

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

ISSN 0321-1339

ՉԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ
R E P O R T S

2003

Երևան

Երևան

Yerevan

ՀՀ ԳՆԱ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՄԻՋՈՒԹԱՅԻՆՈՒԹՅԱՆ
ԱՅԽԱԾՈՒԹՅԱՆ ԻՆՏԵՐՅՈՒՆԱԿ ԳՆԱԿ
ԳՐԱՏԵՆԻԿԱԿԱՆ
ԳՐԱԴԱՐԱՆ

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

<i>Ա. Դ. Կարապետյան</i> – Կշռային ∂ -ինտեգրալ ներկայացումներ մատրիցայի շրջանում	199
<i>Ա. Ի. Պետրոսյան</i> – C^m -ի միավոր գնդում հոլոմորֆ ֆունկցիաների կշռային դասերի վերաբերյալ	203
<i>Ա. Մ. Զրբաշյան</i> – Կոմպլեքս հարթության մակերեսով հանրագումարելի ամբողջ ֆունկցիաների կշռային տարածությունների վերաբերյալ	210
<i>Ա. Ա. Գրիգորյան</i> – Ֆրակտալ կողերի հեռավորության վերին եզրի հասանելիության մասին	216
ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱ	
<i>Է. Ե. Խաչիյան, Լ. Ա. Մովսիսյան</i> – Արտաքին ակտիվ ուժերի կիրառմամբ կառուցվածքների սեյսմիկ պաշտպանվածության խնդրի դրվածքի մասին ՖԻԶԻԿԱ	221
<i>Բ. Վ. Խաչատրյան</i> – «Ֆրենելի գոտիները» դիֆրակցիոն ճառագայթման ընթացքում	228
<i>Ա. Ժ. Խաչատրյան</i> – Էլեկտրոնի շարժումը ուղղահայաց պոտենցիալներից բաղկացող պարբերական ցանցում	233
ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ	
<i>Բ. Մ. Մամիկոնյան, Ա. Ս. Շաղգամյան, Խ.Բ. Մամիկոնյան</i> – Խյուսի մակարդակի և խտության թվային չափիչ	237
ԵՐԿՐԱԷԿՈԼՈԳԻԱ	
<i>Ռ. Դ. Ռևազյան</i> – Անապատացման ընթացքի երկրաէկոլոգիական գնահատման սկզբունքների մասին	244
ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	
<i>Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Ա. Ռ. Եղոյան, Լ. Ա. Եղոյան, Լ. Մ. Հովսեփյան</i> – Մոդիֆիկացված երկպարուրային ՌՆԹ-ի գերցածր քանակների ազդեցությունը ալոքսանային շաքարախտով տառապող առնետների գլխուղեղի ճարպաթթվային փոխանակության վրա	251
ԿԵՆՍԱԲԵՄԻԱ	
<i>Ա. Ա. Շահինյան, Լ. Է. Ներսեսյան, Զ. Վ. Ղարիբյան, Բ. Տ. Ղարիբջանյան</i> – Ուռուցքային ԴՆԹ-ի կառուցվածքային փոփոխությունները դոքսոռուբիցինի և Escherichia coli բակտերիալ կուլտուրայի ազդեցությամբ in vivo պայմաններում	257
<i>Ս. Ա. Կարալյան</i> – Տուբերկուլոզային մենինգոէնցեֆալիտը և հասարակ հերպեսի (I տիպ) վիրուսի քրոնիկ ինֆեկցիայի ակտիվացիայի դերը իմունային անբավարարության կազմավորման մեջ	263
ԲԺՇԿԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ	
<i>Ս. Ս. Մարտիրոսյան</i> – Երեխաների մոտ գանգուղեղի, կրծքավանդակի և նրա օրգանների հետ համակցված վնասվածքների ախտորոշման և բուժման առանձնահատկությունները	267

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

<i>А. О. Карапетян</i> – Весовые $\bar{\delta}$ – интегральные представления в матричном круге	199
<i>А. И. Петросян</i> – О весовых классах голоморфных функций в единичном шаре в C^n	203
<i>А. М. Джрбашян</i> – О весовых пространствах целых функций, суммируемых по комплексной плоскости	210
<i>А. А. Григорьянц</i> – Об одном случае достижимости границы расстояния для фрактальных кодов	216

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

<i>Э. Е. Хачиян, Л. А. Мовсисян</i> – К постановке задачи о сейсмической защите сооружения путем применения активных внешних сил	221
--	-----

ФИЗИКА

<i>Б. В. Хачатрян</i> – «Зоны Френеля» в дифракционном излучении	228
<i>А. Ж. Хачатрян</i> – Движение электрона в периодической решетке из прямоугольных потенциалов	233

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

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

ГЕОЭКОЛОГИЯ

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

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

<i>К. Г. Карагезян, А. Р. Едоян, Л. В. Едоян, Л. М. Овсепян</i> – Воздействие сверхмалых доз модифицированной двуспиральной РНК на жирнокислотный состав фосфолипидов мозговой ткани аллоксандиабетических белых крыс.....	251
--	-----

БИОХИМИЯ

<i>А. А. Шагинян, Л. Э. Нерсисян, Д. В. Гарибян, Б. Т. Гарибджанян</i> – Изменения в структуре опухолевой ДНК in vivo под влиянием доксорубицина и бактериальной культуры <i>Escherichia coli</i>	257
<i>М. А. Караян</i> – Туберкулезный менингоэнцефалит и роль активации хронической инфекции вируса простого герпеса (I тип) в формировании иммунодефицита	263

МЕДИЦИНА

<i>М. М. Мартиросян</i> – Особенности диагностики и лечения при краниоторакальной травме у детей	267
--	-----

CONTENTS

MATHEMATICS

<i>A. H. Karapetyan</i> – Weighted $\bar{\partial}$ -integral representations in a matrices disc	199
<i>A. I. Petrossyan</i> – On weighted classes of holomorphic functions in the unit ball of C^n	203
<i>A. M. Jerbashian</i> – On weighted spaces of entire functions summable over the complex plane.....	210
<i>A. A. Grigoryantc</i> – On a case of fractal codes distance upper boundary reaching	216

BUILDING MECHANICS

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

PHYSICS

<i>B. V. Khachatryan</i> – «The Fresnel zones» in the process of diffraction radiation ...	228
<i>A. Zh. Khachatryan</i> – An electron movement in periodic chain from rectangular berriers	233

MEASURING TECHNIQS

<i>B. M. Mamikonyan, A. S. Shakhkamyant, Kh. B. Mamikonyan</i> -- Digital measurer of pulp level and density	237
--	-----

GEOECOLOGY

<i>R. H. Revazyan</i> – About the principles of geo-ecological assessment of the process of desertification	244
---	-----

MOLECULAR BIOLOGY

<i>K. G. Karageuzyan, A. R. Edoyan, L. A. Edoyan, L. M. Hovsepyan</i> – Effect of super small doses of modified double stranded RNA on phospholipid fatty acids composition in brain tissue of alloxandiabeted rats	251
---	-----

BIOCHEMISTRY

<i>A. A. Shahinyan, L. E. Nerssesyan, D. B. Garibyan, B. T. Garibjanyan</i> – Changes of DNA structure of tumor cells in vivo under the effect of doxorubicin and bacterial culture <i>Escherichia coli</i>	257
<i>M. A. Karalyan</i> - Tuberculous meningoencephalitis and role of the activation of human herpes virus-1 infection in immunodeficiency	263

MEDICINE

<i>M. M. Martirosyan</i> – Peculiarities of diagnosis and treatment at craniothoracic trauma in children	267
--	-----



Լրանում է Հայաստանի Հանրապետության գիտությունների ազգային ակադեմիայի պրեզիդենտ, հաշվողական տեխնիկայի և կառավարման ավտոմատացված համակարգերի բնագավառի խոշոր մասնագետ ակադեմիկոս Ֆադեյ Տաճատի Սարգսյանի ծննդյան 80 տարին:

Ակադեմիկոս Ֆ. Սարգսյանին բնորոշ են մտքի պարզությունը, կշռադատված եզրահանգումները, հիմնահարցերի նկատմամբ վերլուծական մոտեցումը, համարձակ ու ստեղծարար որոշումներ ընդունելը, նորը գերապատվելը:

Գիտնականի և գիտության կազմակերպչի տաղանդը բացառիկ փայլով դրսևորվեց 1963-1978 թթ., երբ ակադեմիկոս Ֆ. Սարգսյանը գլխավորում էր Երևանի մաթեմատիկական մեքենաների գիտահետազոտական ինստիտուտը:

Ռազմավարական ճիշտ ընտրությունը Ֆ. Սարգսյանին հնարավորություն ընձեռեց ինստիտուտը կողմնորոշելու զինված ուժերի ու ժողովրդական տնտեսության համար հաշվողական տեխնիկայի միջոցների և կառավարման համակարգերի ստեղծման ուղղությամբ կարևորագույն պետական ծրագրերի իրագործմանը:

Դժվար է գերազնահատել Ֆ. Սարգսյանի վճռական դերը գիտատեխնիկական այնպիսի նոր ուղղության ձևավորման գործում, ինչպիսին է ավտոմատացված կառավարման համակարգերի մշակումը: Նրա ջանքերով Հայաստանի գիտատեխնիկական ներուժը ներգրավվեց ԽՍՀՄ պաշտպանության համար սկզբունքային նշանակություն ունեցող ամենաբարդ հիմնահարցերի լուծմանը:

Ինստիտուտում ձևավորվեց գիտնականների և առաջատար մասնագետների դպրոց, որի հիմնադիրներից մեկը և գիտական ղեկավարն էր իրավամբ համարվում ակադեմիկոս Ֆ. Սարգսյանը: Նրա աշխատությունները ծանրակշիռ ավանդ են հաշվողական տեխնիկայի և կառավարման ավտոմատացման բնագավառներում:

1993 թվականից Ֆ. Սարգսյանը Հայաստանի Հանրապետության գիտությունների ազգային ակադեմիայի պրեզիդենտն է: Նրա ղեկավարությամբ ՀՀ ԳԱԱ համակարգում մեծ աշխատանք է կատարվել ակադեմիայի գիտական գործունեության կազմակերպման, Հայաստանի գիտական ներուժի պահպանման և զարգացման ուղղությամբ:

Ակադեմիկոս Ֆ. Սարգսյանը կատարել է նպատակաուղղված հետազոտություններ երկրի պաշտպանության, ինֆորմատիկայի, ժամանակակից գիտության այլ կարևորագույն ուղղությունների գծով: Նրա ղեկավարությամբ ստեղծվեց ակադեմիական գիտահետազոտական կոմպյուտերային ցանցը, որը հնարավորություն ընձեռեց մուտք գործելու դեպի համընդհանուր տեղեկատվական ռեսուրսները: Իրեն հատուկ եռանդով նա կարողացավ էապես ընդլայնել ակադեմիայի միջազգային համագործակցությունը:

Ակադեմիկոս Ֆ. Սարգսյանը խոշոր պետական գործիչ է: 12 տարի լինելով ՀԽՍՀ կառավարության նախագահ՝ նա մեծապես նպաստել է Հայաստանի տնտեսական կառուցվածքի կատարելագործմանը, արդյունաբերության, գյուղատնտեսության, շինարարության և այլ բնագավառներում նորագույն ճյուղերի ստեղծմանն ու զարգացմանը:

Ակադեմիկոս Ֆ. Սարգսյանը ԽՍՀՄ պետական մրցանակների և Ուկրաինայի պետական մրցանակի դափնեկիր է, արժանացել է բազմաթիվ կառավարական պարգևների, արտասահմանյան և հայրենական մի շարք ակադեմիաների, միջազգային գիտական և գիտատեխնիկական բազմաթիվ ընկերությունների անդամ է:

Այսօր ևս ակադեմիկոս Ֆ. Սարգսյանը պատվով է կատարում քաղաքացու և պետական գործչի իր բարձր առաքելությունը՝ իր գիտելիքներն ու փորձը ծառայեցնելով Հայաստանում գիտության զարգացմանն ու Հայաստանի անկախ պետության կայացմանը:

«Հայաստանի Հանրապետության գիտությունների ազգային ակադեմիայի Ձեկույցների» խմբագրությունը ողջունում է ակադեմիկոս Ֆադեյ Տաճատի Սարգսյանին ծննդյան 80-ամյակի առթիվ՝ ցանկանալով նորանոր հաջողություններ իր արգասավոր և հայրենաւմեր գործունեության մեջ:

ՀՀ ԳԱԱ Ձեկույցների
խմբագրություն

УДК 517.547

А. О. Карапетян

Весовые $\bar{\partial}$ -интегральные представления в матричном круге

(Представлено академиком Н. У. Аракеляном 3/VII 2002)

Пусть $m, n \geq 1$ - произвольные натуральные числа. Обозначим через M_{mn} пространство всех комплексных $m \times n$ - матриц. Для произвольной матрицы $\zeta \in M_{mn}$ через $\zeta^* \in M_{mn}$ обозначается эрмитово сопряженная к ζ матрица. Далее, $I^m (m \geq 1)$ - единичная $m \times m$ - матрица из M_{mm} . Лебегова мера в M_{mn} вводится естественным образом:

$$d\mu_{mn}(\zeta) = \prod_{k=1}^m \prod_{j=1}^n dm(\zeta_{kj}), \quad \zeta = (\zeta_{kj})_{1 \leq k \leq m, 1 \leq j \leq n}.$$

Матричным единичным кругом называется область $R_{mn} = \{\zeta \in M_{mn} : I^m - \zeta \cdot \zeta^* \text{ положительно определена}\}$.

При $1 \leq p < \infty$, $\alpha > -1$ пространство $H_{\alpha}^p(R_{mn})$ определяется как множество всех голоморфных функций $f(\zeta)$, $\zeta \in R_{mn}$, удовлетворяющих условию

$$\int_{R_{mn}} |f(\zeta)|^p \cdot [\det(I^m - \zeta \cdot \zeta^*)]^{\alpha} d\mu_{mn}(\zeta) < +\infty.$$

Заметим, что при $m = 1$, $n \geq 1$ R_{mn} есть единичный шар $B_n \subset \mathbb{C}^n$, а пространство $H_{\alpha}^p(R_{mn}) \equiv H_{\alpha}^p$

(B_n) задается условием $\int_{B_n} |f(\zeta)|^p \cdot (1 - |\zeta|^2)^{\alpha} d\mu_{1n}(\zeta) < +\infty$. При $m = n = 1$, т.е. в случае единичного круга

$D \subset \mathbb{C}$, эти пространства были введены в [1,2], где была установлена формула

$$f(z) = \frac{\alpha+1}{\pi} \cdot \int \int_{\mathbf{D}} \frac{f(\zeta)(1-|\zeta|^2)^\alpha}{(1-z \cdot \bar{\zeta})^{2+\alpha}} d\mu(\zeta), \quad z \in \mathbf{D}, \quad \forall f \in H_\alpha^p(\mathbf{D}). \quad (1)$$

Это представление нашло многочисленные применения в теории факторизации мероморфных функций и других вопросах комплексного анализа. Позднее аналогичные весовые формулы начали представлять интерес и в случае различных многомерных областей.

Так, в [3] был установлен следующий аналог формулы (1) для функций $f \in H_\alpha^p(R_{mn})$ при $\alpha = 0$:

$$f(z) = \text{const} \cdot \int_{R_{mn}} \frac{f(\zeta) d\mu_{mn}(\zeta)}{[\det(I^m - z \cdot \zeta^*)]^{m+n}}, \quad z \in R_{mn}. \quad (2)$$

Позже, в случае шара $\mathbf{B}_n$, было установлено интегральное представление

$$f(z) = \text{const} \cdot \int_{\mathbf{B}_n} \frac{f(\zeta) \cdot (1-|\zeta|^2)^\beta}{[1 - \langle z, \zeta \rangle]^{n+1+\beta}} d\mu_{1n}(\zeta), \quad z \in \mathbf{B}_n, \quad (3)$$

для функций $f \in H_\alpha^p(\mathbf{B}_n)$ (см. [4] при $\alpha = 0$, [5,6] при $\alpha > -1$) и при условии

$$\text{Re } \beta \geq \alpha, \text{ если } p = 1, \text{ Re } \beta > \frac{\alpha+1}{p} - 1, \text{ если } 1 < p < \infty. \quad (4)$$

В [7,8] эти результаты были обобщены (формула (2) - в смысле веса, а формула (3) - в смысле области). Точнее, если $f \in H_\alpha^p(R_{mn})$, то

$$f(z) = c_{mn}(\beta) \cdot \int_{R_{mn}} \frac{f(\zeta) \cdot [\det(I^m - z \cdot \zeta^*)]^\beta}{[\det(I^m - z \cdot \zeta^*)]^{m+n+\beta}} d\mu_{mn}(\zeta), \quad z \in R_{mn} \quad (5)$$

где β удовлетворяет условию (4) и

$$c_{mn}(\beta) = \frac{1}{\pi^{mn}} \cdot \frac{\prod_{l=1}^{m+n} \Gamma(\beta + 1)}{\prod_{k=1}^m \Gamma(\beta + k) \cdot \prod_{j=1}^n \Gamma(\beta + j)}.$$

Постепенно начало выясняться, что подобные интегральные представления являются полезным инструментом в вопросах весовых решений $\bar{\partial}$ -уравнения. В этой связи возникла необходимость установления аналогов вышеприведенных формул уже для гладких (скажем, класса C^1), а не только голоморфных функций. В [9] для функций $f \in C^1(\overline{B_n})$ была установлена следующая формула ($\text{Re} \beta > -1$):

$$\begin{aligned} f(z) = c_{1n}(\beta) \cdot \int_{B_n} \frac{f(\zeta) \cdot (1 - |\zeta|^2)^\beta}{1 - \langle z, \zeta \rangle} d\mu_{1n}(\zeta) - c_{1n}(\beta) \cdot \int_{B_n} \frac{\langle \bar{\partial} f(\zeta), \zeta - z \rangle}{[D(z, \zeta)]^n} \cdot \\ \cdot (1 - \langle \zeta, z \rangle)^{n-1} \cdot \left(\frac{1 - |\zeta|^2}{1 - \langle z, \zeta \rangle} \right)^{\beta+1} \cdot \sum_{p=0}^{n-1} \frac{(-1)^p \cdot C_{n-1}^p}{p + \beta + 1} \cdot \\ \cdot \left[\frac{(1 - |z|^2)(1 - |\zeta|^2)}{|1 - \langle z, \zeta \rangle|^2} \right]^p d\mu_{1n}(\zeta), \quad z \in B_n, \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$\langle \bar{\partial} f(\zeta), \zeta - z \rangle = \sum_{k=1}^n \frac{\partial f(\zeta)}{\partial \bar{\zeta}_k} \cdot (\bar{\zeta}_k - \bar{z}_k),$$

$$D(z, \zeta) = |1 - \langle z, \zeta \rangle|^2 - (1 - |z|^2)(1 - |\zeta|^2).$$

В настоящей заметке приводится аналог формулы (6) для области R_{mn} и, тем самым, одновременно обобщается (5) на случай гладких функций.

Прежде чем сформулировать основной результат, введем некоторые обозначения.

При $z \in R_{mn}$

$$\varphi_z(\zeta) = \sqrt{I^m - zz^*} \cdot (I^m - \zeta z^*)^{-1} \cdot (z - \zeta) \cdot \sqrt{I^n - z^* z}^{-1}, \quad \zeta \in \overline{R}_{mn},$$

обозначает дробно-рациональный автоморфизм области R_{mn} .

Для произвольной матрицы $A \in M_{mn}$ $\|A\|$ обозначает "матричную норму", т.е. $\|A\|^2$ есть максимальное собственное значение матрицы $A \cdot A^*$.

Теорема. Пусть $m, n \geq 1$ и $\operatorname{Re} \beta > -[1/m]$, тогда каждая функция $f \in C^1(\overline{R}_{mn})$ допускает представление вида

$$f(z) = c_{mn}(\beta) \cdot \int_{R_{mn}} \frac{f(\zeta) \cdot [\det(I^m - z\zeta^*)]^\beta}{[\det(I^m - \zeta\zeta^*)]^{m+n+\beta}} d\mu_{mn}(\zeta) -$$

$$- c_{mn}(\beta) \cdot \int_{R_{mn}} \langle \bar{\partial} f(\zeta), (I^m - \zeta z^*)(I^m - z\zeta^*)^{-1}(\zeta - z) \rangle \cdot \Phi(z, \zeta) d\mu_{mn}(\zeta), \quad z \in R_{mn}, \quad (7)$$

где

$$\Phi(z, \zeta) = \left[\frac{\det(I^m - \zeta z^*)}{\det(I^m - z\zeta^*)} \right]^\beta \cdot \frac{1}{[\det(I^m - z\zeta^*)]^{m+n}} \cdot$$

$$\cdot \int_1^{1/\|\varphi_z(\zeta)\|^2} t^{mn-1} \cdot \left[\det(I^m - t \cdot \varphi_z(\zeta) \cdot \varphi_z(\zeta))^* \right]^\beta dt, \quad z \neq \zeta, \quad z, \zeta \in R_{mn}.$$

При этом справедлива оценка вида

$$|\Phi(z, \zeta)| \leq \operatorname{const} \cdot \|\zeta - z\|^{-2mn}$$

равномерно по $\zeta \in R_{mn}$, $z \in K \subset \subset R_{mn}$

Институт математики НАН РА

Литература

1. Джрбашян М. М. - ДАН АрмССР. 1945. Т. 3. N I. С. 3-9.
2. Джрбашян М. М. - Сообщ. Ин-та матем. и мех. АН АрмССР. 1948. Вып. 2. С. 3-40.
3. Хуа Ло-кен. Гармонический анализ функций многих комплексных переменных в классических областях. М. ИЛ. 1959.

4. *Forelli F., Rudin W.* - Ind. Univ. Math. J. 1974. V. 24. N6. P. 593-602.
5. *Джрбашян М. М.* - Изв. АН АрмССР. Математика. 1988. Т. 23. N 6. С. 517-545.
6. *Dzhrbashian M. M.* - Математически Вестник. 1987. V. 39. P. 263-282.
7. *Джрбашян М. М., Карапетян А. О.* - Изв. АН АрмССР. Математика. 1989. Т.24. N6. С. 523-546.
8. *Джрбашян М. М., Карапетян А. О.* - ДАН СССР. 1990. Т. 312. N 1. С. 24-27.
9. *Charpentier Ph.* - Ann. Inst. Fourier. 1980. V. 30. N4. P. 121.-154.

Ա. Հ. Կարապետյան

Կշռային $\bar{\partial}$ -ինտեգրալ ներկայացումներ մատրիցային շրջանում

Հոդվածում $R_{mn} = \{\zeta \in M_{mn} : I^m - \zeta \cdot \zeta^* > 0\}$ մատրիցային տիրույթի փակույթում տրված C^1 դասի f ֆունկցիաների համար ստացված են

$$f = P(f) - T(\bar{\partial}f)$$

տեսքի ինտեգրալ ներկայացումներ, որտեղ P - ն $L^2[R_{mn}; [det(I^m - \zeta \cdot \zeta^*)]^\alpha d\mu_{mn}(\zeta)]$ տարածությունում օրթոգոնալ պրոյեկտոր է հոլոմորֆ ֆունկցիաների ենթատարածության վրա, իսկ T ինտեգրալ օպերատորը տրված է բացահայտորեն գրված և գնահատված կորիզով:

УДК 517.55

А. И. Петросян

О весовых классах голоморфных функций в единичном шаре в $\mathbb{C}^n$

(Представлено академиком В. С. Захаряном 22/IV 2003)

1. В работе анонсируются основные результаты общей теории пространств A_{ω}^p в единичном шаре из $\mathbb{C}^n$. Рассматриваемые весовые пространства A_{ω}^p голоморфных в единичном шаре функций сколь угодно широки, ибо зависят от функции-параметра $\omega(x)$ ($0 \leq x < 1$) со сколь угодно быстрым убыванием при $x \rightarrow 1 - 0$.

Приводимые теоремы являются многомерными ω -аналогами результатов М.М. Джрбашяна 1945-1948 гг., положивших начало теории пространств A_{α}^p (изначальное обозначение $H^p(\alpha)$) в единичном круге [1], [2].

Примененный аналитический аппарат позволяет распространить на случай единичного шара одномерную общую теорию, построенную в [3] (см. также [4]). В работе приведены первые, основные результаты, полученные этим путем.

Следует отметить, что сама теория пространств $H^p(\alpha)$ М.М. Джрбашяна, относящаяся к частному случаю $\omega(x) = (1 - x)^{1+\alpha}$ ($\alpha > -1$), на случай единичного шара была распространена ранее (см. [5]). Подробнее о недоразумениях, приведших в [5] и других публикациях западных авторов к отсутствию надлежащих ссылок на основополагающие работы М.М. Джрбашяна [1,2] см. в [3].

