$ (сплошная линия) и $(-1, 1)$ (пунктир).

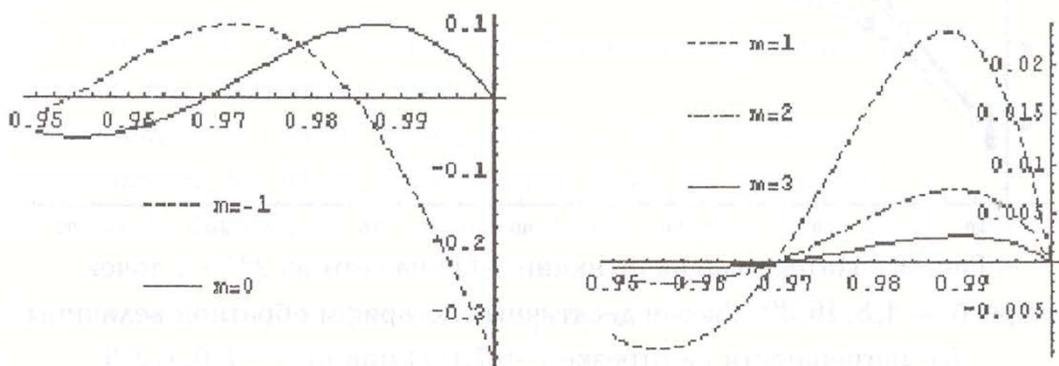


Рис. 2. Интерполяция функции $f_1(x)$ на сети из 65 точек ($N = 32$).
 Указаны (см. (1), (7), (9)) графики ошибок $(f_1)_N - f_1(x)$
 вблизи точки $x = 1$ при $m = -1, 0$ (слева) и $m = 1, 2, 3$ (справа).

Как видим, при $m = -1$ равномерная ошибка в три раза больше, чем при $m = 0$. В свою очередь, при $m = 3$ равномерная ошибка ("перелет" в явлении Гиббса) более чем в 200 раз меньше, чем при $m = 0$, а "недолет" меньше уже на три порядка.

Казалось бы, в случае достаточно гладкой 2-периодической функции классическая тригонометрическая интерполяция должна быть оптимальной. Но, оказывается, по отношению к погрешности на отрезках внутри интервала $(-1,1)$ это не так, что подтверждается результатами интерполяции 2-периодической функции $f_2(x) \in C_{\text{loc}}^4$. Как это видно из рис. 3, при интерполяции на 65 точках ($N = 32$) L_2 -погрешность на отрезке $(-0.7,0.7)$ при $m = 1$ на порядок меньше, чем при $m = -1$, а при $m = 3$ — меньше уже на 2.5 порядка.

Что же касается погрешности интерполяции функции $f_2(x)$ вблизи концов $x = \pm 1$, то наименьшая ошибка соответствует случаю полной интерполяции при $m = 1$. Так, при $N = 32$ равномерная ошибка на отрезке $[0.9,1]$ при $m = 1$ равна 1.8×10^{-8} , что более чем в 2 раза меньше, чем при $m = -1,0$, и примерно в 2.7 раза меньше, чем при $m = 2,3$.

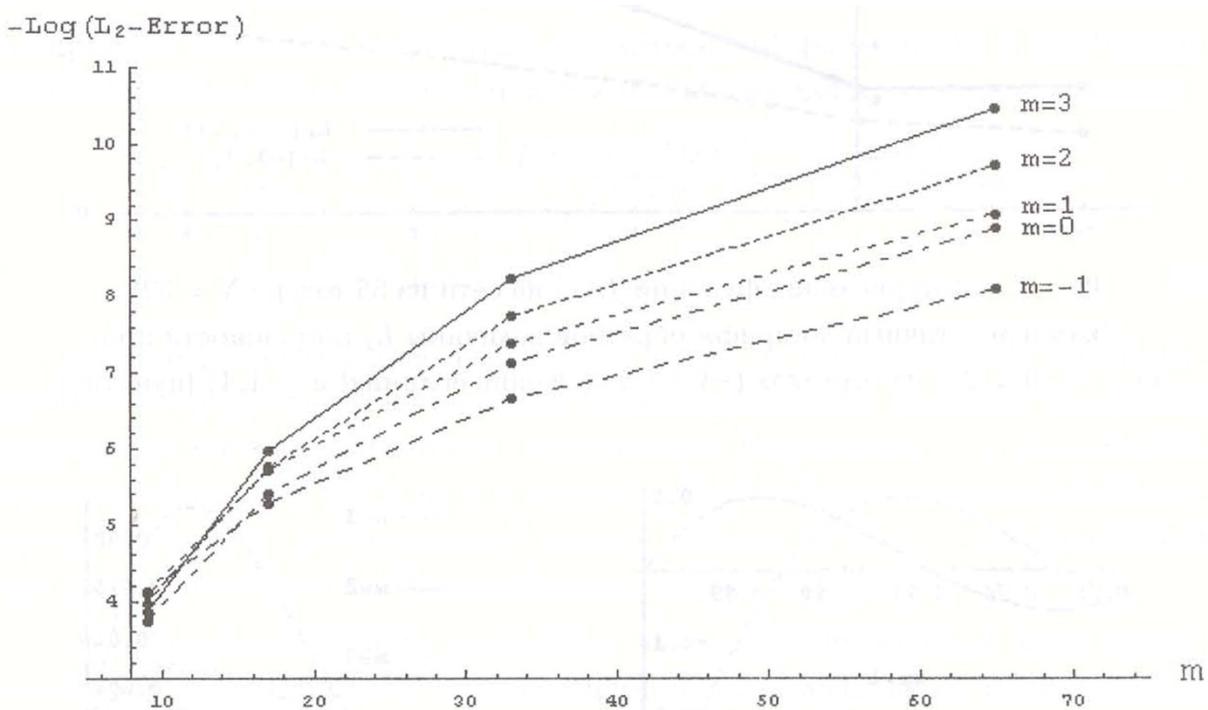


Рис. 3. Интерполяция функции $f_2(x)$ на сети из $2N + 1$ точек при $N = 4, 8, 16, 32$. Указан десятичный логарифм обратной величины L_2 -погрешности на отрезке $(-0.7, 0.7)$ при $m = -1, 0, 1, 2, 3$.

Как показывают эксперименты, и при ином выборе последовательности $\{\vartheta_n\}$ в (3) при росте g_n в (9) резко уменьшается как величина явления Гиббса, так и ошибка интерполяции, особенно внутри интервала $(-1,1)$.

В то же время оказывается, что применение описанных алгоритмов эффективно и при поиске "сингулярных" точек, когда, — за исключением конечного числа таких (заранее неизвестных) точек, — интерполируемая функция имеет повышенную гладкость (см., например, [12]).

В заключение отметим, что разработанный подход позволяет улучшить характеристики как алгоритмов интерполяции функций, так и алгоритмов решения задач для дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, основанных на сходных идеях (см. [13]).

Институт математики НАН РА

Ավադեմիկոս Ա. Բ. Ներսիսյան, Ն. Վ. Հովհաննիսյան

Քվադրատային ինտերպոլյացիա

Աշխատանքում առաջարկվում է ինտերպոլյացիա $[-1,1]$ հատվածի վրա, հավասարաչափ ցանցի դեպքում, 2-ից մեծ պարբերություն ունեցող ֆունկցիաների միջոցով: Մանրամասն ուսումնասիրված է (1)–(2) խնդիրը, որի համար կառուցված է (13) արագ ալգորիթմը:

Տվյալ մոտեցումը թույլ է տալիս ինտերպոլյացիայում հաշվի առնել $[-1,1]$ հատվածի ծայրակետերը:

Բերված են թվային փորձարկման արդյունքները (տես 1-3 նկարները), որոնք հաստատում են տվյալ մոտեցման էֆեկտիվությունը:

Литература

1. *Туман А. Ф.* - Теория приближения функций действительного переменного. М. Физматгиз. 1960
2. *Eckhoff K. S.* - Math. Contr., 1995. V. 64. P. 671-690.
3. *Eckhoff K. S.* - Math. Contr., 1998. V. 64. P. 1063-1087.
4. *Celb A, Gottlieb D.* - Computers Math. Applic. 1997. V. 33, № 11, P. 35-38.
5. *Нерсисян А. Б.* - 2000. Депонировано в АрмНИИТИ 07.07.00, № 45-AP00.
6. *Нерсисян А. Б.* - ДНАН Армении. 1998. Т. 98. № 1. P. 23-30.
7. *Nersessian A. B.* - Numer. Funct. Anal, and Optimization. 2000. V. 21 (1&2). P. 227-240.
8. *Зигмунд А.* - Тригонометрические ряды. 1939. ГОНТИ.
9. *Helmbert G., Wagner P.* - J. of Approx. Theory. 1997. V. 89. P. 308-320.
10. *Валях В.* - Последовательно-параллельные вычисления. М. Мир. 1985.
11. *Wolfram S.* - The MATHEMATICA book. Wolfram Media. Cambridge University Press. 1999.
12. *Mhaskar H. N., Prestin J.* - Advances in Contr. Math. 2000. V. 12. P. 25-56.
13. *Нерсисян А. Б.,* - ДНАН Армении. 1998. Т. 98. № 2. С. 96-101.

УДК 593.3

Академик М. А. Задоян

Пластическое течение быстровращающейся конической трубы

(Представлено 27/XI 2000)

Исследуется предельное пластическое состояние конической трубы из идеально пластического материала, быстро вращающегося с медленно возрастающей угловой скоростью со вокруг своей оси. Упругопластическое состояние вращающегося диска исследовано В. В. Соколовским [1]. Линейно-упругое напряженное состояние дисков и цилиндрических труб рассмотрено во многих работах (см. [2]).

1. Центробежная сила, направленная перпендикулярно к оси вращения, будет

$$R = v\omega^2\rho,$$

где v — масса единицы объема материала трубы, ρ — расстояние от оси вращения.

Задача рассматривается в сферических координатах. Массовые силы в этих координатах будут

$$R_r = R \sin \theta, \quad R_\theta = R \cos \theta.$$

Благодаря осесимметричности деформирования имеем $\omega = \tau_{r\varphi} = \tau_{\theta\varphi} = 0$. Далее, рассматривая трубу с малой конусностью, полагаем $\tau_{r\theta} = 0$ по всему объему трубы (рис. 1).

Дифференциальные уравнения равновесия примут следующую форму:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r}(2\sigma_r - \sigma_\theta - \sigma_\varphi) + \nu\omega^2 r \sin^2 \theta &= 0, \\ \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} + \frac{1}{r}(\sigma_\theta - \sigma_\varphi) \operatorname{ctg} \theta + \nu\omega^2 r \sin^2 \theta \cos \theta &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Условие пластичности Губера – Мизеса имеет вид

$$(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_\theta - \sigma_\varphi)^2 + (\sigma_\varphi - \sigma_r)^2 = 6k^2. \quad (2)$$

На внутренней и внешней поверхностях трубы имеем условия

$$\sigma_{\theta} = 0 \text{ при } \theta = \alpha, \quad \sigma_{\theta} = 0 \text{ при } \theta = \beta. \quad (3)$$

Приведенная система уравнений (1)-(2) с граничными условиями (3) принадлежит к числу “статически определимых” задач теории пластичности.

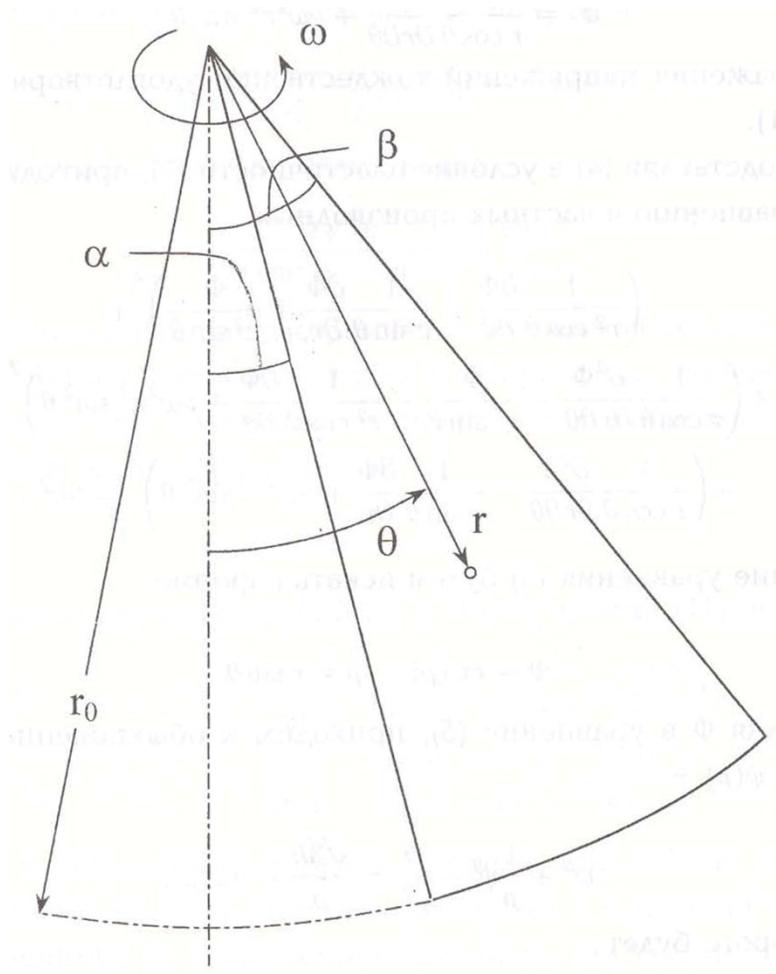


Рис. 1.

Из первого уравнения (1) определяем

$$\sigma_{\varphi} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \sigma_r) - \sigma_{\theta} + \nu \omega^2 r^2 \sin^2 \theta.$$

Далее подобным же образом из второго уравнения (1) находим

$$\sigma_{\varphi} = \frac{1}{\cos \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sigma_{\theta} \sin \theta) + \nu \omega^2 r^2 \sin^2 \theta.$$

Приравняв полученные выражения σ_{φ} , будем иметь

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \sigma_r) - \frac{1}{\cos \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sigma_{\theta} \sin \theta) - \sigma_{\theta} = 0.$$

Введем функцию напряжения $\Phi(r, \theta)$ с помощью соотношений

$$\begin{aligned}
\sigma_r &= \frac{1}{r^2 \cos \theta} \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} + \frac{\Phi}{r^2 \sin \theta}, \\
\sigma_\theta &= \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \Phi}{\partial r}, \\
\sigma_r &= \frac{1}{r \cos \theta} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r \partial \theta} + \nu \omega^2 r^2 \sin^2 \theta.
\end{aligned} \tag{4}$$

Эти выражения напряжений тождественно удовлетворяют уравнениям равновесия (1).

Далее, подставляя (4) в условие пластичности (2), приходим к дифференциальному уравнению в частных производных

$$\begin{aligned}
&\left(\frac{1}{r^2 \cos \theta} \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} - \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \frac{\Phi}{r^2 \sin \theta} \right)^2 + \\
&+ \left(\frac{1}{r \cos \theta} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r \partial \theta} - \frac{\Phi}{r^2 \sin \theta} - \frac{1}{r^2 \cos \theta} \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} + \nu \omega^2 r^2 \sin^2 \theta \right)^2 + \\
&+ \left(\frac{1}{r \cos \theta} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r \partial \theta} - \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \nu \omega^2 r^2 \sin^2 \theta \right)^2 = 6k^2.
\end{aligned} \tag{5}$$

2. Решение уравнения (5) будем искать в форме

$$\Phi = r\psi(\rho), \quad \rho = r \sin \theta. \tag{6}$$

Подставляя Φ в уравнение (5), приходим к обыкновенному уравнению относительно $\psi(\rho)$ –

$$\psi'' + \frac{1}{\rho} \psi' - \frac{\psi}{\rho^2} = \frac{\sqrt{3}k}{\rho} - \nu \omega^2 \rho,$$

решение которого будет

$$\psi(\rho) = \frac{\sqrt{3}k}{2} \rho \ln \rho - \frac{1}{8} \nu \omega^2 \rho^3 + A\rho + \frac{B}{\rho}, \tag{7}$$

где A и B произвольные постоянные.

Используя (4) и (6), получим

$$\begin{aligned}
\sigma_r = \sigma_\theta &= \psi'(\rho) + \frac{1}{\rho} \psi(\rho), \\
\sigma_\varphi &= \rho \psi''(\rho) + 2\psi'(\rho) + \nu \omega^2 \rho^2.
\end{aligned} \tag{8}$$

Далее, используя (7), из (8) получим

$$\sigma_r = \sigma_\theta = \sqrt{3}k \ln \rho - \frac{1}{2} \nu \omega^2 \rho^2 + 2A + \frac{\sqrt{3}k}{2}. \tag{9}$$

В чисто пластическое состояние сначала переходит концевое сечение $r = r_0$, а затем, при возрастании угловой скорости ω , эта область распространяется по направлению к вершине конуса. Минимальное значение ω , при котором сечение $r = r_0$ переходит целиком в пластическое состояние, обозначим через ω_0 .

Используя первое граничное условие (3), получаем

$$\sigma_{\theta} = \sqrt{3}k \ln \frac{\sin \theta}{\sin \alpha} - \frac{\nu}{2} \omega_0^2 r_0^2 (\sin^2 \theta - \sin^2 \alpha). \quad (10)$$

Далее из второго условия (3) будем иметь

$$\Omega^2 = \frac{2\sqrt{3}k}{\nu(\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha)} \ln \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}, \quad (11)$$

где обозначено $\Omega = \omega_0 r_0$. При возрастании ω пластическая область распространяется по направлению к вершине трубы, т. е. при $\omega > \omega_0$ имеем $r > r_0$.

Если при $\omega = \omega_*$ зона пластичности определяется поверхностью $r = r_*$, то, используя решение (9) или (10), находим

$$\Omega = \omega_0 r_0 = \omega_* r_*.$$

Таким образом, для напряжений (9) и (10) при учете (11) получаем:

$$\begin{aligned} \sigma_r = \sigma_{\theta} &= \sqrt{3}k \left(\ln \frac{\sin \theta}{\sin \alpha} - \frac{\sin^2 \theta - \sin^2 \alpha}{\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha} \ln \frac{\sin \theta}{\sin \alpha} \right), \\ \sigma_{\varphi} &= \sqrt{3}k \left(1 + \ln \frac{\sin \theta}{\sin \alpha} - \frac{\sin^2 \theta - \sin^2 \alpha}{\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha} \ln \frac{\sin \theta}{\sin \alpha} \right), \end{aligned} \quad (12)$$

причем $r_0 \leq r \leq r_*$. Представляет интерес определение осевой силы. Выделяя мысленно сферической поверхностью с радиусом r конечную часть трубы с вершиной и проецируя на направление силы от σ_r , для удельной осевой силы, приходящейся на единицу площади, будем иметь

$$\bar{\sigma}_r^* = \frac{1}{2(\cos \alpha - \cos \beta)} \int_{\alpha}^{\beta} \sigma_r^* \sin 2\theta d\theta,$$

где $\sigma_r^* = \sigma_r / \sqrt{3}k$. После интегрирования согласно (12) получим

$$\bar{\sigma}_r^* = \frac{1}{4(\cos \alpha - \cos \beta)} \left[(\sin^2 \beta + \sin^2 \alpha) \ln \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} - \sin^2 \beta + \sin^2 \alpha \right]. \quad (13)$$

Из (13) при предположении $\alpha = \pi/6$, $\beta = \pi/3$ находим $\bar{\sigma}_r^* \approx 0.03$; между тем минимальное значение $\sigma_{\varphi}^* = \sigma_{\varphi} / \sqrt{3}k$, действующее в осевом сечении трубы, равно 1. Иначе говоря, осевая сила (13) по сравнению с σ_{φ} не имеет практического значения.

3. Из полученного решения для конической трубы легко вывести аналогичные формулы для вращающейся цилиндрической трубы. В системе цилиндрических координат $\rho\varphi z$ при предельном переходе $\theta \rightarrow 0$, $r \rightarrow \infty$ и фиксированном ρ напряжения σ_{θ} , σ_{φ} , σ_r переходят в σ_{ρ} , σ_{φ} , σ_z (рис. 2).

Из (9) или (10) следует

$$\sigma_\rho = \sigma_z = \sqrt{3}k \left(\ln \frac{\rho}{a} - \frac{\rho^2 - a^2}{b^2 - a^2} \ln \frac{b}{a} \right),$$
$$\sigma_\varphi = \sqrt{3}k \left(1 + \ln \frac{\rho}{a} - \frac{\rho^2 - a^2}{b^2 - a^2} \ln \frac{b}{a} \right),$$

причем $a \leq \rho \leq b$. Здесь a и b , соответственно, внутренний и внешний радиусы цилиндрической трубы.

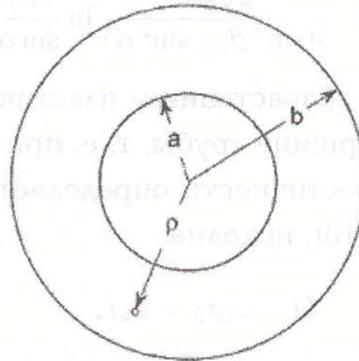


Рис. 2.

Из (11) находим предельное значение угловой скорости

$$\omega_* = \frac{2\sqrt{3}k}{\nu(b^2 - a^2)} \ln \frac{b}{a}.$$

Вывод о незначительности осевой силы в конической трубе для случая цилиндрической трубы также остается в силе.

Институт механики НАН РА

Ակադեմիկոս Մ. Ա. Չաղոյան

Արագ պտտվող կոնական խողովակի պլաստիկական հոսքը

Ուսումնասիրվում է առանցքի շուրջն արագ պտտվող իդեալական պլաստիկական նյութից պատրաստված կոնական խողովակի սահմանային պլաստիկական վիճակը: Ներմուծելով լարումների ֆունկցիան, նույնաբար բավարարվում են հավասարակշռության դիֆերենցիալ հավասարումները սֆերիկ կոորդինատներով: Այնուհետև, օգտագործելով իդեալական պլաստիկության Հուբեր Միզեսի պայմանը, խնդիրը բերվում է ոչ-գծային, մասնակի ածանցյալներով երկրորդ կարգի դիֆերենցիալ հավասարմանը: Նոր ֆունկցիա մտցնելով, այդ հավասարումը բերվում է երկրորդ կարգի սովորական դիֆերենցիալ

հավասարմանը, որը հեշտությամբ լուծվում է՝ որոշելով սահմանային անկյունային արագացումը:

Սահուն անցումով ստացվում են համապատասխան արդյունքները գլանային խողովակի համար:

Литература

1. *Соколовский В. В.* Теория пластичности. М.-Л. ГИТТЛ. 1950. 396 с.
2. *Тимошенко С. П., Гудьер Дж.* - Теория упругости. М. Наука. 1979. 560 с.

МЕХАНИКА

УДК 539.3

С. О. Саркисян, А. Ж. Фарманян

**Обобщенная ортогональность в плоской задаче
несимметричной теории упругости**

(Представлено академиком С. А. Амбарцумяном 19/XII 2000)

Основной итерационный процесс [1,2] позволяет построить асимптотические разложения, определяющие напряженно-деформированное состояние тонкой пластинки по несимметричной теории упругости во всей области трехмерной пластинки за исключением окрестности боковой поверхности. Для нахождения равномерной асимптотики в работе [3] изучен пограничный слой для пластинки по несимметричной теории упругости. Следующий этап исследований состоит в выработке подхода к сопряжению проникающего решения и решения погранслоя и анализе граничных условий на боковой поверхности пластинки с позиций трехмерной несимметричной теории упругости. Полученные в работе [4] условия существования затухающих решений для пластин по несимметричной теории упругости позволяют разделить решение общего напряженно-деформированного состояния пластинки на две самостоятельные граничные задачи: внутреннюю задачу и задачу погранслоя. В симметричной теории упругости при определении произволов погран- слоя существенную роль играет так называемая обобщенная ортогональность однородных решений, а также базисные свойства погранслоя [5-12]. Весьма актуальны аналогичные проблемы и в теории тонких пластин по несимметричной теории упругости.

В данной работе получено соотношение обобщенной ортогональности однородных решений для плоского и антиплоского погранслоев пластинки по несимметричной теории упругости.

1. При изучении асимптотических разложений вспомогательного итерационного процесса (погранслоя) для пластин по несимметричной теории упругости в исходном асимптотическом приближении система уравнений плоского погранслоя отделяется от системы уравнений антиплоского погран-слоя. Одновременно в каждой из указанных систем уравнений соответствующих погранслоев уравнения и граничные условия, определяющие силовые напряжения и

перемещения, отделяются от уравнений и граничных условий, определяющих моментные напряжения и независимые повороты.

