

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

ISSN 0321-1339

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

2000

Երևան

Երևան

Yerevan

Նվաճողովել է 1944 թ.: Լույս է տեսնում քառորդին 4 անգամ

Основан в 1944 г. Выходит 4 раза в год

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Ս. Ա. ՆԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ

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

Главный редактор академик С. А. АМБАРЦУМЯН

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

Editor-in-chief academician S. A. AMBARTSUMIAN

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

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

Ֆեռ. 52-44-61

Խմբագրության վարիչ՝ Գ. Ա. Աբրահամյան

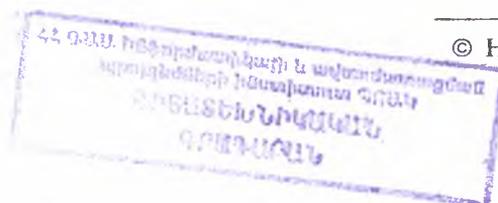
Адрес редакции: 375019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г

Тел. 52-44-61

Зав. редакцией Г. А. Абрамян

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

Phone-(3741) 52-44-61



Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

ՍԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Է. Ա. Միրզախանյան - Հիլբերտյան տարածությունում անվերջ չափանի հոմոտոպիական խմբերի որոշ տիպերի մասին..... 203

Ս. Լ. Համբարյան - Պելլի հավասարման լուծումը Ֆրեդի հաջորդականությունների միջոցով.... 212

Ա. Վ. Հարությունյան - Տյուպլիցյան օպերատորներ և բաժանման թեորեմներ բազմաշրջանում անալիտիկ ֆունկցիաների անիզոտրոպ տարածություններում..... 218

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՍԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ա. Ա. Չուբարյան - Տեղադրության գործողությունը պարունակող Ֆրեդեի համակարգերի արտածումների բարդության վերաբերյալ..... 223

ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ

Բ. Մ. Մամիկոնյան - Ունակային չափիչ շրթայի հետազոտումը երկբևեռ ոչ սիմետրիկ իմպուլսային լարումով սնելու դեպքում..... 228

ԱՌԱՉԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Լ. Ա. Աղալովյան, Ռ. Մ. Գևորգյան, Ա. Վ. Սահակյան - Ջերմաստիճանային դաշտի հաշվառմամբ սեղմելի և անսեղմելի շերտերից բաղկացած երկշերտի համար երկրորդ եզրային խնդրի լուծման մասին..... 237

Հ. Պ. Սկրտչյան - Տեղայնացված ծոման ալիքները սալերի կցման տեղում..... 245

ՖԻԶԻԿԱ

Ն. Ա. Ղորխմազյան, Ն. Ն. Ղորխմազյան - Գելլ-Մաննի - Նիշիջիմայի առնչությունը..... 250

ՄԵՅՍՄՈԼՈԳԻԱ

Լ. Ա. Հախվերդյան - Օձերը որպես բիոինդիկատորներ երկրաշարժերից առաջ..... 253

ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Հ. Հ. Մխիթարյան - Պայթյունի մեխանիզմը Բրիջմենի սալիկների վրա..... 258

ՎԵՐԼՈՒԾԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Ջ. Ա. Միրջայելյան, Վ. Ժ. Արծրունի, Ն. Օ. Գյոկչյան, Հ. Գ. Խաչատրյան - Նեղոսյան կապույտ Բ-ն որպես ռեագենտ՝ օքսիդային մանգանային հանքերում թալիումի էքստրակցիոն-ֆլյուորաչափական որոշման համար..... 264

ԿԵՆՍԱԶԻՄԻԱ

Կ. Գ. Ղարագոյզյան, Ջ. Ի. Գյոզալյան, Ս. Ս. Հովակիմյան - Նոր սինթեզված կումարինային բնույթի միացության հակամակարդիչ յուրատիպ ֆունկցիոնալ առանձնահատկությունները 269