2. Ниже будем пользоваться следующими обозначениями:

$B_n = \{z \in \mathbb{C}^n : |z| < 1\}$ - открытый единичный шар в $\mathbb{C}^n$;

$S_n = \{z \in \mathbb{C}^n : |z| = 1\}$ - его граница, являющаяся единичной сферой в $\mathbb{C}^n$;

Всюду ниже число n фиксировано, поэтому мы будем писать просто B и S вместо B_n и S_n .

ν - мера Лебега в $\mathbb{C}^n$, нормированная условием $\nu(B) = 1$;

σ - борелевская мера на S , инвариантная относительно унитарных преобразований пространства $\mathbb{C}^n$ и удовлетворяющая условию $\sigma(S) = 1$.

Через $\langle z, w \rangle = \sum_{k=1}^n z_k \bar{w}_k$ будем обозначать скалярное произведение для точек $z, w \in \mathbb{C}^n$, а через $|z| = \sqrt{\langle z, z \rangle}$ - соответствующую норму.

С каждым мультииндексом $s = (s_1, \dots, s_n) \in \mathbb{Z}_+^n$, где

$$\mathbf{Z}_+^n = \{s \in \mathbf{Z}^n : s_k \geq 0\},$$

будем связывать: два числа $s! = \prod_{k=1}^n s_k!$ и $|s| = \sum_{k=1}^n s_k$,

оператор дифференцирования $D^s = [(\partial^{|s|})/(\partial z_1^{s_1} \dots \partial z_n^{s_n})]$,

и голоморфный моном $z^s = \prod_{k=1}^n z_k^{s_k}$.

Далее, через Ω будем обозначать множество параметр-функций $\omega(t)$, определенных на интервале $[0,1]$ и удовлетворяющих там условиям

(i) $0 < \bigvee_{\delta}^{1-\delta} \omega < \infty$ для любого $\delta \in [0,1]$;

(ii) $\Delta_m \equiv \Delta_m(\omega) = -\int_0^1 t^m d\omega(t) \neq 0, \infty, \quad m = 0,1,\dots;$

(iii) $\lim_{m \rightarrow \infty} m \sqrt[m]{|\Delta_m|} \geq 1$.

Для удобства всюду ниже будем полагать, что $\omega(1) = \omega(1-0)$.

3. Для заданного $\omega \in \Omega$ введем в рассмотрение ядро-функцию

$$C_{\omega,n}(z,w) = C_{\omega}(z,w) = \sum_{s \in \mathbf{Z}_+^n} \frac{(n-1+|s|)!}{(n-1)!s!} \frac{z^s \overline{w}^s}{\Delta_{|s|}}. \quad (1)$$

Предложение 1. При фиксированной точке $w \in \overline{\mathbf{B}}$ функция $C_{\omega}(z,w)$ голоморфна в шаре $\mathbf{B}$.

Предложение 2. Имеет место равенство

$$C_{\omega}(z,w) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{\Delta_m} \frac{(n-1+m)!}{(n-1)!m!} \langle z,w \rangle^m, \quad z \in \mathbf{B}, \quad w \in \overline{\mathbf{B}}.$$

Тем самым, ядро C_{ω} зависит лишь от скалярного произведения $\langle z,w \rangle$.

4. Для каждой функции $\omega \in \Omega$ определим ассоциированную с ней меру

$$d\mu_{\omega}(w) = -d\omega(r^2) d\sigma(\zeta),$$

где $w = r\zeta$ - полярная форма точки $w \in \mathbf{B}$, (т. е. $\zeta \in S$, $0 \leq r \leq 1$).

Обозначим через $L_{\omega}^p = L_{\omega}^p(\mathbf{B})$ класс функций, измеримых по мере $d\mu_{\omega}$ в шаре $\mathbf{B}$, для которых

$$\|f\|_{p,\omega} = \left\{ \int_{\mathbf{B}} |f(w)|^p |d\mu_{\omega}(w)| \right\}^{1/p} < +\infty, \quad 0 < p < \infty, \quad (2)$$

а через $A_{\omega}^p = A_{\omega}^p(\mathbf{B})$ - подмножество L_{ω}^p , состоящее из функций, голоморфных в $\mathbf{B}$. Как известно, при $1 \leq p < \infty$ величина $\|f\|_{p,\omega}$ определяет норму в L_{ω}^p , в которой L_{ω}^p является банаховым пространством, а при $0 < p < 1$ L_{ω}^p является полным метрическим пространством в метрике $\rho(f,g) = \|f - g\|_{p,\omega}^p$.

Имеет место следующее

Предложение 3. Пусть $0 < p < \infty$, K - компакт, лежащий внутри $\mathbf{B}$. Тогда существует константа $C \equiv C(K,s,p,\omega)$ такая, что

$$\max_{z \in K} |D^s f(z)| \leq C \|f\|_{p,\omega} \quad (3)$$

для всех $f \in L_{\omega}^p$ и всех $s \in \mathbf{Z}_+^n$.

Пусть $\|f_n - f\|_{p,\omega} \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$ для некоторых $f_n \in A_{\omega}^p$, $f \in L_{\omega}^p$. Из (3) следует, что существует голоморфная в $\mathbf{B}$ функция $h(z)$, такая, что $f_n(z) \rightarrow h(z)$ равномерно внутри $\mathbf{B}$. Нетрудно показать, что $f = h$. Тем самым справедливо

Предложение 4. Для каждого $0 < p < \infty$ подпространство A_{ω}^p замкнуто в $L_{\omega}^p(\mathbf{B})$.

Следствие. При $1 \leq p < \infty$ класс A_{ω}^p является банаховым пространством, а при $0 < p < 1$ - полным метрическим пространством.

Для произвольной функции f , определенной в $\mathbf{B}$ и $0 < q < 1$, обозначим через f_q ее - растяжение, т. е. функцию, определенную при $|z| < 1/q$ следующим образом: $f_q(z) = f(qz)$. В следующем предложении утверждается непрерывность q -растяжения в пространстве A_{ω}^p .

Предложение 5. Если $f \in A_{\omega}^p$, то $\|f_q - f\|_{p,\omega} \rightarrow 0$ при $q \rightarrow 1 - 0$.

Следствие. Голоморфные полиномы плотны в A_{ω}^p .

Имеет место основная

Теорема 1. Пусть $f \in A_{\omega}^p$. Тогда

$$f(z) = \int_{\mathbf{B}} f(w) C_{\omega}(z, w) d\mu_{\omega}(w), \quad z \in \mathbf{B} \quad (4)$$

$$f(z) = -\overline{f(0)} + 2 \int_{\mathbf{B}} \{\operatorname{Re} f(w)\} C_{\omega}(z, w) d\mu_{\omega}(w), \quad z \in \mathbf{B}. \quad (5)$$

Отметим один частный случай формулы (4). Пусть

$$\omega(x) = n \int_x^1 t^{n-1} (1-t)^{\alpha} dt, \quad (\alpha > -1).$$

Тогда

$$\Delta_m = -n \int_0^1 x^m d\omega(x) = n \int_0^1 x^{n+m-1} (1-x)^{\alpha} dx = \frac{n\Gamma(n+m)\Gamma(1+\alpha)}{\Gamma(n+m+1+\alpha)}.$$

Тем самым ввиду предложения 2 и формулы биномиального разложения

$$\begin{aligned} C_{\omega}(z, w) &= \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(n+m-1)!}{(n-1)!m!} \frac{\langle z, w \rangle^m}{\Delta_m} = \\ &= \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\Gamma(n+m)}{\Gamma(n)\Gamma(m+1)} \frac{\Gamma(n+m+1+\alpha)}{n\Gamma(n+m)\Gamma(1+\alpha)} \langle z, w \rangle^m = \\ &= \frac{\Gamma(n+1+\alpha)}{\Gamma(n+1)\Gamma(1+\alpha)} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\Gamma(n+m+1+\alpha)}{\Gamma(n+1+\alpha)\Gamma(m+1)} \langle z, w \rangle^m = \\ &= \frac{\Gamma(n+1+\alpha)}{\Gamma(n+1)\Gamma(1+\alpha)} \frac{1}{(1-\langle z, w \rangle)^{n+1+\alpha}}. \end{aligned}$$

Далее, если $w = r\zeta$, где $|\zeta| = 1$, то, используя выражение для элемента нормированного объема dv в полярных координатах [5], получим

$$d\mu_{\omega}(w) = -d\omega(r^2) d\sigma(\zeta) = 2nr^{2n-1}(1-r^2)^{\alpha} dr d\sigma(\zeta) = (1-r^2)^{\alpha} dv(w). \quad (6)$$

Отсюда следует, что в рассматриваемом случае формула (4) принимает вид

$$f(z) = \frac{\Gamma(n+1+\alpha)}{\Gamma(n+1)\Gamma(1+\alpha)} \int_{\mathbf{B}} f(w) \frac{(1-|w|^2)^\alpha}{(1-\langle z, w \rangle)^{n+1+\alpha}} dv(w).$$

Эту формулу можно найти в [5]. В одномерном же случае $n = 1$ она впервые была получена в работе М. М. Джрбашяна [1].

Ядро $C_\omega(z, w)$ порождает оператор ортогонального проектирования из L_ω^2 на подпространство A_ω^2 . А именно, имеет место следующая

Теорема 2. Пусть

$$P_\omega f(z) = \int_{\mathbf{B}} f(w) C_\omega(z, w) d\mu_\omega(w), \quad z \in \mathbf{B},$$

где $f \in L_\omega^2$. Тогда P_ω является ортогональным проектором из L_ω^2 на A_ω^2 .

5. Ниже приведено интегральное представление функций из A_ω^2 по границе $\mathbf{B}$, в случае, когда ω является квадратом Вольтерра от другой функции $\tilde{\omega} \in \Omega$. Затем найден некий изометрический оператор, переводящий A_ω^2 в обычное пространство Харди в $\mathbf{B}$, который вместе со своим обратным оператором записывается в явном, интегральном виде. Однако сначала следует отметить, что верно

Предложение 6. Пусть непрерывно дифференцируемая на $[0, 1)$ функция $\tilde{\omega} \in \Omega$ такова, что $\tilde{\omega}(t) \searrow$, $\tilde{\omega}(1) = 0$, $\tilde{\omega}(0) = 1$. Далее, пусть ω является квадратом $\tilde{\omega}$ в смысле Вольтерра, т. е.

$$\omega(x) = \int_x^1 \tilde{\omega}\left(\frac{x}{\sigma}\right) d\tilde{\omega}(\sigma), \quad 0 < x < 1.$$

Тогда $\omega \in \Omega$ и, кроме того,

$$\Delta_m(\omega) = \left[\Delta_m(\tilde{\omega}) \right]^2, \quad m \geq 0. \quad (7)$$

Теорема 3. Если функция f принадлежит A_ω^2 , то функция

$$\varphi_0(z) = L_{\tilde{\omega}} f(z) = - \int_0^1 f(tz) d\tilde{\omega}(t)$$

принадлежит пространству Харди H^2 в единичном шаре. При этом

$$f(z) = \int_S \varphi_0(\zeta) C_{\tilde{\omega}}(z, \zeta) d\sigma(\zeta).$$

Кроме того,

$$\|\varphi_0\|_{H^2} = \|f\|_{2, \omega}. \quad (8)$$

Отметим, что в случае, когда $\omega(x) = n \int_x^1 t^{n-1} (1-t)^\alpha dt$ ($\alpha > -1$), соответствующее пространство A_ω^p , следуя [2], будем обозначать через $H^p(\alpha)$. Ввиду (6) условие (2) записывается в виде

$$\|f\|_{H^p(\alpha)} = \left\{ \int_B (1-|w|^2)^\alpha |f(w)|^p dv(w) \right\}^{1/p} < +\infty.$$

Если в теореме 3 взять

$$\tilde{\omega}(x) = \frac{\Gamma(n + \frac{\alpha+1}{2})}{\Gamma(n)\Gamma(\frac{\alpha+1}{2})} \int_x^1 t^{n-1} (1-t)^{[(\alpha-1)/2]} dt,$$

то $A_\omega^2 = H^2(\alpha)$. Поэтому из теоремы 3 вытекает

Теорема 4. Пусть функция $f(z)$ принадлежит классу $H^2(\alpha)$, ($\alpha > -1$). Тогда функция

$$\varphi_0(z) = \frac{\Gamma(n + \frac{\alpha+1}{2})}{\Gamma(n)\Gamma(\frac{\alpha+1}{2})} \int_0^1 f(tz) t^{n-1} (1-t)^{[(\alpha-1)/2]} dt$$

принадлежит $H^2(B)$ и имеет место интегральное представление

$$f(z) = \int_S \frac{\varphi_0(\zeta) d\sigma(\zeta)}{(1-\langle z, \zeta \rangle)^{n+[(\alpha+1)/2]}}.$$

Теорема 4 является многомерным аналогом теоремы V из [2], при $\alpha = 0$ установленной М. В.

Келдышем.

Введем в рассмотрение оператор

$$K_{\tilde{\omega}} \varphi(z) = \int_S \varphi(\zeta) C_{\tilde{\omega}}(z, \zeta) d\sigma(\zeta).$$

Теорема 5. *Функции класса $A_{\tilde{\omega}}^2$ представимы в виде*

$$f(z) = K_{\tilde{\omega}} \varphi(z),$$

где φ - произвольная функция из $L^2(S)$.

Следующая теорема, относящаяся к свойствам оператора $K_{\tilde{\omega}}$, дополняет утверждения теорем 3 и 5.

Теорема 6. *Оператор $K_{\tilde{\omega}}$ обладает следующими свойствами:*

1° $K_{\tilde{\omega}}$ является линейным ограниченным оператором с областью определения $L^2(S)$ и областью значений $A_{\tilde{\omega}}^2(B)$.

2° Сужение $K_{\tilde{\omega}}$ на $H^2(S)$ является изометрией между $H^2(S)$ и $A_{\tilde{\omega}}^2(B)$, при этом обратным оператором этой изометрии является $L_{\tilde{\omega}}$.

3° Ядром $K_{\tilde{\omega}}$ служит ортогональное дополнение к $H^2(S)$, т. е.

$$\text{Ker } K_{\tilde{\omega}} \stackrel{\text{def}}{=} \{\varphi \in L^2(S): K_{\tilde{\omega}} \varphi = 0\} = H_{\perp}^2(S),$$

где $H_{\perp}^2(S) \oplus H^2(S) = L^2(S)$.

4° $\|K_{\tilde{\omega}}\| = 1$, а точнее $\|K_{\tilde{\omega}} \varphi\|_{A_{\tilde{\omega}}^2(B)} \leq \|\varphi\|_{L^2(S)}$, где знак равенства имеет место в том и только в том случае, если $\varphi \in H^2(S)$.

5° φ_0 минимизирует $\|\varphi\|_{L^2(S)}$ на множестве всех функций φ , для которых $K_{\tilde{\omega}} \varphi = K_{\tilde{\omega}} \varphi_0$.
Иными словами

$$\|\varphi_0\|_{L^2(S)} = \min_{\varphi_1 \in H_{\perp}^2} \|\varphi_0 + \varphi_1\|_{L^2(S)}.$$

Ереванский государственный университет

Литература

1. *Джрбашян М. М.* - ДАН АрмССР. 1945. Т. 3. N I. С. 3-9.
2. *Джрбашян М. М.* - Сообщ. Ин-та матем. и мех. АН АрмССР. 1948. Т. 2. С. 3-40.
3. *Jerbashian A.M.* - Preprint 2002-01. December 12. 2002. Institute of Mathematics. NAS of Armenia.
4. *Джрбашян А. М., Аветисян К. Л.* ДНАН Армении. 2002. Т. 102. N 2. С. 105-112.
5. *W. Rudin* Function theory in the Unit Ball of $\mathbb{C}^n$. Springer-Verlag. N. Y. 1980. Рус. пер: У. Рудин. Теория функций в единичном шаре из $\mathbb{C}^n$. М. Мир. 1984. 445 с.

Ա. Ի. Պետրոսյան

C^n - ի միավոր գնդում հոլոմորֆ ֆունկցիաների կշռային դասերի վերաբերյալ

Հոդվածում բերված են A_ω^p դասերի ընդհանուր տեսության հիմնական արդյունքները C^n բազմաչափ տարածության միավոր գնդում: Միավոր գնդում հոլոմորֆ ֆունկցիաների դիտարկված A_ω^p կշռային տարածությունները կամայապես լայն են, քանզի կախված են $\omega(x)$ ($0 \leq x < 1$) ֆունկցիա-պարամետրից, որը կարող է կամայական արագությամբ նվազել երբ $x \rightarrow 1$:

Բերված թեորեմները Մ. Մ. Ջրբաշյանի 1945-1948թթ. այն արդյունքների բազմաչափ ω -համանմաններն են, որոնք սկզբնավորել են A_ω^p (սկզբնական նշանակումով $H^p(\alpha)$) դասերի տեսությունը միավոր շրջանում:

Կիրառված անալիտիկ ապարատը թույլ է տվել միավոր գնդի վրա տարածել [3]-ում (տես նաև [4]) կիրառված միաչափ ընդհանուր տեսությունը, ու հոդվածը պարունակում է ստացված առաջին, հիմնական արդյունքները:

УДК 517.53

А. М. Джрбашян

О весовых пространствах целых функций, суммируемых по комплексной плоскости

(Представлено академиком В. С. Захаряном 2/V 2003)

Статья усиливает результаты М. М. Джрбашяна [1] о весовых пространствах целых функций, интегрируемых по площади всей комплексной плоскости. Даны теоремы представления во сколь угодно широких банаховых пространствах целых функций. Полученная явная формула для изометрии между пространством Харди H^2 и рассматриваемыми пространствами позволяет преобразовывать известные в H^2 предложения в такие же предложения во сколь угодно широких гильбертовых пространствах целых функций. Статья является продолжением работы [2].

1. Представления во всей комплексной плоскости.

1.1. Ниже мы будем рассматривать пространства $A_\omega^p(\mathbb{C})$ ($1 \leq p < +\infty$) целых функций $F(z)$, удовлетворяющих условию

$$\|F\|_{p,\omega} = \left\{ \frac{1}{2\pi} \iint_{\mathbb{C}} |F(\zeta)|^p d\mu_\omega(\zeta) \right\}^{1/p} < +\infty,$$

где $d\mu_\omega(\rho e^{i\theta}) = -d\omega(\rho^2)d\theta$, а $\omega \in \Omega_A^\infty$, т.е. функция $\omega(x)$ строго убывает на всей полуоси $[0, +\infty)$ и такова, что $\omega(0) = 1$ и

$$\Delta_n^\infty(\omega) = - \int_0^{+\infty} t^n d\omega(t) < +\infty \quad \text{при } n = 0, 1, 2, \dots$$

Через $L_\omega^p(\mathbb{C})$ будем обозначать соответствующие лебеговы пространства.

Лемма 1.1. При любом $p \in [1, +\infty)$ сумма $\bigcup_{\omega \in \Omega_A^\infty} A_\omega^p(\mathbb{C})$ совпадает со множеством всех целых функций.

1.2. Заметив, что при вышеприведенных условиях $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|\Delta_n^R(\omega)|} = R^2$ при $\Delta_n^R(\omega) = - \int_0^{R^2} t^n |d\omega(t)|$ и любом $R \in (0, +\infty]$, приведем сначала следующую теорему о представлениях.

Теорема 1.1. Пусть $F(z) \in A_{\omega}^2(C)$ ($\omega \in \Omega_A^{\infty}$). Тогда в любой точке $z \in C$

$$F(z) = \frac{1}{2\pi} \iint_C F(\zeta) C_{\omega}^{\infty}(z, \bar{\zeta}) d\mu_{\omega}(\zeta) = -\overline{F(0)} + \frac{1}{\pi} \iint_C \{ \operatorname{Re} F(\zeta) \} C_{\omega}^{\infty}(z, \bar{\zeta}) d\mu_{\omega}(\zeta),$$

где $C_{\omega}^{\infty}(z) = \sum_{n=0}^{\infty} z^n / \Delta_n^{\infty}(\omega)$ - ядро типа Коши из [3].

Замечание 1.1. При $\omega \in \Omega_A^{\infty}$ множество функций

$$e_n(z) = \frac{z^n}{\sqrt{\Delta_n^{\infty}(\omega)}}, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

является ортогональным базисом пространства $A_{\omega}^2(C)$. Кроме того, справедлива

Теорема 1.2. Если $\omega \in \Omega_A^{\infty}$, то для ортогональной проекции $L_{\omega}^2(C)$ на $A_{\omega}^2(C)$ верна формула

$$P_{\omega} f(z) = \frac{1}{2\pi} \iint_C f(\zeta) C_{\omega}^{\infty}(z, \bar{\zeta}) d\mu_{\omega}(\zeta), \quad z \in C, \quad f \in L_{\omega}^2(C).$$

1.3. При параметр-функциях $\omega(x)$ определенного типа следующая теорема устанавливает явные представления для действующего между пространством H^2 Харди и $A_{\omega}^2(C)$ изометрического оператора и его обратного.

Теорема 1.3. Пусть функция $\omega \in \Omega_A^{\infty}$ непрерывно дифференцируема в $[0, +\infty)$ и такова, что $\omega(+\infty) = 0$, производная $\omega'(x) < 0$ и ограничена в $[0, +\infty)$, а также

$$-\infty < \int_0^{+\infty} \frac{d\omega(t)}{t} < 0.$$

Тогда функция

$$\tilde{\omega}(x) = - \int_0^{+\infty} \omega\left(\frac{x}{t}\right) d\omega(t), \quad 0 < x < +\infty,$$

принадлежит Ω_A^{∞} , и $A_{\tilde{\omega}}^2(C)$ совпадает со множеством всех функций, представимых в виде

$$F(z) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \varphi(e^{i\vartheta}) C_{\omega}^{\infty}(ze^{-i\vartheta}) d\vartheta, \quad z \in \mathbb{C}, \quad \varphi(e^{i\vartheta}) \in L^2[0, 2\pi]. \quad (1.1)$$

Для любого $F(z) \in A_{\omega}^2(\mathbb{C})$ существует единственная функция $\varphi_0(z) \in H^2$ такая, что (1.1) верно с $\varphi_0(e^{i\vartheta})$. Эта функция задается формулой

$$\varphi_0(z) = L_{\omega}^{\infty} F(z) = - \int_0^{+\infty} F(tz) d\omega(t), \quad |z| < 1.$$

Кроме того, $\|\varphi_0\|_{H^2}^2 = \|F\|_{2, \omega}^2$, и $\varphi - \varphi_0 \perp H^2$ для любого $\varphi(e^{i\vartheta}) \in L^2[0, 2\pi]$, с которым верно (1.1).

Оператор L_{ω} является изометрией $A_{\omega}^2(\mathbb{C}) \rightarrow H^2$, и интеграл (1.1) задает $(L_{\omega})^{-1}$ на H^2 .

Замечание 1.2. Пространства $A_{\omega}^2(\mathbb{C})$, рассматриваемые в теореме 1.3, исчерпывают все целые функции.

1.4. В общем случае $1 \leq p < +\infty$ верна следующая теорема о представлении функций из $A_{\omega}^p(\mathbb{C})$ интегралом по окружности $|z|=1$.

Теорема 1.4. Пусть $1 \leq p < +\infty$, $\omega(x) \in \Omega_{\mathbb{A}}^{\infty}$ и $\bigvee_0^{\infty} \omega = 1$. Тогда любая функция $F(z) \in A_{\omega}^p(\mathbb{C})$ представима в виде

$$F(z) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} C_{\omega_1}(ze^{-i\vartheta}) \varphi(e^{i\vartheta}) d\vartheta, \quad |z| < 1, \quad (1.2)$$

где $\omega_1(x) = \omega(x^2)$, а $\varphi(z) = L_{\omega_1} F(z) \in H^p$. При этом $\|L_{\omega_1}\| \leq 1$ в A_{ω}^p , и (1.2) задает $L_{\omega_1}^{-1}$ на множестве $L_{\omega_1} A_{\omega}^p(\mathbb{C})$.

1.4. Особо отметим, что утверждения теоремы 1.3 верны, когда

$$\omega'(x) = -C_0 e^{-\gamma x^p} x^{\mu p - 1} \quad (0 < x < +\infty, \quad \gamma, p, \mu > 0), \quad C_0 = \left[\int_0^{+\infty} e^{-\gamma x^p} x^{\mu p - 1} dx \right]^{-1},$$

несмотря на то, что в этом случае не выполнены условия на $\tilde{\omega}'(x)$, обеспечивающие включение $\omega(x) \in \Omega_{\mathbb{A}}^{\infty}$ теоремы 1.3. А именно, имеет место следующее усиление теоремы XIV₁ из [1].