Плоский погранслой:

$$\left\{ \begin{array}{l} -\lambda_n \sigma_{11n}^{(0)} + \frac{d\sigma_{31n}^{(0)}}{d\xi} = 0, \\ -\lambda_n \sigma_{13n}^{(0)} + \frac{d\sigma_{33n}^{(0)}}{d\xi} = 0; \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -\lambda_n \cdot v_{3n}^{(0)} = a \left[(\mu' + \alpha') \sigma_{13n}^{(0)} + (\mu' - \alpha') \sigma_{31n}^{(0)} \right], \\ \frac{d v_{1n}^{(0)}}{d\zeta} = a \left[(\mu' + \alpha') \sigma_{31n}^{(0)} + (\mu' - \alpha') \sigma_{13n}^{(0)} \right], \\ -\lambda_n \cdot v_{1n}^{(0)} = a \frac{4\mu'(\lambda' + \mu')}{\lambda' + 2\mu'} \cdot \sigma_{11n}^{(0)} + a \frac{2\lambda'\mu'}{\lambda' + 2\mu'} \cdot \sigma_{33n}^{(0)}, \\ \frac{d v_{3n}^{(0)}}{d\xi} = a \frac{4\mu'(\lambda' + \mu')}{\lambda' + 2\mu'} \cdot \sigma_{33n}^{(0)} + a \frac{2\lambda'\mu'}{\lambda' + 2\mu'} \cdot \sigma_{11n}^{(0)}, \\ \sigma_{31n}^{(0)} / \zeta = \pm 1 = 0, \quad \sigma_{33n}^{(0)} / \zeta = \pm 1 = 0. \end{array} \right. \quad (1.1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -\lambda_n \mu_{12n}^{(0)} + \frac{d\mu_{32n}^{(0)}}{d\zeta} = 0, \\ -\lambda_n \omega_{2n}^{(0)} = a \frac{4\gamma'\varepsilon'}{\gamma' + \varepsilon'} \cdot \mu_{12n}^{(0)}, \\ \frac{d\omega_{2n}^{(0)}}{d\zeta} = a \frac{4\gamma'\varepsilon'}{\gamma' + \varepsilon'} \cdot \mu_{32n}^{(0)}, \\ \mu_{32n}^{(0)} / \zeta = \pm 1 = 0. \end{array} \right. \quad (1.2)$$

Антиплоский погранслои:

$$\left\{ \begin{array}{l} -\lambda_n \frac{a^{(0)}}{\sigma_{12n}} + \frac{d \sigma_{32n}^{a^{(0)}}}{d\zeta} = 0, \\ -\lambda_n v_{2n}^{(0)} = a \frac{4\mu'\alpha'}{\mu' + \alpha'} \sigma_{12n}^{a^{(0)}}, \\ \frac{d v_{2n}^{a^{(0)}}}{d\zeta} = a \frac{4\mu'\alpha'}{\mu' + \alpha'} \sigma_{32n}^{a^{(0)}}, \\ \sigma_{32n}^{a^{(0)}} / \zeta = \pm 1 = 0. \end{array} \right. \quad (1.3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -\lambda_n \frac{a^{(0)}}{\mu_{11n}} + \frac{d \mu_{31n}^{a^{(0)}}}{d\zeta} = 0, \quad -\lambda_n \frac{a^{(0)}}{\mu_{13n}} + \frac{d \mu_{33n}^{a^{(0)}}}{d\zeta} = 0, \\ -\lambda_n \omega_{3n}^{a^{(0)}} = a \left[(\gamma' + \varepsilon') \mu_{13n}^{a^{(0)}} + (\gamma' - \varepsilon') \mu_{31n}^{a^{(0)}} \right], \\ -\lambda_n \omega_{1n}^{a^{(0)}} = a \frac{4\gamma'(\alpha' + \beta')}{\beta' + 2\gamma'} \mu_{11n}^{a^{(0)}} + a \frac{2\gamma'\beta'}{\beta' + 2\gamma'} \mu_{33n}^{a^{(0)}}, \\ \frac{d \omega_{3n}^{a^{(0)}}}{d\zeta} = a \frac{4\gamma'(\alpha' + \beta')}{\beta' + 2\gamma'} \mu_{33n}^{a^{(0)}} + a \frac{2\gamma'\beta'}{\beta' + 2\gamma'} \mu_{11n}^{a^{(0)}}, \\ \frac{d \omega_{1n}^{a^{(0)}}}{d\zeta} = a \left[(\gamma' + \varepsilon') \mu_{31n}^{a^{(0)}} + (\gamma' - \varepsilon') \mu_{13n}^{a^{(0)}} \right], \\ \mu_{31n}^{a^{(0)}} / \zeta = \pm 1 = 0, \quad \mu_{33n}^{a^{(0)}} / \zeta = \pm 1 = 0. \end{array} \right. \quad (1.4)$$

Здесь $\sigma_{11n}^{p^{(0)}}$, $\sigma_{31n}^{p^{(0)}}$, $\sigma_{13n}^{p^{(0)}}$, $\sigma_{33n}^{p^{(0)}}$ – компоненты силового тензора напряжений в плоском погранслое, $\mu_{12n}^{p^{(0)}}$, $\mu_{13n}^{p^{(0)}}$ – компоненты моментного тензора напряжений, $v_{1n}^{p^{(0)}}$, $v_{2n}^{p^{(0)}}$ – компоненты вектора перемещения, $\omega_{2n}^{p^{(0)}}$ – компонент независимого вектора поворота, $\sigma_{12n}^{p^{(0)}}$, $\sigma_{32n}^{p^{(0)}}$ – компоненты силового тензора напряжений в антиплоском погранслое, $\mu_{11}^{a^{(0)}}$, $\mu_{31}^{a^{(0)}}$, $\mu_{13}^{a^{(0)}}$, $\mu_{33}^{a^{(0)}}$ – компоненты моментного тензора напряжений, $v_{2n}^{a^{(0)}}$ – компонент вектора перемещения, $\omega_{1n}^{a^{(0)}}$, $\omega_{3n}^{a^{(0)}}$ – компоненты вектора независимого поворота, $\mu', \alpha', \lambda', \beta', \gamma', \varepsilon'$ – упругие постоянные материала пластинки [13], ζ – безразмерная координата ($\zeta = x_3 / h$), $2h$ – толщина пластинки, a – характерный размер в плане пластинки.

Как видно, в математическом аспекте граничные задачи (1.1) и (1.4), а также (1.2) и (1.3) идентичны.

Поставленные краевые задачи представляют собой задачи на собственные значения и собственные функции однородных решений плоской и антиплоской задач теории несимметричной упругости для полуполосы.

Краевую задачу (1.1) плоского погранслоя можно привести к краевой задаче обыкновенного дифференциального уравнения четвертого порядка относительно функции $v_{3n}^{(0)}$:

$$\begin{cases} \frac{d^4 v_{3n}^{(0)}}{d\zeta^4} + 2\lambda_n^2 \frac{d^2 v_{3n}^{(0)}}{d\zeta^2} + 2\lambda_n^4 v_{3n}^{(0)} = 0, \\ \left(\left(v_{3n}^{(0)} \right)''' + A\lambda_n^2 \left(v_{3n}^{(0)} \right)' \right)_{\zeta=\pm 1} = 0, \quad \left(\left(v_{3n}^{(0)} \right)'' + B\lambda_n^2 v_{3n}^{(0)} \right)_{\zeta=\pm 1} = 0. \end{cases} \quad (1.5)$$

Здесь A и B некоторые выражения от определенных упругих постоянных материала пластинки.

Краевая задача (1.2) плоского погранслоя приводится к краевой задаче обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка относительно функции $\omega_{2n}^{(0)}$:

$$\begin{cases} \frac{d^2 \omega_{2n}^{(0)}}{d\zeta^2} + \lambda_n^2 \omega_{2n}^{(0)} = 0, \\ \frac{d \omega_{2n}^{(0)}}{d\zeta} \Big|_{\zeta=\pm 1} = 0. \end{cases} \quad (1.6)$$

К аналогичной (1.6) краевой задаче можно свести краевую задачу (1.3) антиплоского погранслоя относительно функции $v_{2n}^{(0)}$, а также к аналогичной (1.5) краевой задаче – краевую задачу (1.4) антиплоского погранслоя относительно функции $\omega_{3n}^{(0)}$ (следует только постоянные A и B заменить другими постоянными \tilde{A} и \tilde{B} , которые представляют аналогичные выражения от соответствующих физических констант).

Для известной краевой задачи (1.6) или аналогичной краевой задачи антиплоского погранслоя относительно функции $v_{2n}^{(0)}$ легко определить собственные значения и собственные функции задачи, а дальше и связанные с ними другие величины, определяющие поставленные задачи.

Что касается краевой задачи (1.5) или аналогичной краевой задачи антиплоского погранслоя относительно функции $\omega_{3n}^{(0)}$, то их отличие от соответствующей краевой задачи на

собственные значения и собственные функции классической теории упругости состоит в том, что спектральный параметр λ_n входит также в выражение граничных условий.

2. Рассмотрим соотношение обобщенной ортогональности краевой задачи (1.1) или (1.4). Приведем все рассуждения для краевой задачи (1.1).

Пусть λ_m и λ_n – простые собственные значения краевой задачи (1.1). При подстановке собственных значений и собственных функций уравнения и граничные условия (1.1) будут обращаться в тождества.

Умножим первое тождество из (1.1) на $v_{1m}^{(0)}$ то же тождество, записанное для номера m , – на $v_{1n}^{(0)}$, вычтем из первого произведения второе и результат проинтегрируем по ζ от -1 до 1 , учитывая первое граничное условие из (1.1), окончательно получим

$$\int_{-1}^1 \left(\lambda_m \sigma_{11m}^{(0)} v_{1n}^{(0)} - \lambda_n \sigma_{11n}^{(0)} v_{1m}^{(0)} - \sigma_{31n}^{(0)} \frac{d v_{1m}^{(0)}}{d\zeta} + \sigma_{31m}^{(0)} \frac{d v_{1n}^{(0)}}{d\zeta} \right) d\zeta = 0. \quad (2.1)$$

Аналогичные преобразования, связанные со вторым уравнением системы (1.1), с учетом второго граничного условия приводят к соотношению

$$\int_{-1}^1 \left(\lambda_m \sigma_{13m}^{(0)} v_{3n}^{(0)} - \lambda_n \sigma_{13n}^{(0)} v_{3m}^{(0)} - \sigma_{33n}^{(0)} \frac{d v_{3m}^{(0)}}{d\zeta} + \sigma_{33m}^{(0)} \frac{d v_{3n}^{(0)}}{d\zeta} \right) d\zeta = 0. \quad (2.2)$$

Сложим соотношения (2.1) и (2.2) и запишем результат в виде

$$\int_{-1}^1 \left(\lambda_m \sigma_{11m}^{(0)} v_{1n}^{(0)} - \lambda_n \sigma_{11n}^{(0)} v_{1m}^{(0)} - \sigma_{31n}^{(0)} \frac{d v_{1m}^{(0)}}{d\zeta} + \sigma_{31m}^{(0)} \frac{d v_{1n}^{(0)}}{d\zeta} + \right. \\ \left. + \lambda_m \sigma_{13m}^{(0)} v_{3n}^{(0)} - \lambda_n \sigma_{13n}^{(0)} v_{3m}^{(0)} - \sigma_{33n}^{(0)} \frac{d v_{3m}^{(0)}}{d\zeta} + \sigma_{33m}^{(0)} \frac{d v_{3n}^{(0)}}{d\zeta} \right) d\zeta = 0. \quad (2.3)$$

Теперь вычтем соотношения (2.1) из соотношения (2.2) и результат представим в виде

$$\int_{-1}^1 \left(\lambda_m \sigma_{11m}^{(0)} v_{1n}^{(0)} - \lambda_n \sigma_{11n}^{(0)} v_{1m}^{(0)} - \sigma_{31n}^{(0)} \frac{d v_{1m}^{(0)}}{d\zeta} + \sigma_{31m}^{(0)} \frac{d v_{1n}^{(0)}}{d\zeta} - \right. \\ \left. - \lambda_m \sigma_{13m}^{(0)} v_{3n}^{(0)} + \lambda_n \sigma_{13n}^{(0)} v_{3m}^{(0)} + \sigma_{33n}^{(0)} \frac{d v_{3m}^{(0)}}{d\zeta} - \sigma_{33m}^{(0)} \frac{d v_{3n}^{(0)}}{d\zeta} \right) d\zeta = 0. \quad (2.4)$$

Далее умножим третье тождество из (1.1) на $\sigma_{13m}^{(0)}$, то же самое тождество для номера m умножим на $\sigma_{13n}^{(0)}$ и вычтем первое полученное выражение из второго. Таким же образом умножим четвертое тождество из (1.1) на $\sigma_{11m}^{(0)}$ и аналогичное тождество для номера m на $\sigma_{11n}^{(0)}$, вычтем из первого второе. Пятое тождество из (1.1) умножим на $\sigma_{33m}^{(0)}$, аналогичное тождество, записанное для номера m , умножим на $\sigma_{33n}^{(0)}$ и первый результат вычтем из второго.

И наконец, умножим шестое тождество из (1.1) на $\sigma_{31m}^{p(0)}$ аналогичное тождество по номеру $p(0)$ га умножим на $\sigma_{31n}^{p(0)}$ и первый результат вычтем из второго.

Полученные результаты позволяют видоизменить интегральные тождества (2.3) (2.4).

Из интегрального тождества (2.3) получим

$$(\lambda_m + \lambda_n) \int_{-1}^1 \left(\sigma_{11m}^{p(0)} \nu_{1n}^{p(0)} - \sigma_{11n}^{p(0)} \nu_{1m}^{p(0)} + \sigma_{13n}^{p(0)} \nu_{3n}^{p(0)} - \sigma_{13m}^{p(0)} \nu_{3n}^{p(0)} \right) d\zeta = 0. \quad (2.5)$$

Если $\lambda_m \neq -\lambda_n$, отсюда будем иметь

$$\int_{-1}^1 \left(\sigma_{11m}^{p(0)} \nu_{1n}^{p(0)} + \sigma_{13n}^{p(0)} \nu_{3m}^{p(0)} \right) d\zeta = \int_{-1}^1 \left(\sigma_{11n}^{p(0)} \nu_{1m}^{p(0)} + \sigma_{13n}^{p(0)} \nu_{3m}^{p(0)} \right) d\zeta. \quad (2.6)$$

На основании интегрального тождества (2.4) таким же образом получим

$$(\lambda_m - \lambda_n) \int_{-1}^1 \left(\sigma_{11m}^{p(0)} \nu_{1n}^{p(0)} + \sigma_{11n}^{p(0)} \nu_{1m}^{p(0)} - \sigma_{13n}^{p(0)} \nu_{3n}^{p(0)} - \sigma_{13m}^{p(0)} \nu_{3n}^{p(0)} \right) d\zeta = 0. \quad (2.7)$$

Если $\lambda_m \neq \lambda_n$, отсюда будем иметь

$$\int_{-1}^1 \left(\sigma_{11m}^{p(0)} \nu_{1n}^{p(0)} - \sigma_{13m}^{p(0)} \nu_{3n}^{p(0)} \right) d\zeta = \int_{-1}^1 \left(\sigma_{11n}^{p(0)} \nu_{1m}^{p(0)} - \sigma_{11n}^{p(0)} \nu_{1m}^{p(0)} \right) d\zeta. \quad (2.8)$$

Теперь, считая, что $\lambda_m^2 \neq \lambda_n^2$ из (2.7) и (2.8), получим требуемое соотношение обобщенной ортогональности для краевой задачи (1.1)

$$\int_{-1}^1 \left(\sigma_{11m}^{p(0)} \nu_{1n}^{p(0)} - \sigma_{13n}^{p(0)} \nu_{3m}^{p(0)} \right) d\zeta = 0. \quad (2.9)$$

Аналогичным образом для граничной задачи (2.4) получим условие обобщенной ортогональности в виде

$$\int_{-1}^1 \left(\mu_{11m}^{p(0)} \omega_{1n}^{p(0)} - \mu_{13n}^{p(0)} \omega_{3m}^{p(0)} \right) d\zeta = 0. \quad (2.10)$$

Условия обобщенной ортогональности (2.9) и (2.10) позволяют определить произволы погранслоя при сращивании асимптотических разложений внутренней задачи с задачей погранслоя по несимметричной теории упругости.

Ս. Հ. Սարգսյան, Ա. Ժ. Ֆարմանյան

Ընդհանրացված օրթոգոնալությունն առաձգականության ոչ սիմետրիկ տեսության հարթ խնդրում

Առաձգականության ոչ սիմետրիկ տեսությամբ բարակ սալի ասիմպտոտիկական տեսությունը կառուցված է [1,2] աշխատություններում, որոնցում ցույց են տրվում, որ սալի ընդհանուր լարվածա-դեֆորմացիոն վիճակը բաղդատվում է ներքին խնդրի և սահմանային շերտի հանրագումարի:

Սահմանային շերտի (հարթ և հակահարթ սահմանային շերտերի) լուծումների մեջ մտնող կամայական հաստատունների որոշման համար կարևոր դեր ունի այդ լուծումների այսպես կոչված «ընդհանրացված օրթոգոնալության» պայմանը:

Աշխատանքում ստացվում են առաձգականության ոչ սիմետրիկ տեսության հարթ և հակահարթ սահմանային շերտերի լուծումների ընդհանրացված օրթոգոնալության պայմանները:

Литература

1. Саркисян С. О. - ДНАН Армении. 1999. Т. 99. № 2. С. 138-147.
2. Саркисян С. О. - ДНАН Армении. 1999. Т. 99. № 3. С. 216-225.
3. Саркисян С. О., Фарманян А. Ж. - Матер. Междунар. конф. "Прикладные и математические аспекты естествознания". Ереван, 1999. Ноябрь Тапан. 1999. С. 51-55.
4. Саркисян С. О., Фарманян А. Ж. - ДНАН Армении. 2001. Т. 101. № 1. С. 55-60.
5. Папкович П. Ф. Строительная механика корабля. Л. Изд-во строительной промышленности, 1941. 960 с.
6. Гринберг Г. А. - Прикладная математика и механика. 1953. Т. 17. Вып. 2. С. 211-228.
7. Ворович И. И. - В сб.: Матер. I Всесоюзной школы по теории и численным методам расчета оболочек и пластин. Изд-во Тбилисского ун-та. 1975. С. 51-149.
8. Гольденвейзер А. Л. - Теория упругих тонких оболочек. М. Наука. 1976. 510 с.
9. Гусейн-Заде М. И. - Прикладная математика и механика. 1965. Т. 29. Вып. 4. С. 752-759.
10. Агаловян Л. А., Хачатрян Ш. М. - ДАН АрмССР. 1975. Т. 50. № 3. С. 157-163.
11. Агаловян Л. А. - Асимптотическая теория анизотропных пластин и оболочек. М. Наука. 1997. 414 С.
12. Устинов Ю. А., Юдович В. И. - Прикладная математика и механика. 1973. Т. 37. Вып. 4. С. 706-714.
13. Новацкий В. - Теория упругости. М. Мир. 1975. 872 с.

где

$$\begin{aligned}
 \begin{cases} \bar{U}^{(1)}(\alpha; z) \\ \bar{U}^{(2)}(\alpha; z) \end{cases} &= \sum_{j=1}^2 \Delta_1(t_j) \begin{cases} A_j(\alpha) \\ B_j(\alpha) \end{cases} e^{-\alpha t_j z}; \\
 \begin{cases} \bar{U}^{(1)}(\beta; x) \\ \bar{U}^{(2)}(\beta; x) \end{cases} &= \sum_{k=1}^2 \frac{\Delta_1(t_k)}{t_k^2} \begin{cases} C_k(\beta) \\ D_k(\beta) \end{cases} e^{(-1)^i \frac{\beta}{t_k} x}; \\
 \begin{cases} \bar{W}^{(1)}(\alpha; z) \\ \bar{W}^{(2)}(\alpha; z) \end{cases} &= \sum_{j=1}^2 \Delta_2(t_j) \begin{cases} A_j(\alpha) \\ B_j(\alpha) \end{cases} e^{-\alpha t_j z}; \\
 \begin{cases} \bar{W}^{(1)}(\beta; x) \\ \bar{W}^{(2)}(\beta; x) \end{cases} &= \sum_{k=1}^2 \Delta_2(t_k) \begin{cases} C_k(\beta) \\ D_k(\beta) \end{cases} e^{(-1)^i \frac{\beta}{t_k} x}.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Определение $\Delta_1(t_j)$ и $\Delta_2(t_j)$ дано в работе [1].

Неизвестные функции интегрирования $A_j(\alpha)$; $B_j(\alpha)$; $C_k(\beta)$; $D_k(\beta)$ определяются, используя граничные условия и условия полного контакта квадрантов:

$$\begin{aligned}
 \sigma_z^{(1)}(x; 0) &= 0; \quad 0 < x < a; \quad \tau_{zx}^{(1)}(x; 0) = 0; \quad 0 < x < \infty; \\
 U_z^{(1)}(x; 0) &= f_1(x); \quad a \leq x \leq b; \quad \tau_{zx}^{(2)}(x; 0) = f_2(x); \quad -\infty < x < 0; \\
 \sigma_z^{(1)}(x; 0) &= 0; \quad b < x < \infty; \quad \sigma_z^{(2)}(x; 0) = f_3(x); \quad -\infty < x < 0; \\
 \sigma_x^{(1)}(0; z) &= \sigma_x^{(2)}(0; z); \quad \tau_{xz}^{(1)}(0; z) = \tau_{xz}^{(2)}(0; z); \quad 0 < z < c; \\
 U_x^{(1)}(0; z) &= U_x^{(2)}(0; z); \quad U_z^{(1)}(0; z) = U_z^{(2)}(0; z); \quad 0 \leq z \leq c; \\
 \sigma_x^{(1)}(0; z) &= f_4(z); \quad c < z < d; \quad \sigma_x^{(2)}(0; z) = f_4(z); \quad c < z < d; \\
 \tau_{xz}^{(1)}(0; z) &= 0; \quad c < z < d; \quad \tau_{xz}^{(2)}(0; z) = 0; \quad c < z < d; \\
 \sigma_x^{(1)}(0; z) &= \sigma_x^{(2)}(0; z); \quad \tau_{xz}^{(1)}(0; z) = \tau_{xz}^{(2)}(0; z); \quad d < z < \infty; \\
 U_x^{(1)}(0; z) &= U_x^{(2)}(0; z); \quad U_z^{(1)}(0; z) = U_z^{(2)}(0; z); \quad d \leq z < \infty.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Пользуясь основными соотношениями теории упругости [2] и (1, 2), можно все компоненты упругого поля выразить через неизвестные функции интегрирования. Удовлетворяя условиям (3), получим следующие интегральные соотношения и “тройные” интегральные уравнения:

$$A_j(\alpha) = a_j A_1(\alpha); \quad B_j(\alpha) = a_j B_1(\alpha) + d_j \varphi_2(\alpha); \tag{4}$$

$$\alpha^2 B_1(\alpha) = \frac{2}{\pi} a^* \alpha F_1(\alpha) + \bar{a} \alpha^2 \varphi_2(\alpha) - a^* \alpha^2 \varphi_3(\alpha); \tag{5}$$

$$F_1(\alpha) = \sum_{k=1}^2 b_{2k} t_k^2 \int_0^\infty \frac{\beta^2 D_k(\beta)}{\beta^2 + \alpha^2 t_k^2} d\beta; \tag{6}$$

$$\sum_{k=1}^2 b_{3k} [C_k(\beta) - D_k(\beta)] = 0; \quad \sum_{k=1}^2 b_{1k} [C_k(\beta) + D_k(\beta)] = -\phi(\beta); \tag{7}$$

$$\phi(\beta) = \frac{2}{\pi \beta} \sum_{j=1}^2 a_{1j} a_j \int_0^\infty \frac{\alpha^2 [A_1(\alpha) + B_1(\alpha)]}{\beta^2 + \alpha^2 t_j^2} d\alpha + \frac{2}{\pi \beta} \varphi_2^*(\beta); \tag{8}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \int_0^{\infty} A(\alpha) \sin \alpha x d\alpha = 0; \quad 0 < x < a \\ \int_0^{\infty} \frac{A(\alpha)}{\alpha} \sin \alpha x d\alpha = \phi_1(x); \quad a \leq x \leq b \\ \int_0^{\infty} A(\alpha) \sin \alpha x d\alpha = 0; \quad b < x < \infty \end{array} \right. \quad (9)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \int_0^{\infty} \beta C^*(\beta) \cos \beta z d\beta = 0; \quad 0 \leq z \leq c \\ \int_0^{\infty} \beta^2 C^*(\beta) \cos \beta z d\beta = \phi_2(z); \quad c < z < d \\ \int_0^{\infty} \beta C^*(\beta) \cos \beta z d\beta = 0; \quad d \leq z < \infty \end{array} \right. \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \int_0^{\infty} \beta D^*(\beta) \sin \beta z d\beta = 0; \quad 0 \leq z \leq c \\ \int_0^{\infty} \beta^2 D^*(\beta) \sin \beta z d\beta = \phi_3(z); \quad c < z < d \\ \int_0^{\infty} \beta D^*(\beta) \sin \beta z d\beta = 0; \quad d \leq z < \infty \end{array} \right. \quad (11)$$

где

$$A(\alpha) = \alpha^2 [A_1(\alpha) + \phi_1^*(\alpha)]; \quad (12)$$

$$C^*(\beta) = \sum_{k=1}^2 b_{3k} C_k(\beta) - \phi_2^*(\beta); \quad (13)$$

$$D^*(\beta) = \sum_{k=1}^2 b_{1k} D_k(\beta) + \phi_3^*(\beta), \quad (14)$$

а $\phi_2(\alpha)$; $\phi_2^*(\beta)$; $\phi_3(\alpha)$ выражены через известные функции, $\phi_1(x)$; $\phi_1^*(\alpha)$ выражены через $C_k(\beta)$ и известные функции, $\phi_i(z)$; $\phi_i^*(\beta)$; через $A_1(\alpha)$; $B_1(\alpha)$ и известные функции. Подобные “тройные” (9-11) интегральные уравнения рассматривались в работах [3-5].