Ա. Ա. Գալոյան, Լ. Ա. Քամալյան, Մ. Գ. Գասպարյան - Ուղեղի նոր ցիտոկինի - գալարմինի ազդեցությունը գամմա-ինտերֆերոնի սինթեզի վրա արյան մոնոկլոնար բջիջներում և էնցեֆալոմիոկարդիտի վիրուսի ռեպլիկացիայի վրա HEp-2-կուլտուրայում..... 276

ԲԺՇԿԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Մ. Ի. Գևորգյան, Ս. Ա. Բայրությունյան, Կ. Ռ. Մանվելյան, Լ. Գ. Հովսեփյան - Էքսպերիմենտում քմային նշիկներից ստացված լիմֆոցիտների կենսազործունեության արգասիքների ազդեցությունը որոշ իմուն ցուցանիշների վրա 283

Ա. Հ. Նազիմյան - Չարկերակային արյան շրջանառության առանձնահատկությունները վխտողեղի անոթային քրոնիկ հիվանդությունների ժամանակ..... 288

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Վ. Բ. Ֆանարջյան, Լ. Ռ. Մանվելյան, Ա. Մ. Նասոյան - Գորտի վեստիբուլյար-ողնուղեղային նեյրոնների էլեկտրաֆիզիոլոգիական առանձնահատկությունները 296

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМАТИКА

- Э. А. Мирзаханян* - О некоторых типах бесконечномерных гомотопических групп в гильбертовом пространстве..... 203
- С. Л. Амбарян* - Решение уравнения Пелля при помощи последовательностей Фарея..... 212
- А. В. Арутюнян* - Операторы Теплица и теоремы деления в анизотропных классах голоморфных в полидиске функций..... 218

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

- А. А. Чубарян* - О нижних оценках выводов в системах Фреге с подстановками..... 223

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

- Б. М. Мамиконян* - Исследование емкостной измерительной цепи при питании биполярным несимметричным импульсным напряжением..... 228

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

- Л. А. Агаловян, Р. С. Геворкян, А. В. Саакян* - К решению второй краевой задачи для двухслойной полосы из сжимаемого и несжимаемого слоев с учетом температурного поля..... 237
- А. П. Мкртчян* - Локализованные изгибные волны на стыке пластин..... 245

ФИЗИКА

- Н. А. Корхмазян, Н. Н. Корхмазян* - Соотношение Гелл-Манна - Нишиджимы..... 250

СЕЙСМОЛОГИЯ

- Л. А. Ахвердян* - Змеи как биоиндикаторы перед землетрясениями..... 253

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- А. А. Мхитарян* - Механизм взрыва на наковальнях Бриджмена..... 258

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Дж. А. Микаелян, В. Ж. Арируни, Н. О. Геокчян, А. Г. Хачатрян* - Нильский синий Б - реагент для экстракционно-флуориметрического определения таллия в оксидно-марганцевых рудах..... 264

БИОХИМИЯ

- К. Г. Карагезян, Дж. И. Гезалян, С. С. Овакимян* - Особенности экспериментально выявленных антикоагулянтных свойств вновь синтезированного препарата кумариновой природы..... 269
- А. А. Галоян, Л. А. Камалян, М. Г. Гаспарян* - Влияние нового цитокина мозга - галармина на синтез интерферона-гамма в мононуклеарах человека и на репликацию вируса энцефаломиокардита в клеточной культуре..... 276

МЕДИЦИНА

- М. И. Геворкян, С. А. Байбуртян, К. Р. Манвелян, Л. Г. Овсепян* - Влияние продуктов жизнедеятельности лимфоцитов, выделенных из небных миндалин, на некоторые показатели иммунного ответа в условиях эксперимента..... 283
- А. Г. Назинян* - Особенности артериального кровообращения при хронических цереброваскулярных заболеваниях..... 288

ФИЗИОЛОГИЯ

- В. В. Фанарджян, Л. Р. Манвелян, А. М. Насоян* - Электрофизиологические особенности вестибулоспиальных нейронов лягушки..... 296