Теорема 1.5. Гильбертово пространство целых функций, определенных условием

$$\|F\| = \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_0^{+\infty} d\vartheta \int_0^{2\pi} |F(re^{i\vartheta})|^2 e^{-2\gamma r^\rho} r^{2\mu\rho-\rho/2-1} dr \right\}^{1/2} < +\infty, \quad (1.3)$$

где $\gamma, \rho, \mu > 0$ - любые числа, совпадает со множеством всех функций, представимых в виде

$$F(z) = \frac{\rho\gamma^\mu}{2\pi} \int_0^{2\pi} E_\rho(\gamma^{1/\rho} z e^{-i\vartheta}, \mu) \varphi(e^{-i\vartheta}) d\vartheta, \quad z \in \mathbb{C}, \quad \varphi(e^{-i\vartheta}) \in L^2[0, 2\pi], \quad (1.4)$$

где

$$E_\rho(z, \mu) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{\Gamma(\mu + k/\rho)}$$

- общеизвестная функция типа Миттаг-Леффлера.

Для любого $F(z)$ из пространства (1.3) существует единственная функция $\varphi_0(z) \in H^2$ такая, что (1.4) верно с $\varphi_0(e^{i\vartheta})$. Эта функция задается формулой

$$\varphi_0(z) = \int_0^{+\infty} F(tz) e^{-\gamma t^\rho} t^{\mu\rho-1} dt, \quad |z| < 1.$$

Кроме того, $\|\varphi_0\|_{H^2}^2 = \|F\|^2$, и $\varphi - \varphi_0 \perp H^2$ для любого $\varphi(e^{-i\vartheta}) \in L^2[0, 2\pi]$, с которым верно (1.4).

2. Биортогональные системы функций в A_ω^2 .

Установленные в теоремах 1.3 и 1.5 формулы для изометрий между H^2 ($|z| < 1$) и пространствами $A_\omega^2(\mathbb{C})$ предоставляют возможность легко переводить известные в пространстве Харди H^2 факты в аналогичные предложения в $A_\omega^2(\mathbb{C})$.¹ В частности, результаты М. М. Джрбашяна и Г. М. Айрапетяна [4-6] о биортогональных системах функций в H^2 переводятся в аналогичные утверждения для $A_\omega^2(\mathbb{C})$.

Мы будем рассматривать случай простых узлов интерполяции, т.е. будем полагать, что $\{\alpha_j\}_1^\infty$ - последовательность попарно различных чисел в $|z| < 1$, подчиненная условию Бляшке

$$\sum_{j=1}^{\infty} (1 - |\alpha_j|) < +\infty. \quad (2.1)$$

Далее, будем полагать, что $\{\alpha_j\}_1^\infty \in \Delta$, если последовательность $\{\alpha_j\}_1^\infty$ равномерно отделена,

т.е.

$$\inf_{k \geq 1} \prod_{j=1, j \neq k} \left| \frac{\alpha_j - \alpha_k}{1 - \alpha_j \alpha_k} \right| = \delta > 0.$$

Введем также произведение Бляшке с нулями в $\{\alpha_j\}_1^\infty$:

$$B(z) = \prod_{j=1}^{\infty} \frac{\alpha_j - z}{1 - \alpha_j z} \frac{|\alpha_j|}{\alpha_j}.$$

Полагая, что всюду ниже функции $\tilde{\omega}(x)$ и $\omega(x)$ таковы, как в теореме 1.3 либо в теореме 1.5, для изометрий $H^2 \rightarrow A_{\tilde{\omega}}^2(C)$ этих теорем введем обозначение

$$T_{\omega}^{\infty}(f(z)) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(e^{i\theta}) C_{\omega}^{\infty}(ze^{i\theta}) d\theta, \quad |z| < 1, \quad (T_{\omega} = (L_{\omega}^{\infty})^{-1}).$$

Тогда хорошо известное неравенство Шапиро - Шилдса [7] запишется в нижеприводимом виде.

Предложение 2.1. Если $\{\alpha_k\}_1^\infty \in \Delta$, то для любого $F(z) \in A_{\tilde{\omega}}^2(C)$

$$\sum_{j=1}^{\infty} (1 - |\alpha_j|^2) |L_{\omega}^{\infty} F(\alpha_j)|^2 \leq C \|F\|_{\tilde{\omega}, 2}^2,$$

где C - постоянная.

Ниже приведем ряд предложений, в основном следуя порядку изложения [6]. Однако сначала обозначим

$$r_k(z) = \frac{1}{1 - \alpha_k z} \quad \Omega_k(z) = \frac{B(z)}{z - \alpha_k}.$$

Далее, отметим следующие формулы для систем целых функций $T_{\omega}^{\infty}(r_k(z)) = r_{k,\omega}^{\infty}(z)$ и $T_{\omega}^{\infty}(\Omega_k(z)) = \Omega_{k,\omega}^{\infty}(z)$ ($k = 1, 2, \dots$):

$$r_{k,\omega}^{\infty}(z) = C_{\omega}^{\infty}(\overline{\alpha_k} z) \text{ и } \Omega_{k,\omega}^{\infty}(z) = \lim_{\rho \rightarrow 1-0} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n \rho^n}{\Delta_n(\omega)} \sum_{m=0}^{\infty} \alpha_k^m \rho^{m+1} b_{n+m+1}, \quad (2.2)$$

где b_n - коэффициенты разложения $B(z) = \sum_{n=0}^{\infty} b_n z^n$ ($|z| < 1$).

Предложение 2.2. Если последовательность $\{\alpha_k\}_1^{\infty}$ не подчинена условию Бляшке, т.е. ряд (2.1) расходится, то обе системы (2.2) полны в $A_{\omega}^2(C)$.

Теперь через $\lambda_{2,\omega}^{\infty}\{\alpha_k\}$ обозначим множество всех функций $F(z) \in A_{\omega}^2(C)$, для которых граничные значения $L_{\omega}^{\infty} F(z)$ почти всюду на $|z|=1$ совпадают с граничными значениями $\psi(z)/B(1/z)$ для некоторых $\psi(z) \in H^2$, $\psi(0) = 0$.

Предложение 2.3. Функции систем (2.2) принадлежат $\lambda_{2,\omega}^{\infty}\{\alpha_k\}$, и системы (2.2) биортогональны в $A_{\omega}^2(C)$, т.е.

$$(r_{k,\omega}^{\infty}, \Omega_{k,\omega}^{\infty})_{\omega} = \iint_C (r_{k,\omega}^{\infty}(\zeta) \overline{\Omega_{k,\omega}^{\infty}(\zeta)}) d\mu_{\omega}(\zeta) = \begin{cases} 1 & \text{при } v = k, \\ 0 & \text{при } v \neq k. \end{cases}$$

Предложение 2.4. Пусть $F(z) \in A_{\omega}^2(C)$. Тогда $F(z) \in \lambda_{2,\omega}^{\infty}\{\alpha_k\}$ в том и только том случае, когда

$$\int_{|\zeta|=1} \frac{L_{\omega}^{\infty} F(\zeta)}{B(\zeta)} \frac{d\zeta}{\zeta-z} = 0, \quad z \in C.$$

Предложение 2.5. Любая функция $f(z) \in A_{\omega}^2(C)$ представима в виде

$$f(z) = f_1(z) + f_2(z), \quad \|f\|^2 = \|f_1\|^2 + \|f_2\|^2,$$

где $f_1(z) \in \lambda_{2,\omega}^{\infty}\{\alpha_k\}$ и

$$f_2(z) = T_{\omega}(B(z)g(z)) \in A_{\omega}^2(C), \quad g(z) = \frac{1}{2\pi} \int_{|\zeta|=1} \frac{L_{\omega}^{\infty} f(\zeta)}{B(\zeta)} \frac{d\zeta}{\zeta-z} \in H^2.$$

Предложение 2.6. Если $\{\alpha_k\}_1^{\infty} \in \Delta$, а последовательность $\{w_k\}_1^{\infty}$ подчинена условию

$$\sum_{k=1}^{\infty} (1-|\alpha_k|)|w_k|^2 < +\infty,$$

то существует единственная функция $F(z) \in \lambda_{2,\omega}^{\infty} \{\alpha_k\}$ такая, что

$$L_{\omega}^{\infty} F(\alpha_k) = w_k, \quad k = 1, 2, \dots \quad (2.3)$$

Эта функция представима в виде

$$F(z) = \sum_{k=1}^{\infty} w_k \Omega_{k,\omega}^{\infty}(z), \quad z \in \mathbb{C},$$

где ряд сходится по норме A_{ω}^2 . Функция же $F(z)$ - решение интерполяционной задачи (2.3) с минимальной нормой.

Предложение 2.7. Множества $\{(1-|\alpha_k|^2)^{1/2} r_{k,\omega}^{\infty}(z)\}_{k=1}^{\infty}$ и $\{(1-|\alpha_k|^2)^{-1/2} \Omega_{k,\omega}^{\infty}(z)\}_{k=1}^{\infty}$ являются безусловными базисами в $\lambda_{2,\omega}^{\infty} \{\alpha_k\}$ в том и только том случае, когда $\{\alpha_k\}_{k=1}^{\infty} \in \Delta$.

Предложение 2.8. Если $\{\alpha_k\}_{k=1}^{\infty} \in \Delta$, то любая функция $F(z) \in \lambda_{2,\omega}^{\infty} \{\alpha_k\}$ допускает разложения

$$F(z) = \sum_{k=1}^{\infty} c_k(F) r_{k,\omega}^{\infty}(z) = \sum_{k=1}^{\infty} L_{\omega}^{\infty} F(\alpha_k) \Omega_{k,\omega}^{\infty}(z), \quad z \in \mathbb{C}, \quad c_k(F) = (F, \Omega_{k,\omega}^{\infty})_{\tilde{\omega}},$$

сходящиеся по норме в $A_{\tilde{\omega}}^2(\mathbb{C})$.

Замечание. Рассмотренные выше биортогональные системы качественно разнятся от тех, которые были рассмотрены А. Ф. Леонтьевым [8].

Институт математики НАН РА

Литература

1. Джрбашян М. М.- Сообщ. Ин-та матем. и мех. АН АрмССР. 1948. Т. 2. С. 3 - 40.
2. Джрбашян А. М., Аветисян К. Л.- ДНАН Армении. 2002. Т. 102. № 2. С. 105 - 112.
3. Джрбашян М. М.- Изв. АН АрмССР. Математика. 1970. Т. 5. № 6. С. 453 - 485.
4. Джрбашян М. М.- Изв. АН АрмССР. Математика. 1973. Т. 8. № 5. С. 384 - 409.
5. Джрбашян М. М.- Изв. АН Арм. ССР. Математика. 1974. Т. 9. № 5. С. 339 - 373.

6. Айрапетян Г. М.- Изв. АН АрмССР. Математика. 1975. Т. 10. № 2. С. 133 - 152.
7. Shapiro H., Shields A.- Amer. J. Math. 1961. V. 83. P. 513 - 532.
8. Леонтьев А. Ф. Обобщения рядов экспонент. М. Наука. 1981.

Footnotes:

¹Следует отметить, что то же самое верно в отношении рассмотренных в теореме 1.2 из [2] изометрий между H^2 и пространствами A_{ω}^2 в $|z| < 1$.

Ա. Մ. Ջրբաշյան

Կոմպլեքս հարթության մակերեսով հանրագումարելի ամբողջ ֆունկցիաների կշռային տարածությունների մասին

Հոդվածն ուժեղացնում է կոմպլեքս հարթության մակերեսով ինտեգրելի ամբողջ ֆունկցիաների տարածություններին վերաբերող Ա. Մ. Ջրբաշյանի [1] արդյունքները: Ստացված են ներկայացման թեորեմներ ամբողջ ֆունկցիաների կամայապես լայն բանախյան տարածությունների համար: Գնտված է բանաձև Հարդիի H^2 տարածության ուղիտարկված տարածությունների միջև գործող իզոմետրիայի համար, որը թույլ է տալիս ձևափոխել H^2 -ում հայտնի արդյունքները նմանատիպ պնդումների ամբողջ ֆունկցիաների կամայապես լայն հիլբերտյան տարածություններում: Հոդվածը [2] աշխատանքի շարունակությունն է:

А. А. Григорьянц

Об одном случае достижимости границы расстояния для фрактальных кодов

(Представлено академиком А. А. Талаляном 7/V 2003)

В [1] предложена новая конструкция линейных двоичных кодов, исправляющих ошибки. Новый код получается из двух семейств кодов с помощью суммы соответствующих тензорных произведений. Получена также формула для размерности нового кода и верхняя граница для расстояния. Эти результаты будут кратко сформулированы ниже. Установление общих условий достижимости границы расстояния, по всей видимости, является трудной задачей. В настоящей статье рассмотрен случай, когда одно из семейств кодов является вложенным. В этом случае граница расстояния достигается. Указаны также некоторые примеры экстремальных фрактальных кодов на коротких составных длинах, полученные из вложенных семейств.

В данной статье под (n, k, d) -кодами понимаются линейные двоичные коды на длине n , размерности k , с минимальным расстоянием d , т.е. k -мерные подпространства арифметического линейного пространства F_2^n над полем $F_2 = \{0, 1\}$. Используется также терминология, принятая в алгебраической теории кодирования (мы следуем [2], см. также русский перевод [3]) и стандартные понятия линейной и тензорной алгебры. Пусть $C = \{C_i\}_{i=1}^s$ и $D = \{D_i\}_{i=1}^{s'}$ – два семейства линейных двоичных кодов на длине n и n' соответственно. В [1] были введены фрактальные коды, получающиеся с помощью семейств C , D по формуле

$$C \otimes D = C_1 \otimes D_1 + \dots + C_s \otimes D_{s'}, \quad (1)$$

т.е. являющиеся суммой тензорных произведений соответствующих кодов из семейств C и D . Формула (1) задает код на длине pn' .

Пусть $S = \{1; \dots; s\}$ – множество первых s натуральных чисел и $\alpha = \{i_1; \dots; i_r\} \subset S$ произвольное подмножество в S . Обозначим $|\alpha| = r$. Для произвольного семейства кодов $\{C_i\}_{i=1}^s$ введем в рассмотрение следующие коды:

$$\begin{aligned} C^\alpha &= \sum_{i \in \alpha} C_i \\ C_\alpha &= \bigcap_{i \in \alpha} C_i \end{aligned} \quad (2)$$

Таким образом, C^α и C_α – суть сумма и пересечение линейных подпространств, соответствующих мультииндексу α . Мы также пишем C_{12} для $C_1 \cap C_2$ и т. п. Параметры этих кодов мы будем обозначать $(n^\alpha, k^\alpha, d^\alpha)$ и $(n_\alpha, k_\alpha, d_\alpha)$ соответственно. Обозначим также $(n'^\alpha, k'^\alpha, d'^\alpha)$ и $(n'_\alpha, k'_\alpha, d'_\alpha)$ параметры соответствующих кодов для семейства D .

Семейство векторов $e = \{e_i\} \subset \cup C$ назовем базисом семейства подпространств C , если $C_\alpha \cap e$ – порождает C_α и, кроме того, является минимальным (в смысле частичного порядка, порождаемого отношением включения) семейством, обладающим указанным свойством. Легко видеть, что любое семейство подпространств обладает базисом, но базис семейства не всегда будет линейно независимым. Более детальное исследование свойств базисов семейств выходит за рамки настоящей статьи.

Семейство подпространств, для которого существует линейно независимый базис, назовем ациклическим.

Обозначим через α_a максимальный по мощности мультииндекс, для которого $a \in C_{\alpha_a}$. Очевидно, что этот мультииндекс определен однозначно. Для произвольного семейства векторов $a = \{a_i\}$ обозначим $\Psi(a) = \{\alpha_{a_i} \mid a_i \in a\}$. Пусть теперь Ψ – произвольное подмножество мультииндексов. Выбирая по одному элементу из каждого мультииндекса в Ψ мы получим некоторый мультииндекс. Множество всех таких мультииндексов обозначим Ψ^* .

В [1] показано, что в случае ациклических семейств C и D размерность кода (1) вычисляется по формуле

$$k = \sum_{\alpha} (-1)^{|\alpha|+1} k_{\alpha} k'_{\alpha} \quad (3)$$

Верхняя граница расстояния кода (1) имеет вид:

$$\delta \leq \min_{\alpha, \beta} (d_{\alpha} d'^{\alpha}, d^{\beta} d'_{\beta}) \quad (4)$$

где минимум берется по всем тем α и β , для которых подпространства C_{α} , D_{β} ненулевые.

Нижняя граница расстояния кода (1) имеет вид:

$$\delta \geq \max \left(\max_{\psi_0 \subset \Psi(e)} \left[\max_{\alpha \in \psi_0} (d_{\alpha} d'^{\alpha}) \max_{\beta \in \psi_0^*} d^{\beta} \right], \min_{\psi_0 \subset \Psi(g)} \left[\max_{\alpha \in \psi_0} d^{\alpha} \max_{\beta \in \psi_0^*} (d'_{\beta} d^{\beta}) \right] \right). \quad (5)$$

где Ψ_0 произвольное непустое подмножество $\Psi(e)$ (или $\Psi(g)$).

Семейство $\mathbf{C}$ назовем вложенным, если $C_i \subset C_{i+1}$ для всех тех i , для которых оба кода определены. Вложенное семейство, очевидно, ациклично.

Основным результатом настоящей статьи является следующая

Теорема 1. *Если одно из семейств $\mathbf{C}$, $\mathbf{D}$ вложено, а другое ациклично, то граница (4) достигается. Более того, верхняя граница (4) и нижняя граница (5) в этой ситуации совпадают.*

Для доказательства теоремы нам понадобится следующая

Лемма 1. *Если семейство $\mathbf{C}$ ациклично, то для произвольного вектора $x \in \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$ существует единственное представление:*

$$x = e_1 \otimes b_1 + \dots + e_r \otimes b_r, \quad (6)$$

где $e = \{e_i\}$ – базис в $\mathbf{C}$ и $b_i \in D^{\alpha_{e_i}}$.

Доказательство (см. также лемму 1 в [1]). Т. к. $x \in \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$, то x представляется в виде $x = x_1 + \dots + x_s$, где $x_i \in C_i \otimes D_i$, а каждый x_i согласно лемме 1 в [1] представляется в виде :

$$x_i = \sum_j e_i^j \otimes b_i^j,$$

где $e_i^j \in e \cap C_i$, а $b_i^j \in D_i$ для всех i, j . Группируя подобные члены (т.е. вынося за скобки одинаковые векторы e_i^j), получим представление вида (6), где, очевидно, $b_i \in D^{\alpha_{e_i}}$. Единственность следует из того, что для любого вектора $y = \sum_i a_i \otimes b_i$ из линейной независимости векторов a_i , следует, что равенство нулю y равносильно равенству нулю всех b_i .

Пусть теперь, скажем, семейство $\mathbf{C}$ ациклично, а семейство $\mathbf{D}$ вложено. Для произвольного вектора $x \in \mathbf{C} \otimes \mathbf{D}$ проверим выполнение обратного неравенства в (4). Во-первых, отметим, что из леммы 1 следует существование для вектора x представления вида:

$$x = e_1 \otimes b_1 + \dots + e_r \otimes b_r,$$

где e_i – базис в $\mathbf{C}$, а $b_i \in D_{p_i}$, где p_i – максимальный индекс, для которого $e_i \in C_{p_i}$. Введем в рассмотрение мультииндекс $\pi = \{p_i\}$. Пусть также $p = \min \pi$. Тогда вес вектора $b = \cup_i b_i$ не меньше, чем d^p (расстояние кода D_p). Напомним, что вектор $e_i \otimes b_i$ можно представить как матрицу, у которой строки, соответствующие ненулевым позициям вектора b_i , совпадают с вектором e_i , а остальные строки нулевые. Соответственно вектор x представляется как сумма матриц такого вида и, следовательно, строки вектора x , соответствующие ненулевым позициям вектора b , являются линейными комбинациями векторов e_i и имеют вес не меньший, чем d^π . Таким образом, вес вектора x не меньше, чем $d^\pi d'_\pi$.

Покажем теперь совпадение нижней границы (5) и верхней границы (4).

В данном случае, $\Psi(g) = \{\{123\dots s\}, \{23\dots s\}, \dots, \{s\}\}$. Пусть $\max_{\alpha \in \Psi_0} d^\alpha$ достигается на некотором $\alpha_0 \in \Psi_0$ и, скажем, $\alpha_0 = \{i_0; \dots; s\}$. Заметим, что в этом случае можно считать $\min_{\alpha \in \Psi_0} |\alpha| = |\alpha_0|$ и, следовательно, $i_0 \in \alpha$ для любого $\alpha \in \Psi_0$. Из сказанного можно заключить, что $\beta_0 = \{i_0\} \in \Psi_0^*$, а, значит, $\max_{\beta \in \Psi_0^*} d'^\beta \geq d'_{i_0} = d'_{\alpha_0}$, откуда окончательно получаем

$$(\max_{\alpha \in \Psi_0} d^\alpha) (\max_{\beta \in \Psi_0^*} d'^\beta) \geq d^{\alpha_0} d'_{\alpha_0}$$

что завершает доказательство теоремы.

Следствие 1. Если C и D – два вложенных семейства кодов, то для размерности и расстояния кода:

$$E = C_1 \otimes D_s + C_2 \otimes D_{s-1} + \dots + C_s \otimes D_1 \quad (7)$$

верны формулы

$$k = k_1 k'_s + (k_2 - k_1) k'_{s-1} + \dots + (k_s - k_{s-1}) k'_1$$

$$\delta = \min_i (d_i d_{s-i+1})$$

Пример 1. (32, 16, 8)-код.

Рассмотрим два вложенных семейства кодов: $C_1 \subset C_2 \subset C_3$ и $D_1 \subset D_2 \subset D_3$ со следующими параметрами:

код	(n, k, d)	код	(n, k, d)
C_1	(4,1,4)	D_1	(8,1,8)
C_2	(4,3,2)	D_2	(8,4,4)
C_3	(4,4,1)	D_3	(8,7,2)

Все коды определены однозначно, кроме кода D_2 , который может быть выбран произвольно. Согласно следствию 1, код, определенный формулой (7) является (32, 16, 8)-кодом. Этот код эквивалентен коду Рида-Маллера $\mathcal{R}(\nabla, \epsilon)$ и является экстремальным.

Пример 2. (28, 22, 4)-код.

Рассмотрим два вложенных семейства кодов (см. пример 4 в [1]): $C_1 \subset C_2 \subset C_3$ и $D_1 \subset D_2 \subset D_3$ со следующими параметрами

код	(n, k, d)	код	(n, k, d)
C_1	(7,3,4)	D_1	(4,1,4)
C_2	(7,6,2)	D_2	(4,3,2)
C_3	(7,7,1)	D_3	(4,4,1)

Согласно следствию 1, код, определенный формулой (7), является (28, 22, 4)-кодом. Этот код также является экстремальным.

Российско-Армянский (Славянский) государственный университет

Литература

1. Григорьянц А. А. Известия НАН Армении. Математика. 2003. М1.
2. MacWilliams F.J., Sloane N.J. – The Theory of Error-correcting Codes. Bell Laboratories Murray Hill NJ 07974 U.S.A. 1977.
3. Мак-Вильямс Ф. Дж., Слоэн Н. Дж. – Теория кодов, исправляющих ошибки. М. Связь. 1979.

Ա. Ա. Գրիգորյանց

Ֆրակտալ կոդերի հեռավորությաներին եզրի հասանելիության մասին

Ֆրակտալ կոդերը հեղինակը ներկայացնում է նախորդ աշխատության մեջ, որտեղ նաև նշվել են այդ կոդերի հեռավորության վերին և ստորին եզրերը և դրվել է վերին եզրին հասնելու, ինչպես նաև վերին և ստորին եզրերի համընկնելու ընդհանուր պայմանները գտնելու խնդիրը: Սույն հոդվածում ցույց է տրվել, որ հեռավորության վերին եզրը հավասար է (իսկ ստորին համընկնում է վերինի հետ) ներդրված կոդերի ընտանիքի համար, և բերված են որոշ օրինակներ փոքր երկարությունների համար:

УДК 624.