Следуя [3-5], в (9-11) $A(\alpha)$; $C^*(\beta)$ и $D^*(\beta)$ ищем соответственно в виде:

$$A(\alpha) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n J_{2n+1}(b\alpha); \quad (15)$$

$$C^*(\beta) = \frac{1}{\beta^2} \sum_{m=1}^{\infty} C_m (2m-1) J_{2m-1}(d\beta); \quad (16)$$

$$D^*(\beta) = \frac{1}{\beta^2} \sum_{\nu=1}^{\infty} D_{\nu} J_{2\nu}(d\beta). \quad (17)$$

Здесь $J_\nu(z)$ функция Бесселя первого рода с действительным аргументом.

В этом случае, соответственно, в (9-11) третье уравнение приводится в тождество, а первое и второе – в систему уравнений “парных” рядов [6]

$$\begin{cases} \sum_{n=0}^{\infty} A_n \sin \left[(2n+1) \arcsin \frac{x}{b} \right] = 0; & 0 < x < a \\ \sum_{n=0}^{\infty} A_n \left\{ \frac{1}{2n+1} \sin \left[(2n+1) \arcsin \frac{x}{b} \right] \right\} = \phi_1(x); & a \leq x \leq b \end{cases} \quad (18)$$

$$\begin{cases} \sum_{m=1}^{\infty} C_m \cos \left[(2m-1) \arcsin \frac{z}{d} \right] = 0; & 0 \leq z \leq c \\ \sum_{m=1}^{\infty} C_m (2m-1) \cos \left[(2m-1) \arcsin \frac{z}{d} \right] = \phi_2(z) \sqrt{d^2 - z^2}; & c < z < d \end{cases} \quad (19)$$

$$\begin{cases} \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{D_\nu}{\nu} \sin \left[2\nu \arcsin \frac{z}{d} \right] = 0; & 0 \leq z \leq c \\ \sum_{\nu=1}^{\infty} D_\nu \sin \left[2\nu \arcsin \frac{z}{d} \right] = \phi_3(z) \sqrt{d^2 - z^2} = 0; & c < z < d \end{cases} \quad (20)$$

Используя результаты работ [7, 8] и обозначая в (18) $x = b \cos(\theta/2)$, а в (19) и (20) соответственно $z = d \sin(\eta/2)$ и $z = d \sin(\zeta/2)$, после некоторых преобразований получено [6]:

$$A_n = \frac{(-1)^n (2n+1)^2}{\pi \sqrt{2}} \int_0^\pi F_2(\varphi) P_n(\cos \varphi) \sin \varphi d\varphi; \quad (21)$$

$$C_m = \frac{2m+1}{\pi \sqrt{2}} \int_0^\pi F_3(\Psi) P_m(\cos \Psi) \sin \Psi d\Psi; \quad (22)$$

$$D_\nu = \frac{(-1)^{\nu-1} \nu \sqrt{2}}{\pi} \int_0^\pi F_4(t) \{P_\nu(\cos t) - P_{\nu-1}(\cos t)\} dt, \quad (23)$$

где

$$F_2(\varphi) = \begin{cases} \int_0^\varphi \frac{\phi_1\left(b \cos \frac{\theta}{2}\right)}{(\cos \theta - \cos \varphi)^{1/2}} d\theta; & 0 < \varphi < \lambda \\ C^* \int_\varphi^\pi \frac{d\theta}{(\cos \varphi - \cos \theta)^{1/2}}; & \lambda < \varphi < \pi \end{cases} \quad (24)$$

$$C^* = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A_n}{2n+1} \quad (25)$$

$$F_3(\Psi) = \begin{cases} 0; & 0 < \Psi < \mu \\ -\frac{1}{2} \int_\Psi^\pi \frac{G\left(d \sin \frac{\eta}{2}\right)}{(\cos \Psi - \cos \eta)^{1/2}} d\eta; & \mu < \Psi < \pi \end{cases} \quad (26)$$

$$G(d \sin \frac{\eta}{2}) = S^* + d \int_{\eta}^{\pi} \Phi_2(d \sin \frac{\eta}{2}) \cos \frac{\eta}{2} d\eta; \quad (27)$$

$$S^* = \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^m C_m \quad (28)$$

$$F_4(t) = \begin{cases} -d \cos \frac{t}{2} \int_0^t \frac{\phi_3(d \cos \frac{\gamma}{2}) \sin^2(\frac{\gamma}{2})}{(\cos \gamma - \cos t)^{1/2}} d\gamma; & 0 < t < \delta \\ 0; & \delta < t < \pi \end{cases} \quad (29)$$

где

$$\gamma = \pi - \zeta, \quad (30)$$

$P_n(\cos \varphi)$ – полином Лежандра.

Подставляя (21) в формулу (25) и решая относительно C^* , а (22) – в формулу (28) и решая относительно S^* , можно найти их значения.

Имея в виду (15, 21, 24), из (12) получено:

$$\alpha^2 A_1(\alpha) = \varphi_1(\alpha) + \varphi(\alpha) + F_1^*(\alpha), \quad (31)$$

где

$$F_1^*(\alpha) = \sum_{k=1}^2 b_{2k} \int_0^{\infty} \beta^2 \chi_k(\alpha; \beta) C_k(\beta) d\beta, \quad (32)$$

а $\varphi_1(\alpha)$ и $\varphi(\alpha)$ выражены через известные функции.

Имея в виду (6, 13, 14, 16, 17, 22, 23, 32), исключая $C_k(\beta)$ и $D_k(\beta)$ из (5) и (31), для определения $A_1^*(y)$ и $B_1^*(y)$ получена система из двух интегральных уравнений типа Фредгольма второго рода:

$$\begin{aligned} A_1^*(y) &= \Omega_1(y) + \int_0^{\infty} K_1(y; \alpha) A_1^*(\alpha) d\alpha + \int_0^{\infty} K_2(y; \alpha) B_1^*(\alpha) d\alpha \\ B_1^*(y) &= \Omega_2(y) + \int_0^{\infty} K_3(y; \alpha) A_1^*(\alpha) d\alpha + \int_0^{\infty} K_4(y; \alpha) B_1^*(\alpha) d\alpha \end{aligned} \quad (33)$$

где

$$A_1^*(\alpha) = \alpha^2 A_1(\alpha); \quad B_1^*(\alpha) = \alpha^2 B_1(\alpha). \quad (34)$$

Из-за объемности $\Omega_i(y)$ и $K_i(y; \alpha)$ их выражения в настоящей статье не представляются.

Систему (33) можно решить методом последовательных приближений при условии, что для ядер системы интегральных уравнений выполняются оценки:

$$\begin{aligned} \int_0^{\infty} |K_1(y; \alpha)| d\alpha + \int_0^{\infty} |K_2(y; \alpha)| d\alpha &< 1, \\ \int_0^{\infty} |K_3(y; \alpha)| d\alpha + \int_0^{\infty} |K_4(y; \alpha)| d\alpha &< 1, \end{aligned}$$

а функции $\Omega_i(y)$ ограничены сверху и стремятся к нулю, когда $y \rightarrow \infty$.

После этого, решая систему (33), можно определить $A_1^*(y)$ и $B_1^*(y)$.

Далее, по формулам (4; 6-8; 12-17); (21-29); (32) последовательно можно определить все искомые функции. После этого, используя основные соотношения теории упругости [2], можно определить напряжения, деформации и перемещения в любой точке полуплоскости.

Ереванский государственный
университет архитектуры и строительства

Ս. Ա. Մելքունյան, Ա. Ժ. Գրիգորյան

**Ներքին վերջավոր ուղղաձիգ ճեղքով թուլացված օրթոտրոպ կիսահարթության
մեջ կոշտ դրոշմի անհամաչափ ճնշման մասին**

Դիտարկվում է հորիզոնական եզրից որոշ հեռավորության վրա ներքին վերջավոր ուղղաձիգ ճեղքով թուլացված առաձգական, օրթոտրոպ կիսահարթության ոչ համաչափ հարթ-կոնտակտային խնդիրը՝ ճեղքի առանցքից դեպի աջ որոշ հեռավորության վրա, կիսահարթության հորիզոնական եզրի վերջավոր երկարությամբ հատվածում՝ կիրառված կամայական ողորկ հիմքով կոշտ դրոշմի ճնշումից:

Ենթադրվում է, որ դրոշմի և կիսահարթության միջև շփումը բացակայում է: Ճեղքի եզրերում գործում են կամայական նորմալ լարումներ, իսկ ճեղքի ձախ հորիզոնական եզրի վրա տրված են նորմալ և շոշափող լարումներ:

Խնդրի լուծումը ներկայացվում է ճեղքի առանցքով բաժանված երկու քառորդ հարթությունների համար խառը եզրային խնդիրների լուծումների գումարի տեսքով: Այդ լուծումները ներկայացված են տեղափոխությունների համար Ֆուրյեի ինտեգրալների գումարով:

Օգտվելով եռակի ինտեգրալ հավասարումների մեթոդից, խնդրի լուծումը հանգեցնում է Ֆրեդհոլմի տիպի երկրորդ սեռի երկու կանոնավոր ինտեգրալ հավասարումներից բաղկացած համակարգի լուծմանը:

Литература

1. *Мелкумян С. А., Григорян А. Ж.* - ДНАН Армении. 1997. Т. 97. № 4. С. 37-43.
2. *Саркисян В. С.* - Некоторые задачи математической теории упругости анизотропного тела. Ереван. Изд. ЕГУ. 1976. 535 с.
3. *Тоноян В. С., Мелкумян С. А.* – ДАН Арм ССР. 1977. Т. 65. №2. С. 122-127.
4. *Тоноян В. С., Григорян А. Ж.* - Сб. научн. тр. конф. “Контактные и смешанные граничные задачи механического деформируемого твердого тела (к 85-летию Н. Х. Арутюняна)” Ин-т. механики НАН Армении. 1999. С. 137- 141.
5. *Григорян А. Ж.* - Сб. научн. тр. конф. “Вопр. оптимального управления устойчивости и прочности механических систем”. ЕГУ. 1997. С. 216-219.
6. *Градиштейн И. С., Рыжик И. М.* - Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М. Физматгиз. 1962. 1100 с.
7. *Баблоян А. А.* - ДАН АрмССР. 1964. Т. 39. № 3. С. 149-157.
8. *Sneddon I. N., Srivastav R. P.* - Proc. Roy. Soc. Edin. 1964. V. 66. P. 3. P. 173-184.

ФИЗИКА

УДК 467

Академик Д. М. Седракян, А. Ж. Хачатрян, Г. М. Андреасян

К задаче рассеяния электрона в поле неоднородного потенциала с различными фиксированными значениями в бесконечностях

(Представлено 19/III 2001)

Рассмотрим движение электрона в поле потенциала

$$U(x) = \begin{cases} V_1 = \text{const}, & x < 0, \\ V(x), & 0 < x < d, \\ V_2 = \text{const}, & x > d, \end{cases} \quad (1)$$

где $V(x)$ произвольная функция и, в общем случае, значения V_1, V_2 различны.

Задача определения амплитуды отражения $R_{1,2}$ и амплитуды прохождения $T_{1,2}$ для потенциала $V(x)$ (1) сводится к задаче определения амплитуд отражения R и прохождения T для потенциала $V(x)$ (для $U(x)$, когда значения V_1 и V_2 равны нулю);

$$\frac{1}{T_{1,2}} = \frac{\exp\{ik_2d\}}{4k_2k_0} \left[\frac{(k_2-k_0)(k_0-k_1)}{T^*} \exp\{ik_0d\} + \frac{(k_2+k_0)(k_0+k_1)}{T} \exp\{-ik_0d\} + \frac{(k_0+k_2)(k_1-k_0)R}{T} \exp\{-ik_0d\} + \frac{(k_0-k_2)(k_0+k_1)R^*}{T^*} \exp\{ik_0d\} \right], \quad (2)$$

$$\frac{R_{1,2}}{T_{1,2}} = \frac{\exp\{ik_0d\}}{4k_1k_0} \left[\frac{(k_0-k_2)(k_0+k_1)}{T^*} \exp\{ik_0d\} + \frac{(k_1-k_0)(k_0+k_2)}{T} \exp\{-ik_0d\} + \frac{(k_0+k_2)(k_0+k_1)R}{T} \exp\{-ik_0d\} + \frac{(k_2-k_0)(k_0-k_1)R^*}{T^*} \exp\{ik_0d\} \right], \quad (3)$$

где $k_0 = \sqrt{2mE/\hbar^2}$, $k_1 = \sqrt{2m(E - V_1)/\hbar^2}$, $k_2 = \sqrt{2m(E - V_2)/\hbar^2}$.

Соотношения (2), (3) являются алгебраическими связями между амплитудами рассеяния электрона для потенциалов $V(x)$ и $U(x)$ и справедливы для любого потенциала вида (1). Задача определения амплитуд рассеяния электрона R и T для потенциала произвольного вида $V(x)$, граничащего с обеих сторон с вакуумом, была рассмотрена в работах [1, 2]. Как было показано в этих работах, задача определения R и T , в общем виде, может быть сведена к задаче Коши для однородной системы из двух линейных дифференциальных уравнений. Обозначая через $T \equiv T(y)$ и $R \equiv R(y)$, для функций $T(y)$ и $R(y)$ можно записать

$$\frac{d}{dy} \frac{1}{T(y)} = \frac{iV(y)}{2k_0} \frac{1}{T(y)} - \frac{iV(y)}{2k_0} \exp\{2ik_0y\} \frac{R^*(y)}{T^*(y)}, \quad (4)$$

$$\frac{d}{dy} \frac{R^*(y)}{T^*(y)} = \frac{iV(y)}{2k_0} \frac{R^*(y)}{T^*(y)} + \frac{iV(y)}{2k_0} \exp\{-2ik_0y\} \frac{1}{T(y)} \quad (5)$$

с начальными условиями

$$T(0) = 1 \quad \text{и} \quad R(0) = 0. \quad (6)$$

Как видно, система уравнений (5), (6) относительно функций $1/T(y)$ и $R^*(y)/T^*(y)$ является линейной.

В данной работе мы приводим дифференциальные уравнения, которым удовлетворяют непосредственно амплитуды рассеяния $R_{1,2}$ и $T_{1,2}$ электрона для потенциала $U(x)$ (1).

Рассмотрим в (2), (3) $R_{1,2}$ и $T_{1,2}$ как функции от переменной y , т. е. введем функции $R_{1,2}(y)$ и $T_{1,2}(y)$. Тогда для функций $R_{1,2}(y)$ и $T_{1,2}(y)$ из (2), (3) и (4), (5) можно получить следующую систему уравнений:

$$\frac{d}{dy} \frac{1}{T_{1,2}(y)} = i \frac{V(y) - V_2}{2k_2} \left[\frac{1}{T_{1,2}(y)} - \exp\{2ik_2y\} \frac{R_{1,2}^*(y)}{T_{1,2}^*(y)} \right], \quad (7)$$

$$\frac{d}{dy} \frac{R_{1,2}^*(y)}{T_{1,2}^*(y)} = -i \frac{V(y) - V_2}{2k_2} \left[\frac{R_{1,2}^*(y)}{T_{1,2}^*(y)} + \exp\{-2ik_2y\} \frac{1}{T(y)} \right] \quad (8)$$

с начальными условиями

$$T_{1,2}(0) = 2k_1(k_1 + k_2) \quad \text{и} \quad R_{1,2}(0) = (k_1 - k_2)/(k_1 + k_2). \quad (9)$$

Заметим, что относительно функций $1/T_{1,2}(y)$ и $R_{1,2}^*(y)/T_{1,2}^*(y)$ полученная система дифференциальных уравнений (7), (8) является линейной. Замена $k_1 = k_2 = k$ в (7), (8) на $k \rightarrow k_0$ и $V(y)$ на $V_2 \rightarrow V(y)$ переводит систему (7), (8) в систему уравнений (4), (5). Последнее означает простой сдвиг начала отсчета энергии.

Как мы покажем ниже, задача определения амплитуд рассеяния электрона $R_{1,2}(y)$ и $T_{1,2}(y)$ может быть сформулирована так же как задача Коши непосредственно для стационарного волнового уравнения Шредингера. Для этого поступим аналогично методу, развитому в работе [1] для потенциала, граничащего с обеих сторон с вакуумом. Введем следующие функции:

$$L(y) = \frac{\exp\{-ik_2y\}}{T_{1,2}(y)} - \frac{R_{1,2}^*(y) \exp\{ik_2y\}}{T_{1,2}^*(y)}, \quad (10)$$

$$F(y) = \frac{\exp\{-ik_2y\}}{T_{1,2}(y)} + \frac{R_{1,2}^*(y) \exp\{ik_2y\}}{T_{1,2}^*(y)}. \quad (11)$$

Используя (7)-(9), можно показать, что функции $L(y)$ и $F(y)$ должны удовлетворять следующей системе дифференциальных уравнений:

$$\left[\frac{d^2}{dy^2} + (E - V(y)) \right] L(y) = 0 \quad \text{и} \quad F(y) = \frac{i}{k_2} \frac{dL}{dy} \quad (12)$$

с начальными условиями

$$L(0) = k_2 / k_1 \quad \text{и} \quad dL / dy |_{y=0} = -ik_2. \quad (13)$$

Как видно из (12), функция $L(y)$ удовлетворяет стационарному уравнению Шредингера. Далее будем искать функцию $L(y)$ в виде

$$L(y) = \frac{k_2}{k_1} H_1(y) - ik_2 H_2(y). \quad (14)$$

Тогда, используя (14) и (10)-(12), амплитуду рассеяния $T_{1,2}$ и $R_{1,2}$ можно выразить через функции $H_1(y)$ и $H_2(y)$ с помощью следующих формул:

$$\frac{1}{T_{1,2}} = \frac{\exp\{ik_2d\}}{2} \left[\frac{k_2}{k_1} H_1 + \frac{dH_2}{dy} - ik_2 H_2 + \frac{i}{k_1} \frac{dH_1}{dy} \right], \quad (15)$$

$$\frac{R_{1,2}}{T_{1,2}} = \frac{\exp\{ik_2d\}}{2} \left[-\frac{k_2}{k_1} H_1 + \frac{dH_2}{dy} - ik_2 H_2 - \frac{i}{k_1} \frac{dH_1}{dy} \right]. \quad (16)$$

Заметим, что в (15), (16) $H_{1,2}$ и $dH_{1,2}/dy$ являются значениями функций $H_1(y)$, $H_2(y)$ и их производных в точке $y = d$.

Вследствие линейной связи (14) функции $H_1(y)$ и $H_2(y)$, как и функция $L(y)$, будут удовлетворять стационарному уравнению Шредингера:

$$\left[\frac{d^2}{dy^2} + (E - V(y)) \right] H_{1,2}(y) = 0 \quad (17)$$

с начальными условиями

$$H_1(0) = 1, \quad H_2(0) = 0 \quad \text{и} \quad dH_1 / dy |_{y=0} = 0, \quad dH_2 / dy |_{y=0} = 1. \quad (18)$$

Как следует из вышеизложенного, задача определения амплитуд отражения и прохождения электрона для произвольного нерегулярного потенциала, находящегося между двумя однородными полубесконечными средами, сводится к задаче Коши для уравнения Шредингера. Интересно применение полученного результата (15)-(18) для простого случая, когда потенциал слоя однороден ($V(y) = V = const$ для $0 < y < d$). Тогда, решая (17), (18) для функций $H_1(y)$ и $H_2(y)$, имеем

$$H_1(y) = \cos\{k_0 y\} \quad \text{и} \quad H_2(y) = \sin\{k_0 y\} / k_0 . \quad (19)$$

Подставляя (19) в (15), (16), получим амплитуды отражения и прохождения электрона для однородного слоя, помещенного между двумя однородными полубесконечными средами:

$$\frac{1}{T_{1,2}} = \exp\{ik_2 d\} \left\{ \frac{1}{2} \left(1 + \frac{k_2}{k_1} \right) \cos k_0 d - i \frac{k_2 k_1 + k_0^2}{2k_1 k_0} \sin k_0 d \right\}, \quad (24)$$

$$\frac{R_{1,2}}{T_{1,2}} = \exp\{ik_2 d\} \left\{ \frac{1}{2} \left(1 - \frac{k_2}{k_1} \right) \cos k_0 d + i \frac{k_0^2 - k_1 k_2}{k_1 k_0} \sin k_0 d \right\}, \quad (25)$$

Как видно из (24), (25), условие полевого прохождения электрона возможно только в случае, когда потенциалы первой и второй полубесконечных сред равны друг другу, т. е. $V_1 = V_2$. При этом условии электрон с энергиями $k_0 d = \pi n$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) проходит слой с вероятностью единица. Последнее соответствует тому, что внутри слоя помещается целое число полувольт ($d = n\lambda/2$, где λ длина волны де Бройля).

Ереванский государственный университет

Государственный инженерный университет Армении

Ереванский государственный университет архитектуры и строительства

Ակադեմիկոս Դ. Մ. Սեդրակյան, Ա. Ճ. Խաչատրյան, Գ. Մ. Աեդրեասյան

**Էլեկտրոնի ցրման խնդիրը միաչափ կամայական դաշտում,
որն ունի անվերջությունների տարրեր ֆիքսված արժեքներ**

Աշխատանքում առաջարկված է մեթոդ համաձայն որի էլեկտրոնի ցրման և անդրադարձման ամպլիտուդների որոշման խնդիրը բերվում է Կոշու խնդրի:

Литература

1. Седракан Д. М., Хачатрян А. Ж. - Астрофизика. 1999. Т. 42. № 3. С. 419-426.
2. Sedrakian D. M., Khachatryan A. Zh. - Phys. Lett. A. 2000. V. 265. P. 294.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

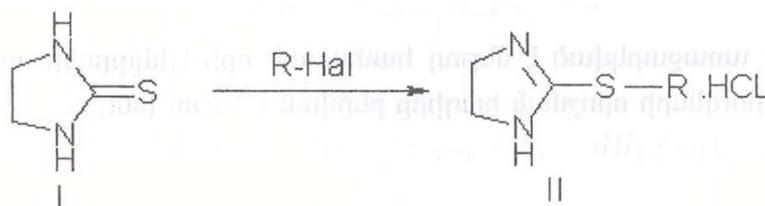
УДК 542.91+632.938

Академик В. В. Довлатян, Ф. В. Аветисян, Т. З. Папоян,
Т. Л. Дживанширян, А. П. Енгоян

Реакции этилентиомочевины с функциональными
производными галогенидов

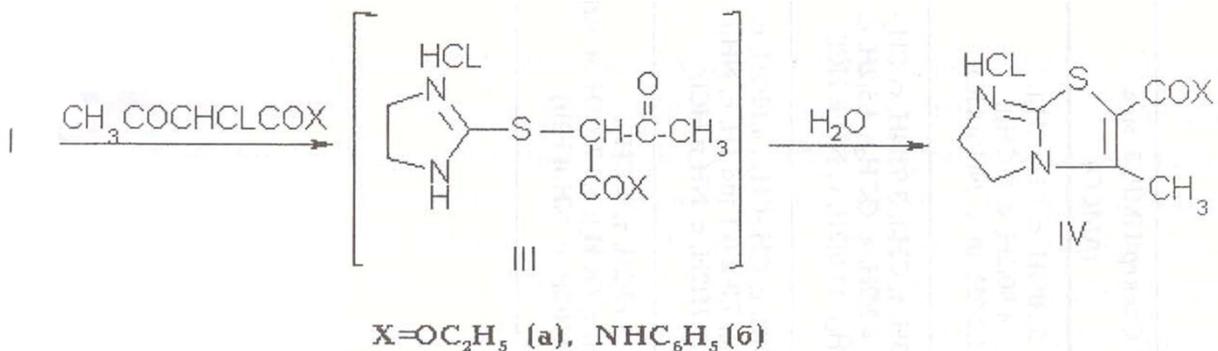
(Представлено 4/IV 2001)

Исходя из особого значения синтеза солей тиурония, представляющих интерес в качестве возможных физиологически активных веществ [1-5], мы изучили взаимодействие этилентиомочевины I с производными галогенкарбоновых кислот. Показано, что при этом образуются ожидаемые, вполне стабильные соли тиурония II.