CONTENTS

MATHEMATICS

- E. A. Mirzakhanyan* – On some types of infinite-dimensional homotopical groups in Hilbert space..... 203
- S. L. Hambarian* – Solutions of the Pell equation through Farey's sequences..... 212
- A. V. Harutyunyan* – Toeplitz operators and division theorems in the anisotropic spaces of holomorphic in the poldiscs functions..... 218

APPLIED MATHEMATICS

- A. A. Chubaryan* – The complexity in Frege proofs with substitution..... 223

MEASURING TECHNOLOGY

- B. M. Mamikonyan* – Researchment of capacitance measuring circuit by feeding of bipolar pulse voltage..... 228

THEORY OF ELASTICITY

- L. A. Aghalovyan, R. S. Gevorgyan, A. V. Sahakyan* – On solving of the second boundary value problem for two-layered strip from compressible and incompressible layers with temperature field taking into account..... 237
- H. P. Mkrtchyan* – Localized bending waves at plate junction..... 245

PHYSICS

- N. A. Korkhmazyan, N. N. Korkhmazyan* – Gell-Mann – Nishijima correlation..... 250

SEISMOLOGY

- L. A. Hakhverdian* – The snakes – bioindicators before earthquakes..... 253

PHYSICAL CHEMISTRY

- H. H. Mkhitaryan* – The mechanism of explosion on anvil of Bridjman 258

ANALYTIC CHEMISTRY

- J. A. Mickaelian, V. Zh. Artsrouni, N. O. Geokchian, A. G. Khachatrian* – Nile blue B – a reagent for extraction-fluorimetric determination of thallium in oxide manganese ores..... 264

BIOCHEMISTRY

- K. G. Karageuzyan, J. I. Geuzalyan, S. S. Hovakimyan* – Peculiarities of experimentally recognized anticoagulant properties of newly synthesized preparation of coumarin nature..... 269
- A. A. Galoyan, L. A. Kamalyan, M. G. Gasparian* – Effects of new brain cytokine-galarmin on the interferon synthesis by human mononuclears and on the replication of encephalomyocardite virus in HEP-2-culture..... 276

MEDICINE

- M. I. Gevorgyan, S. A. Bayburtyan, K. R. Manvelyan, L. G. Ovsepyan* – Product effect of lymphocyte activity excreted from palatine tonsil on some immune response index in experiment..... 283
- A. H. Nazinian* – The arterial blood circulation features in brain vessels' chronic diseases..... 288

PHYSIOLOGY

- V. V. Fanardjian, L. R. Manvelyan, A. M. Nasoyan* – Electrophysiological properties of the frog's vestibulospinal neurons..... 296

Э.А. Мирзаханян

О некоторых типах бесконечномерных гомотопических групп в гильбертовом пространстве

(Представлено академиком Н.У. Аракеляном 31/III 2000)

Статья посвящена бесконечномерной алгебраической топологии, а именно построению бесконечномерных относительных гомотопических групп пунктированных пар подмножеств вещественного (необязательно сепарабельного) гильбертова пространства H . В основе всех построений лежат два специальных класса $K_0 \subset K$ непрерывных подмножеств из H [1-3].

В пункте 1 даны определения допустимых классов K_0 и K , а также некоторые сведения об отображениях, принадлежащих этим классам. Ряд основных свойств этих классов в частности содержится в [1-6].

В пункте 2 описывается один (назовем первым) подход к построению бесконечномерных относительных гомотопических групп пар подмножеств из H , называемых K_0 (соотв. K) - бесконечномерными гомотопическими группами. В целях более эффективных приложений, потребовав от сфероидов и их гомотопий удовлетворения некоторым условиям типа компактности, также определяются так называемые K_0 (соотв. K) - бесконечномерные гомотопические группы компактного типа.

В пункте 3 в случае сепарабельности пространства H описывается второй подход к построению бесконечномерных гомотопических групп некомпактного типа, основанный на понятии ортонормированного базиса пространства H . Согласно теореме 3 рассматриваемые два подхода эквивалентны, т.е. приводят к изоморфным группам.