Академик Э. Е. Хачиян, Л. А. Мовсисян

К постановке задачи о сейсмической защите сооружения путем применения активных внешних сил

(Представлено 14/X 2002)

Во время землетрясения основание сооружения вместе с фундаментом подвергаются вынужденным динамическим перемещениям. Вследствие этого в сооружение генерируются горизонтальные силы инерции, которые становятся причиной его повреждений. Возникает естественный вопрос: нельзя ли заранее установить в сооружении возбудитель колебаний, включающийся в момент начала землетрясения и вызывающий в нем горизонтальные силы противоположного инерционным сейсмическим силам направления и тем самым полностью или частично нейтрализующий сейсмическое воздействие на сооружение. Аналогичную цель преследует известная задача о гашении колебаний при землетрясении путем создания в сооружении специального колебательного устройства (гасителя колебаний), поглощающего некоторую часть энергии колеблющегося от землетрясения сооружения и обеспечивающего снижение уровня воздействия сейсмических инерционных сил на основные несущие элементы сооружения. Этот способ в теории сейсмостойкости получил название "гаситель пассивной массы". Разница между двумя постановками задачи заключается в том, что в предлагаемом варианте в сооружении необходимо возбуждать активное силовое воздействие (за счет внешнего источника энергии) на протяжении всего землетрясения, т.е. в некотором смысле в этом случае имеем дело с задачами управления нерегулярными колебаниями механических систем. Известно много вариантов эффективного практического использования метода гасителя колебания для уменьшения уровня сейсмического воздействия на жилые здания, мосты и другие сооружения, а также исследований, ставящих задачи, близкие к вышеуказанной, но с применением дополнительных установок для фильтрации акселерограммы грунта и повышения поглощающей способности сооружения. Обзор таких исследований приведен в работе [1].

Ниже рассматривается постановка задачи в указанном выше смысле в самом общем случае. Как обычно, будем считать, что расчетная схема сооружения представляет из себя консольный брус с сосредоточенными массами m_k (рис. 1). При предположении о сдвиговом характере деформирования сооружения (сосредоточенные массы совершают плоско-параллельные движения в горизонтальном направлении без поворота) дифференциальные уравнения вынужденных колебаний при движении основания по произвольному закону $y_0(t)$ и при одновременном синхронном приложении внешних активных сил $F_k(t)$ к каждой массе m_k будет иметь вид [2]

$$-m_k(y_0 - y_k)'' + a_k(y_k - y_{k-1}) + \mu_k \omega^{-1} a_k(y_k - y_{k-1})' -$$

$$-a_{k+1}(y_{k+1} - y_k) - \mu_{k+1}\omega^{-1}a_{k+1}(y_{k+1} - y_k)' + F_k(t) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где y_k - относительное перемещение (деформации) масса, a_k - жесткость k -ого этажа, μ - коэффициент вязкого сопротивления k -ого этажа, ω - круговая частота свободных колебаний сооружения.

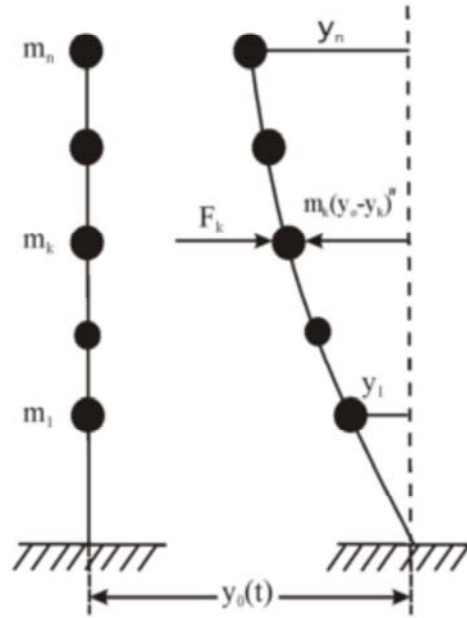


Рис. 1

В результате решения системы дифференциальных уравнений (1) методом, изложенным в [2] (при постоянстве коэффициента вязкого сопротивления $\mu_k = \text{const}$ для всех этажей), для относительных перемещений y_k получим

$$y_k(t) = \sum_{i=1}^n \eta_{ki} \frac{1}{\omega_i} \int_0^t e^{-(\mu\omega_i(t-\tau))/2} y_0''(\tau) \sin\omega_i(t-\tau) d\tau -$$

$$- \sum_{i=1}^n \eta_{ki}^* \frac{1}{\omega_i} \int_0^t e^{-(\mu\omega_i(t-\tau))/2} \left[\sum_{j=1}^n c_{ji} F_j(\tau) \right] \sin\omega_i(t-\tau) d\tau, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

где c_{ji} - амплитуды j -ой массы сооружения по i -ой форме свободных колебаний, ω_i - круговая частота i -ой формы свободных колебаний, а через η_{ki} и η_{ki}^* обозначены

$$\eta_{ki} = c_{ki} \frac{\sum_{j=1}^n c_{ji} m_j}{\sum_{j=1}^n c_{ji}^2 m_j}, \quad \eta_{ki}^* = \frac{c_{ki}}{\sum_{j=1}^n c_{ji} m_j}. \quad (3)$$

Теперь задача управления в общем случае должна состоять в следующем: подобрать неизвестные активные силы $F_k(t)$ таким образом, чтобы значения перемещений $y_k(t)$ по (2) превратились в нули или оказались значительно меньше, чем без приложения активных сил $F_k(t)$, т.е. при обычном сейсмическом воздействии. Следовательно, активные силы $F_k(t)$ должны вычисляться из следующих систем n дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \eta_{ki} \frac{1}{\omega_i} \int_0^t e^{-[(\mu\omega_i(t-\tau))/2]} y''_0(\tau) \sin\omega_i(t-\tau) d\tau - \\ & - \sum_{i=1}^n \eta_{ki}^* \frac{1}{\omega_i} \int_0^t e^{-[(\mu\omega_i(t-\tau))/2]} \left[\sum_{j=1}^n c_{ji} F_j(\tau) \right] \sin\omega_i(t-\tau) d\tau = \\ & = \alpha_k \sum_{i=1}^n \eta_{ki} \frac{1}{\omega_i} \int_0^t e^{-\alpha_k [(\mu\omega_i(t-\tau))/2]} y''_0(\tau) \sin\omega_i(t-\tau) d\tau \quad k = 1, 2, \dots, n, \end{aligned} \quad (4)$$

где $0 \leq \alpha_k < 1$ – отношение перемещений $y_k(t)$ с учетом активных сил к значениям тех же перемещений без их приложения (при отсутствии второго члена уравнения (2)). Или после несложных операций

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \frac{1}{\omega_i} \int_0^t e^{-[(\mu\omega_i(t-\tau))/2]} \left[\eta_{ki}^*(\tau) \sum_{j=1}^n c_{ji} F_j(\tau) + (\alpha_k - 1) \eta_{ki} y''_0(\tau) \right] \sin\omega_i(t-\tau) d\tau = 0, \\ & k = 1, 2, \dots, n, \end{aligned} \quad (5)$$

Так как из (3) следует, что

$$\eta_{ki}/\eta_{ki}^* = \sum_{j=1}^n c_{ji} m_j \quad (6)$$

условие (4) можно переписать в виде:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\eta_{ki}^*}{\omega_i} \int_0^t e^{-[(\mu\omega_i(t-\tau))/2]} \left[\sum_{j=1}^n c_{ji} F_j(\tau) + (\alpha_k - 1) y_0''(\tau) \sum_{j=1}^n c_{ji} m_j \right] \sin \omega_i(t - \tau) d\tau = 0, \quad (7)$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

Система уравнений (7) при $\alpha_k = \text{const}$ допускает следующее решение для неизвестных сил $F_k(t)$:

$$F_k(t) = -m_k(\alpha - 1) y_0''(t), \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

Как видно из (8), неизвестные силы $F_k(t)$ будут выражены через функции ускорения грунта (акселерограммы) $y_0''(t)$ с различными множителями в зависимости от величин масс m_k этажей. Это означает, что в принципе характер приложенных активных сил на всех уровнях сооружения будет одинаков и не будет отличаться от характера акселерограммы будущего землетрясения, эффект которого они призваны "смягчить" в целесообразной для безопасности сооружения степени. Это обстоятельство существенно облегчит задачу генерирования активных сил на разных уровнях сооружения, т.к. достаточно конструирования одного устройства с различными мощностями для каждого уровня, моделирующего активные силы как функции времени по акселерограмме, формулирующей на данной стройплощадке во время землетрясения. Причем следует отметить, что принципы такого устройства не будут отличаться от принципов, по которым конструируются современные мощные сейсмические платформы программного управления (по акселерограмме землетрясения). Разница будет заключаться в том, что в данном случае акселерограмма землетрясения нам заранее неизвестна. Ее необходимо получить в процессе самого землетрясения и мгновенно, с определенными масштабами (в зависимости от величины α), приложить на разных уровнях сооружения. Это означает, что информация о характере колебания грунта должна передаваться к установкам на этажах со скоростью, значительно превосходящей скорость распространения упругих поперечных колебаний в самом сооружении, чтобы обеспечить соответствующую синхронность воздействия землетрясения и активных внешних сил.

Возникает естественный вопрос: какое количество внешней энергии должно быть израсходовано для достижения нейтрализации реального сейсмического воздействия на сооружение с определенными динамическими характеристиками или его существенного "смягчения". Для этого вычислим величину кинетической энергии, накапливаемой в сооружении при его деформировании в процессе землетрясения (рис.1). Она будет выражаться формулой

$$E = \sum_{k=1}^n \frac{m_k}{2} (y'_k)^2, \quad (9)$$

где y'_k - скорость колебаний масс этажей.

Как видно из решения (2), при отсутствии активных сил и малых значений μ для y'_k будем иметь

$$y'_k \cong \sum_{i=1}^n \eta_{ki} \int_0^t e^{-[(\mu\omega_i(t-\tau))/2]} y''_0(\tau) \sin \omega_i(t-\tau) d\tau. \quad (10)$$

Второй множитель суммы (10)

$$v(T, \mu, t) = \int_0^t e^{-[(\mu\pi(t-\tau))/T]} y''_0(\tau) \sin \frac{2\pi}{T} (t-\tau) d\tau. \quad (11)$$

в теории сейсмостойкости называется спектром скоростей землетрясения [2], где $T = 2\pi/\omega$ - период свободных колебаний сооружения.

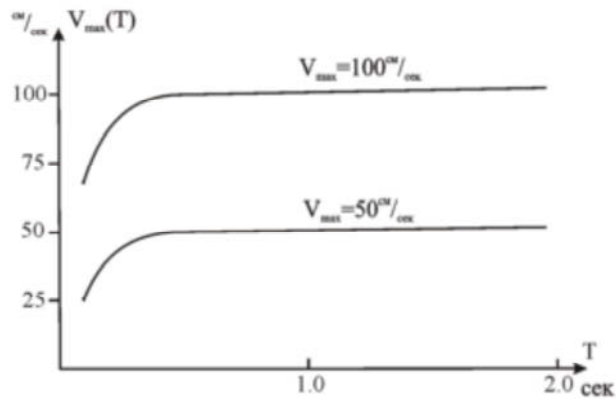


Рис. 2

На основании анализа большого числа землетрясений для спектра скоростей $v_{\max}(T)$ в настоящее время (для критического затухания $n = 0.02 - 0.04$; ($\mu = 0.04 - 0.08$)) принимается осредненная кривая, показанная на рис. 2. При этом кривая $v_{\max} = 50 \text{ см/с}$ соответствует умеренным землетрясениям с максимальным ускорением грунта $y''_{0\max}$ в пределах $0.1g-0.3g$, а кривая $v_{\max} = 100 \text{ см/сек}$ - сильным землетрясениям с максимальным ускорением грунта больше $0.3g$. Причем, как видно из рисунка, $v_{\max}$ почти не зависит от периода свободных колебаний сооружения T . Для малых значений (характер спектра $v_{\max}(T, \mu)$ очень нерегулярен, а при $\mu = 0$ величина $v_{\max}(T)$ может, особенно для малых T , в несколько раз превышать величины,

показанные на рисунке.

Если принимать, что упругое сооружение со многими степенями свободы обладает одинаковым коэффициентом затухания для всех форм колебаний и учитывать их ортогональность в виде [2]

$$\sum_{i=1}^n \eta_{ki} = 1, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (12)$$

то максимальная энергия, накапливаемая в сооружении в среднем(9), выразится формулой

$$E = \frac{M}{2} v_{\max}^2, \quad (13)$$

где М - вся масса сооружения. Как видим, величина этой энергии зависит не от размеров и конструктивного решения сооружения, а только от полной его массы и поглощающей способности.

Тип и конструктивное решение здания	Размеры, <i>M</i>	Масса $\frac{\text{кгс} \cdot \text{с}^2}{\text{м}}$	Величина энергии <i>E</i> при			
			$v_{\max} = 50 \text{ см/с}$		$v_{\max} = 100 \text{ см/с}$	
			<i>кгс-м</i>	<i>кВт</i>	<i>кгс-м</i>	<i>кВт</i>
3-этажное каменное здание	12x54x9	372000	46.5×10 ³	456	186×10 ³	1824
5-этажное каменное здание серии 1-450-2	12.7x41x14.7	2758000	34.5×10 ³	338	138×10 ³	1352
9-этажное каркасное здание с диафрагмами жесткости серии 111	18x18x27	331000	41.5×10 ³	407	166×10 ³	1628
9-этажное крупнопанельное здание серии АІ-451-КП	18x18x27	167400	21×10 ³	206	84×10 ³	824
17-этажное каркасное (металлический) здание с ж/б диафрагмами жесткости	16x16x52	336100	83×10 ³	814	332×10 ³	3258

В таблице приведены значения кинетической энергии Е, вычисленные по формуле (13) для некоторых зданий различной этажности и конструктивного решения [3]. Фактически часть этой энергии должна компенсироваться общей работой приложенных во время землетрясения внешних активных сил.

Приведенная в таблице общая мощность внешней энергии должна обеспечиваться в течение всего землетрясения. Поэтому чем длительнее землетрясение, тем большее количество внешней энергии потребуется для "компенсации" землетрясения. Так, например, если землетрясение продолжится, скажем, десять секунд, то для "защиты" от сильного землетрясения ($v_{\max}=100$ см/с) 9-этажного каркасного здания с периодом свободных колебаний Т верхний предел необходимой электроэнергии примерно будет

$$\frac{2ET}{\pi} \cdot \frac{10}{T} = 6.37 E = 6.37 \cdot 1628 = 10370 \text{ кВт.}$$

Стоимость этой энергии не столь велика. Но главное здесь не эта сумма, а стоимость всей сложной системы регистрации колебаний грунта во время всего землетрясения, передачи с большой скоростью этой информации в соответствующие установки на разных уровнях сооружения для синхронного возмущения соответствующих ускорений обратного направления. И еще одно важное обстоятельство - вся система должна работать в так называемом "ждущем режиме", т.е. должна быть задействована в любой момент, когда происходит сильное землетрясение. Поэтому постоянное и длительное слежение за ее бесперебойной работой до очередного землетрясения также потребует больших затрат.

Институт геологических наук НАН РА
Институт механики НАН РА

Литература

1. *Hamid Reza Mirdamadi*. Proceedings of the Third International Conference on Seismology and Earthquake Engineering. Vol. II. May 17-19. 1999. Tehran. I. R. Iran. p. 729-740.
2. *Хачиян Э. Е.* Сейсмические воздействия на высотные здания и сооружения. Ереван. Айастан. 1973. 328 с.
3. Рекомендации по определению динамических характеристик и сейсмических нагрузок для зданий по акселерограммам землетрясений. Ереван. АрмНИИСА. 1985. 110 с.

Ակադեմիկոս Է. Ե. Խաչիյան, Լ. Ա. Մովսիսյան

**Արտաքին ակտիվ ուժերի կիրառմամբ կառուցվածքների սեյսմիկ
պաշտպանվածության խնդրի դրվածքի մասին**

Երկրաշարժերի ժամանակ կառուցվածքների հիմնատակերը հիմքերի հետ ենթարկվում են ստիպողական դինամիկական տեղաշարժերի, որոնց պատճառով նրանցում առաջացած իներցիոն ուժերը պատճառ են դառնում նրանց վնասվածության: Հոդվածում խնդիր է դրվում կառուցվածքում նախօրոք ստեղծել համապատասխան տեխնիկական հարմարանքներ, որոնք երկրաշարժի ժամանակ արտաքին էներգիայի աղբյուրի հաշվին նրանցում կառաջացնեն իներցիայի ուժերին հակադարձ ուղղված ակտիվ ուժեր, որոնց շնորհիվ կառուցվածքը կմնա անվնաս:

Ստացված են այդ ուժերի մեծությունները՝ կախված երկրաշարժի ժամանակ գետնի արագացումների մեծություններից և քննարկվում են առաջարկվող եղանակի գործնական կիրառման տեխնիկական հնարավորությունները և դժվարությունները:

УДК 537.87

Б. В. Хачатрян

"Зоны Френеля" в дифракционном излучении

(Представлено академиком М. Л. Тер-Микаеляном 27/III 2003)

Хорошо известно, что если на пути движения заряженной частицы встречаются какие-либо оптические неоднородности, то часть электромагнитного поля частицы отрывается от нее в виде излучения - происходит дифракция поля частицы на встречных препятствиях - дифракционное излучение (см.[1] и имеющуюся там литературу).

Решение задач по дифракционному излучению - предмет математической физики, круг точно решаемых задач весьма ограничен, и поэтому важно разработать приближенный, простой и эффективный метод расчета дифракционного излучения. В работах [2,3] предложен такой метод, справедливый для релятивистских скоростей заряда ($\beta = [v/c] \sim 1$), малых углов излучения ($\theta \ll 1$) и длин волн λ , малых по сравнению с характерными размерами а препятствий ($\lambda \ll a$).

Рассмотрим дифракционное излучение, возникающее при пролете заряда через центр круглого отверстия радиуса a в бесконечном плоском проводящем экране. Начало координат выберем в центре отверстия, плоскость отверстия (и экрана) совместим с плоскостью $z = 0$, скорость заряда v направим вдоль оси z .

В работе [2] показано, что Фурье - образ монохроматической компоненты поля излучения $\vec{E} \equiv \vec{E}(\omega)$ определяется соответствующей компонентой собственного поля заряда $\vec{E}^{(0)}$ по формуле

$$E_{x,y}(k_x, k_y) = -\frac{1}{(2\pi)^2} \int_S E_{x,y}^0(x, y) e^{-i \vec{k} \cdot \vec{\rho}} dS, \quad (1)$$

где интегрирование ведется по части плоскости $z = 0$, занятой экраном, $\vec{k} = [(\omega)/c] \vec{n}$ - волновой вектор, $\vec{n}$ - направление излучения, $\vec{\rho}$ - радиус-вектор в плоскости $z = 0$,

$$E_{x,y}^0(x, y) = \frac{e\alpha}{\pi v} e^{i[(\omega z)/v]} \frac{x, y}{\sqrt{x^2 + y^2}} K_1 \left(\alpha \sqrt{x^2 + y^2} \right), \quad \alpha = \frac{\omega}{\gamma v} = \frac{\omega}{v} \sqrt{1 - \beta^2},$$

(e - заряд частицы, $K_1(\alpha\rho)$ - функция Макдональда).

(В [4,5], используя формулу (1) и ссылаясь при этом на книгу [1], допускается неточность - утверждается, что в (1) интегрирование ведется по площади отверстия. Эта неточность, как нам кажется, является результатом невнимательности и того факта, что авторы работ [4,5], по-видимому, не были знакомы с оригинальными работами [2,3], в которых четко говорится об интегрировании по площади экрана).

Интегрируя в (1) с использованием формулы (см.[6])

$$\int_0^a x J_n(qx) K_n(\alpha x) dx =$$

$$=(q^2 + \alpha^2)^{-1} \left[\left(\frac{q}{\alpha} \right)^n - qa J_{n-1}(qa) K_n(\alpha a) - \alpha a J_n(qa) K_{n-1}(\alpha a) \right], \quad (2)$$

получаем

$$E_x = \frac{ie\alpha}{2\pi^2 v(q^2 + \alpha^2)} \left\{ qa J_0(qa) K_1(\alpha a) + \alpha a J_1(qa) K_0(\alpha a) \right\}, \quad E_y = 0, \quad (3)$$

где $q = [(\omega)/c]\theta$, $J_n(qa)$ - функции Бесселя. Формула (3) определяет также и поляризацию

излучения - электрический вектор лежит в плоскости $(\vec{v}, \vec{n})$.

При фиксированной частоте ω и угле излучения θ формулой (3) определяется зависимость E_x от радиуса отверстия a . Наличие $J_0(x)$ и $J_1(x)$ означает, что с изменением аргумента этих функций происходят колебания значений E_x . Следовательно, при изменении радиуса a будем иметь усиление и ослабление интенсивности излучения. Что это действительно так, видно из рис. 1, где приведен график функции $f(x)$ при $p = 10^{-1}$, где

$$f(x) = x J_0(x) K_1(px) + px J_1(x) K_0(px),$$

(здесь $x = qa$, $p = [(\alpha)/q] = (\beta\gamma\theta)^{-1} \approx (\gamma\theta)^{-1}$).

Нам понадобятся еще и точки экстремума функции $f(x)$, чтобы определить те значения радиуса отверстия a , при которых поле излучения E_x будет иметь большие значения. Вычислив $f'(x) = -(1 + p^2)x J_1(x) K_1(px)$ и приравняв $f'(x)$ нулю, получим, что искомые значения a_i определяются из условия $J_1(x_i) = 0$, $i = 0, 1, 2, 3, \dots$, т.е. $a_i = [(x_i)/q]$, где x_i - нули функции $J_1(x)$.

Учитывая приведенную на рис.1 зависимость поля излучения от радиуса отверстия, а также тот факт, что при нахождении полей излучения производится интегрирование по площади экрана, приходим к выводу, что можно добиться усиления дифракционного излучения, если

заряд будет пролетать через кольцевую "дифракционную решетку" - систему отверстий и экранов в виде концентрических колец-экранов с радиусами (a_0, a_1) , (a_2, a_3) , (a_4, a_5) и т.д. (см.рис.2). (Следует особо подчеркнуть, что хотя и a_0 должно равняться нулю (т.к. $x_0 = 0$), мы будем считать $a_0 \neq 0$ (и поэтому $x_0 \neq 0$), но близко к нулю настолько, что условие $\lambda \ll a_0$ можно считать выполненным). Считая a_0 отличным от нуля, мы увеличиваем долю дифракционного излучения за счет первого края радиуса a_0 первого кольца, наиболее близкого от траектории пролета заряда, где (у этого края) напряженность поля частицы больше; если $a_0 = 0$, то отсутствует отверстие радиуса a_0 , отсутствует дифракционное излучение на этом отверстии и вместо дифракционного имеем, например, переходное излучение при пересечении зарядом экрана.

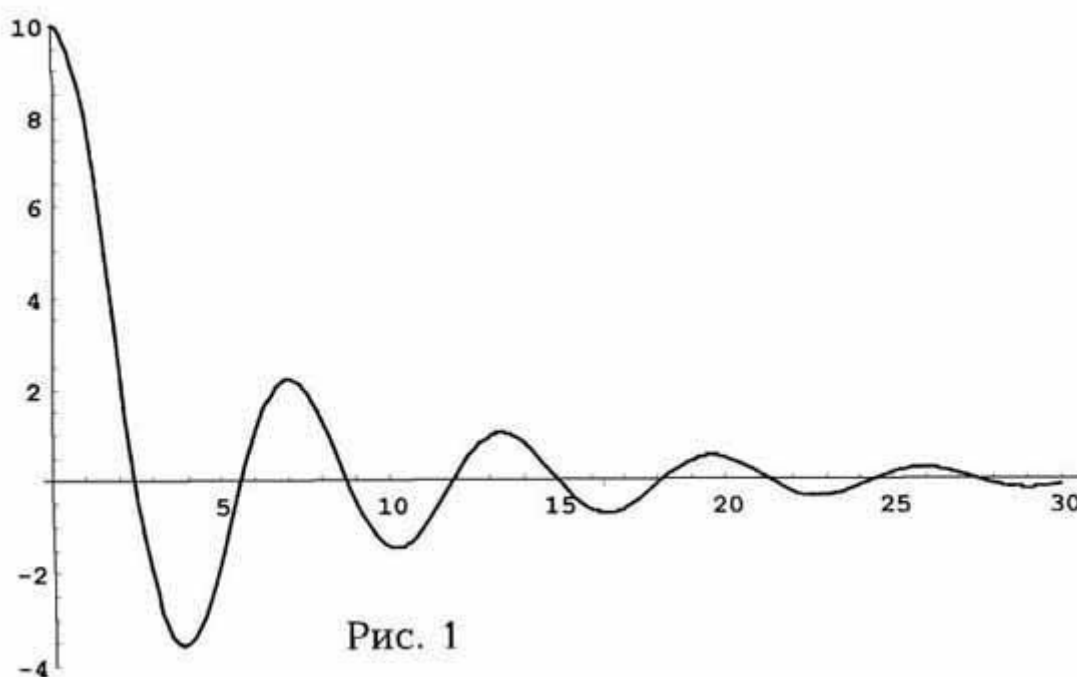


Рис. 1

Чтобы оценить эффективность действия системы колец, посчитаем интенсивность дифракционного излучения S_ω , возникающего при пролете заряда через центр системы на рис.2, и сравним ее с излучением $S_{0\omega}$ в случае пролета через центр одного отверстия радиуса a_0 в бесконечном экране. Поскольку спектральная плотность излучения в единицу телесного угла определяется формулой

$$\frac{d^2 S_\omega}{d\omega d\Omega} = 2\pi^2 \frac{\omega^2}{c} \left(|E_x|^2 + |E_y|^2 \right),$$

то для сравнения достаточно посчитать отношение (обозначим его через N) полей излучения. Используя формулы (1) и (2), проинтегрировав по площадям колец-экранов, найдем

$$E_x = \frac{ie\alpha}{2\pi^2 v} \sum_{i=0}^{\infty} x_i |J_0(x_i)| K_1(px_i), \quad E_y = 0. \quad (4)$$

Так как функция $K_1(px_i)$ очень быстро спадает и отлична от нуля практически только при $px_i \sim 1$, то в сумме можно ограничиться лишь несколькими слагаемыми.