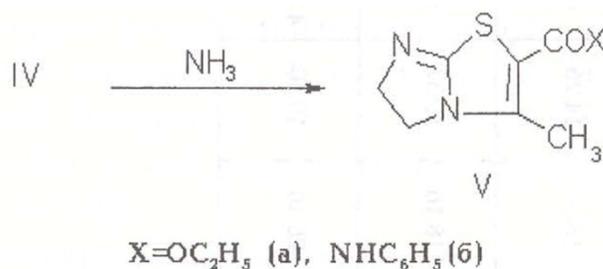


R=CH₂-C N(a), CH₂CONH₂(б), CH₂COOC₂H₅ (в), C₆H₅O(CH₂)₂ (г)

Между тем в аналогичных условиях этилентиомочевина с α-хлорацетоуксусным эфиром и анилидом вместо ожидаемых гидрохлоридов производных имидазолидинилтиоацетоуксусной кислоты образует продукты их внутримолекулярной циклизации – имидазотиазолины IV.



Под действием аммиака соединения IV превращаются в основания V



ИК и ПМР спектры сняты на приборах "Specord IR-75" в вазелиновом масле и "Varian T-60". Чистота полученных веществ определена методом ТСХ на пластинке "Silufol".

Гидрохлорид 2-цианметилтиоимидазолина-1,3 (IIа). К 0.5 г (0.005 моля) этилентииомочевини в диоксане добавляют 0.4 г (0.0053 моля) хлорацетонитрила. При комнатной температуре перемешивают 1 ч, затем нагревают при 100°C в течение 3 ч. После охлаждения осадок отфильтровывают и высушивают. Получают 0.77 г IIа.

Гидрохлориды 2-карбэтоксиметилтиоимидазолина-1,3 (IIб), 2-карбонамидометилтиоимидазолина-1,3 (IIв) и гидробромид 2-феноксиметилтиоимидазолина 1,3 (IIг). Получены аналогично Ia (таблица).

Гидрохлорид 5,6-дигидроимидазо-2-карбэтокси-3-метил[2,1-в]тиазолина (IVа). К 0.5 г (0.005 моля) этилентииомочевини в ацетоне добавляют 0.88 г (0.0053 моля) этилового эфира α -хлорацетоуксусной кислоты, нагревают при 50°C в течение 7 ч. Выпавший осадок отфильтровывают, высушивают. Получают 1.22 г (98%) IVа. Т. пл. 177-178°C. Найдено, %: N 11.53; Cl 14.14; S 12.55. $\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}_2\text{O}_2\text{ClS}$. Вычислено, %: N 11.26; Cl 14.25; S 12.87. Спектр ПМР, δ , м. д. (ДМСО): 1.35 (3H, т, CH_3CH_2); 2.58 (3H, с, CH_3); 4.30 (2H, к, OCH_2); 4.37 и 4.55 (по 2H, т, $\text{CH}_2 - \text{CH}_2$); 11.8 (1H, ш. с., HCl). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1700 ($-\text{C}=\text{O}$), 1600 ($\text{C} = \text{C}$), 1420 ($\text{C} = \text{N}$).

Гидрохлорид 5,6-дигидроимидазо-2-карбонанилидо-3-метил[2,1-в]тиазолина (IVб). Получен аналогично IVа. Выход 85 %. Т. пл. 255-257°C. Найдено, %: N 13.90; Cl 11.92; S 10.70. $\text{C}_{13}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{OClS}$. Вычислено, %: N 14.21; Cl 12.01; S 10.83. Спектр ПМР, δ , м. д. (ДМСО): 2.56 (3H, с, CH_3); 4.35 и 4.55 (по 2H, т, $\text{CH}_2 - \text{CH}_2$); 6.9-7.6 (5H, м, Ar); 9.15 (1H, ш. с., NH); 11.90 (1H, ш. с., HCl).

Соединение	Выход, %	Т. пл., °С	Найдено, %			Брутто формула	Вычислено, %			Спектр ПМР, δ, м. д. (ДМСО)
			N	Cl	S		N	Cl(Br)	S	
IIa	87	165-167	23,26	20,07	17,88	C ₅ H ₈ N ₃ ClS	23,66	20,00	18,03	3,98(4H, c, CH ₂ -CH ₂); 4,80(2H, c, S-CH ₂); 11,2(2H, ш. с. NH и HCl)
IIб	98	118-120	12,18	15,59	14,14	C ₇ H ₁₃ N ₂ O ₂ ClS	12,47	15,81	14,25	1,33(3H, т, CH ₃); 3,93(4H, c, CH ₂ -CH ₂); 4,2(2H, κ, OCH ₂); 4,5(2H, c, S-CH ₂); 11,0(2H, c, NH и HCl)
IIв	88	130-132	21,13	18,60	16,01	C ₅ H ₁₀ N ₃ OClS	21,48	18,16	16,37	3,95(4H, c, CH ₂ -CH ₂); 4,16(2H, c, S-CH ₂); 7,3 и 8,1 (по 1H, c, NH ₂); 10,75(2H, c, NH и HCl)
IIг	83	95-97	9,77	26,33	10,21	C ₁₁ H ₁₅ N ₂ OBrS	9,24	26,40	10,56	3,77(2H, т, S-CH ₂); 4,27(2H, т, OCH ₂); 6,9-7,3(5H, м, Ar); 10,4(2H, c, NH и HBr)

5,6-Дигидроимидазо-2-карбэтокси-3-метил[2,1-в]тиазолин (Va). 8.2 г (0.038 моля) IVa растворяют в воде и по каплям добавляют аммиачную воду до щелочной реакции. Оставляют при комнатной температуре в течение часа, затем осадок отфильтровывают, промывают и высушивают. Получают 7.8 г (95%) Va. Т. пл. 110-112°C. Найдено, %: N 12.31; S 15.30. $C_9H_{12}N_2O_2S$. Вычислено, %: N 12.17; S 15.09. Спектр ПМР, δ , м. д. (ДМСО): 1,38 (3H, т, CH_3CH_2); 2.40 (3H, с, CH_3); 3.92 и 4.15 (по 2H, т, $CH_2 - CH_2$); 4.32 (2H, к, OCH_2); ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1700 ($-C=O$), 1600 ($C = C$), 1420 ($C = N$).

5,6-Дигидроимидазо-2-карбонилидо-3-метил[2,1-в]тиазолин (Vб). Получен аналогично Va. Выход 95%. Т. пл. 156-157°C. Найдено, %: N 16.07; S 12.06. $C_{13}H_{13}N_3OS$. Вычислено, %: N 16.22; S 12.35. Спектр ПМР, δ , м. д. (ДМСО): 2.40 (3H, с, CH_3); 3.9 и 4.13 (по 2H, т, $CH_2 - CH_2$); 6.95-7.62 (5H, м, Ar); 9.1 (1H, с, NH).

Работа выполнена при финансовой поддержке Европейского Сообщества (European Commission), в рамках программы COPERNICUS-II-Pesticide (Contract N ICA 2-2000-10002 "Development of Methods for the Remediation of Pesticides"). В.В. Довлатян как руководитель темы несет единоличную ответственность за материал данной статьи. Изложенная информация не представляет мнение всего Сообщества.

Армянская сельскохозяйственная академия

**Ակադեմիկոս Վ. Վ. Դովլաթյան, Ֆ. Վ. Ավետիսյան, Տ. Զ. Պապոյան
Թ. Լ. Զիվանշիրյան, Ա. Փ. Ենգոյան**

**Էթիլէթիոմիզանյութի ռեակցիաները հալոգենիդների
ֆունկցիոնալ ածանցյալների հետ**

Էթիլէթիոմիզանյութը քլորացետոնիտրիլի, քլորացետամիդի, քլորէթիլացետատի, ֆենոքսիէթիլբրոմիդի հետ առաջացնում է կայուն թիուրոնիումային աղեր, իսկ α -քլորացետոնացախաթթվի էթիլէթերի և սնիլիդի հետ՝ իմիդազոլիդինիլթիո-ացետոնացախաթթվի ածանցյալների ներմուլեկուլային ցիկլման արդյունքները՝ իմիդազոթիազոլինները:

Литература

1. Пат. США 3457292. 1969. С. А. 71.101579.1969.
2. Довлатян В. В., Чакрян Т. О., Мецбурян Дж. А. - Арм. хим. ж. 1971. Т. 24. № . С. 264.
3. Довлатян В. В., Чакрян Т. О. - А. С. 245792 (СССР). Б. И. 1969. № 20.
4. Мельников Н. Н. - Химия и технология пестицидов. М. Химия. 1974. 388 с.
5. ՀՀ արտոնագիր N 816, Արդ. սեփ. N 2, 2000 թ.

ГЕОФИЗИКА

УДК 550.837

А. К. Матевосян

**Определение эквивалентного электрического
воздействия по интегральным амплитудно-временным
параметрам вызванной поляризации**

(Представлено академиком Р. Т. Джрбашяном 22/ХИ 2000)

Ранее [1] были предложены интегральные амплитудно-временные параметры вызванной поляризации (ВП), характеризующие весь переходный процесс вторичного электрического поля простых форм возбуждающего электрического импульса тока. В этой же статье рассматриваются интегральные параметры при произвольном электрическом воздействии на исследуемый объект и на их основании предлагаются критерии (в виде соответствующих соотношений) по определению эквивалентного обобщенного воздействия по параметрам количества электричества, энергии и напряжения как при зарядке, так и на спаде.

Значение напряженности полного электрического поля (первичного и поля ВП) в момент времени T при пропускании произвольного импульса тока, с применением интеграла Дюамеля [2, 3], описывается выражение

$$E(T) = \rho_K [I(T) + \eta_K \int_0^T I(T - \tau) F'(\tau) d\tau] / k r, \quad (1)$$

где $F'(r) = dF/dr$ – приращение (производная) переходной характеристики (ПХ) ВП за промежуток времени dr , $I(T)$ – значение силы тока в момент T ; $F(T)$ – ПХ ВП при прямоугольном одиночном импульсе постоянного тока; ρ_K – кажущееся удельное сопротивление; k – коэффициент установки; r – разнос приемной линии.

Аналогично, напряженность поля ВП в требуемый момент времени T (на спаде) после произвольного возбуждения электрического поля (при произвольной зарядке) равно

$$E^*(T) = \rho_K \eta_K \left\{ \int_0^{t_3} I(t_3 - \tau) F'[T - (t_3 - \tau)] d\tau \right\} / kr = \rho_K \eta_K \left\{ \int_0^{t_3} I(\tau) F'(T - \tau) d\tau \right\} / kr. \quad (2)$$

При таком воздействии электрического поля интегральные амплитудно-временные параметры ВП по количеству электричества (заряда), энергии, напряжению [1] примут вид

$$Q_3 = \int_0^{t_3} [\rho_K (1 + \eta_K) I(T) / kr - E(T)] dT = \rho_K \eta_K \left\{ \int_0^{t_3} \left[I(T) - \int_0^T I(T - \tau) F'(\tau) d\tau \right] dT \right\} / kr, \quad (3)$$

$$U_3 = \int_0^{t_3} E(T) dT = \rho_K \left\{ \int_0^{t_3} \left[I(T) + \eta_K \int_0^T I(T - \tau) F'(\tau) d\tau \right] dT \right\} / kr, \quad (4)$$

$$\begin{aligned} W_3 &= \int_0^{t_3} [\rho_K (1 + \eta_K) I(T) / kr - E(T)] E(T) dT = \\ &= \rho_K^2 \eta_K \left\{ \int_0^{t_3} \left[I(T) - \int_0^T I(T - \tau) F'(\tau) d\tau \right] \left[I(T) + \eta_K \int_0^T I(T - \tau) F'(\tau) d\tau \right] dT \right\} / k^2 r^2, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Q_c = U_c &= \int_0^{\infty} E^*(T) dT = \rho_K \eta_K \left\{ \int_0^{\infty} \int_0^{t_3} I(\tau) F'(T - \tau) d\tau dT \right\} / kr = \\ &= \rho_K \eta_K \left\{ \int_0^{\infty} \int_0^{t_3} I(t_3 - \tau) F'[T - (t_3 - \tau)] d\tau dT \right\} / kr, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} W_c &= \int_0^{\infty} [E^*(T)]^2 dT = \rho_K^2 \eta_K^2 \left\{ \int_0^{\infty} \left[\int_0^{t_3} I(\tau) F'(T - \tau) d\tau \right]^2 dT \right\} / k^2 r^2 = \\ &= \rho_K^2 \eta_K^2 \left\{ \int_0^{\infty} \left\{ \int_0^{t_3} I(t_3 - \tau) F'[T - (t_3 - \tau)] d\tau \right\}^2 dT \right\} / k^2 r^2, \end{aligned} \quad (7)$$

по которым определяются параметры отдачи ВП по количеству электричества (Ω_Q), энергии (Ω_W) и напряжению (Ω_U), соответственно [1]:

$$\Omega_Q = Q_c / Q_3, \quad \Omega_W = W_c / W_3, \quad \Omega_U = U_c / U_3. \quad (8)$$

С целью оценки полного процесса ВП при произвольном импульсе введем понятие эквивалентного (равносильного) воздействия прямоугольным импульсом тока.

Эквивалентным воздействием по соответствующему интегральному амплитудно-временному параметру будем считать возбуждение в исследуемой среде прямоугольного импульса тока такой амплитуды (интенсивности) и длительности, при которых воздействие на среду (отклик среды) по данному параметру одинаков.

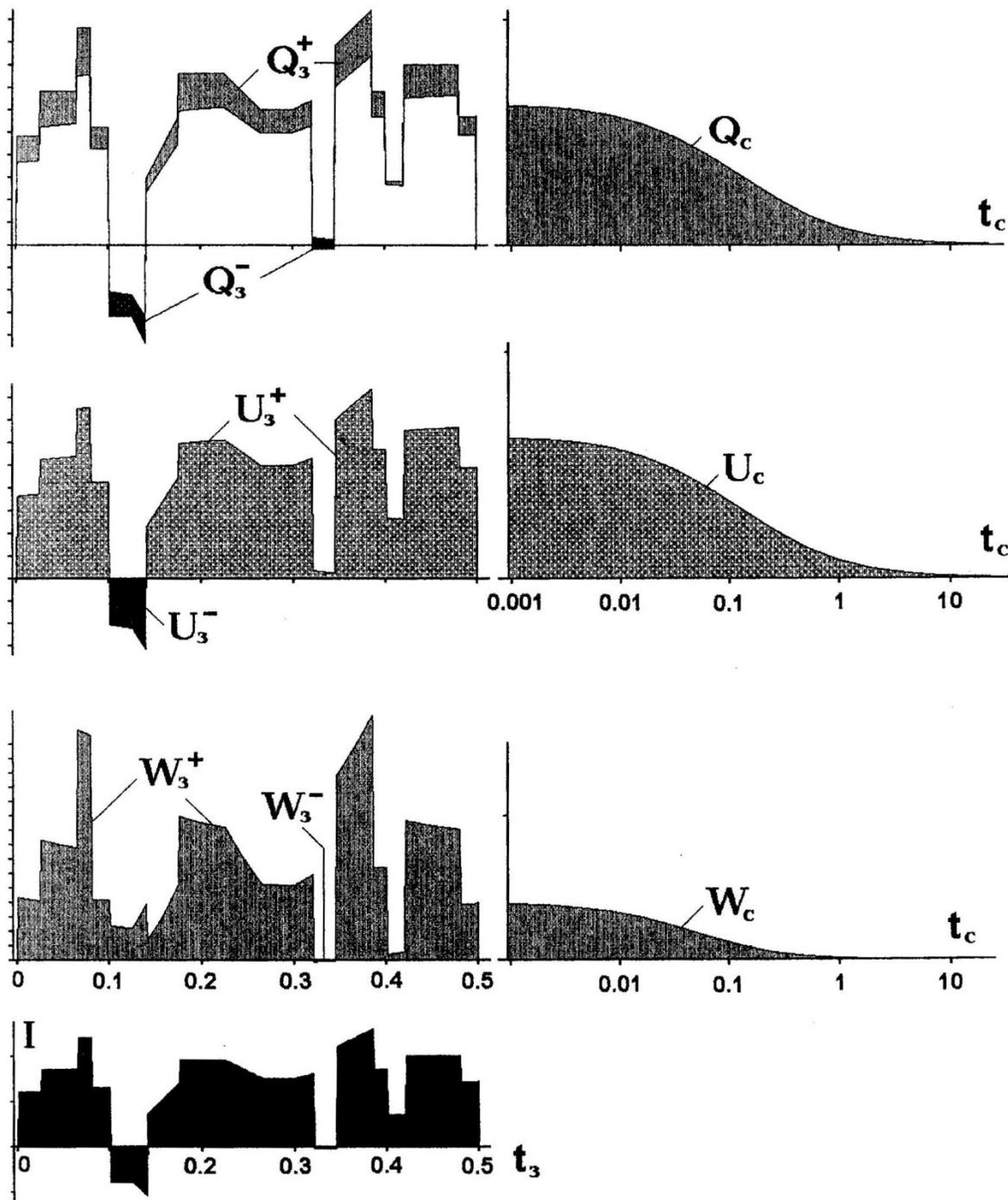


Рис. 1. Схематическое представление интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации при возбуждении электрического поля импульсом произвольной формы.

Из нижеприведенных соотношений, в которых слева представлены значения при произвольной форме импульса (возбуждения), а справа – при прямоугольном импульсе тока, определяются длительность и амплитуда эквивалентного воздействия по каждому интегральному амплитудно-временному параметру:

$$Q_3 - \int_0^{t_3} [I(T) - \int_0^T I(T-\tau)F'(\tau)d\tau]dT = I_0^{Q_3} \int_0^{t_3^{Q_3}} [1 - F(T)]dT, \quad (9)$$

$$U_3 - \int_0^{t_3} [I(T) + \eta_K \int_0^T I(T-\tau)F'(\tau)d\tau]dT = I_0^{U_3} \int_0^{t_3^{U_3}} [1 + \eta_K F(T)]dT, \quad (10)$$

$$W_3 - \int_0^{t_3} [I(T) - \int_0^T I(T-\tau)F'(\tau)d\tau][I(T) + \eta_K \int_0^T I(T-\tau)F'(\tau)d\tau]dT = \\ = (I_0^{W_3})^2 \int_0^{t_3^{W_3}} [1 - F(T)][1 + \eta_K F(T)]dT, \quad (11)$$

Q_c (аналогично U_c) –

$$\int_0^\infty \int_0^{t_3} I(t_3 - \tau)F'[T - (t_3 - \tau)]d\tau dT = I_0^{Q_c} \int_0^\infty [F(T + t_3^{Q_c}) - F(T)]dT, \quad (12)$$

W_c –

$$\int_0^\infty \left\{ \int_0^{t_3} I(t_3 - \tau)F'[T - (t_3 - \tau)]d\tau \right\}^2 dT = (I_0^{W_c})^2 \int_0^\infty [F(T + t_3^{W_c}) - F(T)]^2 dT. \quad (13)$$

Напомним, что при линейности процессов ВП $Q_3 = Q_c = U_c$.

Подбор эквивалентного воздействия путем последовательных итераций может осуществляться как по заданной длительности прямоугольного импульса, так и по заданной величине тока.

Поскольку по существу подбор эквивалентного воздействия при соответствующем интегральном параметре можно проводить варьированием величин длительности и амплитуды прямоугольного импульса (т. е. при подборе прямоугольного импульса с получением требуемой величины интегрального параметра наблюдается неоднозначность), то желательно выбрать эквивалентное воздействие, удовлетворяющее (с требуемой точностью) одновременно двум и более интегральным амплитудно-временным параметрам.

На рис. 1 изображена динамика проявления интегральных параметров при произвольном импульсе тока с продолжительностью $0.5T_o$ (T_o – абсцисса максимума переходной характеристики ВП) для логарифмической зависимости ПХ [3] при $B = \sqrt{1000}, \eta_K = 1/3$. Для наглядности напряженность поля ВП на спаде (вертикальная шкала графиков) (справа на рис. 1) в 10 раз крупнее, чем при зарядке (графики слева), и горизонтальная ось (шкала времени) построена в логарифмическом масштабе. Значения интегральных параметров ВП приведены в табл. 1 (строка 1).

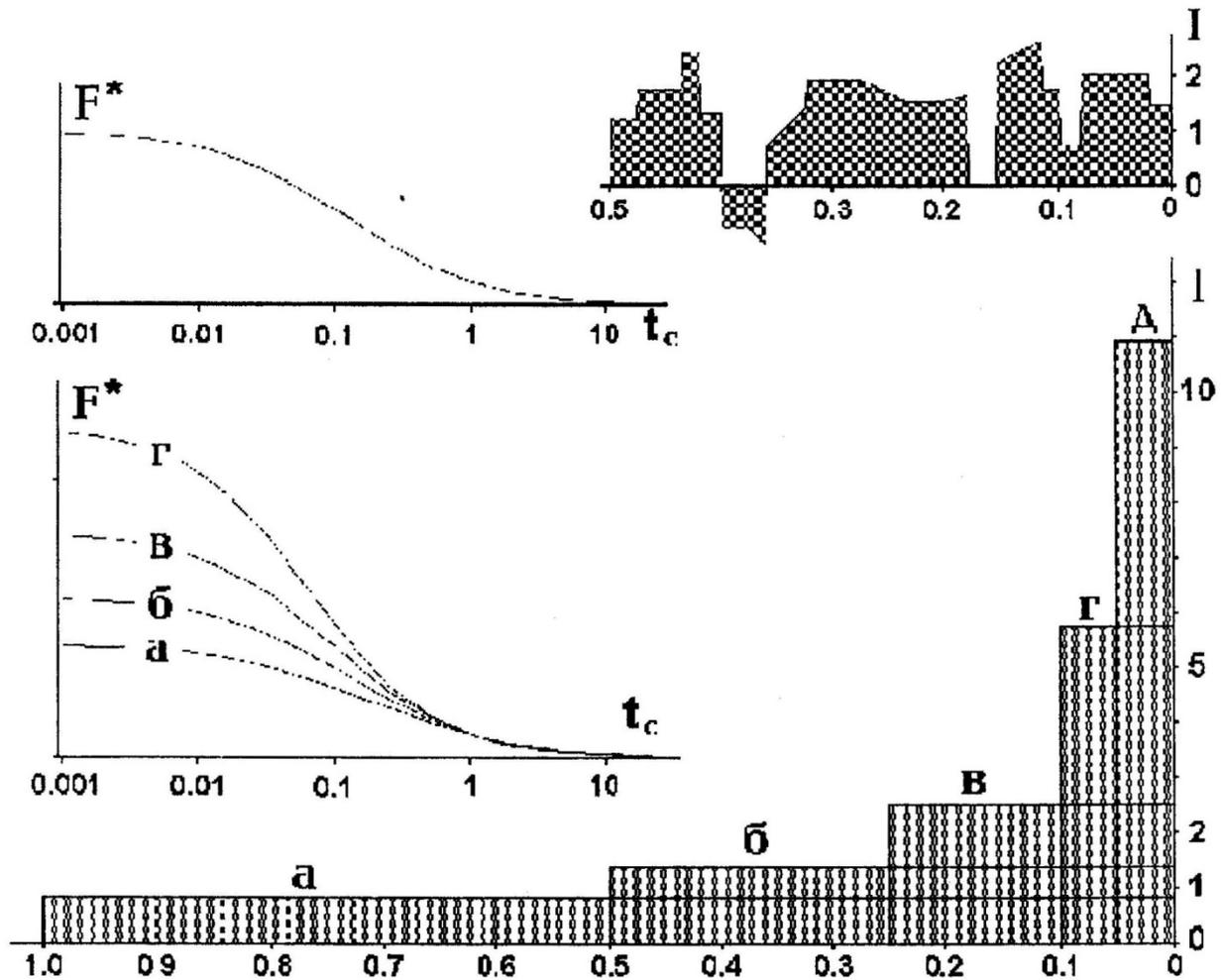


Рис. 2. Импульсы эквивалентного электрического воздействия прямоугольной формы по параметру Q_3 и кривые спада ВП при длительности зарядки t_3 (в единицах T_o): а – 1, б – 0.5, в – 0.25, г – 0.10, д – 0.05.

Таблица 1

№	Импульс	Интегральные амплитудно-временные параметры ВП					
		Q_3	W_3	W_c	U_3	Ω_W	Ω_U
1	Произвольной формы	0.501	3.324	0.0496	2.265	0.0149	0.223
2	Прямоугольный, эквивалентного воздействия, при $t_3 = 0.41T_o$ и $I_o = 1.67$	0.502*	2.729	0.0509*	2.236*	0.0186	0.226*
3	То же, при $t_3 = 0.36T_o$ и $I_o = 1.86$	0.501*	3.019	0.0539	2.177	0.0178	0.232
4	То же, при $t_3 = 0.32T_o$ и $I_o = 2.06$	0.501*	3.336*	0.0572	2.135	0.0171	0.237

Величины силы тока (в условных единицах) эквивалентного воздействия по различным интегральным амплитудно-временным параметрам при фиксированных значениях длительности прямоугольного импульса приведены в табл. 2 (расчеты проведены согласно выражениям (9)-(13)). Здесь же даны значения отдачи ВП по энергии (Ω_W) и напряжению (Ω_U) (заметим, что при линейности процессов ВП $\Omega_Q = 1$).