1. *Допустимые отображения.* Как уже отмечалось в введении, во всех построениях допустимыми отображениями будут непрерывные отображения, принадлежащие специальным классам K_0 и K , а также целому ряду классов, построенных посредством K_0 и K . Зафиксируем вещественное гильбертово пространство H .

Определение 1. Пусть G - открытое подмножество пространства H , $f: G \rightarrow H$ лежит классу K или является K -отображением (относительно H), если выполнено условие:

а) для любой точки $x_0 \in G$ и любого вещественного числа $\varepsilon > 0$ существуют окрестность $U = U(x_0, \varepsilon) \subset G$ точки x_0 , конечномерное (линейное) подпространство $L = L(x_0, \varepsilon)$ пространства H и действительное число λ такие, что если точки $x, y \in U$ и вектор $(x-y)$ ортогонален к L , то выполнено соотношение:

$$\|f(x) - f(y) - \lambda(x - y)\| \leq \varepsilon \|x - y\|.$$

Далее будем говорить, что K -отображение $f: G \rightarrow H$ принадлежит классу K_0 или является K_0 -отображением, если выполнено:

б) (локальное удовлетворение условию Липшица) для любой точки $x_0 \in G$ существуют такие числа $r = r(x_0)$ и $c = c(x_0)$, что при $x, y \in G$, $\|x - x_0\| < r$, $\|y - x_0\| < r$ выполнено соотношение

$$\|f(x) - f(y)\| \leq c \|x - y\|.$$

Фигурирующее в а) действительное число λ можно выбрать так, чтобы оно определялось

только точкой x_0 и было пригодно для любого числа $\varepsilon > 0$. Получающаяся таким образом действительная функция $\lambda(x) = \lambda_f(x)$, заданная на G , непрерывна и единственна [2]; она называется терминальной производной отображения f . Отметим, что композиция двух K_0 -отображений есть K_0 -отображение, но композиция K -отображений не всегда есть K -отображение.

Пусть теперь X - произвольное (необязательно открытое) подмножество из H . Будем говорить, что непрерывное отображение $f: X \rightarrow H$ является K_0 (соотв. K)-отображением, если существует открытое в H подмножество $G \supset X$ и K_0 (соотв. K)-отображение $\tilde{f}: G \rightarrow H$,

такие, что $\tilde{f}(x) = f(x)$ для каждой точки $x \in X$. Если X и Y - подмножества из H и $f: X \rightarrow Y$ - непрерывное отображение, то f будем называть K_0 (соотв. K)-отображением X в Y , если отображение $f: X \rightarrow H$, т.е. композиция $iof: X \rightarrow Y$, где $i: Y \rightarrow H$ - вложение, является K_0 (соотв. K)-отображением. Через $K_0(M)$ (соотв. $K(M)$) будем обозначать класс всех K_0 (соотв. K)-отображений гильбертова пространства M .

2. Некоторые типы бесконечномерных гомотопических групп.

В этом пункте мы снова будем предполагать зафиксированным действительное гильбертово пространство H . Напомним, что (линейное) подпространство M пространства H называется подпространством конечной коразмерности (или дефекта) $q \geq 0$, если ортогональное дополнение к M в H имеет размерность q . Нам, однако, понадобится ввести понятие надпространства пространства H коразмерности q , если q - отрицательное целое число. Именно, если q отрицательное целое число, то гильбертово пространство M мы будем называть по отношению к H надпространством коразмерности q , если M содержит H в качестве своего подпространства коразмерности q .

Условимся через $B(M)$, $B^*(M)$ и $S(M)$ обозначать соответственно единичные замкнутый, открытый шары и единичную сферу подпространства или надпространства M пространства H .