Исходя из формулы (4), оценим теперь величину N для случаев $p_1 = 10^{-1}$ и $p_2 = 10^{-2}$. Выбор этих значений $p < 1$ обусловлен тем, что чем меньше параметр p , тем точнее приближенная формула (1) [см. 2] и тем больше значение $f(x_0)$, т.е. в конечном итоге интенсивность дифракционного излучения. Ограничиваясь лишь четырьмя слагаемыми в (4) и подставляя нули функции $J_1(x)$: $x_1 = 3.83$; $x_2 = 7.016$; $x_3 = 10.17$; $x_4 = 13.32$, из [7] находим

$$N_1 = 1.94 \quad (\text{при } p_1 = 10^{-1}, \theta = 10^{-2}, x_0 = 0.5),$$

$$N_2 = 2.24 \quad (\text{при } p_2 = 10^{-2}, \theta = 10^{-2}, x_0 = 0.5).$$

Все параметры нужно взять из опыта, а параметр x_0 - из соответствующего графика функции $f(x)$, но так, чтобы выполнялись условия $a_0 \ll \lambda$ и применимости приближенного метода.

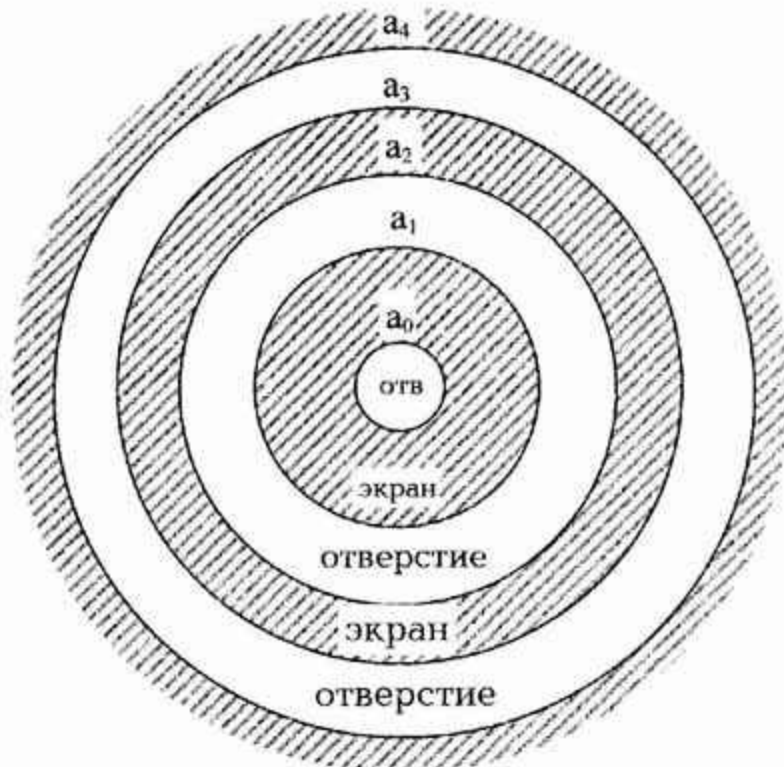


Рис. 2 (масштаб не сохранен)
 $a_0 : a_1 : a_2 : a_3 : a_4 : \dots = x_0 : x_1 : x_2 : x_3 : x_4 : \dots$

Таким образом, использование системы концентрических экранов приводит к усилению

дифракционного излучения более чем в $N_1^2 \approx 3.7$ раза при $p_1 = 10^{-1}$ и более чем в $N_2^2 = 5$ раз в случае $p_2 = 10^{-2}$. Это означает, что система (рис.2) ведет себя как своеобразная зонная пластинка Френеля и величины $a_0, a_1 \dots$ являются как бы аналогами радиусов зон Френеля.

Меняя длину волны λ и угол θ (при неизменном $q = [(2\pi\theta)/(\lambda)]$), можно использовать пластинку для других длин волн, но наблюдая усиление под иными углами.

Ереванский государственный университет

Литература

1. Тер-Микаелян М. Л. Влияние среды на электромагнитные процессы при высоких энергиях. Ереван. Изд. АН АрмССР. 1969. 457с. High Energy Electromagnetic Processes in Condensed Medium. Jhon-Wiley and Sons. N. Y. 1972.
2. Тер-Микаелян М. Л., Хачатрян Б. В.- ДАН АрмССР. 1965. Т. 40 N1. С. 13.
3. Хачатрян Б. В.- Изв. АН АрмССР. Серия физ-мат. наук. 1965. Т. 18. N2. С. 133.
4. Fiorito R. B., Rule D. W.- Nuc. Instrum. and Meth. 2001. B. 173. P. 67.
5. Fiorito R. B. Electron-Photon Interaction in Dense Media. NATO Science Series. II. Mathematics, Physics and Chemistry. 2001. V. 49. P. 91-107.
6. Градштейн И. Г., Рыжик И. М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М. Физматгиз. 1962.
7. Янке Е., Эмде Ф.- Таблицы функций с формулами и кривыми. М. Физматгиз. 1959. 420 с.

Բ. Վ. Խաչատրյան

«Ֆրենելի գոտիները» դիֆրակցիոն ճառագայթման ընթացքում

Ցույց է տրված, որ դիֆրակցիոն ճառագայթումն ուսումնասիրելիս, հանգում ենք Ֆրենելի գոտիների գոյության փաստին, ինչը հնարավորություն է տալիս ուժեղացնել ճառագայթման ինտենսիվությունը: Նշված է երևույթի փորձնական ստուգման հնարավորությունը:

А. Ж. Хачатрян

Движение электрона в периодической решетке из прямоугольных потенциалов

(Представлено академиком Д. М. Седракяном 11/VII 2003)

Изучение свойства движения электрона в периодическом поле служит основой для «грубого» описания спектра в зонной теории кристаллического твердого тела. В настоящее время интерес к периодическому потенциалу возрос, так как он призван моделировать потенциал, получаемый чередованием полупроводниковых слоев вдоль некоторого направления [1].

В работе [2] рассматривается модель периодического потенциала Кронига-Пенни; показано, что каждое из уравнений, определяющих границы разрешенных зон, делится на два уравнения. Авторам, в частности, удалось выявить эффект соприкосновения разрешенных зон. Здесь приводятся обобщения результатов работы [2], с учетом различия эффективной массы электрона в однородных слоях сверхрешетки. Рассматривается также поведение коэффициента прозрачности в точках соприкосновения зон.

Рассмотрим структуру, представляющую собой периодическое повторение двух однородных слоев толщиной d_1 и d_2 ($a = d_1 + d_2$ - период структуры), внутри которых электрон обладает потенциальными энергиями V_1, V_2 (далее для определенности положим $V_2 > V_1 = 0$) и характеризуется эффективными массами m_1, m_2 , соответственно. Дозволенные значения энергий электрона E определяются из следующего неравенства [3]:

$$|\cos\beta a| \leq 1, \quad \cos\beta a = \cos q_1 d_1 \cos q_2 d_2 - \frac{m_2^2 q_1^2 + m_1^2 q_2^2}{2m_1 m_2 q_1 q_2} \sin q_1 d_1 \sin q_2 d_2, \quad (1)$$

$$q_1^2 = \frac{2m}{\hbar^2} E, \quad q_2^2 = \frac{2m_2}{\hbar^2} (E - V_2). \quad (2)$$

где β - квазиимпульс электрона, принимающий значения в интервале $[-\pi/a, \pi/a]$. Согласно (1), уравнения, определяющие границы разрешенных энергетических зон, имеют следующий вид:

$$\cos\beta a = 1 \quad \text{и} \quad \cos\beta a = -1. \quad (3)$$

Заметим, что первое уравнение (3) соответствует состояниям краев зоны Бриллюэна ($\beta = \pm\pi/a$), в то время как второе - состояниям центра зоны Бриллюэна ($\beta = 0$).

Переходя в (1) к половинным углам $q_1 d_1/2$ и $q_2 d_2/2$, можно показать, что каждое из уравнений (1) распадается на два уравнения:

$$\operatorname{tg} \frac{q_1 d_1}{2} = - \frac{m_2 q_1}{m_1 q_2} \operatorname{tg} \frac{q_2 d_2}{2}, \quad \operatorname{tg} \frac{q_1 d_1}{2} = \frac{m_1 q_2}{m_2 q_1} \operatorname{tg} \frac{q_2 d_2}{2}, \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \frac{q_1 d_1}{2} = + \frac{m_2 q_1}{m_1 q_2} \operatorname{ctg} \frac{q_2 d_2}{2}, \quad \operatorname{tg} \frac{q_1 d_1}{2} = + \frac{m_1 q_2}{m_2 q_1} \operatorname{ctg} \frac{q_2 d_2}{2}. \quad (5)$$

Уравнения (4), (5) определяют границы нечетных и четных запрещенных зон в надбарьерной области энергий. Уравнения, определяющие границы зон, находящихся в подбарьерной области энергий ($E < V_2$), получаются из (4), (5) путем аналитического продолжения $q_2 = i\gamma$.

Из (4), (5) можно увидеть, что в надбарьерной области значений энергий при определенном выборе параметров потенциала должен иметь место эффект соприкосновения разрешенных зон или, что то же самое, равенство ширины запрещенной зоны нулю. Для этого необходимо выявить условие, при котором уравнения, определяющие различные границы одной запрещенной зоны, обладали бы одним и тем же решением. Так, в случае нечетной запрещенной зоны необходимо требовать одновременного выполнения обоих уравнений (4), а в случае четной зоны - обоих уравнений (5). В случае нечетной запрещенной зоны равенство ее ширины нулю дается условием

$$q_1 d_1 = n_1 \pi \quad \text{и} \quad q_2 d_2 = n_2 \pi, \quad (6)$$

где n_1, n_2 являются одновременно четными или одновременно нечетными числами. Равенство четной запрещенной зоны нулю также дается условием (6), но здесь в отличие от случая нечетной зоны целые числа n_1, n_2 должны иметь различную четность, т.е. если n_1 четно, то n_2 нечетно и если n_1 нечетно, то n_2 четно. Из первого уравнения (6) непосредственно следует, что значение энергий, при которых происходит соприкосновение разрешенных зон, не зависит от параметров m_2 и V_2 , характеризующих барьерную область:

$$E = \frac{\hbar^2 \pi^2 n_1^2}{2m_1 d_1^2}, \quad V = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2} \left(\frac{n_1^2}{m_1 d_1^2} - \frac{n_2^2}{m_2 d_2^2} \right). \quad (7)$$

Последнее равенство (7) выражает связь между значениями независимых параметров, что при которых эффект соприкосновения зон имеет место. Заметим также, что при выполнении условия (7) ширина нечетной запрещенной зоны становится равной нулю в центре зоны Бриллюэна, а ширина нечетной запрещенной зоны - на границах зоны Бриллюэна.

Исследуем поведение коэффициента прохождения T электрона в точках контакта энергетических зон для периодической цепочки, когда слева и справа от нее электрон имеет постоянную потенциальную энергию V_1 и эффективную массу m_1 . Для периодической цепочки из N потенциалов T может быть представлено в следующем виде [4]:

$$|T|^2 = \left(1 + \left| \frac{r}{t} \right|^2 \frac{\sin^2 N\beta a}{\sin^2 \beta a} \right)^{-1}, \quad (8)$$

где r, t являются амплитудами отражения и прохождения электрона для одиночного потенциала цепочки. Для прямоугольного потенциала с центром в начале координат отношение r/t имеет вид

$$\frac{r}{t} = \frac{i(m_1^2 q_2^2 - m_2^2 q_1^2)}{2m_2 m_1 q_2 q_1} \sin\{q_2 d_2\}. \quad (9)$$

Как видно из (8), для энергий электрона, соответствующих границам энергетических зон, увеличение количества потенциалов N ведет к однозначному отражению электрона. Действительно, при $\beta \rightarrow \pm\pi/a$, а также при $\beta \rightarrow 0$ для коэффициента прохождения имеем

$$|T|^2 = \left(1 + \left| \frac{r}{t} \right|^2 N^2 \right)^{-1}, \quad \text{при } N \rightarrow \infty. \quad (10)$$

Однако следует заметить, что $|T|^2$ стремится к нулю лишь при условии, когда отражение электрона для одиночного потенциала не равно нулю, т.е. $|r/t|^2 \neq 0$. Действительно, как следует из (10), при $|r/t|^2 = 0$ коэффициент прохождения $|T|^2 = 1$ для любого N . Как видно из (6) и (9), при условии контакта энергетических зон коэффициент отражения прямоугольного потенциала обращается в нуль. Отсюда легко заключить, что в точках контакта зон коэффициент прохождения становится равным единице.

Таким образом, соприкосновение разрешенных энергетических зон для периодической цепочки из прямоугольных потенциалов может иметь место как на краях, так и в центре зоны Бриллюэна. В точках соприкосновения зон коэффициент прохождения электрона равен единице, т.е. имеет место полное прохождение электрона. Последнее утверждение никоим образом не противоречит известной теореме теории движения электрона в одномерном

периодическом поле, согласно которой на границах энергетической щели электронная волна испытывает полное внутреннее прохождение, препятствующее прохождению электрона внутрь цепочки. Действительно, точка соприкосновения зон не может рассматриваться как точка, определяющая край какой-либо разрешенной зоны. При соприкосновении зон мы имеем одну большую разрешенную зону, состоящую из двух разрешенных зон, для которой точка контакта является внутренней точкой.

В заключение автор выражает благодарность академику Д. М. Седракяну за обсуждение результатов работы.

Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. *Mishra S., Satpathy S.*- Am. J. Phys. 2001. V. 69. 512.
2. *Хачатрян А. Ж., Седракян Д. М.* - Изв.НАН Армении. Физика. 2003. Т. 38. N4.
3. *Bastard G.* Wave Mechanics Applied to Semiconductor Heterostructures. Les Ulis. France. 1990.
4. *Хачатрян А. Ж.*-Изв.НАН Армении. Физика. 2001. Т. 36. С. 12.

Ա. Ժ. Խաչատրյան

**Էլեկտրոնի շարժումը ուղղանկյուն պոտենցիալներից բաղկացած
պարբերական ցանցում**

Ուսումնասիրված է թույլատրելի գոտիների հպման էֆեկտը: Ցույց է տրված, որ հպման կետում էլեկտրոնային ալիքի անցման գործակիցը պարբերական համակարգի համար հավասար է մեկի:

УДК 622.7 (088.8)

Б. М. Мамиконян, А. С. Шахмян, Х. Б. Мамиконян

Цифровой измеритель уровня и плотности пульпы

(Представлено академиком А. А. Терзяном 17/II 2003)

Измеритель предназначен для применения в технологическом процессе флотационного обогащения руд, где требуется непрерывный контроль уровня и плотности пульпы. В качестве чувствительных элементов использованы колокольные датчики (рис. 1), погруженные в контролируемую пульпу на различные глубины [1, 2]. Под воздействием гидростатического давления пульповоздушной смеси в подколокольных объемах воздуха образуются избыточные давления

$$P_1 = \rho g H; \quad P_2 = \rho g (H + H_k),$$

где ρ - плотность пульпы, кг/м^3 ; $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;
 H - текущее значение уровня пульпы над первым колокольным датчиком, м;
 H_k - межколокольное фиксированное расстояние, м.

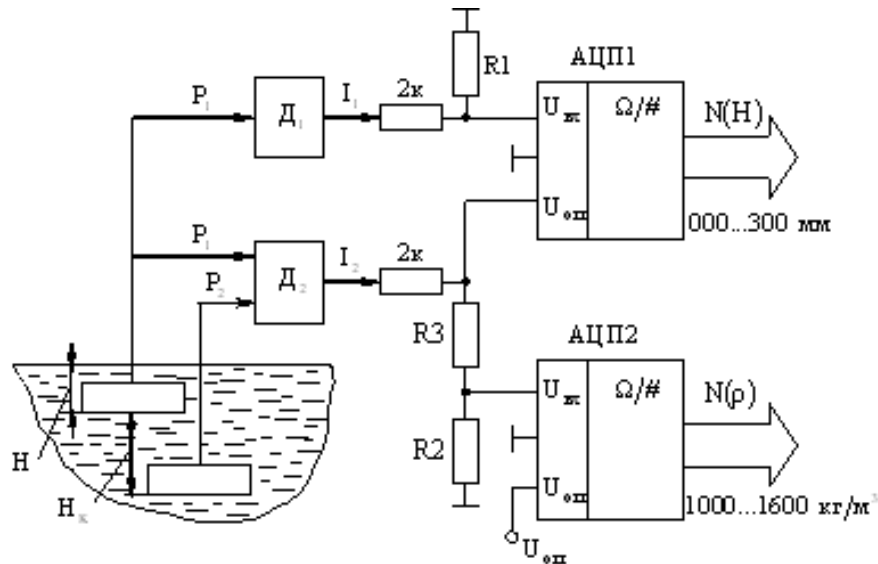


Рис.1. Принципиальная схема измерителя

Измеряемая плотность пульпы связана с разностью давлений выражением

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g H_k.$$

Давления P_1 и ΔP преобразуются в аналоговые электрические сигналы с помощью датчиков D_1 и D_2 , в качестве которых выбраны серийно выпускаемые унифицированные полупроводниковые тензорезисторные преобразователи типа Сапфир-22М [3]. Для разработанного измерителя исходными данными являются: максимальная высота пульпы - $H_m=0.3$ м, максимальная плотность пульпы - $\rho_m=1600$ кг/м³, межколокольное расстояние - $H_k=0.2$ м.

В этих условиях давление P_1 может достигать до 4.8 кПа, а разность давлений ΔP - до 3.2 кПа. Исходя из этого в качестве датчика D_1 использован датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-ДИ модели 2130 с верхним пределом 6.0 кПа, а в качестве датчика D_2 - датчик разности давлений (дифманометр) типа Сапфир-22М-ДД модели 2420 с верхним пределом 4.0 кПа, оба с токовыми выходными сигналами 0-5 мА. Коэффициент преобразования датчика D_1 равен

$$K_{D1}=5 \text{ мА/6 кПа},$$

а его выходной ток

$$I_1=K_{D1}P_1=K_1\rho H, \quad (1)$$

где $K_1=K_{D1}g=5 \cdot 10^{-3} \cdot 9.81/6 \cdot 10^3=8.172 \cdot 10^{-6}$ Ам²/кг - коэффициент преобразования датчика D_1 по высоте H пульпы.

Следовательно, для определения высоты пульпы по формуле (1) необходимо иметь значение плотности.

Выходной ток датчика D_2 определяется выражением

$$I_2=K_{D2}\Delta P=K_2\rho, \quad (2)$$

где $K_{D2}=5 \text{ мА/4 кПа}$ - коэффициент преобразования датчика D_2 , $K_2=K_{D2}gH_k=2.453 \cdot 10^{-6}$ Ам²/кг - коэффициент преобразования датчика D_2 по плотности ρ пульпы.

Значения выходных токов датчиков в зависимости от значений уровня и плотности пульпы представлены в табл. 1 и 2.

С помощью резисторных делителей напряжения выходные токи датчиков преобразуются в напряжения для подачи на входы соответствующих АЦП. В качестве АЦП использованы микросхемы типа КР572ПВ2А, работающие по принципу двухтактного интегрирования, к выходам которых непосредственно

Таблица 1.

Значения тока I_1 , мА

ρ , кг/м ³	1300	1400	1500	1600
H, мм				
50	0,531	0,572	0,613	0,654
100	1,062	1,144	1,226	1,307
150	1,593	1,716	1,839	1,961
200	2,125	2,288	2,451	2,615
250	2,665	2,860	3,065	3,269
300	3,187	3,432	3,677	3,924

Таблица 2.

Значения тока I_2 , мА

ρ , кг/м ³	1300	1400	1500	1600
I_2 , мА	3,188	3,434	3,679	3,924

подключаются цифровые индикаторы на светоизлучающих диодах типа АЛС324Б (можно использовать также аналогичную микросхему АЦП типа КР572ПВ5А, предназначенную для работы с индикаторами на жидких кристаллах, например, с наиболее распространённым индикатором типа ИЖЦ5-4/8). Длина цифровой шкалы (максимальное число) равна 1999 (3.5 разряда). Микросхемы предназначены для измерения напряжения постоянного тока в диапазоне от -1.999 до +1.999 В. Исходя из заданных диапазонов измерения для уровня пульпы будет использовано три разряда, а для плотности - четыре разряда. Применение этих АЦП наиболее целесообразно, так как они имеют малые габариты и потребляемую мощность, могут обеспечить требуемые метрологические характеристики измерителя. Входное сопротивление АЦП более 20 МОм, цикл преобразования равен $\tau_{\text{пр}} = 16 \cdot 10^3 / f_T$, где f_T - частота тактовых импульсов устанавливается внешними элементами и в основном имеет значение $f_T = 50$ кГц; при этом $\tau_{\text{пр}} = 0.32$ с. Выходной код АЦП соответствует числу

$$N_x = 10^3 \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{оп}}}, \quad (3)$$

где $U_{\text{вх}}$ - измеряемое напряжение, а $U_{\text{оп}}$ - опорное.

В схеме (рис. 1) на вход АЦП2 подано напряжение

$$U_2 = I_2 R_2 = R_2 K_2 \rho. \quad (4)$$

Значение сопротивления резистора R_2 должно быть таким, чтобы при максимальном

значении плотности пульпы на цифровом табло получить число $N(\rho)_m = 1600$. Принимая $U_{on} = 0.1$ В, получим

$$R_2 = 10^{-3} N(\rho)_m U_{on} / I_{2m} = 40.775 \text{ Ом.}$$

При этом максимальное напряжение на входе АЦП2 будет $U_{2m} = 0.16$ В.

На вход АЦП1 подано напряжение

$$U_1 = I_1 R_1 = R_1 K_1 \rho H, \quad (5)$$

следовательно,

$$H = U_1 / R_1 K_1 \rho.$$

Из полученного выражения следует, что для измерения H необходимо на входной зажим АЦП1 подать напряжение U_1 , а в качестве опорного напряжения использовать напряжение, пропорциональное плотности ρ . Это напряжение снимается с суммарного сопротивления $(R_2 + R_3)$: $U_{on1} = I_2 (R_2 + R_3)$. В результате значение уровня на цифровом табло определится выражением

$$N(H) = 10^3 I_1 R_1 / I_2 (R_2 + R_3) = [10^3 K_1 R_1 / K_2 (R_2 + R_3)] H.$$

Отношение коэффициентов $K_2 / K_1 = 0.3$, следовательно,

$$10^{-3} N(H) = [R_1 / 0.3 (R_2 + R_3)] H. \quad (6)$$

Значения сопротивлений резисторов определяются с помощью выражения (6) исходя из следующих соображений. При максимальных значениях $H_m = 300$ мм, $\rho_m = 1600$ кг/м³ выходные токи датчиков равны: $I_{1m} = I_{2m}$, и на цифровом индикаторе должна получиться цифра $N(H)_m = 300$, следовательно, $300 \cdot 10^{-3} = R_1 / (R_2 + R_3)$, т.е. $R_1 = 0.3 (R_2 + R_3)$. Для микросхем КР572ПВ2А $U_{вхм} \leq 2U_{on}$ и $U_{on} \leq 1$ В, поэтому должно быть $(R_2 + R_3) I_{2m} \leq 1$ В, значит, $(R_2 + R_3) \leq 250$ Ом. Выбираем $(R_2 + R_3) = 240$ Ом, в результате чего получаем $R_1 = 0.3 \cdot 240 = 72$ Ом; $R_3 = 240 - 40.775 = 199.225$ Ом. Все постоянные резисторы выбраны типа С2-29В (прецизионные резисторы с малым ТКС), с допуском $\pm 0.1\%$, а переменные - типа СП5-2В.