Таблица 2

Длительность прямоугольного импульса, T_o	Величины силы тока эквивалентного воздействия				Отдача ВП	
	$I_o^{Q_3}$	$I_o^{W_3}$	$I_o^{W_c}$	$I_o^{U_3}$	Ω_W	Ω_U
1.00	0.80	1.26	0.99	0.67	0.0240	0.186
0.50	1.41	1.69	1.47	1.38	0.0196	0.217
0.25	2.55	2.30	2.24	2.82	0.0156	0.247
0.10	5.76	3.50	4.19	7.24	0.0103	0.283
0.05	10.95	4.85	7.08	14.70	0.0070	0.303

На рис. 2 представлены рассматриваемый импульс произвольной формы и пять различных прямоугольных импульсов эквивалентного воздействия по параметру Q_3 (по отклику). Здесь же (слева) изображены соответствующие им графики напряженности спада ВП. При рассматриваемом произвольном возбуждении кривая спада ВП располагается между графиками прямоугольных импульсов (б) и (в) (t_c приведена в единицах T_o). Характерной особенностью этих графиков при эквивалентном воздействии является то, что при малых (меньше T_o) значениях t_c

значения F^* прямо пропорциональны величине силы тока, а далее – обратно пропорциональны (кривые пересекаются в области $t_c \approx T_0$).

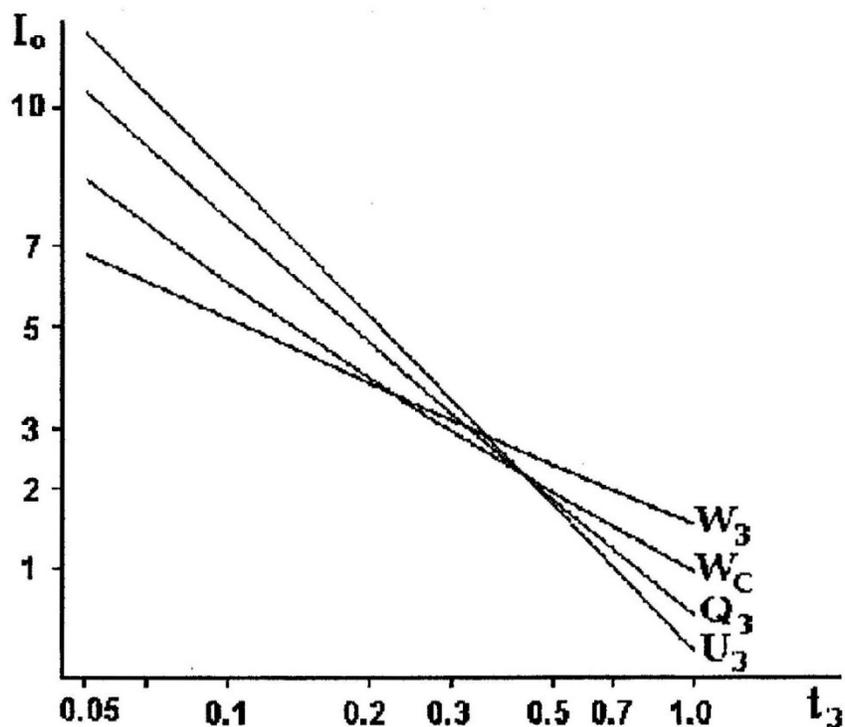


Рис. 3. Взаимосвязь величины силы тока и длительности прямоугольного импульса эквивалентного воздействия по интегральным параметрам Q_3 , U_3 , W_3 , W_c .

Зависимости величины силы тока и длительности прямоугольного импульса эквивалентного воздействия по отклику Q_3 , W_3 , W_c , U_3 , представленные в двойном логарифмическом масштабе на рис. 3, квазилинейны и сходятся в области $0.32T_0 \leq t_3 \leq 0.41T_0$ и $1.67 \leq I_0 \leq 2.06$. В табл. 1 (строки 2-4) приведены значения интегральных параметров трех эквивалентных воздействий, принадлежащих отмеченной области. Здесь звездочками обозначены значения тех интегральных параметров, которые с точностью проведенных расчетов эквивалентного воздействия соответствуют возбуждению поля импульсов произвольной формы. Так, при $t_3 = 0.41T_0$ (строка 2) по интегральным параметрам Q_3 , W_c , U_3 , Ω_U , при $t_3 = 0.32T_0$ (строка 4) – Q_3 , W_3 , при $t_3 = 0.36T_0$ (строка 3) – только по Q_3 (кроме не приведенных в таблице Q_c , U_c , Ω_Q).

Таким образом, предлагаемый способ определения эквивалентного электрического воздействия можно рекомендовать при оценке поляризационных процессов при сложной структуре исследуемых электрических полей.

Ա. Կ. Մաթևոսյան

Համարժեք էլեկտրական ազդեցության որոշումը հարուցված բևեռման ինտեգրալ ամպլիտուդաժամանակային չափանիշների միջոցով

Հոդվածում քննարկվում է էլեկտրական ազդեցության գնահատման եղանակ՝ հոսանքի կամայական իմպուլսի դեպքում հարուցված բևեռացման ինտեգրալ ամպլիտուդաժամանակային չափանիշների միջոցով, որոնք բնութագրում են էլեկտրաքիմիական պրոցեսների հատույցն ըստ լիցքի քանակության, էներգիայի և լարումի:

Литература

1. *Матевосян А. К.* - ДНАН Армении. 2001. Т. 101. № 1. С. 76-83.
2. *Бобровников Л. З.* Радиотехника и электроника. М. Недра. 1990. 374 с.
3. *Комаров В. А.* Электроразведка методом вызванной поляризации. Л. Недра. 1980. 391 с.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 504

Р. Г. Реваян

Биосферология и проблемы охраны окружающей среды

(Представлено академиком С. В. Григоряном 18/V 2001)

В настоящее время, в связи с различными глобальными процессами, вызванными антропогенной деятельностью, приходится пересматривать наши представления как о проблеме охраны окружающей среды, способах их решения, так и о науках, занимающихся ее вопросами.

Как справедливо отмечает В. И. Вернадский, “мы больше специализируемся не по наукам, а по проблемам, что позволяет с одной стороны углубляться в изучаемое явление, а с другой — расширять охват его со всех точек зрения” [1]. Исходя из этих позиций охрана окружающей среды включает в себя крупнейшие проблемы, которые, рассматриваясь в рамках своей научной дисциплины, тесно взаимосвязаны: глобальное изменение климата, устойчивость ландшафтов, сохранение биоразнообразия, опустынивание, эродированность почв, эвтрофирование вод.

Столь далекие друг от друга проблемы связывают потоки химических элементов, которые в ходе развития антропогенной деятельности претерпели радикальные изменения. Во-первых, они значительно возросли количественно, и, во-вторых, что особенно важно, нарушилась структура потоков веществ, определявшая биогеохимическую цикличность в биосфере.

Ускорение потоков химических элементов в экосистеме, в основном, обусловлено социально-экономическим механизмом. Причина этого процесса заключается не только в ошибках ведения хозяйства, в росте численности населения и в увеличении продукции сельского хозяйства, хотя все эти причины немаловажны. Анализ сложившихся потоков химических элементов и их роста показал, что основные причины кроются в радикальных технологических и агротехнических изменениях производственных процессов, которые сформировались в отраслях хозяйственной деятельности, в наибольшей мере связанных с миграцией загрязняющих веществ. Под техногенным воздействием потоки химических элементов меняются настолько радикально, что замкнутый природный круговорот веществ деградирует, теряя свое значение в рамках самой хозяйственной деятельности, вытесняясь транзитным движением химических

элементов в воды (таблица). Поэтому, с нашей точки зрения, возникает необходимость сосредоточить внимание на изменениях потока химических элементов, его трансформации.

Поток тяжелых металлов в техноэкосистеме, мг/м² год

Структура потока	As	Fe	Mn	Ti	Ni	Cu	Pb	Mo	V
Модуль поступления с атмосферными осадками	не опр.	632,0	12,1	73,0	4,2	6,3	8,5	0,3	1,8
Модуль поступления со сточными водами	283,0	1023,0	68,0	121,0	24,9	39,7	21,3	29,4	11,3
Суммарное поступление	283,0	1655,0	80,1	194,0	29,1	46,0	29,8	29,7	13,1
Модуль выноса с вертикальным стоком (инфильтрационные воды)	240,0	856,0	24,7	110,0	37,3	58,5	21,2	19,5	9,4

С развитием техногенеза происходит интенсивное изменение характеристик абиотической среды. Фитоценозы трудно адаптируются к новым физико-химическим свойствам среды, что приводит к изменению биомасс, к потере сотен видов и подвидов фитофлоры и зоофауны. Одновременно происходит интенсивное проникновение в экологию методов естественных наук. Создаются новые направления – геохимическая экология, геохимия ландшафтов, геохимия окружающей среды, геоэкология, геохимия биосферы, глобальная экология, экологическая геоморфология и др. [2-6].

Распространено мнение, что для решения проблем охраны окружающей среды требуется создание специальной комплексной науки. Необходимость формирования соответствующего комплекса наук не вызывает особых возражений, разногласия возникают обычно в процессе отбора тех дисциплин, которые должны составить как бы основу искомой науки. Такой основой должно стать учение о биосфере В. И. Вернадского [1], базирующее на трех основных понятиях – “живое вещество”, “организованность биосферы” и “биогеохимическая цикличность”. Показав громадную роль живого вещества в геологической истории, В. И. Вернадский выделил это научное направление в самостоятельную науку и сформулировал ее задачи, заключающиеся в изучении химического состава живых организмов, участия живого вещества и продуктов разложения в процессах миграции, распределения, рассеяния и накопления химических элементов в ходе эволюции. Рассматривая биосферу с биогеохимических позиций, В. И. Вернадский особо подчеркнул способность живого вещества осуществлять свои главные биогеохимические функции, которые обеспечивают устойчивую организованность биосферы и ее нормальное функционирование. Поскольку биогеохимическая цикличность в жизни биосферы имеет функциональное значение, то учение о биогеохимических циклах В. И. Вернадского, развиваемое в экологическом плане, может быть использовано как для теоретических, так и прикладных исследований охраны окружающей среды.

Проблема взаимоотношения человека и окружающей его среды требует единого биосферного концептуального подхода. Поэтому формирование какой-то специальной науки, занимающейся проблемами охраны окружающей среды, считаем нецелесообразным. Ее функции на данном этапе может взять на себя биосферология [1], методологической основой которой является биогеохимия, обогащенная методами естественных и общественных наук. Она может называться экобиосферологией и должна связать в единое целое биогеохимические, биоценологические, ландшафтно-геохимические, эколого-географические, эколого-медицинские, генетико-биохимические аспекты исследования экосистем. Фундаментом экобиосферологии послужат многочисленные материалы отдельных отраслей наук, связанные с изучением экосистем в целом.

Наряду с резко возросшими требованиями к качеству окружающей среды возникли новые взаимоотношения не только между компонентами биосферы, но и между биосферой как природной системой и антропогенным воздействием.

Анализ современной проблематики охраны окружающей среды показал, что она, как правило, не выходит за рамки описательного уровня. Суть ее выражается в собирании, описании и систематизировании различного рода фактов, касающихся тех или иных аспектов деградиционных изменений окружающей среды. Исследования подобного рода, безусловно, крайне важны, в то же время описательный уровень интерпретации данной тематики не отвечает сложности проблематики, ибо непосредственно не связан с ориентацией на переход от единичных явлений, фактов и процессов к выявлению общих закономерностей и не дает возможности прогнозировать, а значит и предотвращать отрицательные последствия техногенного развития.

До тех пор пока элементарные закономерности биогеохимической цикличности и миграции элементов не расшифрованы, не могут быть поняты и механизмы загрязнения природной среды, знание которых способствовало бы восстановлению деградированных экосистем, и изучение охраны окружающей среды будет во многом оставаться на стадии описания и гипотез.

В рамках исследований экобиосферологии напрашивается необходимость объединения усилий ученых, имеющих дело с разными уровнями изучения проблем охраны окружающей среды. К сожалению, исследователи экологической проблематики пока еще не вступили в этот союз, что отчасти можно объяснить и пассивным отношением к ней, как правило, биологов, исследующих лишь потери множества видов и подвидов, связанных с антропогенным влиянием и пока еще только ищущих подходы к изучению некоторых более сложных явлений. Для того чтобы создать такой союз, необходимо обеспечить более тесное взаимодействие в изучении онтогенеза растений и биогеохимической цикличности. Следует также отметить, что для создания единой системы комплексного изучения, охватывающей все уровни организации, предпосылки уже есть.

Неумение с нашей стороны прогнозировать все результаты антропогенного воздействия на окружающую среду обусловлено недостаточно полным изучением механизмов биогеохимических процессов. Биогеохимическая цикличность в биосфере представляет собой сложное переплетение воздействующих друг на друга циклов различной структуры и периодичности и разной степени необратимости.

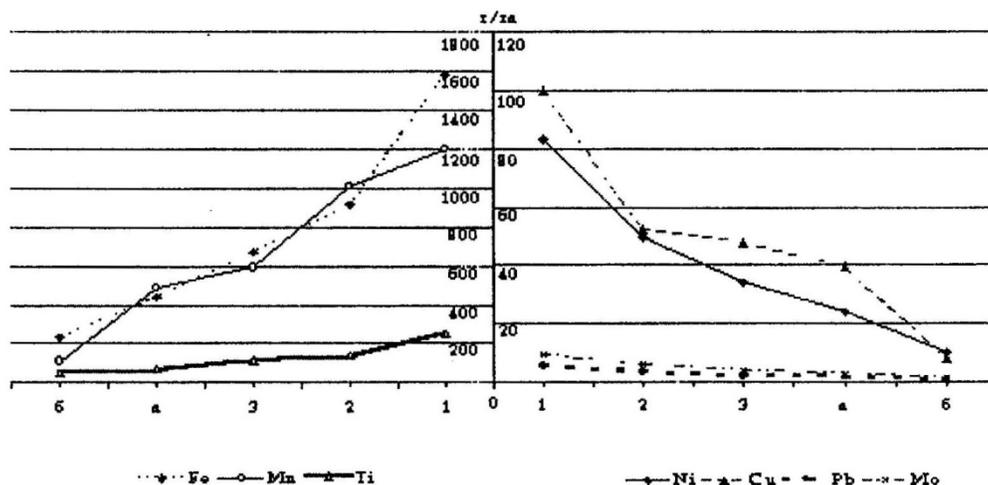


Рис. 1. Емкость потока тяжелых металлов на горных лугах лугостепного пояса:

- 1 — общая фитомасса, 2 — отчуждаемая фитомасса (сено),
 3 — возвращаемая фитомасса: а — стерня + опад; б — корень.

Проведенный нами анализ биогеохимической цикличности тяжелых металлов на горных лугах выявил несомненность их потоков, отчуждаемых за пределы экосистемы и повторно поступающих в нее. Так, емкость потока металлов, удаляемого с органической массой трав за пределы экосистемы, значительно превышает запасы элементов в потоке органической массы, остающейся в пределах экосистемы (рисунок).

Появление новых технических средств и методов исследований открыло возможность изучения биогеохимической цикличности в косной и биокосной, водной и воздушной средах, комплексное исследование которых в динамике и на протяжении сезонов позволит выявить изменения количественного состава почвы, биохимического состава растительного покрова, химического состава атмосферных осадков, поверхностных и инфильтрационных вод. Эти исследования намного расширят возможности комплексной оценки состояния и уровня загрязнения различных экосистем на разных этапах онтогенетического развития фитоценозов и его отдельных структурных элементов. Одной из кардинальных проблем, встающих перед исследователями-экологами, является возможная корреляция цикличности химических элементов с цикличностью роста растений; необходимо выяснить, в чем и в какой мере сходна природа ростовых циклов и биогеохимических циклов, имеется ли, несмотря на множество различий, какая-либо общая основа интенсивности роста и скорости миграционного потока химических элементов. Полученные закономерности по биогеохимической цикличности могут быть использованы для познания природы цикличности роста растений, не говоря уж о том, что они помогут созданию классификации значений конкретных признаков и экологического критерия состояния экосистемы в целом.

Изложенные принципы экобиосферологического исследования применимы для анализа практически любого вида антропогенного воздействия на среду. Они позволяют не только

проводить исследования в разных масштабах, с разной степенью детальности, но и разработать системный методологический подход для создания и развития системы критериев количества и стандартов качества окружающей среды.

Таким образом, учение об охране окружающей среды, в той или иной степени разрабатываемое представителями разных научных направлений, вступило в стадию оформления в качестве особой дисциплины, которую можно назвать экобиосферологией. Основной объект изучения — экосистема, которую необходимо рассматривать как закономерное объединение абиотических, биотических и антропогенных факторов, направленных к максимализации биогенной миграции химических элементов. Методологической основой экобиосферологии должны стать главные положения учения о биосфере В. И. Вернадского, науки об экосистемах Ю. Одума. Экобиосферология должна стать связующим звеном ландшафтно-геохимических, эколого-географических, эколого-биохимических аспектов исследования экосистем, при этом ведущую роль в функционировании биосферы будет играть биогеохимическая цикличность. Рассматривая учение об охране окружающей среды с биосферных позиций, экобиосферология может стать необходимой научной базой для изучения неизбежных технологических преобразований биосферы и позволит рассматривать экосистемы как объекты, участвующие в биосферных циклах, направленных на увеличение биогенной миграции химических элементов и их продуктивности.

Центр эколого-ноосферных исследований НАН РА

Ռ. Հ. Ռևազյան

Բիոսֆերոլոգիան և շրջակա միջավայրի պահպանության հիմնախնդիրները

Անթրոպոգեն գործունեությամբ ձևավորված տարբեր գլոբալ գործընթացների հետ կապված, հարկ է լինում վերանայել մեր պատկերացումները ինչպես շրջակա միջավայրի պահպանության հիմնահարցի, դրանց լուծման միջոցների, այնպես էլ այն գիտությունների մասին, որոնք զբաղվում են այդ հարցերով:

Սահմանված է, որ տեխնածին ազդեցության տակ քիմիական տարրերի հոսքերը փոխվում են այնքան արմատական, որ նյութերի բնական փակ շրջապտույտը դեգրադացիայի է ենթարկվում՝ տրանզիտային շարժմամբ դեպի ջրեր (ինֆիլտրացիոն և ստորգետնյա) ներքաշելով քիմիական տարրերը:

Այս հետազոտությունները թույլ են տալիս շրջակա միջավայրի պահպանության մասին գիտական տարբեր ուղղությունների այս կամ այն չափով մշակված պատկերացումները ձևակերպել որպես գիտության հատուկ ճյուղ, որը կարելի է անվանել էկոբիոսֆերոլոգիա: Այն պետք է դառնա էկոհամակարգերի ուսումնասիրության լանդշաֆտա-երկրա-քիմիական, էկոլոգա-աշխարհագրական, էկոլոգա-կենսաքիմիական տեսանկյունների հետ կապող ճյուղ:

Литература

1. *Вернадский В. И.* - Биосфера. 1926, 1967. 374 с.
2. *Беус А. А., Грабовская Л. И., Тихонова Н. В.* - Геохимия окружающей среды. М. Наука. 1976. 248 с.
3. *Будыко М. И.* - Глобальная экология. М. Наука. 1977. 327 с.
4. *Герасимов И. П.* - Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира. М. Наука. 1985. 247 с.
5. *Ковальский В. А.* - Геохимическая экология. М. Наука. 1974. 299 с.
6. *Перельман А. И.* - Геохимия ландшафта. М. Наука. 1975. 341 с.
7. *Тимофеев Д. А.* - Геоморфология. 1991. № 1. С. 43-48.

ԶՐԱՅԻՆ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐ

ՈւՏԴ 551.444:556.18

Հ. Վ. Թորմաջյան, Լ. Ս. Զիլինգարյան, Վ. Բ. Մկրտչյան,
Հ. Ֆ. Մելքոնյան, Ս. Վ. Միմոնյան

**Զրային տնտեսության բնագավառում օգտագործվող հիմնական
սահմանումները և հասկացությունները**

(Ներկայացված է ակադեմիկոս Ֆ. Ս. Սարգսյանի կողմից 19/1 2001)

Հայաստանի Հանրապետության ջրային օրենսգրքի [1] հոդված 1-ում տրվում են ջրային տնտեսության բնագավառում օգտագործվող հիմնական սահմանումները և հասկացությունները, որոնք հետագայում օգտագործվում են Օրենսգրքի մյուս հոդվածներում, նպատակ ունենալով միարժեքորեն ներկայացնել համապատասխան հասկացությունը կամ գործողությունը: Սակայն, բերված սահմանումներն ու հասկացությունները ոչ միայն լիովին չեն ընդգրկում այդ ոլորտը, այլև, որոշ դեպքերում, տեղի են տալիս երկակի մեկնաբանությունների, ինչը օրենսդրության մեջ անընդունելի է:

Օրենսգրքի հոդված 1-ում առանց սահմանելու «ջրային ռեսուրսներ» հասկացությունը, տրվում է.

«Զրային օբյեկտներ – երկրի մակերեսի և ստորերկրյա ջրեր: Լինում են բնական (գետեր, լճեր, առվակներ, ճահիճներ, ստորերկրյա ջրավազաններ) և արհեստական (ջրամբարներ, արհեստական լճակներ և այլն)»:

Սահմանման առաջին մասն առավել մոտ է «ջրային ռեսուրսներ» հասկացությանը և, մեր կարծիքով, անհաջող փորձ է արված համատեղելու «ջրային ռեսուրսներ» և «ջրային օբյեկտներ» հասկացությունները: Ճիշտ կլինի նախ սահմանել «ջրային ռեսուրսներ» հասկացությունը որպես մակերևութային և ստորերկրյա բնականորեն վերականգնվող ջրային պաշարներ, որոնք կարող են օգտագործվել մարդկանց կենցաղային կարիքների, ինչպես նաև երկրի տնտեսության տարբեր նպատակների համար: Ընդ որում մակերևութային ջրերի բնական ռեսուրսները՝ դա բնականորեն վերականգնվող գետային հոսքն է և լճերի բնական ջրային պաշարները (բնապահպանության նպատակով լճերի բնական պաշարներից օգտագործվում է միայն նրանց բնական հոսքը, որը սնում է գետերին կամ առաջացնում է առանձին գետ): Ստորերկրյա ջրերի բնական ռեսուրսները չխախտված պայմաններում ջրատար հորիզոնի սնման մեծությունն է: Հարկ է նշել, որ հոսքի կանոնավորման նպատակով մարդու կողմից ստեղծված կառուցվածքների միջոցով, ի հաշիվ

վերականգնվող ջրային ռեսուրսների կուտակվող կամ տեղափոխվող ջրերը արհեստական պաշարներ են: Սա է «ջրային ռեսուրս» և «ջրային պաշար» հասկացությունների տարբերությունը: Ընդ որում, սահմանելով «ջրեր» հասկացությունը, անհրաժեշտ է նկատի ունենալ, որ դա ջրային օբյեկտներում առկա ջուրն է: Եվ քանի որ ջրային օբյեկտների որոշակի մասն ըստ պատկանելիության կարող են լինել ոչ պետական սեփականություն, ապա «ջրեր»-ի տարանջատումը «ջրային ռեսուրսներ»-ից կարևորվում է վերջինիս՝ պետության սեփականության բացառիկ իրավունք վերապահելու պատճառով:

«Ջրային օբյեկտներ» հասկացությունը [2]-ում որակվում է որպես ջրերի կենտրոնացում – ցամաքում՝ ռելիեֆի համապատասխան ձևերում, իսկ ընդերքում՝ ջրի ռեժիմի սահմանների և այլ ուրվագծերի առկայության դեպքում: Ի թիվս գետերի, լճերի, ճահիճների, ջրանցքների և այլն, [5]-ում, որպես ջրային օբյեկտների բաղկացուցիչ մաս, նշված են օվկիանոսները, ծովերը և մշտական ձնածածկույթները: ՀՀ ջրային օրենսգրքում օվկիանոսները և ծովերը կարելի է չնշել՝ վերջիններիս բացակայության պատճառով: Մշտական ձնածածկույթներ հանրապետությունում նույնպես գրեթե չկան, և առանց էական սխալի այս հասկացությունը ՀՀ ջրային օբյեկտների ցանկում նույնպես կարելի է անտեսել:

Մոլդովայի Ջրային օրենսգրքում [3], «ջրային օբյեկտներ» հասկացությունը սահմանված է հոդված 16-ում.