Схема электрических соединений измерителя представлена на рис.2. АЦП (DA1) и цифровой индикатор DD1 используются для измерения уровня, а АЦП (DA2) и цифровой индикатор DD2 - для измерения плотности пульпы. На измерительный вход АЦП1 (DA1) подается падение напряжения на резисторе R_4 , через который протекает выходной ток датчика D_1 избыточного давления. Входное напряжение АЦП2 (DA2) получается на резисторе R_7 , через который протекает выходной ток датчика D_2 разности давлений. С суммарного сопротивления $(R_7 + R_8)$ снимается опорное напряжение АЦП1 (DA1). Резисторы R_5 и R_9 обеспечивают требуемые сопротивления нагрузки для датчиков Сапфир. Опорное напряжение $U_{on} = 0.1$ В для АЦП2 получается на резисторе R_6 , входящем в плечо делителя

напряжения R10, R11, R6, подключенного к выходу внутреннего источника стабилизированного образцового напряжения АЦП2 (DA2). Резистор R7 выбран типа С2–29В–0.25–40.7 Ом $\pm 0.1\%$ –А. Части электрических соединений микросхем DA2 и DD2, аналогичные соединениям микросхем DA1 и DD1, условно не показаны. Внешние элементы, подключенные к микросхемам КР572ПВ2А, выбраны в соответствии с рекомендациями [4, 5].

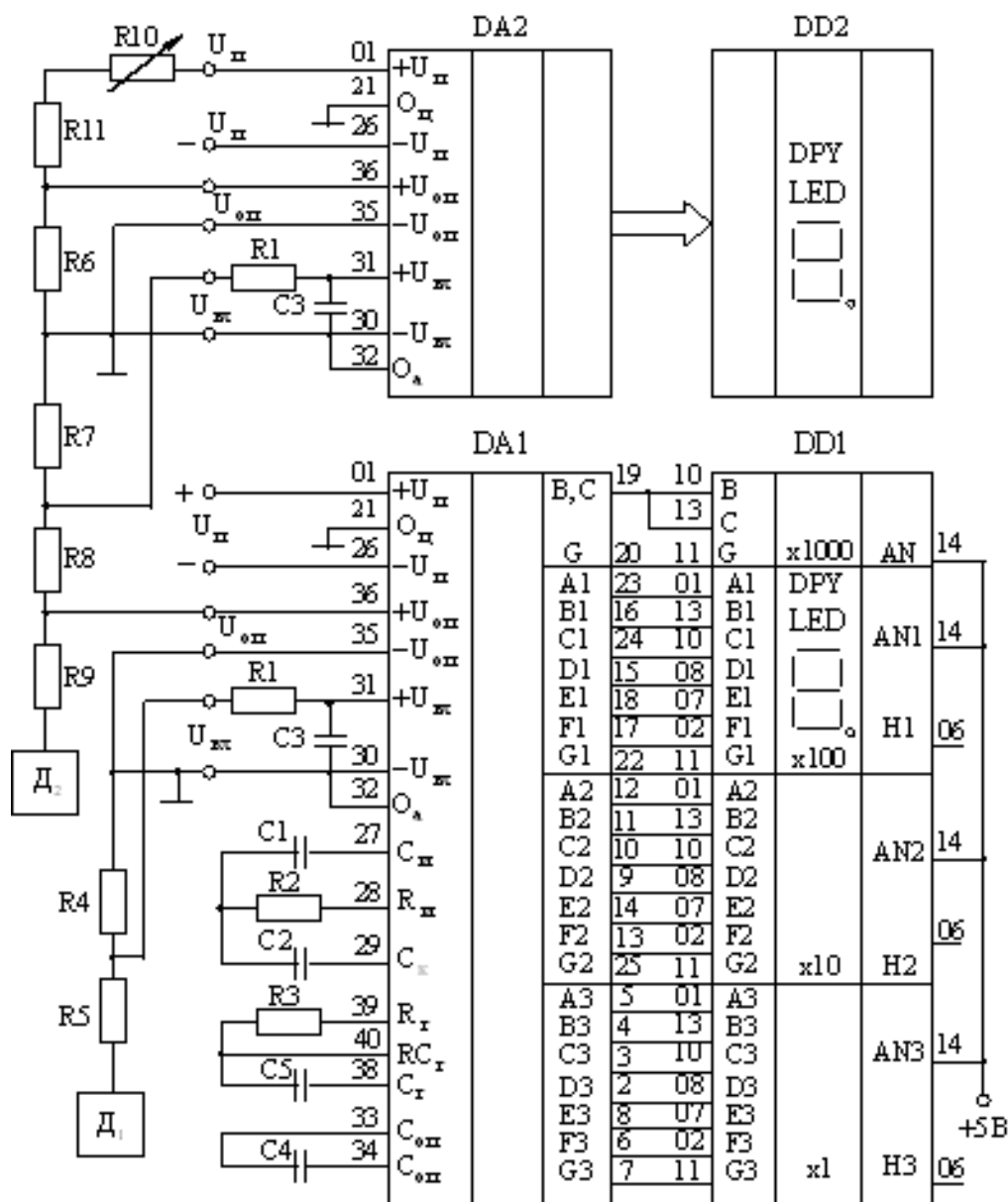


Рис.2. Схема электрических соединений измерителя

Погрешность измерения, обусловленная параметрами измерительной схемы (рис.2), зависит от погрешностей использованных резисторов и микросхем АЦП. Погрешность АЦП типа КР572ПВ2А в нормальных условиях ($t_{\text{окр}}=25\pm 10^{\circ}\text{C}$) не превышает ± 1 ед. счета, что

соответствует приведенной погрешности $\pm 0.05\%$ и для измеряемого уровня составляет ± 1 мм, а для плотности ± 1 кг/м³. Эта погрешность является аддитивной и имеет случайный характер с равномерным распределением. Дополнительная температурная погрешность в диапазоне температур от -20 до $+60^\circ\text{C}$ не превышает 1.5 ед. счета, а от изменения напряжения питания на $\pm 10\%$ дополнительная погрешность меньше 0.75 ед. счета.

В общем случае, считая погрешности АЦП случайными и независимыми, для суммарной погрешности в рабочих условиях эксплуатации при доверительной вероятности 0.9 получим

$$\Delta_{\text{пр}} \approx \sqrt{1^2 + 1.5^2 + 0.75^2} \approx 2 \text{ ед. счета.}$$

Составляющие погрешности, обусловленные использованными резисторами, зависят исключительно от отношений сопротивлений, поэтому дополнительной температурной погрешностью в данном случае практически можно пренебречь (ТКС резисторов типа С2-29В группы А не более $\pm 30 \cdot 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$). Резисторы R4, R6, R7, R8, R11 - высокоточные, типа С2-29В группы А, с допуском $\pm 0.1\%$, а R10 - типа СП5-2В, поэтому можно принять, что погрешности входных и опорных напряжений обоих АЦП будут не более $\pm 0.1\%$, что соответствует ± 2 ед. счета при измерении ρ и ± 0.3 ед. счета при измерении Н. Следовательно, для предельных значений суммарных погрешностей измерения ρ и Н получим:

$$\Delta_{\rho} \approx \sqrt{2^2 + 2^2} \approx \pm 3 \text{ ед. счета или } \pm 3 \text{ кг/м}^3,$$

$$\Delta_{\text{Н}} \approx \sqrt{2^2 + 0.3^2} \approx \pm 2.5 \text{ ед. счета или } \pm 2.5 \text{ мм.}$$

Государственный инженерный университет Армении
Гюмрийский филиал ГИУА

Литература

1. Козин В. З., Троп А. Е., Комаров А. Я. Автоматизация производственных процессов на обогатительных фабриках. Учебник для вузов. М. Недра. 1980. 336 с.
2. Микропроцессорный локальный регулятор-датчик уровня пульпы МИЛОР - Д/УП2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации К003.000.000.ТО. АН СССР, Центр автоматизации процессов управления в народном хозяйстве. Капанское научно-производственное отделение. Капан. 1998. 40 с.
3. Иордан Г. Г., Юровский А. Я., Смирновский А. Г., Сердюков В. И.- Приборы и системы управления. 1990. №11. С. 27-30.
4. Федорков Б. Г., Телец В. А.- Микросхемы ЦАП и АЦП. М. Энергоатомиздат. 1990. 320 с.
5. Бирюков С. - Радио. 1998. №8. С. 62-65.

Բ. Մ. Մամիկոնյան, Ա. Ս. Շադգամյան, Խ. Բ. Մամիկոնյան

Խյուսի մակարդակի և խտության թվային չափիչ

Մշակված չափիչը նախատեսված է մոլիբդենի հանքանյութի հարստացման տեխնոլոգիական գործընթացում խյուսի մակարդակի և խտության անընդհատ հսկողության համար: Չափիչում օգտագործված է խտության չափման պիեզոմետրիկ եղանակը, որը հիմնված է հսկող խյուսի տարբեր բարձրություններ ունեցող երկու կետերում ճնշումները չափելու և դրանց տարբերության միջոցով խտությունը որոշելու վրա: Միաժամանակ որոշվում է նաև խյուսի մակարդակը: Չափվող ճնշումները կերպավորվում են էլեկտրական ազդանշանի տենզոռեզիստորային կերպավորիչների միջոցով: Չափիչում օգտագործված է ախալանքների շտկման լոգոմետրական մեթոդը:

Բերված է չափիչի տարրերի ընտրության և հաշվարկի մեթոդիկան, ներկայացված են չափաբանական բնութագրերի հետազոտության տեսությունը և արդյունքները:

Р. Г. Реваян

О принципах геоэкологической оценки процесса опустынивания

(Представлено академиком С. В. Григоряном 3/VI 2003)

Возрастающее антропогенное давление на окружающую среду в Армении, как и во многих странах, превышает потенциальную емкость территорий. Поэтому на первый план выдвигаются проблемы нарушения структуры и режима экосистем (нарушение в системе продукции - деструкции органического вещества, водного режима, а также биогеохимических циклов и др.) и предвидения экологических последствий антропогенной деятельности. Теоретической основой проблемы опустынивания является вопрос устойчивости экосистем, поскольку опустынивание - это результат неустойчивых состояний в природной среде, причиной которых являются в основном неблагоприятные факторы внешней среды и антропогенное воздействие.

Структурное разнообразие растительного сообщества позволяет отдельным видам осваивать различные экологические ниши. При этом различные признаки вида, даже если они сами по себе не адаптивны, могут иметь решающее значение в процессе приспособления к конкретным экологическим условиям. Однако серьезные трудности возникают при получении информации о состоянии биоты, поскольку реакцию биоты на изменения экосистемы можно оценить в целом, но невозможно систематически наблюдать за состоянием всех видов растений.

Для успешного решения задач по оценке процесса опустынивания экосистем большое значение имеет поиск показателя, который являлся бы репрезентативным для реакции сообщества и экосистемы в целом. При этом раннее распознавание нарушений является решающим фактором для предотвращения опустынивания - необратимого состояния экосистемы. Для такой оценки в настоящее время используются биоиндикационные методы. Серьезные методические трудности связаны с получением информации о состоянии экосистемы, поскольку биоиндикационные исследования проводятся на уровне вида [1]. Именно поэтому существует вполне обоснованное мнение, что создать универсальную систему биоиндикаторов вряд ли возможно.

А между тем необходимо разработать пути научного прогноза процесса опустынивания и методы исследований, позволяющие охватить экосистему в целом. В решении этой проблемы одним из эффективных способов оценки процессов опустынивания является выяснение биогеохимической цикличности, дающее возможность охватить основные компоненты экосистемы и быстрее реагировать на суммарные воздействия, возникающие в результате наложения различных факторов, включая накапливающиеся в определенных участках биохимически активные вещества. Этот подход позволяет на более ранней стадии обнаружить тенденцию экосистемы к изменению устойчивости и наиболее полно оценить процессы

поступления, выщелачивания и трансформации веществ [2].

Основные положения предложенной методологии рассмотрены нами на горных лугах Араратской котловины [3]. С целью более полной геоэкологической оценки процесса опустынивания проведены исследования и на примере техноэкосистемы аридной зоны, где расположена золотоизвлекательная фабрика. Процесс извлечения драгметаллов сопровождается поступлением в экосистему больших количеств загрязнителей - тяжелых металлов, цианистых и азотистых соединений [4].

Объектами исследования послужили фоновые и техноэкосистемы, выбранные по классификации А. И. Перельмана [5]. Выявление закономерностей распространения техногенеза проведено по методике [6], позволяющей при опробовании получить представительные результаты способом смешанных образцов. Пространственное распределение загрязнителей проиллюстрировано на примере одного наиболее характерного геохимического звена - ландшафтного профиля - от вершины холма, где расположена золотоизвлекательная фабрика, до лугово-болотного межхолмового понижения (хвостохранилище фабрики).

Для характеристики миграционной способности металлов вычислялись коэффициенты техногенной трансформации потока тяжелых металлов (отношения концентрации тяжелых металлов в техногенных и фоновых условиях). Как показывают данные табл. 1, коэффициент техногенной трансформации наиболее высок для As, Cd, Ni, Cu и Pb, что касается Fe, Ti, Mn и Co, то их содержание в потоке веществ в меньшей степени связано с техногенным загрязнением и обусловлено в основном местными факторами.

Таблица 1

Техногенная аномалия тяжелых металлов по профилю загрязненных почв

Глубина, см	As	Cd	Co	Ni	Cu	Pb	Mo	Mn	Fe
0-10	65.2	130.0	4.6	47.6	19.7	38.8	1.0	3.1	1.7
10-20	68.0	119.0	1.6	22.7	17.1	42.6	0.7	2.7	1.4
20-40	29.4	50.0	1.3	69.0	7.6	13.2	0.9	1.9	1.2
40-60	23.3	26.6	1,9	6.2	40.7	12.5	0.5	1.3	1.0
60-80	9.7	30.0	0.9	3.4	3.0	4.0	0.4	1.5	1.0

На загрязненных участках под влиянием техногенеза почвы обогащаются тяжелыми металлами и в результате содержат почти в 70 раз больше мышьяка и в 50-130 раз больше кадмия, чем фоновые почвы. Близкие значения отмечены для Ni, Cu и Pb, содержание которых было больше соответственно в 69, 41 и 43 раза.

Закономерности пространственного распределения мышьяка, кадмия, никеля, меди и свинца в загрязненных почвах показывают, что особенно сильно загрязняются почвы, примыкающие к начальным частям техногенных потоков. С расстоянием количество тяжелых металлов в почвах убывает. Однако даже в краевых частях техногенных потоков содержание мышьяка значительно превышает его фоновый уровень.

По сравнению с консервативными компонентами экосистемы (почва, растительность, литогенная основа), отражающими преимущественно изменение элементного состава, лизиметрические растворы являются информативными геохимическими показателями техногенной трансформации ландшафта, поскольку позволяют получить информацию о специфике техногенной трансформации внутрисистемных процессов.

Характер изменения химического состава лизиметрических растворов по сравнению с фоновым дает возможность установить наиболее ранние стадии перехода экосистемы из категории фоновых в техногенные и представляет собой один из важнейших геохимических показателей степени техногенной трансформации ландшафта. Подтверждение тому - расчеты биогеохимических параметров, которые позволили выявить перемещения химических элементов в рядах их содержаний в лизиметрических фильтратах относительно валовых содержаний в почвах (табл.2). Так, As в ряду элементов в фильтратах переместился на первое место, в почве же он находится на четвертом месте, Cu с последнего места переместился на среднее, что указывает на сравнительно большую подвижность As и Cu в техноэкосистеме. Чтобы численно определить эти различия, рассчитали "наблюдаемые отношения", согласно которым исследуемые элементы по миграционной способности располагаются в следующий нисходящий ряд, соответствующий рядам биологического поглощения их растениями: As=Mn=Cu=Ni(n) > Fe(0,n) > Ti=Pb(0,0n)

Таблица 2

Ряды содержаний элементов в инфильтрационных водах, почвах и по кларкам литосферы в техногенной экосистеме

Форма содержания	Ряды элементов
В лизиметрических фильтратах	As > Fe > Mn > Ti > Cu ≥ Ni > V
Валовое содержание	Fe > Ti > Mn ≥ As >> V ≥ Ni ≥ Cu
По кларкам литосферы	Fe > Ti > Mn > V > Ni > Cu > As

Из-за высоких концентраций тяжелых металлов в почвах и лизиметрических водах почвы практически полностью потеряли хозяйственную пригодность, а окружающие территории превратились в техногенную пустыню.

Как показали изучение миграции тяжелых металлов и оценка состояния почв, буферные возможности экосистем по отношению к техногенному воздействию наиболее полно проявляются только при сохранении ее структурной целостности, прежде всего биотических компонентов, в частности, растительности, обеспечивающей нормальное функционирование экосистемы. Анализ состояния растительного покрова и элементного состава растений в изучаемой зоне показал, что под влиянием техногенного загрязнения происходит как угнетение, так и уничтожение растительной биоты. Реальной причиной высокого уровня концентраций металлов в растениях зоны техногенеза является интенсивное корневое поглощение техногенных элементов в условиях высокоаномального их содержания в почвах. При этом вопрос о возможностях растений контролировать поглощение тяжелых металлов до сих пор остается открытым, поскольку эксперименты не дают однозначного ответа [7,1].

Резкое увеличение количества металлов, поступающего в экосистему, приводит не только к изменению микроэлементного состава растений, но и к нарушениям в состоянии и функционировании растений. Объективными показателями в этом отношении являются не сами концентрации металлов, а отношения элементов, отражающие степень диспропорции в микроэлементном обеспечении процессов метаболизма (табл.3). Отношение Fe/Mn в травах находится в интервале 1.2-7.1, при этом в фоновых условиях 1.2-3.6, а в техногенных 3.8-7.1. Здесь прослеживается достаточно четкая тенденция возрастания диспропорции Fe и Mn в зависимости от техногенного воздействия. Наиболее резко меняется отношение As/V (отношение токсичного металла и биофильного), которое находится в пределах 0.1-3.9, увеличиваясь в зависимости от техногенного воздействия. Диспропорция отмечается и для Cu/Mo и Pb/Co. Причем эти показатели в фоновых условиях не повышаются, а заметно снижаются в связи с опережающим накоплением ванадия, молибдена и кобальта в растениях.

Таблица 3

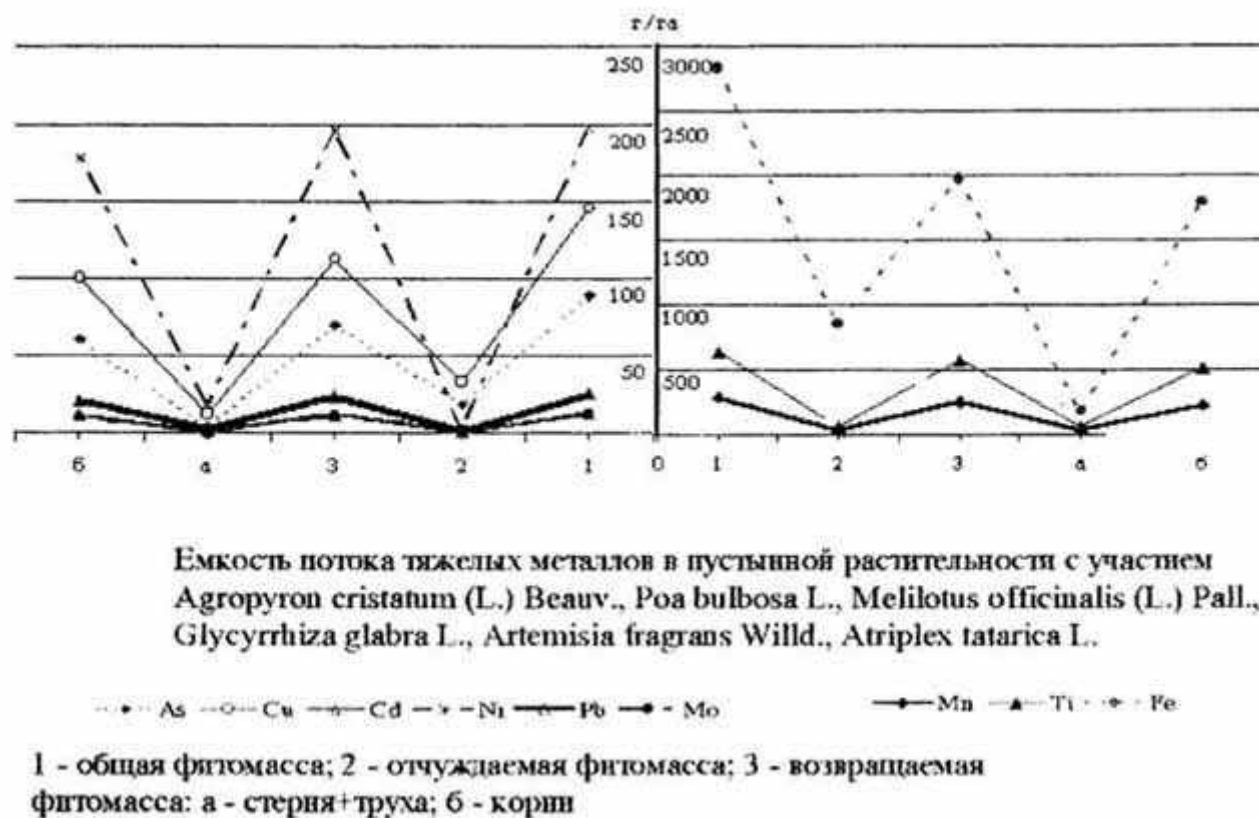
Количественные соотношения тяжелых металлов в кормовых травах

Растительное семейство	As/V	Pb/Co	Cd/Mo	Fe/Mn
Бобовые	3.7	7.5	1.5	3.8
Злаки	3.9	8.2	1.5	7.1
Разнотравье	2.0	8.3	3.6	5.3
	Фон			
Бобовые	0.1	1.2	0.01	1.2
Злаки	0.3	2.3	0.02	3.6
Разнотравье	0.2	2.5	0.04	3.3

В сезонной динамике в течение вегетационного периода прослеживается четкая тенденция увеличения процентного содержания сухого вещества в травах по отношению к сырому весу: в фоновых условиях эта величина находится в пределах 32.8-35.2, в техногенных - 39.7-43.2%. Эти различия свидетельствуют о нарушении водного баланса растений и снижении обводненности растительной ткани зоны техногенеза, что может быть связано с токсическим действием избытка тяжелых металлов.

Анализ емкости потоков тяжелых металлов в растительном сообществе с участием *Agropyron cristatum* (L.) Beanv., *Poa bulbosa* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Glycyrrhiza glabra* L., *Artemisia fragrans* Willd., *Atriplex tatarica* L. и др. показывает, что за пределы экосистемы с надземной массой растений отчуждается лишь 23.8%, а возвращается в почву и включается в биогеохимическую цикличность 76.2% (рисунок). Анализ роли отдельных структурных компонентов в составе потока органической биомассы показывает, что корнями возвращается значительное количество тяжелых металлов - 68.5% от общих запасов элементов, вовлеченных в биогеохимический поток. Значительный удельный вес биомассы корней в структуре потока, повторно поступающей в почву, связан с высоким уровнем абсолютного содержания элементов в биомассе корней. С биомассой трухи и стерни поступает в почву незначительная

часть тяжелых металлов, при этом роль биомассы трухи в потоке элементов невелика и составляет не более 10%.



Анализ баланса химических элементов нескомпенсированность их биогенных потоков, отчуждаемых за пределы экосистемы и повторно поступающих в почву, что приводит к существенно более высокой концентрации тяжелых металлов в корнях растений и соответственно в почве.

Таким образом, выявленные нами закономерности емкости потоков химических элементов и баланса, расчеты биогеохимических параметров показали, что почвы зоны техногенеза практически аномальны и техногенная трансформация экосистемы идет в сторону деградации и опустынивания.

Предложенный методологический подход, основанный на концепции биогеохимической цикличности, позволяет на ранней стадии процесса опустынивания достаточно оперативно оценить состояние техноэкосистемы и разработать мероприятия по предупреждению процесса опустынивания и оптимизации экосистемы в целом.

Следует отметить, что мы еще не знаем точных границ всего круга вопросов, подлежащих исследованию для получения полной экологической характеристики процесса опустынивания. Необходимо расширить круг вопросов, характеризующих механизм этого процесса с тем, чтобы добиться полной оценки процесса и выявить наиболее важные показатели.

Разносторонние комплексные данные геоэкологической характеристики необходимы не только для научно обоснованного прогноза процесса опустынивания, но и для разработки перспективных направлений рационального использования экосистем.

Центр эколого-ноосферных исследований НАН РА.

Литература

1. *Шуберт Р.* Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. М. Мир. 1988. 348 с.
2. *Ревазян Р. Г.* Биогеохимическая цикличность как функциональный критерий устойчивости экосистем. Автореф. докт. дис. 2002. 54 с.
3. *Ревазян Р. Г.* - ДНАН Армении. 1998. Т. 98. N 4. С. 357-362.
4. *Ревазян Р. Г.* - ДНАН Армении. 1993. Т. 94. N 3. С. 165-172.
5. *Перельман А. И.* Геохимия ландшафта. М. 1975. 342 с.
6. *Григорян С. Б.* Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории химическими элементами. М. ИМГРЭ. 1984.
7. *Либберт Э.* Экология растений. М. 1976. 584 с.

Ռ. Հ. Ռևազյան

Անապատացման ընթացքի գեոէկոլոգիական գնահատման սկզբունքների մասին

Անապատացման ընթացքի առավել կարևոր խնդիրներից մեկը վաղ ախտորոշման մեթոդների մշակումն է: Այդ ընթացքի գեոէկոլոգիական գնահատումը ընդգրկում է,

ա) կենսաերկրաքիմիական որոշ պարամետրերի որոշում,

բ) քիմիական տարրերի հոսքերի տարողունակության և հաշվեկշռի բացահայտում,

գ) քիմիական տարրերի միգրացիոն ակտիվության բացահայտում:

Աշխատանքի առավել պատասխանատու փուլն է կոռելյացիոն կապի հաստատումը հետազոտության տարբեր պարամետրերի միջև, ինչը թույլ կտա ընտրել գնահատման ցուցանիշների նվազագույն քանակ զանգվածային օգտագործման հարմար գեոէկոլոգիական հսկողություն կազմակերպելու նպատակով:

Առաջարկված մեթոդաբանական մոտեցումը, որի հիմքում ընկած է կենսաերկրաքիմիական ցիկլայնության կոնցեպցիան, թույլ է տալիս անապատացման ընթացքի սկզբնական փուլում բավականաչափ օպերատիվ գնահատել էկոհամակարգերի վիճակը և մշակել միջոցառումներ անապատացման կանխարգելման համար:

УДК 661.732.9-611.81-599.323.4-616.379.608.64-771.74

Академик К. Г. Карагезян, А. Р. Едоян, Л. В. Едоян, Л. М. Овсепян

**Воздействие сверхмалых доз модифицированной двуспиральной РНК
на жирнокислотный состав фосфолипидов мозговой ткани
аллоксандиабетических белых крыс**

(Представлено 11/VI 2003)

Согласно научной информации последних трех десятилетий [1-3] мозговая ткань млекопитающих отличается высоким уровнем неэстерифицированных жирных кислот (НЭЖК), преимущественно полиенового ряда, среди которых арахидоновая кислота занимает первостепенное положение. Указанные соединения отличаются исключительно высокой степенью метаболической активности, выступая подчас в роли физиологически активных веществ. НЭЖК в подавляющем большинстве случаев определяются в составе важнейших мембраносвязанных фосфолипидов (ФЛ), главным образом кислой природы, подвергающихся интенсивно протекающим реакциям деацилирования под воздействием чрезмерно активированной фосфолипазы А₂, что особенно отчетливо проявляется при различных болезненных состояниях организма, в том числе и аллоксановом диабете (АД). Сообщения о существенном изменении жирнокислотного состава ФЛ мозговой ткани при сахарном диабете [4] послужили основанием к проведению специальных исследований для выяснения особенностей качественно-количественных изменений НЭЖК в мозговой ткани подопытных животных с моделированным АД.

В последнее время успешно развивается точка зрения об исключительной терапевтической эффективности так называемых сверхмалых доз различных природных и синтетических физиологически активных соединений [5]. Многочисленные экспериментальные исследования подтверждают возможность достижения высокого уровня корректирующей активности при испытании указанных соединений в концентрациях 10^{-12} М и ниже [6-8], а также использовании физических факторов сверхнизкой интенсивности.

Исходя из вышеизложенного в настоящем исследовании нами были изучены особенности нормализующего действия сверхмалых доз (10^{-12} М) кальциевого преципитата дрожжевой низкомолекулярной двуспиральной РНК (Ca^{2+} -дс-РНК), синтезированного в Институте молекулярной биологии НАН РА [9].

Исследования проводились на 45 белых крысах-самцах (180-200г), подвергшихся однократному внутривентральному введению этанолового раствора аллоксана из расчета 15 мг/100 г массы тела. Развитие ярко выраженного АД с высоким уровнем гликемической кривой, соответствовавшим 10-20 дням после инъекции аллоксана, служило основанием к реализации поставленной цели.

Животных декапитировали под легким эфирным наркозом, изолирование головного мозга и приготовление мозгового гомогената осуществляли в максимально ограниченное время в условиях холодной комнаты. Выделение фракций нейтральных липидов

осуществляли на колонке с силикагелем (Л 40-100, Чехия). После изолирования и метилирования НЭЖК диазометаном последующее фракционирование проводили на колонках с силикагелем с использованием в качестве элюирующей системы смеси гексана с этиловым эфиром в объемных соотношениях 99:1. Определение метиловых эфиров НЭЖК проводили методом (Pau Unikam, Англия) на колонках 1200-3 мм, содержащих 8% полиэтиленгликольадипината и 3% силиконового каучука Е-30 на хроматографе с изотермическим (180°C) и градиентным (170-240°C) температурными режимами. Для количественного подсчета содержания отдельных фракций НЭЖК в качестве внутренних стандартов использовали образцы невроновой и лигноцериновой кислот [10-12] производства "Сигма" (США).

Согласно результатам проведенных исследований (табл. 1) развитая форма АД характеризуется проявлением высоких концентраций НЭЖК в мозговой ткани, обеспечиваемых преимущественно за счет арахидоновой кислоты. Многопрофильность метаболической активности последней проявляется в ее вовлечении как в реакции биосинтеза многочисленных физиологически активных соединений типа простагландинов, так и в процессе свободнорадикального окисления (СРО) с формированием таких токсических продуктов, как моно-, ди-, триеновые конъюгаты, гидроперекиси и малоновый диальдегид (МДА), обладающие ярко выраженным мембранотоксическим, мембранолитическим действием. Интенсификация процессов СРО липидов с выходом высоких концентраций указанных соединений рассматривается как обязательный, но не специфический компонент патогенеза всех болезненных состояний с различной степенью выраженности, в том числе и АД.

Таблица 1

Динамика количественных изменений неэстерифицированных жирных кислот насыщенного и полиенового ряда (в мг%) в мозговой ткани белых крыс в контроле при аллоксановом диабете и под действием Ca^{2+} -дс-РНК в течение 10-20дней

Жирная кислота	Контроль	Диабет	Ca^{2+} -дс-РНК, 10 дней	Ca^{2+} -дс-РНК, 20 дней
Пальмитиновая $\text{C}_{16:0}$	28.8±0.52	17.09±0.61 ^x	19.11±0.56 ^x	23.0±0.55
Стеариновая $\text{C}_{18:0}$	36.3±0.67	25.69±0.89 ^x	30.16±0.61 ^x	35.8±0.99
Олеиновая $\text{C}_{18:1}$	37.1±0.78	30.55±0.63 ^x	33.12±0.62 ^x	36.6±0.71
Линолевая $\text{C}_{18:2}$	6.9±0.39	4.77±0.44 ^x	5.11±0.29 ^{xx}	6.0±0.31
Линоленовая $\text{C}_{18:3}$	5.2±0.27	3.00±0.29 ^x	4.00±0.25 ^x	4.9±0.55
Арахидоновая $\text{C}_{20:4}$	8.9±0.59	19.09±0.61 ^x	13.01±0.55 ^x	9.1±0.63
Сумма насыщенных жирных кислот ($\text{C}_{16:0}+\text{C}_{18:0}$)-(А)	59.1±0.79	42.78±0.81 ^x	49.27±0.59 ^x	58.8±0.81

Сумма ненасыщенных жирных кислот A(C _{18:1} +C _{18:2} (C _{18:3} +C _{20:4})-(B)	58.1±0.57	57.27±0.55	55.24±0.55 ^x	56.6±0.59
Коэффициент $\frac{A}{B}$	$\frac{59,1}{58,1} = 1,02$	$\frac{42,78}{57,27} = 0,75$	$\frac{58,8}{56,6} = 1,04$	$\frac{49,27}{55,24} = 0,89$

Примечание: n=45, x – P<0.001; xx – P<0.01; без обозначений P>0.5.

Изучение особенностей изменений качественного состава НЭЖК различных категорий в мозговой ткани аллоксандиабетических белых крыс меняет укоренившиеся представления о роли жирнокислотного фактора в формировании молекулярных механизмов этиопатогенеза АД. Уже на 10 день развития АД наблюдалось отчетливо проявляющееся понижение уровня насыщенных пальмитиновой (C_{16:0}) и стеариновой (C_{18:0}) кислот на фоне ярко выраженного стабильного гипергликемического показателя. Отмеченный сдвиг мы склонны объяснить интенсивным вовлечением C_{16:0} и C_{18:0} в реакции ацилирования лизопродных ФЛ, преимущественно лизофосфатидилхолинов (ЛФХ), образующихся в результате деацилирования ФЛ-глицеридов нейтрального ряда, главным образом фосфатидилхолинов, под действием чрезмерно активированной фосфолипазы A₂. Этим и объясняется, с одной стороны, увеличение количества ЛФХ при АД, с другой, - возрастание уровня НЭЖК полиенового ряда. Согласно табл. 1 отмеченный сдвиг оказывается наиболее демонстративным, как уже упоминалось выше, в отношении арахидоновой кислоты, функциональная роль которой в головном мозгу заслуживает пристального внимания [11], главным образом с точки зрения ее активного участия в биосинтезе ряда физиологически активных соединений, например простагландинов, а также в структурной организации инозитолсодержащих ФЛ мозговой ткани млекопитающих, с подключением механизмов гормональной регуляции [12-14], что служит поводом к переосмыслению ее роли в конкретизации функциональных назначений этой группы ФЛ [15]. Результаты исследований последних лет [16-19] проливают существенный свет на современное понимание роли мембраносвязанных полифосфоинозитидов в реализации каскада постоянно совершающихся процессов трансдукции внешних сигналов внутрь клетки как факторов, стимулирующих системы клеточной активности.

Наряду с отмеченным развитие АД характеризуется подавлением в головном мозгу активности СДР-диацил-гликозил-инозит-фосфатидилтрансферазы, ведущим к чувствительному ингибированию реакций биосинтеза полифосфоинозитидов [20]. Наиболее примечательным следует признать срыв регуляторного воздействия указанной категории кислых ФЛ на секреторную активность островков Лангенгарса [21], где они выступают в роли метаболического посредника в интернализации гормонального стимула инсулина на уровне инсулинзависимых тканей. Не исключена возможность объяснения биохимического механизма количественного уменьшения полифосфоинозитидов через механизм явно констатируемого повышения активности соответствующих фосфолипаз

[12], катализирующих процесс деацилирования арахидоновой кислоты, выступающей в мозговой ткани как в роли одного из важнейших физиологически активных соединений, так и в качестве весьма податливого субстрата, интенсивно вовлекающегося в реакции перекисеобразования с выходом арсенала токсических продуктов деградирующего действия на структурно-функциональные образования клеток различных уровней их филогенетической дифференциации.

Применение на фоне АД кальциевого преципитата дрожжевой низкомолекулярной двуспиральной РНК (Ca^{2+} -дс-РНК) в сверхмалых концентрациях (10^{-12}М) в течение 10 дней способствовало проявлению отчетливой тенденции к восстановлению исходных уровней изучаемых веществ и их количественных соотношений, хотя и полученные данные продолжали статистически достоверно отставать от контрольных величин.

В связи с отмеченным срок применения Ca^{2+} -дс-РНК был продлен до 20 дней, что способствовало окончательному упорядочению описанных нарушений в жирнокислотном составе мозговой ткани животных с моделированным АД.

Примечательно, что аналогичные закономерности были зарегистрированы и в динамике количественных сдвигов конечного продукта СРО липидов - малонового диальдегида (МДА) (табл. 2).

Как вытекает из таблицы, при 10-дневном действии сверхмалых доз Ca^{2+} -дс-РНК происходит упорядочение перекисеобразовательного процесса только в ферментативной - NADPH-зависимой системе с заметным его ингибированием и в аскорбатзависимой системе образования МДА.

Продление срока действия этого физиологически активного аналога РНК до 20 дней приводит к полнейшей нормализации интенсивности течения процессов СРО липидов и в неферментативной - аскорбатзависимой системе перекисеобразования.

Таблица 2

Динамика количественных изменений продуктов перекисления липидов (в % МДА/мг белка) в мозговой ткани белых крыс в контроле при аллоксановом диабете и под действием Ca^{2+} -дс-РНК в течение 10-20 дней

Показатель	Контроль	Диабет	Ca^{2+} -дс-РНК, 10 дней	Ca^{2+} -дс-РНК, 20 дней
Аскорбатзависимое перекисление	100±2.3	149.5±2.5 ^x	137.3±2.3 ^{xx}	118.0±2.0
NADPH-зависимое перекисление	100±2.0	137.7±2.1 ^x	119.4±2.2	109.0±1.8

Примечание: n=15, x – $P < 0.001$; xx – $P < 0.01$; без обозначений статистически недостоверны.

На основании полученных результатов можно прийти к заключению об исключительной эффективности сверхмалых доз Ca^{2+} -дс-РНК в коррекции нарушений качественно-количественных превращений ЖК различных категорий в мозговой ткани аллоксандиабетических белых крыс.

Литература

1. Карагезян К. Г., Вартанян Г. С., Бадалян М. Г.- Бюлл. exper. биол. и мед. 1980. Т. 90. С. 169.
2. Карагезян К. Г., Вартанян Г. С., Паносян А. Г. - Нейрохимия. 1982. Т. 1. С. 139.
3. Мартикян А. Р., Вартанян Г. С., Карагезян К. Г. - Нейрохимия. 1984. Т. 3. N 3. С. 288-290.
4. Basan N. G. - Neurochemistry. 1979. V. 18. P. 1971-1974.
5. Бурлакова Е. Б. - Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева). 1999. Т. 43. N 5. С. 3-11.
6. Блюменфельд Л. А.- Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева). 1999. Т. 43. N 5. С.15-20.
7. Ашмарин И. П., Каразеева Е. П., Лелекова Т. В. - Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева). 1999. Т. 43. N 5. С. 21-28.
8. Пальмина Н. П., Мальцева Е. Л., Пынзарь Е. И., Бурлаков Е. Б. - Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева). 1999. Т.43. N 5. С. 55-63.
9. Свидетельство N 1367197 (Гос. комитет СССР по делам изобретений и открытий) от 15 сентября 1987 г. на изобретение: "Способ профилактики ящура у свиней" по заявке Ин-та экспериментальной биологии АН АрмССР N 3862091, Москва, СССР.
10. Кейтс М.- Техника липидологии. М. Мир. 1975. 322 с.
11. Naye B., Jasjuemin C. - Biochim. et biophys. acta. 1977. V. 487. P. 231.
12. Sun G. Y., Der O. M., Tang W. - Lipids. 1979. V. 14. P. 229.
13. Геворкян Э. С., Тадевосян Ю. В., Явроян Ж. В., Карагезян К. Г. - Укр. биохим. журн. 1988. Т. 60. N 4. С. 81-83.
14. Геворкян Э. С., Тадевосян Ю. В. - Биохимия. М. 1990. Т. 11. Вып. 9. С. 1700-1706.
15. Тадевосян А. Ю. - Кооперативные механизмы фосфоинозитидного пути и липидных модификаций при хроническом лимфолейкозе. Автореф. канд. дис. 1999. 21 с.
16. Асатрян Л. Ю. - Кооперация процессов модификации липидного компонента мембран лимфоцитов при инициации фосфоинозитидного цикла. Автореф. канд. дис. Ереван. 1993. 30 с.
17. Тадевосян Ю. В., Батикян Т. Б., Асатрян Л. Ю., Карагезян К. Г., Тадевосян А. Ю. - Биохимия. М. 1996. Т.61. Вып. 8. С. 1414-1421.
18. Тадевосян Ю. В. - Кооперативные процессы модификации липидного компонента мембран в регуляции клеточной активности. Автореф. канд. дис. Ереван. 1996. 41 с.
19. Тадевосян Ю. В., Карагезян К. Г., Батикян Т. Б. - ДАН СССР. 1997. Т.295. N 5. С. 1254-1257.
20. Whiting P. H., Bowley M., Sturton R. G., Pritohard P. H., Brindley D. N., Nawthorne J. N. - Biochem. J. 1977. V. 168. P. 147-149.
21. Best L., Malaisse W. J. - Biochim et biophys. acta. 1983. V. 750. P. 157.

Ակադեմիկոս Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Ա. Ռ. Եղոյան, Լ. Վ. Եղոյան, Լ. Մ. Հովսեփյան

**Մոդիֆիկացված երկպարտության ՌՆԹ-ի գերցածր քանակների
ազդեցությունը ալոքսանային շաքարախտով տառապող սպիտակ առնետների
գլխուղեղի ճարպաթթվային փոխանակության վրա**

Ստացված արդյունքները վկայում են երկպարտության ցածրմոլեկուլային ՌՆԹ-ի կալցիումական ածանցյալի գերցածր քանակների բացառիկ արդյունավետության մասին, երբ այն կիրարկվում է ներմկանային մեկական (օրվա ընթացքում) սրսկումների ձևով 20 օր: Այն արտահայտված է չհագեցված և հագեցված ճարպաթթուների որակական-քանակական հարաբերակցությունների կանոնավորմամբ կենդանիների գլխուղեղում:

Член-корреспондент НАН РА А. А. Шагинян, Л. Э. Нерсисян, Д. В. Гарибян,
Б. Т. Гарибджанян

Изменения в структуре опухолевой ДНК *in vivo* под влиянием доксорубина и бактериальной культуры *Escherichia coli*

(Представлено 21/X 2002)

Белок, выделенный из погибших клеток *Escherichia coli* (*E. coli*) здоровых людей, способен вызвать некроз раковых клеток [1]. Обнаружено также, что некоторые бактерии кишечной флоры, выделенные из кишечника здоровых людей, обладают канцеролитическими свойствами; в тех же условиях кишечные палочки, выделенные у онкологических больных *in vitro*, не вызывают некроза раковых клеток, т.е. не обладают этими свойствами [2-5].

В настоящей работе рассматривается возможность повышения эффективности лечения злокачественных опухолей комплексным применением химиопрепаратов с природными соединениями, что может позволить снять побочное токсическое действие химиопрепарата и усилить противоопухолевое действие известных препаратов, применяемых в онкологической практике. Особенно интересны в этом плане противоопухолевые антибиотики, поскольку в механизмах цитотоксического их действия, независимо от того, действуют они непосредственно на этапы синтеза или опосредованно через клеточные системы, угнетение биосинтеза ДНК занимает одно из ведущих мест. При этом очевидна необходимость изучения первичной структуры ДНК и связи между уровнем метилирования ДНК и подавлением роста опухоли. Ставя перед собой такую задачу, мы исходили из того, что энзиматическое метилирование по цитозиновым остаткам является заключительным и важным этапом синтеза ДНК и единственным типом модификации первичной структуры ДНК эукариотической клетки, специфическим механизмом экспрессии генов и клеточной дифференцировки [6-8].

В настоящей работе была исследована первичная структура ДНК опухоли саркома 45 (С-45) до и после воздействия на нее доксорубина и бактериальной культуры *E. coli* [2] *in vivo* отдельно и при совместном применении.

Эксперименты *in vivo* проводились на крысах линии Вистар массой 100-120 г. На 5-е сутки после перевивки опухоли С-45 известным методом [9-10] животных разделили на 4 группы по 10 крыс в каждой. Животным первой группы вводили внутрибрюшинно доксорубин в дозе 2 мг/кг в течение восьми дней. Вторая группа получала бактериальную культуру перорально в дозе 20 мл/кг. Животных третьей группы лечили доксорубином в сочетании с бактериальной культурой. Каждый препарат вводили четыре раза, чередуя через день. В этом случае крысы получали половину суммарной дозы обоих препаратов. Четвертая группа служила контролем. На 14-ый день опыта всех животных забили и определили вес животного и опухоли. Из извлеченных после забоя органов и тканей выделяли ДНК. В работе использовали метод экстракции ДНК, разработанный Б.Ф.Ванюшиным, в присутствии 1,5 % SDS, ДНК гидролизovali до оснований [11]. Основания разделяли с помощью тонкослойной хроматографии на ДЭАЭ-целлюлозе в растворителе н-бутанол:вода:аммиак (60:10:0,1). Спектрофотометрию элюатов всех оснований (гуанин (Г), цитозин (Ц), 5-метилцитозин (5-МЦ), тимин (Т), аденин (А)) производили против элюатов из соответствующих участков хроматограмм.

В таблице приведены данные по содержанию Г, Ц, А, Т, 5-МЦ в ДНК здоровой печени, печени опухоленосящих животных, опухоли С-45 до и после введения доксорубина и перорального получения животными бактериальной культуры *E.coli* отдельно и при сочетанном применении с

антибиотиком. Содержание основных пар оснований в изученных ДНК практически одинаково. Выделенные ДНК принадлежат к АТ-типу, количество Г+Ц+МЦ в них составляет 42.6–43.8 мол%. Нуклеотидный состав ДНК соответствует правилам Чаргаффа. Четко выделяется разница в уровне метилирования между изученными образцами ДНК. Как видно из таблицы, уровень метилирования в клетках печени опухоленосящих животных без лечения и особенно после лечения доксорубицином повышен. Бактериальная культура, примененная отдельно, подавляет степень метилирования ДНК клеток печени опухоленосящих животных, приближая ее к норме. При сочетанном применении доксорубицина и бактериальной культуры в тех же условиях намечается тенденция к уменьшению 5-МЦ. Данные о разном содержании 5-МЦ в нормальных клетках (печень) и в клетках печени опухоленосящих животных, опухоли без лечения и при раздельном и

Нуклеотидный состав ДНК органов и тканей опухоленосящих животных

Источник ДНК	Содержание оснований в ДНК, мол %					
	Г	Ц	МЦ ± ζ	А	Т	Г + Ц + МЦ
Печень (норма)	21.7	20.7	1.04±0.01	28.4	28.4	43.4
Опухоленосящие животные						
Печень	21.6	20.1	1.59±0.01	28.3	28.3	43.2
Печень+ бактериальная культура	21.5	20.6	0.98±0.01	28.5	28.5	43.2
Печень+ доксорубицин	21.9	20.0	1.99±0.01	28.1	28.1	43.8
Печень+ бактериальная культура + доксорубицин	21.9	20.2	1.76±0.01	28.1	28.1	43.8
Опухоль (С-45)	21.9	20.1	1.86±0.02	28.1	28.1	43.8
С-45+ бактериальная культура	21.6	20.1	1.55±0.01	28.4	28.4	43.2
С-45+ доксорубицин	21.3	20.8	0.59±0.01	28.7	28.7	42.6
С-45+ бактериальная культура+ доксорубипин	21.3	20.4	0.95±0.01	28.7	28.7	42.8

Примечание. В каждой группе - 10 животных. Число определений — 12. Проведенные изменения статистически достоверны (p<0.005) по сравнению с контролем (печень, опухоль).

совместном лечении доксорубицином и бактериальной культурой согласуются, во-первых, с данными других авторов о разной метилакцепторной способности при метилировании ДНК из разных клеток (опухоль, печень) [12-13], во-вторых, в случае повреждающего действия доксорубицина в печени, по всей вероятности, начинается репаративный синтез ДНК, который сопровождается метилированием. Возможно, индуцируемое препаратом гиперметилирование может явиться прямым ответом клеток печени на препарат. В тех же условиях в опухоли резко понижено содержание 5-МЦ в ДНК при лечении только доксорубицином, а при совместном лечении доксорубицином и бактериальной культурой хотя и наблюдается ингибирование уровня метилирования ДНК опухоли, но он меньше, чем при лечении только антибиотиком, и приближается к норме. Небольшое уменьшение содержания 5-МЦ наблюдается в опухоли и при раздельном пероральном применении бактериальной культуры. Исходя из полученных результатов, можно предположить, что доксорубицин, интеркалируя между основаниями двойной спирали ДНК, блокирует ДНК-матрицу, препятствуя нормальному функционированию ферментов, в

частности ДНК-метилаз, что может привести к изменению первичной структуры ДНК опухоли путем эксцизии 5-МП, связанной с активацией деметилаз. Деметилирование, которое достигается ферментативным механизмом, может индуцировать дифференцировку клеток [14-15].