«Օգտագործման տրամադրվում են այն ջրային օբյեկտները, որոնք թվարկված են հոդված 2-ում»,

երբ հոդված 2-ը «Պետական միասնական ջրային ֆոնդ» անվանումը և հետևյալ շարադրանքն ունի.

«Պետական միասնական ջրային ֆոնդը ներառում է.

ա) գետերը, լճերը, ջրամբարները, այլ մակերևութային ավազանները և ջրադրյունները, ինչպես նաև ջրանցքների ջրերը;

բ) ստորերկրյա ջրերը»:

Մեր կարծիքով «ջրային օբյեկտներ» և «ջրային ֆոնդ» հասկացությունների աղավաղումն ակնհայտ է: Օրենսգրքում ջրային ֆոնդից դուրս են դրված ջրատնտեսական կառուցվածքները, որով և փաստացի նույնացված են այս երկու հասկացությունները: Որոշակի առումով նմանատիպ սխալ կա նաև ՀՀ ջրային օրենսգրքում: Առկա է ևս մեկ ընդհանուր սխալ: ՀՀ ջրային օրենսգրքում ունենք.

Հոդված 4. «Պետական միասնական ջրային ֆոնդ – Հայաստանի Հանրապետության բոլոր ջրերը (ջրային օբյեկտները) կազմում են պետական միասնական ջրային ֆոնդը»:

Միարժեքորեն ժխտելով նշված հոդվածում «ջրեր» հասկացությունը կիրառելու իրավունքը (ասենք նաև, որ Օրենսգրքի հոդված 1-ում այդ հասկացությունը սահմանված չէ), նշենք, որ հայեցակարգային սխալ կա հենց հասկացության անվանման մեջ: Ասելով «Պետական միասնական ջրային ֆոնդ», փաստորեն բացառում ենք, որ բացի պետությունից որեէ ջրային օբյեկտի սեփականատեր կարող է լինել այլ ֆիզիկական կամ իրավաբանական անձ, որը հակասում է ՀՀ սահմանադրությանը և ազատ տնտեսական համակարգի գաղափարախոսությանը: Անհրաժեշտ է հոդված 4-ը հանել Օրենսգրքից, իսկ «ջրային ֆոնդ» հասկացությունը (առանց «պետական» բառի) սահմանել հոդված 1-ում:

Օրենսգրքում սահմանված է.

«Ստորերկրյա ջրային պաշարներ – երկրի կեղևի վերին շերտում եղած ջրերի քանակություն»: Ինչու՞ «երկրի կեղևի վերին շերտերում», այլ ոչ թե «երկրի ընդերքում»:

«Ստորերկրյա ջրեր» հասկացությունը [4]-ում ներկայացված է. «ջրեր, որոնք գտնվում են երկրաբանական ապարների ստվարաշերտում, երկրի կեղևի վերին մասում, հեղուկ, պինդ և գոլորշի վիճակում»:

Հավանաբար այս սահմանումն է հիմք հանդիսացել ՀՀ ջրային օրենսգրքում նման ձևակերպում տալու համար: Մեր կարծիքով նպատակահարմար է օգտագործել «երկրի ընդերքում առկա ջրային ռեսուրսները» սահմանումը: Ինչու՞ «ջրային ռեսուրսներ», այլ ոչ թե «ջրեր»: Որովհետև, համաձայն մեր հայեցակարգի, ստորերկրյա բոլոր ջրերը պետք է լինեն պետական սեփականություն, այսինքն՝ մինչև արդյունահանումը պետք է հանդիսանան «ռեսուրս», այլ ոչ թե «ապրանք»: Մինևույն ժամանակ, հողվածում սահմանված չէ «մակերևութային ջրեր» հասկացությունը, որը բազմաթիվ անգամ օգտագործվում է Օրենսգրքի հետագա հոդվածներում: Ի տարբերություն ստորերկրյա ջրերի, մակերևութային ոչ բոլոր ջրերն են ռեսուրս: Գետում ջուրը «ռեսուրս» է, բայց մասնավոր ջրատարում կարող է լինել «ապրանք»: Այդ պատճառով սահմանման մեջ անհրաժեշտ է օգտագործել «ջրեր» բառը:

Քանի որ օգտագործման հետևանքով ջուրը կարող է անվերադարձ սպառվել, ապա անհրաժեշտ է տարանջատել «վարձակալում» և «սպառում» գաղափարները: «Վարձակալում» ասելով հասկանում ենք գործարք՝ ջուրը ետ վերադարձնելու պայմանով, ջուրը ջրօգտագործողներին տրամադրելը: Անհրաժեշտ է նշել, որ սա կարևոր նշանակություն ունի տնտեսական քաղաքականության իրականացման տեսանկյունից, քանի որ տարբեր նպատակներով օգտագործվող ջրի սակագները պետք է տարբեր լինեն: «Ջրի սպառում» ասելով, պետք է հասկանալ բնակչության և տնտեսության պահանջները բավարարելու համար ջրի անվերադարձ օգտագործում: Ինչ վերաբերում է հողված 1-ում բերված «ջրսպառում» հասկացությանը, այն է՝ «ջրի սպառում ջրային օբյեկտներից», ապա այն անընդունելի է և՛ իրավական, և՛ հայեցակարգային առումներով: Այն Օրենսգրքից պետք է հանվի: «Ջրօգտագործում» ասելով պետք է հասկանալ՝ ջուրը վարձակալության կամ սպառման տրամադրելը: Այստեղ «ջրային ռեսուրս» հասկացությունը չի կարելի կիրառել, քանի որ սպառման և վարձակալության կարող է տրվել նաև «ապրանք» դարձած ջուրը:

«Ջրերի աղտոտում» հասկացության շրջանակներում հաշվի չի առնված աղտոտումը, որն առաջանում է բնական երևույթների հետևանքով: Այն պակաս կարևոր չէ, քան մարդածին գործունեության հետևանքով առաջացած աղտոտումը, և այդ դրույթն անհրաժեշտ է ավելացնել «ջրերի աղտոտում» սահմանման մեջ:

«Ջրերի պահպանում» հասկացության մեջ նշված է միայն ջրերը աղտոտումից, աղբոտումից և սպառումից պահպանելու անհրաժեշտությունը: Կարևոր է առանձին սահմանել «ջրային օբյեկտի հյուծում» հասկացությունը, որը պետք է հաշվի առնի ջրային օբյեկտի բարվոք էկոլոգիական վիճակն ապահովող նվազագույնը: Ընդ որում, նպատակահարմար է օգտագործել ավելի ընդգրկուն «էկոլոգիա», այլ ոչ թե նեղ շրջանակներ ունեցող «բնապահպանություն» տերմինը:

Օրենսգրքում սահմանված է.

«Ջրամատակարարման համակարգ – ինժեներային կառուցվածքների համալիր, որի միջոցով ջուրը վերցվում է, մշակվում, տեղափոխվում և տրվում սպառողներին»:

Այստեղ կոռեկտ կլինի «սպառողներ»-ի փոխարեն օգտագործել «ջրօգտագործողներ» բառը, որն իր մեջ ներառում է ինչպես ջրի սպառումը, այնպես էլ՝ վարձակալումը: ՌԴ ջրային օրենսգրքում [2] «ջրօգտագործող» հասկացությունն ունի բոլորովին այլ իմաստ՝

դրանք այն իրավաբանական և ֆիզիկական անձինք են, որոնց տրված է ջրային օբյեկտների օգտագործման իրավունք: Մեր կարծիքով այդպիսի սահմանումը կարող է էականորեն խախտել ջրային ռեսուրսների կառավարման առաջարկվող հայեցակարգի տրամաբանական հիմքը: Ջրային օբյեկտների օգտագործման իրավունք ունեցող ֆիզիկական և իրավաբանական անձանց նպատակահարմար է անվանել «ջրային օբյեկտի կառավարիչ»:

Ջրային օբյեկտից ջուրը ջրօգտագործողներին տրամադրող իրավաբանական և ֆիզիկական անձին անվանենք «ջրամատակարար»:

Կարևոր ենք համարում «ջրատնտեսական համակարգ» հասկացության սահմանումը: Դա ջրային և բնական այլ ռեսուրսների օգտագործման համատեղ միջոցառումների և/կամ կառույցների համալիր է, որը հնարավորություն է տալիս լավագույն ձևով բավարարել բոլոր մասնակից ջրօգտագործողների պահանջները:

ՀՀ ջրային օրենսգրքի գլուխ 22-ն ունի «Ջրերի վրա վնասակար ներգործության կանխումն ու վերացումը» անվանումը: Ակնհայտ է, որ այն, ինչ շարադրված է վերոհիշյալ գլխի 85 և 86 հոդվածներում, ըստ էության վերաբերվում է ջրերի վնասակար ազդեցությանը, այլ ոչ թե ջրերի վրա վնասակար ներգործությանը: Համապատասխան հասկացության սահմանումը հոդված 1-ում անհրաժեշտ է:

Օրենսգրքում չի տրված «ջրամբար» հասկացության սահմանումը, որի վերաբերյալ մանրակրկիտ վերլուծություն է կատարված [5]-ում, որտեղ առաջարկվում է «արհեստական լճակներ»-ը տարանջատել «ջրամբար»-ից ըստ ծավալային ցուցանիշի: Առաջարկվում է ջրամբար անվանել 0,5 միլիոն մ³ և ավելի ծավալ ունեցող արհեստական լճերը:

Ջրային օբյեկտների ջրապահպանման գոտիների և նրանց ավիամերձ վայրերի պահպանման դրույթների վերաբերյալ ասվում է [6]-ում.

«Ջրապահպանման գոտին դա այն տարածքն է, որը սահմանակցում է մակերևութային ջրային օբյեկտների ակվատորիաներին (ջրատարածքներին) և որտեղ, նպատակ ունենալով կանխել ջրային օբյեկտների աղտոտումը, աղբակալումը, տղմակալումը և հյուծումը, ինչպես նաև պահպանելու կենդանական և բուսական աշխարհը, օբյեկտների համար հաստատվում է տնտեսական և այլ տիպի գործունեության հատուկ ռեժիմ»:

ՀՀ ջրային օրենսգրքում այս կարևոր խնդրին ոչ բավարար լուծում է տրված, որի հետևանքով հանրապետությունում՝ այս ոլորտում ունենք բարդ իրավիճակ:

Առանձին ուշադրության է արժանի «պետական նշանկության հիդրոհանգույց» հասկացության սահմանումը: Դրանք պետք է լինեն ջրային օբյեկտների այն հանգույցները, որոնք պետության համար ոնեն ազգային անվտանգության նշանակություն (Արփա-Սևան թունել, խոշոր ջրամբարներ և այլն):

Օրենսգրքի հոդված 1-ում ընդհանրապես չեն բերված «ջրառ», «թափոնաջրեր», «ցամաքուրդ», «գետերի և ջրամբարների ջրապահպանման գոտի», «ջրային հարաբերություններ» հասկացությունները, որոնց մասին բազմաթիվ անգամ խոսվում է Օրենսգրքի այլ հոդվածներում:

Մեր կարծիքով Օրենսգրքի հոդված 1-ում տրված «ջրատնտեսական հաշվեկշիռ», «պետական ջրային կադաստր», «շրջանառու ջրամատակարարում» հասկացությունները հիմնականների դասին չեն պատկանում և դրանց մասին պետք է խոսել Օրենսգրքի համապատասխան գլուխներում: Ինչ վերաբերվում է «ջրի ազգային ծրագիր» հասկացությանը, ապա այն արմատական վերախմբագրումից հետո, որպես առանձին հոդված, պետք է ներկայացվի Օրենսգրքի «Գլուխ 1, Հիմնական դրույթներ» բաժնում:

Հաշվի առնելով կատարված վերլուծությունը, առաջարկվում է ՀՀ ջրային օրենսգրքի հոդված 1-ը շարադրել.

Հոդված 1. Ջրային տնտեսության բնագավառում օգտագործվող հիմնական սահմանումները և հասկացությունները

Ջրային ռեսուրսներ – մակերևութային և ստորերկրյա բնականոն վերականգնվող ջրային պաշարներ:

Ջրային օբյեկտներ – ցամաքում և ընդերքում ջրերի կուտակում: Լինում են բնական (գետեր, լճեր, առվակներ, ճահիճներ, ստորերկրյա ջրավազաններ) և արհեստական (ջրամբարներ, արհեստական լճակներ):

Ջրային հարաբերություններ – ջրային օբյեկտների տնօրինման, կառավարման, օգտագործման և պահպանման ոլորտում ծագող հարաբերություններ:

Ջրեր – ջրային օբյեկտներում առկա ջուրը:

Ստորերկրյա ջրեր – Երկրի ընդերքում առկա ջրային ռեսուրսները:

Մակերևութային ջրեր – ջրեր, որոնք գտնվում են երկրի մակերևույթի վրա մշտապես կամ ժամանակավորապես:

Ջրամբար – հիմնականում գետի հոսքը կարգավորելու նպատակով կառուցված արհեստական լիճ՝ 0,5 միլիոն մ³ և ավելի ծավալով:

Արհեստական լճակ – արհեստական լիճ, որի ծավալը պակաս է մեկ մլն. մ³-ից:

Ջրընդունիչ – կառուցվածքների և սարքավորումների համակարգ, ջրային օբյեկտից (այդ թվում՝ հորատանցքերից) ջուր վերցնելու համար:

Ջրի վարձակալություն – ջուրն օգտագործումից հետո քանակի և որակի սահմանված փոփոխությամբ ջրամատակարարին վերադարձնելու գործարք:

Ջրի սպառում – կարգավորվող սակագնով բնակչության և տնտեսության պահանջները բավարարելու համար ջրի անվերադարձ օգտագործում:

Ջրօգտագործում – ջրերը վարձակալության կամ սպառման տրամադրելը:

Ջրային օբյեկտի հյուծում – ջրային օբյեկտի բարվոք էկոլոգիական վիճակը ապահովող թույլատրելի նվազագույնից ցածր ջրի ծավալի կամ հոսքի կրճատում և որակի անկում:

Ջրերի աղտոտում – ջրերի որակական կազմի և հատկությունների վափոխման գործընթաց, որը մարդու գործունեության և բնական երևույթների հետևանքով առաջացնում է ջրերի սահմանված որակի վատացում:

Ջրերի պահպանում – ջրերի աղտոտումը, աղբոտումը, հյուծումը նախականիսող ու վերացնող միջոցառումների համակարգ:

Թափոնաջրեր – օրգանական և անօրգանական նյութերով աղտոտված ջրեր: Առաջանում են արդյունաբերական, գյուղատնտեսական, կենցաղային և ռազմական գործողությունների հետևանքով:

Ջրամատակարարման համակարգ – ինժեներային կառուցվածքների համալիր, որի միջոցով ջուրը վերցվում է ջրային օբյեկտներից, մշակվում, տեղափոխվում, ամբարվում և տրվում է ջրօգտագործողներին:

Ջրատնտեսական համակարգ – ջրային և որոշ բնական այլ ռեսուրսների օգտագործման համտեղ միջոցառումների և/կամ կառույցների համալիր:

Ջրային օբյեկտի կառավարիչ – իրավաբանական կամ ֆիզիկական անձ, որին տրված է ջրային օբյեկտի օգտագործման և շահագործման իրավունք:

Ջրամատակարար – ջրային օբյեկտից ջուրը ջրօգտագործողներին տրամադրող իրավաբանական կամ ֆիզիկական անձ:

Ցամաքուրդ – տվյալ տեղամասում գրունտային ավելցուկային ջրերը հավաքող (հեռացնող) հատուկ կառուցվածք:

Ջրային օբյեկտների ջրապահպանման գոտի – ջրային օբյեկտին սահմանակցող հաստատված չափսերի տարածություն, որը նախատեսված է մակերևութային ջրերը աղտոտումից, աղբոտումից, տիղմակալումից և հյուծումից պահպանելու համար:

Ոռոգում – միջոցառումների համակարգ, որն անհրաժեշտ է մշակաբույսերին անհրաժեշտ ջրի պակասը լրացնելու համար:

Ջրերի վնասակար ազդեցություն – հեղեղումներ, ջրածածկումներ, ողողումներ, հողերի ճահճակալում, աղակալում, կառուցվածքների ավերում և այլ վնասակար երևույթներ, որոնք առաջանում են մակերևութային և ստորերկրյա ջրերի ազդեցության հետևանքով:

Պետական նշանակության հիդրոհանգույց – ռազմավարական նշանակություն ունեցող հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների համալիր, որոնց շահագործումը, վերանորոգումը և պահպանումն իրականացվում է բյուջեի հաշվին՝ առաջնահերթության իրավունքով:

Ջրային ֆոնդ – Հայաստանի Հանրապետության բոլոր ջրային օբյեկտների և հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների համախումբ:

Ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ

**Օ. Վ. Токмаджян, Л. А. Чилингарян, В. Б. Мкртчян,
Г. Ф. Мелконян, А. В. Симонян**

**Основные понятия и определения,
применяемые в области водного хозяйства**

В статье проведен критический анализ понятий и определений Водного Кодекса Республики Армения, применение которых в некоторых случаях приводит к неприемлемым в законодательстве двойственным комментариям. Исходя из новой концепции управления водными ресурсами, сформулированы понятия «водные ресурсы», «водные объекты», «воды», «подземные и поверхностные водные запасы», «аренда воды», «водопользование», «водопотребление», «гидроузел государственного значения» и др. Авторы предлагают принять соответствующую статью Водного Кодекса Республики Армения в новой редакции.

Գրականության

1. Հայաստանի Հանրապետության ջրային օրենսգիրք, Երևան, 1992:
2. Водный Кодекс Российской Федерации. М. 1995.
3. Водный Кодекс Республики Молдова. Кишенев. 1993.
4. Советский энциклопедический словарь. М. СЭ, 1987, С. 231.
5. *Գաբրիել Գ. Ս., Ռոբինսոն Զ. Վ.* - Հայաստանի ջրամբարների համակարգումը և դիտարկումը ըստ նրանց հիմնական բնութագրերի: Երևան, Ագրոգիտություն, 1996, էջ 12:
6. Положение о водоохранных зонах и их прибрежных защитных полосах. Постановление Правительства РФ от 23.11.1996г. № 11404.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

УДК 577.21:576.31548.73

А. З. Пепоян

Структурная организация мембран клеток *Salmonella derby*

(Представлено академиком К. Г. Карагезяном 2/IV 2000)

Электронно-микроскопические исследования клеток плазмидосодержащего и бесплазмидного штамма *S. derby* выявили существенное различие в морфологии и ультраструктуре клеток в зависимости от наличия в них *R*-плазмиды. Бесплазмидные клетки резко отличаются как по форме и размерам, так и по строению клеточной стенки — она несколько толще и более извилиста с фимбриями. Эти исследования позволили выявить роль *R*-плазмиды в формировании клеток *S. derby* [1, 2]. С другой стороны, из литературы известно также, что *R*-плазмиды могут регулировать синтез компонентов мембран бактериальных клеток [3, 4]. Электронно-микроскопический метод позволяет выявить геометрические параметры клеточной оболочки, однако при этом структура и физико-химические характеристики остаются невыясненными. Именно это и побудило провести рентгенографический анализ водных суспензий мембран клеток *S. derby* в жидкокристаллической фазе. В работе использованы условно-патогенный штамм *S. derby* К89, несущий *R*-плазмиду, и его бесплазмидный вариант *S. derby* К82.

Выделение мембран из клеток *S. derby* проводилось по методу Айноэ [5]. В качестве основного экспериментального метода для изучения структуры мембранных суспензий был взят метод дифракции рентгеновских лучей. Образцы были изготовлены и исследованы по методу, описанному в работе [6].

Дифракционные картины водных суспензий клеточных мембран по своему характеру совпадают с дифрактограммами жидкокристаллической ламеллярной фазы систем фосфолипид-вода [6-8]. При этом межплоскостное расстояние, рассчитанное по малоугловым рефлексам и соответствующее расстоянию между регулярно-чередующимися в пространстве мембранами, можно представить как

$$d = d_M + d_B, \quad (1)$$

где d_M и d_B — толщины мембраны и межмембранного водного слоя.

Для зависимости межплоскостного расстояния от концентрации фосфолипида (C_M) и воды (C_B) для системы фосфолипид (мембрана) - вода использовали формулу Лузати [7]

$$d = d_M (1 + \rho_M C_B / \rho_B C_M), \quad (2)$$

где ρ_M и ρ_B плотности мембраны и воды.

Из уравнения (2) видно, что d в случае системы фосфолипид – вода прямо пропорциональна C_B/C_M и что по наклону зависимости d от C_B/C_M можно определить отношение ρ_M/ρ_B .

Для экспериментального определения d воспользуемся условием

$$\operatorname{tg} 2\theta = 1/D. \quad (3)$$

В формулу (3) входят радиус рентгенограммы 1, угол дифракции θ и расстояние от пленки до образца D . d измерялась в E . При измерении с помощью измерителя ИЗА-2 мы были вынуждены использовать не радиус, а диаметр рентгенограммы, и делить не на D , а на $2D$, что и послужило причиной неточности при интерпретации хода измерения.

Определяя из (3) угол дифракции и пользуясь условием Брэгга для дифракции $2\sin\theta = \lambda$, определяем d (λ – длина волны рентгеновского излучения, в данном случае $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$).

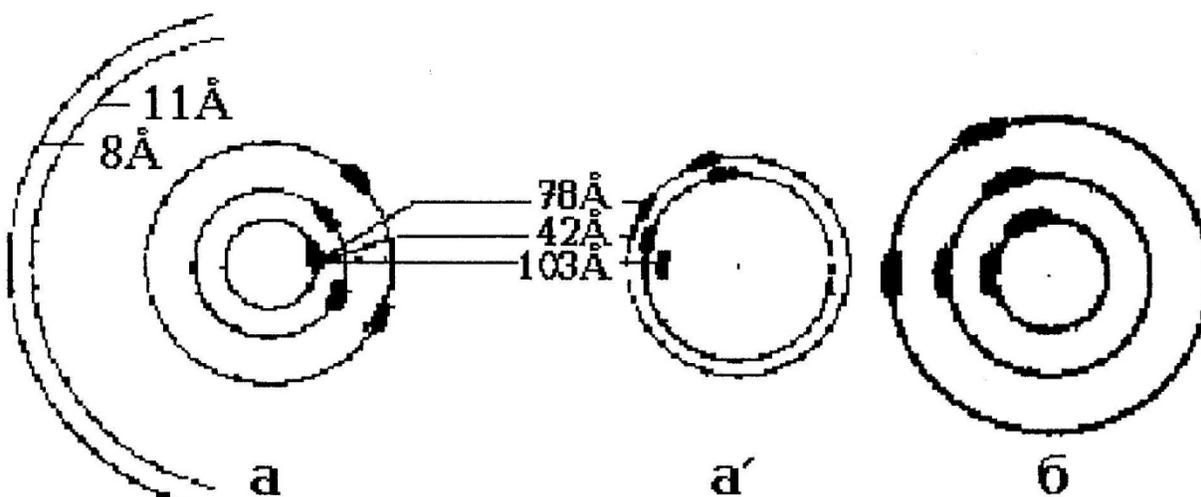


Рис. 1. Лауэграммы: а – плазмидосодержащих штаммов *S. derby* (а' – масштаб 2.5:1); б – бесплазмидных штаммов *S. derby*.

На рис. 1 схематически представлены лауэграммы, рефлекссы под большими и малыми углами 15%-ной водной суспензии клеточных стенок, полученные для водных суспензий мембран плазмидосодержащих и бесплазмидных клеток *S. derby*.

Появление рефлекссов под малыми углами указывает на возникновение системы с регулярно чередующимися мембранами с водными прослойками, как это представлено на рис. 1. Сравнивая малоугловые рефлекссы для мембран плазмидных и бесплазмидных клеток *S. derby*, можно сделать следующие выводы. Три круговых рефлексса, возникающих под малыми углами, не являются кратным отражением основного рефлексса, что указывает на наличие трех типов структур с разными межплоскостными расстояниями. При этом указанные рефлекссы в случае

бесплазмидного штамма *S. derby* менее четкие и размытые по сравнению с плазмидосодержащим штаммом. На округлых рефлексах выделяются сгустки, что свидетельствует о наличии ориентированных в пространстве участков с несколько большими межплоскостными расстояниями. Расчеты показали, что в 15%-ной водной суспензии мембран плазмидосодержащих и бесплазмидных клеток имеются структуры с межплоскостными расстояниями d соответственно 42, 78, 103 и 44, 92, 136 Å.

Учитывая, что толщина природных мембран при предельной гидратации составляет порядка 49-51 Å [9], а в состав клеточных стенок грамотрицательных бактерий входят клеточная оболочка, состоящая из наружной мембраны и пептидогликанового слоя, и плазматическая мембрана, а также учитывая соотношение (1), можно полагать, что причиной возникновения трех различных рефлексов вероятнее всего является образование структур из мембран и клеточных плазмидных клеток, имеющих разную толщину и гидратацию. Причиной размытости малоугловых рефлексов могут стать белки в периплазматическом пространстве мембран, данных о которых в литературе не имеется.