Корреляция задержки роста опухоли с уровнем метилирования ДНК очевидна. Установлено, что в первой группе, где применяли только доксорубин, торможение роста опухоли составляет 52.8%. Вместе с тем препарат оказывает значительное общетоксическое действие на организм животного ($K_p = -9.3\%$). Бактериальная культура не вызывает торможения роста опухоли и не оказывает токсического действия на организм животного ($K_p = +7.7\%$). При сочетанном применении препаратов торможение роста опухоли достигает того же уровня, что и в первой группе, где использовался только доксорубин ($T = 53\%$), и при этом не отмечено общетоксического действия препаратов ($K_p = +1.3\%$).

Таким образом, можно предположить, что сочетанное применение доксорубина и бактериальной культуры *E.coli* позволяет снять токсическое влияние антибиотика на организм животного, используя половину суммарной дозы доксорубина, без снижения его противоопухолевого действия. Исследуемые штаммы бактерий *E.coli* здоровых лиц способны подвергать некрозу опухолевые клетки и индекс некроза довольно высок - 86% [16]. При использовании доксорубина с бактериальной культурой наблюдается также эффект потенцирования противоопухолевого действия антибиотика без увеличения его токсичности в результате деметилирования и активации репарационных процессов в клетке, что приближает уровень метилирования ДНК к норме.

Следовательно, сочетанное применение доксорубина и бактериальной культуры *E.coli* можно считать целесообразным при лечении злокачественных новообразований.

Авторы выражают благодарность О. Г. Карапетяну за предоставление бактериальной культуры.

Работа выполнена при поддержке гранта Международного научно-технического центра (ISTC) «Human Intestinal Microflora and Microbiological Aspect of Its Regulation during Diseases of Digestive Tract» (NA-732).

Институт тонкой органической химии НАН РА

Институт прикладных проблем физики НАН РА

Литература

1. Canadian Scientists Use Deadly *E. coli* bacteria to kill cancer cells. 1995-1999.
2. Гарибян Д. В., Худавердян Н. В., Даниелян И. С., Агаронян А. С., Карапетян О. Г.- Биол. журн. Армении. 2001. Т. 53. N1-2. С. 121-124.
3. Панчишина М. В. В сб.: Вопр. онкологии. Львов. 1967. С. 189-196.
4. Олейник С. Ф., Панчишина М. В.- Врачебное дело. 1968. N5. С. 13-17.
5. Панчишина М. В.- Врачебное дело. 1972. N5. С. 65-68.
6. Counts J. L., Mc Clain R. M., Yoodman J. I.- Carcinog. 1997. Feb. V. 18. N2. P. 97-106.
7. Kay P. H., Spagnolo D. V., Taylor J., Ziman M.- Leuk-Lymphoma. 1997. Jan. V. 24. N 3-4. P. 211-220.
8. Strathdee G., Brown R.- Exp. Rev. Mol. 4 March. 2002.
9. Чернов В. А. В кн.: Методы экспериментальной химиотерапии. М. Медицина. 1971. С. 357-403.
10. Экспериментальная оценка активности противоопухолевых препаратов в СССР и США. М. Медицина. 1980.
11. Васильев В. К., Гарибян Д. В., Захарян Р. А., Галоян А. А., Ванюшин Б. Ф.- ДАН СССР. 1972. Т.205. N3. С. 721-723.
12. Кляшева Р. И. - Вопр. онкологии. 1990. N 10. С. 1186-1189.
13. Laizd R. W., Haenisch R.- Hum. Mol. Genet. 1994. N 3. P. 1487-1495.
14. Мазин А. С.- Мол. биология. 1993. Т. 27. N5. С. 965-979.
15. Ivanetich K. M., Sanfi D. V.- Progr. Nucleic Acid Mol. Biol. 1992. V. 42. P. 127-156.
16. Шахламов В. А., Карапетян А. О., Карапетян О. Г.- Материалы по актуальным вопр. совр. гистологии. М. Медицина. 1988.

ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Ա. Ա. Շահինյան, Լ. Է. Ներսեյան, Ջ. Վ. Ղարիբյան,
Բ. Տ. Ղարիբջանյան

**Ուռուցքային ԴՆԹ-ի կառուցվածքային փոփոխությունները դոքսոռուբիցինի և
Escherichia coli բակտերիալ կուլտուրայի ազդեցությամբ in vivo պայմաններում**

Ուսումնասիրվել է առողջ մարդկանց աղիքային ֆլորայի որոշ բակտերիաների հակաուռուցքային ակտիվությունը: Ցույց է տրվել, որ ուռուցքով հիվանդներից անջատված աղիքային ցուպիկները չեն առաջացնում ուռուցքային բջիջների նեկրոզ (in vivo): Քիմիական պատրաստուկների հետ համատեղ բնական նյութերի կիրառումը թույլ է տալիս նվազեցնել պատրաստուկի թունավոր ազդեցությունը և միաժամանակ ուժեղացնել նրա հակաուռուցքային ակտիվությունը: Մեր կողմից ստացված տվյալները թույլ են տալիս ենթադրել, որ, կիրառելով դոքսոռուբիցինի գումարային դոզայի կեսը և բակտերիալ կուլտուրան, հնարավոր է վերացնել հակաբիոտիկի թունավոր ազդեցությունը, չիջեցնելով նրա հակաուռուցքային ակտիվությունը, որը կուտակվում է բակտերիալ կուլտուրայի ազդեցությամբ, շնորհիվ բջջում ռեպարացիոն պրոցեսների ակտիվացման և դեմեթիլացման, որի հետևանքով ԴՆԹ-ի մեթիլացման մակարդակը մոտենում է նորմային:

УДК 616-002.5:576-8

М. А. Каралян

Туберкулезный менингоэнцефалит и роль активации хронической инфекции вируса простого герпеса (I тип) в формировании иммунодефицита

(Представлено академиком Э. Г. Африкяном 15/IV 2003)

В Армении за последние 15 лет наметился рост случаев заболевания туберкулезом как в количественном отношении, так и в качественном - появились многочисленные случаи заболевания ранее редкими формами, например туберкулезным менингоэнцефалитом (ТМЭ). Одним из основных условий успешного лечения этого заболевания является его своевременная диагностика. Однако диагностика ТМЭ иногда оказывается затруднительной, что связано с изменением характера клинических проявлений заболевания, учащением атипичных и стертых форм [1].

ТМЭ является наиболее тяжелой формой туберкулезного менингита. При этом специфическое воспаление локализуется на оболочках основания мозга, а также распространяется на его вещество и сосуды. Для клинической картины, помимо выраженных мозговых и менингеальных расстройств, характерны очаговые расстройства ЦНС. В развитии ТМЭ важную роль играют иммунодефицитные состояния [2,3]. Ранее [4] нами было показано значительное повышение случаев активизации герпесвирусной инфекции у больных легочным туберкулезом. Энцефалит, этиологически связанный с вирусом простого герпеса I типа (ВПГ-1), относится к наиболее тяжелым формам поражения головного мозга. При этом наблюдаются деструктивные процессы с образованием некрозов в коре, в основном в передних отделах мозга. Это определяет неблагоприятное течение заболевания, часто заканчивающееся либо летальным исходом, либо выздоровлением с дефектом ЦНС [5].

Некоторые исследователи считают случаи атипичного ТМЭ результатом инфекции устойчивых штаммов микобактерий [6] либо иммунодефицита [7]. На сегодняшний день практически неизвестна роль инфекции ВПГ-1 при различных формах туберкулеза, и в частности ТМЭ. Как известно, инфекция ВПГ при длительной персистенции способна вызывать иммунодефицитные состояния [8]. Задачей исследования явилось изучение возможной роли инфекции ВПГ-1 в развитии ТМЭ. Для этого нами был проведен количественный анализ основных клеточных популяций иммунной системы у всех больных с ТМЭ с одновременным изучением состояния герпесвирусной инфекции.

Приведены данные 6 больных с диагнозом ТМЭ в возрасте от 11 до 23 лет, поступивших в Республиканский противотуберкулезный клинический диспансер в период 2001-2002 гг. Все больные были обследованы с целью выявления инфекции ВПГ-1. Контролем явились практически здоровые лица без туберкулезной патологии в возрасте от 15 до 28 лет. Работа проводилась с помощью иммуноферментного анализа, являющегося одним из наиболее

чувствительных методов диагностики вирусных инфекций [9]. Состояние клеточного иммунитета определяли с помощью моноклональных антител по содержанию основных популяций клеточного иммунитета (CD4+, CD8+) и клеток с естественной киллерной активностью - CD56+.

Анализ случаев ТМЭ в Армении выявил явное преобладание младших возрастных контингентов (большинству больных около 20 лет), что в целом совпадает с данными литературы.

У 4 больных (67%) начало болезни было атипично острым, однако острое начало болезни не всегда сопровождалось более благоприятным течением и сопровождалось переходом менингита в менингоэнцефалит (ср. с [2]). У одного больного с хронической формой менингоэнцефалита наблюдалось умеренное повышение белка в спинномозговой жидкости (0.8‰), цитоз достигал 1190 кл/мл. У 3 из 4 больных с атипичным острым менингоэнцефалитом (75%) наблюдалось умеренное повышение белка (около 0.5‰). У остальных больных с хроническим ТМЭ и у одного больного с острым ТМЭ эти цифры были более типичны для данной формы заболевания (белок в спинномозговой жидкости достигал 1,98‰).

Повышение антител IgG к ВПГ-1 наблюдалось у всех больных с диагнозом менингоэнцефалита, но только у одного отмечена клиническая активация течения герпесвирусной инфекции (IgG 2.0 ед/мл, IgM 1.1 ед/мл). При клиническом обследовании у последнего не выявлено характерной для герпетического энцефалита деструкции мозгового вещества, не удалось также выделить вирус из спинномозговой жидкости. Таким образом, нет оснований считать причиной энцефалита инфекцию ВПГ-1. Однако в данном случае наблюдался выраженный дефицит клеточного иммунитета, характерный для инфекции ВПГ-1, в частности резкое угнетение количества CD56+ клеток, обладающих естественной киллерной активностью.

У всех остальных больных с атипичным менингоэнцефалитом наблюдались различные расстройства клеточного иммунитета (извращение соотношения CD4+/CD8+, снижение количества CD56+ клеток, изменение количества мононуклеаров и т.п.), а также повышение титров к ВПГ-1.

Таким образом, для всех больных с атипичным ТМЭ характерно выраженное угнетение специфических и неспецифических факторов иммунитета и повышение титров к ВПГ-1. Можно предположить, что туберкулез провоцирует обострение хронической вирусной инфекции, а герпесвирусная инфекция, возможно, вторично ответственна за развитие осложнения туберкулеза из-за ухудшения состояния неспецифических факторов иммунитета.

Республиканский противотуберкулезный диспансер

Литература

1. П. Е. Мазур, В. А. Панасюк, В. Я. Прокопенко - Проблемы туберкулеза. 1991, N10. С. 85-87.
2. А. Г. Хоменко. Туберкулез. М. Медицина. 1996. 494 с.
3. Li C. M., Lee Y. Y., Ho Y. R. J.- Microbiol. Immunol. Infect. 2002 V. 35. N3. P. 195-198.
4. М. А. Каралян, С. М. Стеанян- Биол. журн. Армении. Т. 54. N3-4. с. 301-303.

5. *Е. В. Лещинская, И. Н. Мартыненко*- Острые вирусные энцефалиты у детей. М. Медицина. 1990. 256 с.
6. *Kepa L. Oczko-Grzesik B.*-Pol. Mercuriusz. Lek. 2001. V. 11. N62. P.173-174.
7. *D'Arminio M. A., Cinque P., Vago L. et al.* - J. Neurol. 1997 V. 244. N1. P. 35-39.
8. *Fields N., Knipe M.* Fundamental virology. Raven Press 1991. 1064 P.
9. *Н. Д. Львов, А. А. Никитина, П. Г. Свеникова и др.*- Вопр. вирусологии. 1991. N4. С. 315-318.

Մ. Ա. Կարայան

Տուբերկուլյոզային մենինգոէնցեֆալիտը և հասարակ հերպեսի (I տիպ) վիրուսի քրոնիկ ինֆեկցիայի ակտիվացիայի դերը իմունային անբավարարության կազմավորման մեջ

Ուսումնասիրվել են Հայաստանում տուբերկուլյոզային մենինգոէնցեֆալիտի դեպքեր և մարդու հերպես վիրուս-1 (ՄՀՎ-1) ինֆեկցիայի ակտիվացիայի դերը այդ պաթոլոգիայում: ՄՀՎ-1 հնարավոր գործոն է, որը կարող է առաջացնել բջջային իմունիտետի անբավարարություն, ասիայիկ տուբերկուլյոզային մենինգոէնցեֆալիտով հիվանդների մոտ:

ԲԺՇԿԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

ՈՒՏԴ 617.8-07:617.33-053.2

Մ. Մ. Մարտիրոսյան

Երեխաների մոտ գանգուղեղի, կրծքավանդակի և նրա օրգանների հետ համակցված վնասվածքների ախտորոշման և բուժման առանձնահատկությունները

(Ներկայացված է ակադեմիկոս Ս. Խ. Ավդալբեկյանի կողմից 12/VI 2003)

Գանգուղեղի, կրծքավանդակի և նրա օրգանների համակցված վնասվածքները (գանգակրծքային կամ կրանիոտորակալ տրավմա) դասվում են առավել ծանր վնասվածքների թվին: Այս դեպքում ախտահարվում են անմիջապես օրգանիզմի կենսական ֆունկցիաները և նրանց փոխադրությունը ապահովող օրգանները [1-3]: Այդ վնասվածքների ժամանակ, որպես կլինիկական պատկերում գերիշխող համախտանիշ, նշվում է արտաքին շնչառության խանգարումը, ընդ որում շեշտվում է, որ շնչական խանգարումների ախտաճնությունը բազմապատճառ է և բարդ [4-6]: Գլխուղեղի և կրծքավանդակի օրգանների վնասվածքները ոչ միայն փոխադարձ ծանրացնում, այլև առաջացնում են «փակ շղթա», որի օղակները հենվում են միմյանց վրա, առաջ բերելով լուրջ դժվարություններ ախտորոշման, ինչպես նաև տակտիկական խնդիրների լուծման համար [2,5]: Երեխաների մոտ գանգակրծքային համակցված վնասվածքները՝ կապված մանկական օրգանիզմի անատոմաֆունկցիոնալ առանձնահատկությունների հետ, աչքի են ընկնում հիվանդության ընթացքի և ախտորոշման լրացուցիչ դժվարություններով, բարձր մահացությամբ, որը պայմանավորում է խնդրի արդիականությունը:

Հետազոտության նպատակը գանգակրծքային համակցված վնասվածքներով երեխաների մոտ ախտորոշման և բուժական տակտիկայի առանձնահատկությունների ուսումնասիրումն է: Աշխատանքը հիմնվել է համակցված գանգուղեղային վնասվածքներով 430 երեխաների պատմագրերի և մահացու ելքերի դատաբժշկական ակտերի վերլուծության վրա, որոնք բուժվել են Երևանի շտապ օգնության մանկական կլինիկական հիվանդանոցում (392 հիվանդ), մայրաքաղաքի և հանրապետության մարզերի տարբեր հիվանդանոցներում (38 հիվանդ) 1994-2001 թթ. ընթացքում: Գանգակրծքային վնասվածք գրանցվել է 19 հիվանդի մոտ, հիվանդների հասակը՝ 2-15 տարեկան: Ընդունման պահին տրավմատիկ շոկ ախտորոշվել է 10 հիվանդների մոտ (52.6%):

**Գանգուղեղային վնասվածքների կլինիկական ձևերը, կրծքավանդակի
վնասվածքների տեղակայումը և բնույթը**

Գանգուղեղային վնասվածքների կլինիկական ձևերը		Դիտումների քանակը	Կրծքավանդակի վնասվածքների տեղակայումը և բնույթը		
			կրծքավան- դակի /թոքի/ սալջարդ	կողերի կոտրվածք	
				թոքի վնասումով	առանց թոքի վնասման
Ցնցում		4	3	1	
Սալջարդ	թեթև	3	2		1
	միջին	5	4	1	
	ծանր	6	4	2	
Ճնշում	զանգի ներհրված կոտրվածք				
	ներգանգային հեմատոմա	1			
Ընդհանուր		19	13	4	2

Աղյուսակում ներկայացված է գանգուղեղի և կրծքավանդակի համակցված վնասվածքների կլինիկական ձևերի հանդիպման հաճախականությունը: Ինչպես երևում է աղյուսակից, հիվանդների մեկ երրորդի մոտ գանգուղեղային վնասվածքը եղել է թեթև բնույթի, կրծքային վնասվածքների մեջ գերակշռել է թոքի սալջարդը:

Գանգակրծքային համակցված վնասվածքներով հիվանդների ճնշող մեծամասնության վիճակի ծանրությունը թելադրել է բուժական և ախտորոշիչ միջոցառումների միաժամանակյա անցկացման անհրաժեշտություն: Այդ հիվանդների մոտ մեծամասամբ առաջնահերթ խնդիր է հանդիսացել շնչառական խանգարումների վերացումը և պայքարը շոկի դեմ: Հարկ է նշել, որ գանգուղեղային վնասվածքի առկայությունը մեր կողմից չի դիտվել որպես ինֆուզիոն թերապիային խոչընդոտող գործոն: Մյուս կողմից, եթե տրավմատիկ շոկը չի ուղեկցվել արտաքին կամ ներքին արյունահոսությամբ, հեղուկների մեծածավալ ինֆուզիայից և հատկապես արյան փոխներարկումից խուսափել ենք, որպեսզի չնպաստենք թոքի այտուցի կամ սրտային անբավարարության զարգացմանը:

Երեխաների մոտ կրանիոտորակալ ծանր վնասվածքների կլինիկական ախտորոշումը լրացուցիչ դժվարություններ է ներկայացրել՝ նրանց հետ խոսակցական կոնտակտի հաճախակի ոչ արդյունավետ լինելու, ինչպես նաև կրծքավանդակի շրջանում տրավմայի արտաքին հետքերի թույլ արտահայտվածության կամ բացակայելու պատճառով (5 երեխայի մոտ): Մեր աշխատանքի նյութերը, ինչպես նաև գրականության տվյալները վկայում են, որ երեխաների մոտ կրծքավանդակի ոսկրային կարկասի առաձգականությունը և ճկունությունը նպաստում են այն բանին, որ հաճախ արտաքին վնասվածքների և կողերի կոտրվածքների բացակայության պայմաններում նրանց մոտ տեղի է ունենում թոքահյուսվածքի սալջարդ [7,8]:

Սակայն ծանր համակցված գանգուղեղային վնասվածքի ժամանակ թոքերի վնասումը, պլևրայի խոռոչում օդի և արյան հայտնաբերումը ոչ միշտ է հնարավոր եղել՝

հոգեշարժական գրգռվածությունը, ցնցումները, մկանային կարկամությունը, արտազանգային այլ վնասվածքների առկայությունը զգալի դժվարություններ են առաջացրել ֆիզիկալ քննության տվյալների ստացման և գնահատման, ինչպես նաև բարդությունների ախտորոշման հարցում: Նման պայմաններում շատ արժեքավոր է եղել պլևրալ խոռոչի պունկցիայի կատարումը, որը թույլ է տվել կարևոր տվյալներ ստանալ՝ շնչական անբավարարության պատճառը պարզելու համար:

Գանգակրծքային համակցված վնասվածքների դեպքում, ոչ հազվադեպ դժվարություններ են առաջացել նաև գանգուղեղային վնասվածքի ծանրության գնահատման հարցում: Առաջին հերթին դա վերաբերվել է գիտակցության խանգարման խորության և «հեմատոմային» ախտանիշների՝ անիզոկորիայի և բրադիկարդիայի գնահատմանը: Հիվանդների մի մասի մոտ գիտակցության խանգարման աստիճանը ակնհայտ անհամապատասխան է եղել գանգուղեղի առաջնային վնասվածքի բնույթին: Մեր տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ կրծքավանդակի վնասման հետևանքով զարգացող հիպօքսիան կարող է գիտակցության խանգարման պատճառ լինել և գլխուղեղի ծանր վնասվածքի տպավորություն ստեղծել: Որպես կանոն, կլինիկական պատկերում կրծքավանդակի տրավմայի առաջատար դերը հաջողվում է պարզել անամնեստիկ տվյալների հիման վրա, որոնցում նշվում է գիտակցության խանգարման համեմատ՝ շնչական խանգարումների ավելի վաղ զարգացում, ինչպես նաև շնչառության կարգավորումից հետո գիտակցության պարզեցում: Մեր դիտարկումներում 3 հիվանդի մոտ նշվել է բրադիկարդիա՝ առանց գանգուղեղի ճնշման այլ երևույթների: Նրանցից մեկի մոտ նկատվել է նաև չափավոր անիզոկորիա: Այդ հիվանդների մոտ վերին կողերի և պարանոցի շրջանում վնասվածքների հայտնաբերումը հիմք է տվել վերոհիշյալ ախտանիշների զարգացումը կապել թափառող նյարդերի ճյուղերի և պարանոցի շրջանում սիմպատիկ նյարդային հանգույցների գրգռման հետ: Շնչառական և արյան շրջանառության խանգարումների վերացումը նպաստել է երկրորդային նյարդաբանական ախտանիշների ետ զարգացմանը և գլխուղեղի վնասվածքի ծանրության ճիշտ գնահատմանը:

Դրա հետ միասին պետք է նշել, որ համակցված գանգուղեղային վնասվածքների դեպքում նույնիսկ կրծքավանդակի թեթև վնասումները կարող են բերել հիպօքսիայի և գանգուղեղային տրավմայի դեկոմպենսացված ընթացքի, որի հետ կապված և շտապ միջամտության ձեռնարկելու անհրաժեշտության:

Այսպիսով, գանգակրծքային վնասվածքները երեխաների մոտ աչքի են ընկնում կլինիկական ընթացքի և ախտորոշման նշանակալից դժվարություններով: Այդ հիվանդների մոտ մեծամասամբ առաջնահերթ խնդիր է հանդիսանում շնչառական խանգարումների վերացումը և պայքարը շոկի դեմ:

Այդ խնդիրների լուծումը հնարավորություն է տալիս պայմաններ ստեղծել հիվանդների հետագա հետազոտման համար, ինչպես նաև ճիշտ գնահատել գանգուղեղային վնասվածքի ծանրությունը:

Երևանի շտապ օգնության մանկական կլինիկական հիվանդանոց

Особенности диагностики и лечения при кранио-торакальной травме у детей

Изучены истории болезней 430 детей с сочетанными черепно-мозговыми травмами. Кранио-торакальная травма наблюдалась у 19 больных. Возраст больных от 2 до 15 лет. Кранио-торакальные повреждения у детей отличаются особенностями клинического течения и трудностью диагностики. Первоочередной задачей в подобных случаях являются устранение у большинства больных дыхательных расстройств и борьба против травматического шока. Решение этих задач позволяет создать условия для дообследования больных, оценить истинную тяжесть черепно-мозговой травмы.

Литература

1. Бисенков Л. Н., Кочнев В. Ю., Зайцева К. К. - Вестн. хирургии. 1985. N9. С.75-78.
2. Вагнер Е. А., Брунс В. А. - Вестн. травматологии и ортопедии. 1998. N 2. С. 3-7.
3. Luce John M. - Crit. Care Med. 1998. V. 26. N 2. P. 369-376.
4. Денисов А. С. В кн.: Множественная и сочетанная травма. Пермь. 1990. С. 5-8.
5. Соколов В. А. - Вестн. травматологии и ортопедии. 1998. N 2. С. 54-65.
6. Шапот Ю. Б., Ренизов В. Б., Селезнев С. А. и др. Сочетанные травмы груди и живота. Кишинев. 1990.
7. Медведев В. А. В кн.: Множественная и сочетанная травма. Пермь. 1990. С. 51-53.
8. Davis S. L., Furman D. P., Costarino A. T. - J. Pediatr. 1993. V.123. P. 35-45.