Из полученных результатов следует, что межплоскостные расстояния малоугловых рефлексов для мембран плазмидосодержащих клеток несколько меньше по сравнению с мембранами бесплазмидных клеток. Вероятно, это связано с обнаруженным при помощи электронной микроскопии фактом, что отсутствие *R*-плазмиды приводит к утолщению стенки бактериальных клеток *S. derby* [1].

Для выяснения закономерностей изменения межплоскостных расстояний (d) малоугловых рефлексов и определения характеристик мембран и межмембранных расстояний для наиболее выраженных рефлексов были получены зависимости d от отношения концентраций воды и мембран C_B/C_M (рис. 2). Как видно из рисунка, с увеличением концентрации воды, подобно системе фосфолипид - вода [7], имеется нелинейный рост d с достижением насыщения. По мере увеличения количества воды имеет место ее накопление в межмембранном пространстве, что приводит к увеличению расстояния между мембранами. При этом полученная кривая не является линейной и, следовательно, не подчиняется уравнению (2).

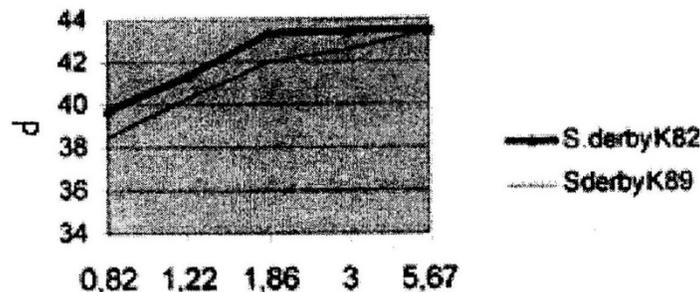


Рис. 2. Зависимость межплоскостного расстояния (d) малоугловых рефлексов жидкокристаллической суспензии мембран от C_B/C_M .

Согласно [8], нелинейный характер полученной зависимости может быть обусловлен высокой гидрофобностью мембран, вызывающей возникновение отдельной водной фазы вне

регулярной системы мембрана - вода. При этом выше определенной концентрации вода уже не проникает в межмембранное пространство. Уравнение (2) выполняется для гидрофильных мембран. В этом случае при увеличении концентрации воды она полностью накапливается в межмембранном пространстве, приводя к линейному росту межмембранного расстояния.

Исходя из этого можно полагать, что предел насыщения кривой $d - C_B/C_M$ в определенной мере характеризует наличие межмембранного гидрофобного взаимодействия. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что мембраны плазмидосодержащих и бесплазмидных клеток *S. derby* отличаются друг от друга как по толщине мембран и клеточных оболочек, так и по гидрофобности. При этом в случае плазмидных клеток межмембранные расстояния значительно меньше, чем в случае клеток, не содержащих плазмид.

Известно, что внутримембранная упорядоченность в значительной степени определяется их липидным составом. Нами было установлено, что качественный и количественный состав фосфолипидов и жирных кислот фосфолипидов [9, 10], перекисеобразование липидов и состояние антиокислительной системы [9] в клетках *S. derby* должны влиять на формирование “жидкого” состояния мембран клеток *S. derby* (особенно у бесплазмидного штамма), что должно влиять на дифракцию рентгеновских лучей под большими углами. Для выяснения структуры отдельных мембран была исследована дифракция рентгеновских лучей под большими углами тех же систем.

Из литературы известно, что рефлекс с межплоскостным расстоянием 4.3 \AA характеризует состояние углеводных цепочек молекул фосфолипида в мембране [7]. Отсутствие дифракции при 4.3 \AA указывает на жидкое состояние мембраны, наличие гало – на аморфное состояние, а окружности – на взаимное параллельное эквидистантное расположение молекул фосфолипида в мембране.

Как нами предполагалось, на рентгенограммах рефлексы при 4.3 \AA отсутствуют (рис. 2), что указывает на то, что в мембранах обоих типов клеток *S. derby* фосфолипиды находятся в жидком состоянии. Однако при этом в случае мембран плазмидосодержащих клеток при 8 и 11 \AA возникают два четко выраженных рефлекса, имеющих форму окружности. Для мембран бесплазмидных клеток указанные рефлексы отсутствуют. По величине межплоскостные расстояния обнаруженных рефлексов совпадают с длиной полярных групп молекул фосфатидилэтаноламина (ФЭ) – 8 \AA и фосфатидилхолина (ФХ) – 11 \AA .

Ранее нами было показано [10], что, действительно, основными фосфолипидными компонентами мембран клеток *S. derby* являются ФХ и ФЭ и что отсутствие *R*-плазмиды в *S. derby* приводит к резкому уменьшению количественного содержания фосфолипидов, в частности ФХ и ФЭ. По всей вероятности, наличие более интенсивного рефлекса 11 \AA на рентгенограмме связано с большим содержанием ФХ в мембранах плазмидного штамма *S. derby*. Таким образом, можно полагать, что в случае плазмидосодержащих клеток *S. derby* имеем дело с эквидистантным расположением полярных групп молекул ФЭ и ФХ на поверхности мембран, что может стать причиной возникновения рефлексов 8 и 11 \AA в суспензии мембран плазмидосодержащих клеток *S. derby*.

Интересно сравнить результаты рентгенографических исследований с данными по изучению влияния *pH* окружающей среды на рост и размножение плазмидных и бесплазмидных

клеток. Установлено, что фаза роста для клеток *S. derby* соответствует $pH_{\text{опт.}} = 7,0 - 7,5$. После перехода клеток в стационарную фазу роста наблюдается изменение интенсивности роста в зависимости от pH среды со сдвигом в кислую сторону (максимум роста для ночной бесплазмидной культуры наблюдается при $pH = 6,5$, а для плазмидных клеток – при $pH=5,02$). При росте клеток наблюдается четкий сдвиг pH среды из кислой в нейтральную, однако у бесплазмидных клеток этот переход незначительный и медленный, что указывает на замедленный метаболизм бесплазмидных клеток.

Зависимость суммарной толщины мембраны и межмембранного расстояния (d) от изменения pH среды 15%-ной мембранной суспензии плазмидосодержащих клеток *Salmonella derby*

pH среды	2.5	7.0	10.9
d суммарное, Å	43.95	42.40	53.07

Таким образом, при нейтральных pH наблюдается ускоренный рост плазмидных клеток, имеющих более упорядоченную внутреннюю структуру мембран. Как явствует из экспериментов, направленность влияния pH окружающей среды в обоих типах клеток *S. derby* одинакова. При этом нарушение метаболизма, наблюдаемое для бесплазмидных клеток, коррелируется с неупорядоченной структурой мембран.

С другой стороны, как, было указано выше (см. также [6]), увеличение гидрофильности молекул фосфолипида или мембран должно приводить к увеличению взаимодействия мембран с водой, что в конечном счете приведет к увеличению количества молекул воды в межмембранном пространстве, вызывая увеличение межплоскостного расстояния малоугловых рефлексов. Действительно, как видно из таблицы, как в кислой ($pH=2.5$), так и щелочной ($pH=10.9$) среде имеет место увеличение межплоскостных расстояний малоугловых рефлексов, что согласно зависимости (1) и рис. 1 непосредственно указывает на увеличение межмембранной водной плоскости. Таким образом, обнаружена корреляция между наличием *R*-плазмиды и структурой мембран клеток *S. derby*.

На основании приведенных данных можно предположить, что причиной полученных закономерностей вероятнее всего являются гидрофильно-гидрофобные взаимодействия молекул фосфолипидов в мембранах.

Ա. Չ. Փեփոյան

Salmonella derby բջիջների թաղանթների կազմակերպվածությունը

Պլազմիդակիր և ոչ պլազմիդակիր Salmonella derby բջիջների թաղանթներն ուսումնասիրվել են ռենտգենյան ճառագայթների դիֆրակցիայի միջոցով՝ մեծ և փոքր անկյունների տակ: Պլազմիդակիր Salmonella derby բջիջների մոտ ռենդգենյան ճառագայթների դիֆրակցիայի մեծ անկյունների տակ՝ 8 \AA և 11 \AA , նկատվել են ռեֆլեքսներ, որոնք վկայում են, որ այս բջիջների թաղանթները գտնվում են ավելի կարգավորված վիճակում, քան ոչ պլազմիդակիր Salmonella derby բջիջների թաղանթները: Ենթադրվում է, որ ռեֆլեքսները պայմանավորվում են թաղանթների մակերևույթների վրայի ֆոսֆոլիպիդների կլաստերային դասավորվածությամբ:

Литература

1. *Кцоян Ж. А., Константинова Н. Д., Саркисян Н. Н., Чернов В. И.* - ДАН АрмССР. Т. 89. № 5. С. 216-219.
2. *Кцоян Ж. А., Саркисян Н. Н., Чернов В. И., Минасян А. С.* - ДАН АрмССР. 1989. Т. 88. № 1. С. 26-29.
3. *Богословская О. А., Бурлакова Е. Б., Глушенко Н. Н., Конюхов В. Ф., Лихарад Л. Я.* - В сб.: Метаболические плазмиды бактерий. М. 1982. С. 33-38.
4. *Лихачева Н. А., Малчанова Е. С., Ким А. А., Ильяшенко Б. Н.* - Мол. ген. микроб, вирус. 1983. Т. 1. С. 15-18.
5. In: Membrane and Transport / Inoye O. M. N. York Plenum Press. 1982. V. 1. P. 289-298.
6. *Шагинян А. А., Бадалян Г. Г., Минасянц М. Х.* - Изв. АН АрмССР. Физика. 1989. Т. 23. С. 72-77.
7. *Luzzati V., Huzzon F.* - Cell Biol. 1962. V. 12. P. 207.
8. *Luzzati V.* - Biological Membranes (Ed. D. Chapman) London Acad. Press. 1965. P. 71.
9. *Шагинян А. А., Шагинян Ар. Ар.* - Кристаллография. 1990. Т. 35. С. 1511.
10. *Пепоян А. З., Овсепян Л. М. и др.* - Биохимия. 1993. Т. 58. С. 1880-1885.
11. *Пепоян А. З., Арутюнян А. А., Кцоян Ж. А., Карагезян К. Г.* - ДАН Армении. 1992. Т. 93. С. 227-230.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

УДК 577.12

М. О. Саакян, А. А. Шагинян, А. З. Пепоян, академик К. Г. Карагезян

**Некоторые аспекты антибиотикорезистентности
штаммов *Escherichia coli* из кишечной микрофлоры человека**

(Представлено 14/VII 2000)

Известно, что состояние микробной экологии хозяина имеет важную, а возможно, и решающую роль в возникновении определенных форм спонтанных и индуцированных злокачественных новообразований человека и животных. Между тем мало известно о закономерностях поведения кишечных микроорганизмов в ответ на внешние воздействия.

Целью настоящей работы явилось изучение антибиотикорезистентности клеток *E.coli*, характерных для нормальной кишечной микрофлоры человека.

В экспериментах использовали штаммы *E.coli* G35 № 59, 60, 61, характерные для нормальной микрофлоры человека, а также штамм *E.coli*, характерный для онкологического больного. Антибиотики тетрациклин гидрохлорида (*Tc*), ампициллин натриевой соли (*Amp*), пенициллин натриевой соли (*Pn*), хлорамфеникола (*Cm*), цефазолина (*Cf*) и доксациклина (*Dc*) использовали в концентрациях 22; 44; 22; 22; 23.8; 22 мкг/мл соответственно. Питательными средами для выращивания бактериальных культур служили 2%-ный мясопептонный агар, а жидкой средой – питательный бульон. Определение качественного и количественного состава фосфолипидов (ФЛ) изученных штаммов проводили известным способом [1].

В табл. 1 приведены данные по антибиотикорезистентности штаммов *E.coli*. Как видно из таблицы, общими признаками штаммов *E.coli* G35 № 59, 60, 61, отличающими их от штамма *E.coli*, выделенного от онкологических больных, является их чувствительность к антибиотикам *Amp* и *Cm*. С другой стороны, установлено различие этих штаммов по чувствительности к *Dc* и *Cf*. Результаты экспериментов свидетельствуют об отсутствии влияния *Pn* на рост и размножение исследуемых клеток *E. coli* при данной концентрации *Pn*.

**Антибиотикорезистентность клеток
Escherichia coli из кишечной микрофлоры человека**

Штаммы	<i>Tc</i> , 22 мкг/мл	<i>Pn</i> , 22 мкг/мл	<i>Sm</i> , 22 мкг/мл	<i>Amp</i> , 44 мкг/мл	<i>Cf</i> , 23.8 мкг/мл	<i>Dc</i> , 22 мкг/мл
E.coli G35 №59	–	+	–	–	–	–
E.coli G35 №60	–	+	–	–	+	–
E.coli G35 №61	–	+	–	–	–	+
E.coli от больного человека	–	+	+	+	–	–

Примечание: + – нормальный рост клеток на полноценной среде;

– – отсутствие роста на полноценной среде.

В настоящее время достигнут значительный прогресс в понимании механизмов действия многих антибиотиков. Известно, что *Tc* относятся к антибиотикам широкого спектра действия. Антибиотическая активность *Tc* определяется тем, что они оказывают прямое ингибирующее действие на биосинтез белка. Подавление активного транспорта тетрациклинов лежит в основе наиболее общей формы устойчивости к этим антибиотикам.

По антимикробному спектру действия *Sm* сходен с *Tc*. Он является ингибитором, влияющим на образование пептидной связи и транслокацию. *Sm* относится к лекарственным веществам, проникающим через цитоплазматическую мембрану путем пассивной диффузии. Для его перемещения через внешнюю мембрану грамотрицательных бактерий требуется нормальное функционирование комплекса пор.

По всей вероятности, полученные нами данные по *Tc* и *Sm*-чувствительности изученных клеток *E.coli* свидетельствуют о том, что механизм влияния *Tc* на биосинтез белка во всех типах одинаков, в то время как результаты действия *Sm* могут объясняться различным состоянием комплекса пор изученных штаммов *E.coli*.

Как явствует из табл. 1, различие в чувствительности бактерий к антибиотикам *Amp*, *Tc*, *Sm*, *Dc* и *Cf* может быть обусловлено составом и структурой клеточных оболочек. Механизмом этого может быть изменение транспортных реакций биомембран, зависящих от состава и состояния липидной фазы мембран. Возможно также, что на устойчивость бактерий к антибиотикам может оказывать влияние антирадикальная активность липидов.

Известно, что основную часть мембранных липидов составляют амфифильные ФА, а количество нейтральных липидов в клеточных мембранах незначительно.

В табл. 2 приведены данные по ФА спектру штаммов *E.coli*. Как явствует из таблицы, количество основного ФА граммотрицательных бактерий – фосфатидилэтаноламинов (ФЭ) у штаммов *E.coli*, характерных для нормальной микрофлоры человека, увеличивается.

Таблица 2

Состав фосфолипидов клеточных стенок и цитоплазматических мембран штаммов *E.coli*, выделенных от здоровых и больного раком людей

ФА	<i>E.coli</i> G35 № 59, от здорового человека	<i>E.coli</i> G35 № 60, от здорового человека	<i>E.coli</i> G35 № 61, от здорового человека	<i>E.coli</i> G35 от больного раком человека
Лизофосфатидилхлориды (182)	1.4	1.5	1.4	2.5
Сфингомиелины (183)	2.5	2.7	2.6	4.6
Фосфатидилсерин (183)	8.1	5.4	6.7	11.6
Фосфатидилинозиты (258)	16.11	7.8	8.1	9.1
Фосфатидилхолин (182)	10.7	25.9	20.3	8.3
Фосфатидилэтаноламины (129)	25.5	30.5	27	35.7
Фосфатидилглицерин (170)	22.0	15.5	23.3	16.8
Кардиолипиды (220)	13.7	10.7	10.2	11.4

Известно, что при $pH 7.0$ молекулы ФЭ являются цвиттерионами с общим зарядом, равным нулю. В то же время ФЭ является основным ФА, обеспечивающим высокую устойчивость мембран граммотрицательных бактерий к Ca^{++} и другим полиионам [3]. Следовательно, можно полагать, что мембраны клеток больных раком людей должны обладать несколько более высокой устойчивостью к поливалентным ионам, чем мембраны клеток *E.coli*, полученных от здоровых людей. Это, несомненно, может влиять на антибиотикочувствительность клеток *E.coli*. С другой стороны, результаты экспериментов свидетельствуют об изменении количества фосфатидилхолинов (ФХ) в бактериях в зависимости от физиологического состояния человека (табл. 2). Изменение процентного содержания ФХ в *E.coli* приводит к изменению вязкоэластичных свойств клеточных стенок *E.coli*.

В мембранах *E.coli* от больного человека изменяется количество кислых ФА – фосфатидилсерин и фосфатидилинозитолов (табл. 2). В результате в клеточных стенках *E.coli*, характерных для больного раком человека, изменяется средний отрицательный заряд молекул ФА.

Все вышеуказанные особенности в фосфолипидных спектрах штаммов *E.coli* свидетельствуют об изменении физико-химических характеристик клеточных стенок *E.coli* в зависимости от состояния хозяина. Эти изменения, по всей вероятности, играют невторостепенную роль в определении антибиотикорезистентности штаммов *E.coli*.

Институт молекулярной биологии НАН РА

**Մ. Օ. Սահակյան, Ա. Ա. Շահինյան, Ա. Զ. Փեփոյան,
ակադեմիկոս Կ. Գ. Ղարազյոզյան**

**Մարդու աղիքային միկրոֆլորայի *Escherichia coli* շտամների
հակաբիոտիկակայունության որոշ տեսանկյուններ**

Ուսումնասիրվել է մարդու նորմալ աղիքային միկրոֆլորայի ներկայացուցիչներ *Escherichia coli* G35 N 59,60,61 շտամների և օնկոլոգիական հիվանդների միկրոֆլորայում գերակշռող *Escherichia coli* շտամի զգայունությունը *Tc*-ի, *Amp*-ի, *Pn*-ի, *Cm*-ի, *Cf* և *Dc* նկատմամբ:

Պարզվել է, որ ի տարբերություն նորմալ միկրոֆլորային բնորոշ շտամների, հիվանդ մարդուն բնորոշ *Escherichia coli* շտամը *Amp* և *Cm* հակաբիոտիկների նկատմամբ ցուցաբերում է կայունություն:

Բացահայտվել է, որ միկրոֆլորայի *Escherichia coli* G35 N 59, 60, 61 շտամները, չնայած նման են միմյանց *Amp*-ի և *Cm*-ի նկատմամբ զգայունությամբ, բայց տարբերվում են *Dc*-ի և *Cf*-ի նկատմամբ ցուցաբերած զգայունությամբ:

Ուսումնասիրվող *Escherichia coli* շտամներում ֆոսֆոլիպիդային կազմի բացահայտումը թույլ է տալիս եզրակացնելու, որ հակաբիոտիկների նկատմամբ հետազոտվող բակտերիալ շտամների առանձնահատկությունները որոշակիորեն կարող են պայմանավորված լինել ֆոսֆոլիպիդային սպեկտրում նկատվող փոփոխություններով:

Литература

1. Пепоян А. З., Осипян Л. Н., Овеян А. Г. и др. - Биохимия. 1993. Т. 58. С. 1881-1885.
2. Yokota T. – Nippon. Rinsho. 1997. V. 55. P. 1155-1160.
3. Ивков В. Г., Берестовский В. Н. - Липидный бислой биологических мембран. М. Наука, 1982. 224 с.

БИОХИМИЯ

УДК 577.23

**Г. М. Симонян, Н. А. Серопян, М. А. Симонян,
Э. А. Качворян, академик К. Г. Карагезян**

**Получение фракции цитохрома b_{558} из мембран эритроцитов
Coregonus lavaretus sevanicus из оз. Севан
и ее оптические спектральные характеристики**

(Представлено 19/111 2001)

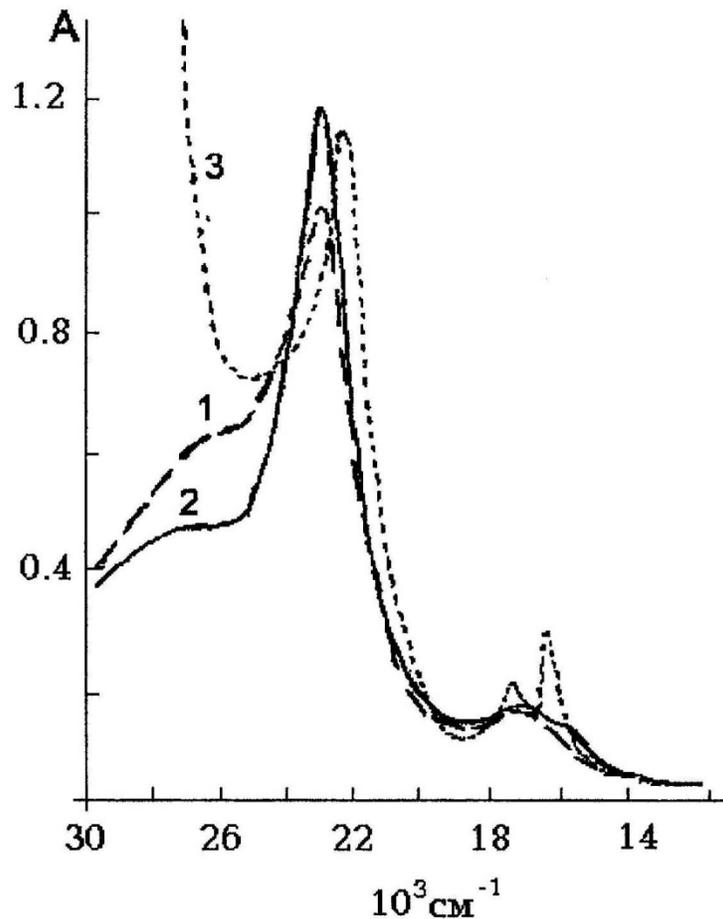
Цитохромы b_{558} различной локализации выступают в роли регуляторов метаболического продуцирования супероксидных радикалов (O_2^-) в мембранах форменных элементов крови, плазмы и других биосистем [1-3].

Цитохромы b_{558} новых типов, полученные из мембран эритроцитов и сыворотки крови млекопитающих [4, 5], в небольших количествах обнаружены также и в нейтрофилах рыб [6, 7]. В подавляющем большинстве эти гемопротейны солибилизируются неионными детергентами, однако в ряде случаев последние в известной степени оказывают и негативное действие, выражающееся в проявлении определенного денатурирующего влияния на изученные соединения, в частности, на цитохромы b_{558} из мембран эритроцитов. Эта денатурация значительно затрудняет очистку и проведение необходимых этапов исследования гемопротейнов. В связи с этим уместно отметить недавно разработанный способ получения цитохромов из мембран эритроцитов млекопитающих без использования детергента [8]. Это способствует получению более объективных результатов для выявления и изучения свойств и биологических функций этих гемопротейнов [9].

Настоящее исследование направлено на препаративное получение указанным способом фракции цитохрома b_{558} из мембран эритроцитов рыбы сиг *Coregonus lavaretus sevanicus* из оз. Севан и определение с помощью характерных спектральных показателей сравнительных качественных и количественных различий в цитохромах b_{558} из мембран эритроцитов крови рыб и млекопитающих.

Кровь (20 мл) брали из каудальной артерии рыб и стабилизировали 2% оксалатом натрия. Эритроциты промывали 0,9% NaCl, и после их гемолиза мембраны осаждали центрифугированием. Очищенные мембраны инкубировали в течение 5 ч при pH 8,5 при постоянном помешивании. После диализа против воды супернатант как носитель цитохрома b_{558} выделяли из

этой смеси центрифугированием. Оптические спектры поглощения с длиной оптического пути 1 см при 20° регистрировали на спектрофотометре “Specord UV-VIS” (Германия). В ходе получения фракции цитохрома b_{558} были использованы также центрифуги К-70 и К-24 (Германия).



Оптические спектры поглощения фракции цитохрома b_{558} из мембран эритроцитов сига – 1, кошки – 2.
3 – кривая 1 после восстановления дитионитом натрия.

По предложенному нами способу из мембран, полученных из 10 мл эритроцитарной массы сига, выделяется 80 мл фракции b_{558} цитохрома с плотностью оптического поглощения, при 530 нм равной 1,2. Как показано на рисунке, характерные максимальные оптические поглощения в видимой области спектра этой фракции в основном такие же, как у цитохрома b_{558} из мембран эритроцитов млекопитающих (человек, кошка, крыса). При этом ее максимальные оптические поглощения обнаруживаются в окисленном состоянии 560 (α полоса), 530 (β), 412 (χ) и 373 нм, и в восстановленном – при 558,4, 525 и 420 нм.

Однако по оптическим спектральным показателям фракция цитохрома b_{558} сига отличается от таковой у млекопитающих по ряду показателей: 1) поглощение при 560 нм у сига оказывается слабее по сравнению с таковым у млекопитающих; 2) первый сравнительно коротковолновый характерный максимум поглощения у сига выявляется при 373 нм, в то время как у цитохромов b_{558} из мембран млекопитающих он обнаруживается при 360 нм; 3) отношение величин плотностей оптического поглощения (A_{412}/A_{360}) у сига равно 1,6, а у млекопитающих – 2,6, что является свидетельством существования некоторых различий в форме и максимумах оптического поглощения между двумя одноименными

объектами исследования, стоящими на разных филогенетических уровнях; 4) удельное содержание (плотность оптического поглощения при 530 нм фракции цитохрома b_{558} в расчете на 1 мл эритроцитов) из мембран эритроцитов сига колеблется в пределах семикратного превышения аналогичного показателя у млекопитающих. Этот факт свидетельствует о возможной структурно-функциональной роли цитохрома b_{558} в эритроцитарных мембранах сига. Учитывая, что цитохромы различных типов, локализованные в мембранах лимфоцитов, фагоцитирующих лейкоцитов и других элементов крови и тканей в целом принимают важное участие в формировании иммунологического статуса организма, и в частности, путем нейтрализации антигенов продуцирующими супероксидными радикалами [3], можно сделать предположение о функциональной причастности цитохрома b_{558} , локализованного в мембранах эритроцитов сига (и не только сига) к процессам иммунной защиты организма в роли мощного генератора супероксидного анионрадикала O_2^- . Не исключено, что благодаря именно этому у водных обитателей, в том числе и рыб, уровень иммунной защиты по сравнению с млекопитающими значительно доминирует. С другой стороны, логично допустить возможность участия цитохрома b_{558} в больших количествах в формировании определенного функционального сопряжения и комплексообразования с гемоглобином, участвующим в системе реакций переноса кислорода.

Ереванский государственный медицинский университет им. Гераци
Армянский государственный педагогический университет им. Х. Абовяна
Институт молекулярной биологии НАН РА
Институт биохимии НАН РА

**Գ. Մ. Միմոնյան, Ն. Ա. Սերոպյան, Է. Ա. Քաչվորյան,
Մ. Ա. Միմոնյան, ակադեմիկոս Կ. Գ. Ղարազյոզյան**

Սևանա լճի *Coregonus lavaretus sevanicus* էրիթրոցիտների թաղանթներից ցիտոքրոմ b_{558} ֆրակցիայի ստացումը և օպտիկա-սպեկտրային բնութագրերը

Վերջերս մշակված եղանակով Սևանա լճի *Coregonus lavaretus sevanicus* էրիթրոցիտների թաղանթներից անջատվել է ցիտոքրոմ b_{558} ֆրակցիան և որոշվել են դրա օպտիկական սպեկտրի բնութագրական առավելագույն կլանումները հեմոպրոտեինի օքսիդացված վիճակում (560, 530, 412 և 373 նմ) և վերականգնումից հետո (558,4, 525 և 420 նմ): Այս ցուցանիշները հիմնականում մոտ են կաթնասունների էրիթրոցիտներից ստացված b_{558} ցիտոքրոմների ցուցանիշներին: Այնուհանդերձ կաթնասունների մոտ 373 նմ կլանումը փոխարինված է 360 նմ կլանմամբ. A_{412}/A_{373} հարաբերության մեծությունը սիգի մոտ կազմում է 1,6, իսկ կաթնասունների մոտ (մարդ, կատու, առնետ)՝ 2,6, միաժամանակ սիգի մոտ b_{558} ֆրակցիայի տեսակարար քանակությունը կաթնասունների համեմատ գերազանցում է 7 անգամ:

Այսպիսով, սիգի էրիթրոցիտների թաղանթներից անջատված b_{558} ցիտոքրոմի ֆրակցիան որակապես և հատկապես քանակապես տարբերվում է կաթնասունների էրիթրոցիտների թաղանթներից ստացված b_{558} ցիտոքրոմներից:

Литература

1. *Fujii H.* - FEBS Lett. 1995. V. 377. P. 345-348.
2. *Huang J., Hitt N. D. Kleinberg N. F.* - Biochemistry. 1995. Y. 34. P. 16753-16757.
3. *Kobayashi, Imajoh-Ohami S., Kuribayashi F., Ninoi A., et al.* - Biochemistry. Tokyo. 1995. V. 117. P. 758-765.
4. *Симонян М. А., Бабаян М. А., Симонян Г. М.* - Биохимия. 1995. Т. 60. С. 1977-1987.
5. *Симонян М. А., Галоян А. А., Симонян Г. М., Мелконян Р. В.* - ДНАН Армении. 1997. Т. 97. № 1. С. 62-66.
6. *Shiibashi T., Iida T.* - Dev. Contr. Immunol. 1999. V. 23. P. 213-219.
7. *Ito T., Iida T., Kawatsu H.* - Dev. Contr. Immunol. 1998. V. 22. P. 433-437.
8. *Симонян М. А., Симонян Ф. М., Григорян Г. Г., Симонян Р. М.* - Регистрационный номер изобретения, № 20000021. Армпатент. 2001.
9. *Симонян М. А., Симонян Г. М., Мелконян Р. В.* - Промышленная собственность. Официальный бюллетень Армпатента. 1997. № 1(3). С. 34.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581.1

Академик В. О. Казарян, В. А. Давтян, В. В. Казарян

Зависимость обильности плодоношения от вегетативного роста кустарниковых пород

(Представлено 18/X 2000)

В период зрелости растения претерпевают глубокие изменения как в трофическом и гормональном процессах, так и в соотношении числа вегетативных и генеративных органов [1, 2]. Формируя обильное количество последних, древесно-кустарниковые растения, как правило, затем теряют подавляющую их долю в результате осыпания и только незначительная их часть образует урожай [3]. Помимо других факторов (неразвитые и неопыленные цветки, недоразвитость семян, климатические условия и т. д.) в осыпании генеративных органов большую роль играют размеры и функциональная активность листьев материнского растения [4]. Репродуктивные органы растений, обладая большой аттрагирующей способностью, расходуют определенное количество ассимилятов [5].

Исходя из этих данных мы попытались выявить роль вегетативного роста в период после цветения в сохранности и росте плодов некоторых кустарников.

Для выявления динамики вегетативного роста опытных объектов в период после цветения и плодообразования мы определяли число и общую поверхность листьев, а также количество сформированных цветков и плодов. Объектами исследования служили представители семейства розоцветных (Rosaceae): шиповник обыкновенный (*Rosa canina*), шиповник полушаровидный (*Rosa haemisphaerica*), терн колючий (*Prunus spinosa*), ирга круглолистная (*Amelanchier rotundifolia*), вступивших в период полного плодоношения, в условиях Ереванского ботанического сада.

Исследования проводились на 15 особях каждого вида. Число цветков и плодов определялось по методу модельной ветки [6]. После цветения рост побегов и число листьев на них подсчитывались отдельно на каждом кусте. Поверхность листьев определялась методом высечек [7]. Полученные показатели сведены в таб. 1.

Поверхность, число листьев и количество цветков у опытных растений в различные периоды онтогенеза

Объекты	Число листьев	Поверхность листьев, дм ²	Число генеративных органов
	Ц в е т е н и е		
Шиповник обыкновенный	5073	1115	984
Шиповник полушаровидный	4452	185	1059
Терн	–	–	5669
Ирга	3237	240	1063
	Ф о р м и р о в а н и е п л о д о в		
Шиповник обыкновенный	5172	1605	961
Шиповник полушаровидный	4737	349	1023
Терн	3846	382	1959
Ирга	3464	337	926
	Р о с т п л о д о в		
Шиповник обыкновенный	5246	1639	949
Шиповник полушаровидный	4854	368	996
Терн	4058	426	1501
Ирга	3641	353	911

Как показывают приведенные в таблице данные, в период после цветения у опытных объектов происходит увеличение количества листьев с одновременным уменьшением числа генеративных органов. Выявляется разница в темпах изменения этих показателей. У шиповников в период цветения на один генеративный орган приходится приблизительно в 1.5 раза больше числа и в 2.9 раза больше поверхности листьев, чем у ирги. У терна в указанный период листья отсутствуют, так как процесс цветения наступает до распускания листьев. В последующих двух фазах эта закономерность сохраняется.

Как известно, темп нарастания ассимиляционной поверхности является важным внутренним фактором, обуславливающим степень осыпания цветков. Этот показатель у шиповника обыкновенного составлял 2.3, у шиповника полушаровидного 3.4, у терна 65.4, у ирги – 12.9%. Отсюда видно, что генеративные органы шиповников, будучи лучше обеспеченными листовой поверхностью и, следовательно, соответствующим количеством фогассимилятов, подвергаются значительно меньшему осыпанию, чем таковые ирги и терна. Несомненно, высокий процент

осыпания цветков у терна обусловлен тем, что процесс листообразования наблюдается после цветения и роста плодов.

Процент осыпания плодов меньше по сравнению с процентом осыпания цветков. Он составил у шиповника обыкновенного 1.25, полушаровидного 2.64, а у терна и ирги соответственно 23.37 и 1.62.

Как видно из табл. 2, в период после цветения в связи с продолжением вегетативного роста наблюдается дальнейшее увеличение листовой поверхности, У шиповников этот показатель возрастает на 41%, тогда как у ирги – на 32%. В результате этого нарастает и количество ассимилятов, приходящихся на один репродуктивный орган, и процент осыпания плодов уменьшается по сравнению с таковым у цветков.

Таблица 2

**Показатели вегетативного роста в период
после цветения у опытных растений**

Объекты	Средняя длина побега, см	Число листьев на одном побеге	Поверхность листьев на одном побеге, дм ²	Увеличение листовой поверхности одного куста после цветения, дм ²
Шиповник обыкновенный	16,2±4,7	6,7±1,8	2,32	524
Шиповник полушаровидный	27,9±6,5	13,2±4,1	1,28	183
Терн	15,3±3,9	12,2±4,2	1,08	102,6
Ирга	17,9±5,7	10,7±3,0	1,06	113

Данные проведенных исследований показывают, что шиповники формируют большую листовую поверхность, приходящуюся на один генеративный орган. Вследствие этого происходит меньшее осыпание цветков и плодов, что характеризует их как обильно плодоносящие по сравнению с терном и иргой. Степень обеспеченности генеративных органов листовой поверхностью в процессе эволюции явилась одним из основных внутренних факторов, обуславливающих повышение процента полезной завязи.

Обобщая полученные данные, мы вправе констатировать, что сохранность и развитие формирующихся на растении плодов определяется числом и активностью функционирующих на материнском растении листьев.

**Թփատեսակների պտղաբերման առատության
կախվածությունը վեգետատիվ աճից**

Ուսումնասիրվել է մի շարք թփատեսակների ծաղկա- և պտղաթափի կախվածու-
թյունը վեգետատիվ աճից:

Պարզվել է, որ որոշ տեսակներ (սովորական և կիսազնդաձև մասրենիները) ծաղկման
և պտղակալման փուլերում աչքի են ընկնում ասիմիլացիոն ապարատի զարգացման
բարձր տեմպերով, մեկ գեներատիվ օրգանին ընկնող տերևային մակերեսով, նվազ ծաղկա-
և պտղաթափով և վերջնական բերքի հասած պտուղների մեծ թվով: Մյուսների մոտ
(մամխենի, ամելանխիեր կլորատերև) այդ ցուցանիշները հանդես են եկել հակառակ
օրինաչափությամբ:

Նման պատկերը թույլ է տվել առաջիններին բնութագրել որպես առատ, իսկ երկրորդ-
ներին թույլ պտղաբերողներ:

Եզրակացություն է արվում այն մասին, որ գեներատիվ օրգանների կազմակերպման
փուլում վեգետատիվ աճը էվոլյուցիայի ընթացքում հանդիսացել է այն ներքին կարևոր
գործոններից մեկը, որը պայմանավորել է պտղատու տեսակների օգտակար պտղագո-
յացման մակարդակը:

Литература

1. Calmes J., Viala G. C. - С. r. Acad. sci. 1987. V. 305.
2. Бернье Ж., Кине Ж. М., Сакс Р. - Физиология цветения, Т. 1. Факторы цветения. М.: Агропромиздат, 1985.
3. Колесников В. А., Резниченко А. Г., Кузнецов М. Д., Ефимов В. А. - Плодоводство. М.: Гос. изд. с./х. лит., 1959.
4. Давтян В. А., Казарян В. В., Арутюнян Р. Г. - В сб.: IV съезд общества физиологов растений "Физиология растений - наука III тысячелетия". М., октябрь, 1998.
5. Курсанов А. Л. - Транспорт ассимилятов в растений. М.: Наука, 1976.
6. Шевченко В. В., Якушев В. И. - В кн.: Плодоводство, М., 1975
7. Ничипорович А. А., Строгонова Л. Е., Чмора С. Н., Власова М. П. - Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Изд. АН СССР, 1961.

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.821.2.413.232

**Н. Э. Татевосян, Э. Г. Костанян, И. Г. Татевосян,
Э. Г. Геворкян, Л. Г. Ваганян, К. А. Манасян**

**Исследование продуктивности и динамики краткосрочной
памяти в условиях двуязычия**

(Представлено академиком В. В. Фанарджяном 14/VI 2000)

Одной из актуальных проблем психофизиологии является выяснение механизмов перцепции слов, научения, запоминания и взаимосвязанных с ними процессов языкового мышления. Языковая активность человека опирается на комплекс процессов, включающих восприятие, обработку и хранение информации, изучение которых неизбежно сталкивается с выяснением механизмов памяти. Среди факторов, влияющих на продуктивность памяти, наряду с активацией центральной нервной системы и вегетативных функций немаловажное место занимает и фактор языка [1-3], который не всегда учитывается при исследовании мнемонической деятельности человека.

В связи с этим была предпринята попытка изучить продуктивность и динамику краткосрочной памяти в условиях двуязычия. Психофизиологические эксперименты проводились по специально разработанному пакету компьютерных программ на 100 испытуемых трех возрастных групп: 1) 13-14 лет (школьники), 2) 19-21 год (студенты) и 3) 45-60 лет (взрослые).

Вербальные стимулы предъявлялись на двух языках – армянском и русском. Учитывался фактор “основного” языка, т. е. базовым считался тот язык, на котором субъект получил образование. В качестве вербальных стимулов подбирались простые слова, хорошо знакомые испытуемым и имеющие каждодневное применение. Слова для предъявления испытуемым были сгруппированы по десяткам, одни из них включали в свой состав сходные в категориальном отношении слова, другие – несходные. Вербальные стимулы предъявлялись на дисплее компьютера в двух вариантах: 1) одновременное предъявление десяти слов (длительность экспозиции 20 с), 2) последовательное предъявление отдельных слов (время экспозиции каждого слова 300 мс). Испытуемые воспроизводили запомнившиеся слова в течение 20 с. Словесные предъявления производились сначала на “основном” языке испытуемых, а затем на втором языке.

В конце каждого опыта были получены усредненные и статистически достоверные данные по объему и временным показателям краткосрочной памяти в виде соответствующих графических изображений.

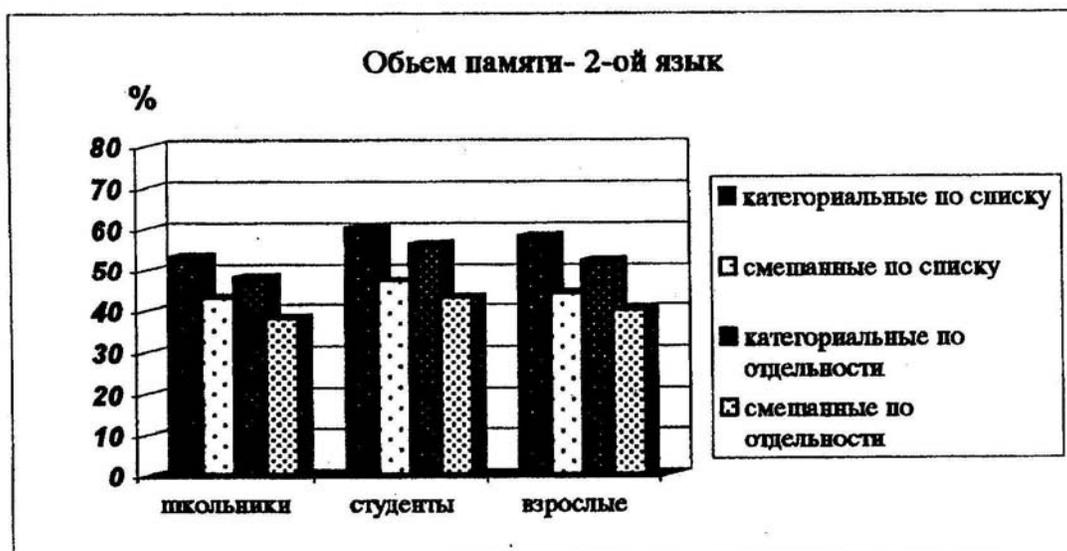
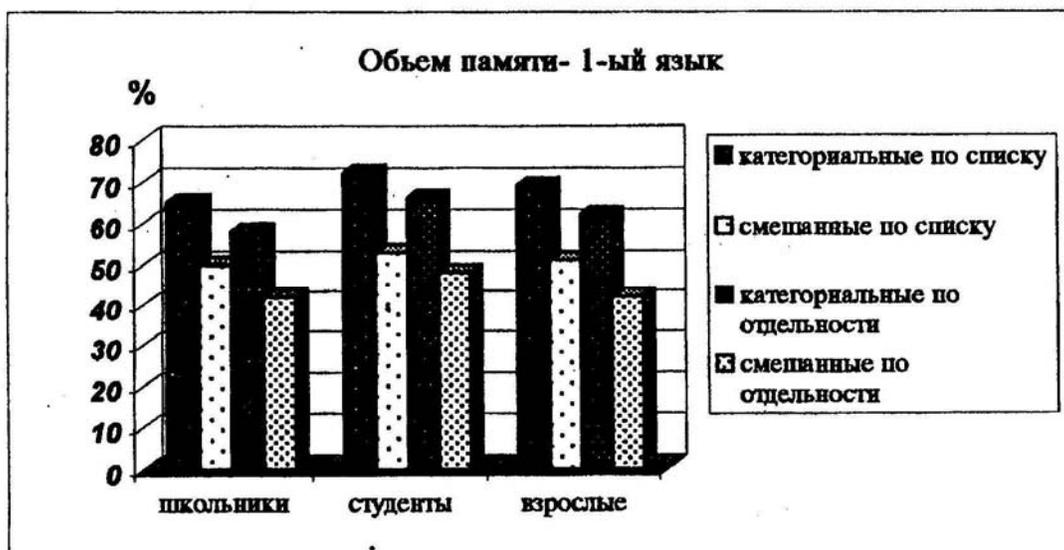


Рис. 1. Продуктивность краткосрочной памяти на предъявление слов в условиях двуязычия.

По результатам этой серии экспериментов показано, что во всех возрастных группах показатели продуктивности памяти имеют относительно высокие величины в следующих случаях (рис. 1);

1. при предъявлении вербальных стимулов на “основном” языке, когда объем краткосрочной памяти на 3-10% превышает тот же показатель на втором языке;
2. при предъявлении слов одной категории, когда объем памяти на 10-15% больше по сравнению со словами, относящимися к различным категориям;
3. при предъявлении слов в виде списков показатель продуктивности памяти на 5-10% превосходит тот же показатель в случае экспозиции отдельных слов.

Сопоставляя полученные данные, нетрудно убедиться, что процессу запоминания способствует предъявление вербальных стимулов на “основном” для испытуемых языке, а также наличие смысловых связей между словами. При сравнении показателей объема памяти трех

различных возрастных групп отмечаются относительно низкие величины у школьников (рис. 1), что, по-видимому, объясняется несовершенством языковых навыков, а также недостаточным уровнем внимания и сосредоточенности [4].

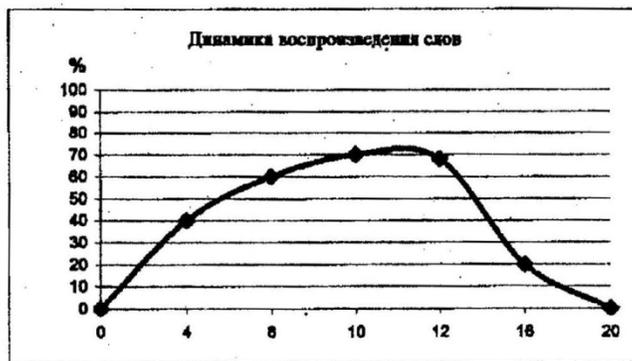


Рис. 2. Динамика воспроизведения запомнившихся слов.

По вертикали — количество запомнившихся слов в процентах.

По горизонтали — заданное время для воспроизведения слов в секундах.

Во второй серии экспериментов в качестве испытуемых привлекались только студенты в возрасте 19-21 лет (45 человек). Вербальные стимулы предъявлялись только на одном языке (на армянском или русском) в виде списков, состоящих из 10 слов. Каждый десяток слов экспонировался на экране компьютера три раза. Как и в первой серии экспериментов, длительность экспозиции словесных стимулов составляла 20 с, а время, отводимое на воспроизведение запомнившихся слов после их исчезновения с экрана, составляло 20 с. Определяли показатели объема памяти по проценту правильно воспроизведенных слов. При первом предъявлении десятка слов средний показатель запоминания был равен 57,5, при втором — 81,9, а при третьем — 88,5%. Высокие проценты запоминания при повторных предъявлениях тех же словесных раздражителей можно рассматривать как результат процесса научения [3, 4]. Представляет особый интерес изучение динамики воспроизведения запомнившихся слов. Время, отведенное на воспроизведение слов (20 с), делилось на 5 отрезков по 4 с в каждом, и подсчитывалось количество правильных ответов. Результаты эксперимента показали, что наибольшее количество запомнившихся слов приходится на первые 8-10 с — 60-70% (рис. 2), при этом на первые 4 с — 40-50%. Согласно литературным данным [6] в краткосрочной памяти различают несколько фаз, из них самая непродолжительная — непосредственная или же сенсорная память, при которой имеет место хранение информации на несколько секунд, даже на доли секунд. Согласно полученным данным, объем краткосрочной памяти больше в первые секунды, т. е. в фазе непосредственной памяти, что еще раз подтверждает известное утверждение о том, что процесс восприятия и хранения информации при краткосрочной памяти непродолжителен в силу гибкости и изменчивости мозговых процессов.

Труднее всего ответить на вопрос, чем обусловлены изменения показателей краткосрочной памяти при переходе с одного языка на другой. Известно, что индивидуальный опыт человека состоит из врожденных реакций и разнообразных ассоциаций этих реакций, выраженных с помощью слова в ответ на многообразные внешние стимулы. Именно слово, по определению Павлова [7] “сигнал сигналов”, посредством которого осуществляется обобщение, абстракция,

способствует процессу накопления информации и научения. На основе этих процессов у человека формируется соответствующее языковое мышление, характерное для данного языка, и создается некая гармонизация взаимоотношений с окружающим миром. При переходе с одного языка на другой имеет место некоторое нарушение этой гармонизации, что может отразиться на мыслительной деятельности, в том числе и на показателях памяти.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели НАН РА

**Ն. Է. Թադևոսյան, Է. Գ. Կոստանյան, Ի. Գ. Թադևոսյան,
Է. Գ. Գևորգյան, Լ. Գ. Վահանյան, Կ. Ա. Մանասյան**

**Կարճատև հիշողության արդյունավետության և դինամիկայի
ուսումնասիրությունը երկլեզվայնության պայմաններում**

Ցույց է տրված, որ կարճատև հիշողության ցուցանիշներն ավելի բարձր են. 1) երբ բառային գրգիռները ներկայացվում են փորձակվողների համար «հիմնական» համարվող լեզվով, 2) երբ բառերի միջև գոյություն ունի իմաստային կապ, 3) երբ բառերը ներկայացվում են ոչ թե առանձին-առանձին, այլ ցուցակի տեսքով: Հիշողության ծավալը բարձրանում է նաև, երբ նույն բառային գրգիռները ներկայացվում են մի քանի անգամ, ենթադրվում է, որ դա սովորեցնելու պրոցեսի հետևանք է:

Կարճատև հիշողության դինամիկայի ուսումնասիրությունը բացահայտում է, որ բառերի վերարտադրման արդյունավետությունն առավել արտահայտված է առաջին վայրկյաններին, այսինքն՝ անմիջական հիշողության փուլում:

Литература

1. *Araki T.* - Jap. J. Physiol. 1960. V. 10. P. 518-532.
1. *Ламзина Н. А.* - Психофизиологические закономерности восприятия и памяти. М.: Наука, 1985. 150 С.
2. *Ojemann J. A.* - Neuroscience. 1992. V. 5. №11. P. 2282-2287(1992).
3. *Green D. W.* - Brain and Cogniton. 1996. V. 3. № 3. P. 264.
4. *Wilson M., Tyler A.* - Cogniton. 1980. V. 8. P. 1-71.
5. *Bernardo A. B. I.* - XXVI Intern. Congress of Psychology. Montreal, Canada. 1996. V. 117. №2. P. 11.
6. Физиология человека. 1985. Т. 1. М.: Мир.
7. *Павлов И. П.* - Поли. собр. соч. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1951. Т. 3. Кн. II.