Дадим теперь определение класса K_q^* , $q \in Z$. При $q=0$ мы определим K_0^* как множество всех отображений $\varphi: H \rightarrow H$, принадлежащих классу $K_0(H)$. Если $q > 0$, то под K_q^* мы будем понимать множество всех отображений $\varphi: M \rightarrow H$, принадлежащих классу $K_0(H)$, где $M \subset H$ - подпространство коразмерности q . Наконец, при $q < 0$ под K_q^* мы будем понимать множество всех отображений $\varphi: M \rightarrow H$, принадлежащих классу K_0 относительно гильбертова пространства M , являющегося надпространством коразмерности q пространства H .

Пусть теперь M некоторое зафиксированное подпространство или надпространство конечной коразмерности $q \in Z$ пространства H . Выберем некоторый единичный вектор $e \in M$ и обозначим через M_e подпространство M , ортогональное к прямой L_e , проходящей через e . Далее положим

$$\mathcal{J}^e(M) = \{x \in M; (x, e) \geq 0, x \notin L_e \times B^*(M)\} \cup \{x \in M \setminus B^*(M); (x, e) \leq 0\} \quad (1)$$

Пусть (X, A, x_0) тройка, состоящая из произвольного множества $X \subset H$, его подмножества $A \subset X$ и точки $x_0 \in A$.

Определение 2. Отображение $\varphi: (M, M \setminus B^*(M), \mathcal{J}^e(M)) \rightarrow (X, A, x_0)$, принадлежащее классу K_q^* , будем называть (относительным) K_0 -сфероидом коразмерности $q \in Z$ пары (X, A) в точке x_0 или тройки (X, A, x_0) .

Обозначим через $F_q^{M, e}(X, A, x_0)$ множество всех K_0 -сфероидов коразмерности q тройки

(X, A, x_0) и в нем введем операцию сложения.

Выберем некоторый единичный вектор $a \in M_e$ и для $\varphi, \psi \in F^{M,e}_q(X, A, x_0)$ положим

$$h(x) = \begin{cases} \varphi(2x + a), & \text{при } (x, a) \leq 0 \\ \psi(2x - a), & \text{при } (x, a) \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

Так как отображения $x \rightarrow 2x + a$ и $x \rightarrow 2x - a$ принадлежат классу K_0 , то $h \in F^{M,e}_q(X, A, x_0)$; K_0 -сфероид h будем называть суммой сфероидов φ и ψ и обозначать $h = \varphi + \psi$.

Определим теперь понятие гомотопности в $F^{M,e}_q(X, A, x_0)$. Обозначим через R числовую прямую, а I - отрезок $[0, 1]$. Декартово произведение $M' = R \times M$ можно рассматривать как гильбертово пространство, для которого M является подпространством коразмерности I . В случае $q > 0$ следует за R принять любую содержащуюся в H прямую, проходящую через нулевую точку 0 и ортогональную к $M \subset H$.

Определение 3. Сфероиды $\varphi, \psi \in F^{M,e}_q(X, A, x_0)$ будем называть K_0 -гомотопными и записывать $\varphi \cong \psi$, если существует отображение $\Phi : I \times M \rightarrow X$, обладающее свойствами:

- 1) Φ принадлежит классу K_0 относительно гильбертова пространства $M' \cup H$;
- 2) для любого $t \in I$ отображение $\varphi_t : M \rightarrow X$, определяемое равенством $\varphi_t(x) = \Phi(t; x)$, $x \in M$, принадлежит множеству $F^{M,e}_q(X, A, x_0)$;
- 3) $\varphi_0 = \varphi$ и $\varphi_1 = \psi$.

При этом отображение Φ , а также семейство (φ_t) будем называть K_0 -гомотопией сфероидов, соединяющей φ и ψ . Ясно, что определяемое так понятие гомотопности является отношением эквивалентности, только в данном случае нужно каждый раз показать принадлежность отображений к классу K_0 . Множество всех получаемых гомотопических классов будем обозначать через $\Pi^{M,e}_q(X, A, x_0)$. Введенная выше операция сложения сфероидов порождает сложение гомотопических классов по представителям в множестве $\Pi^{M,e}_q(X, A, x_0)$ по формуле $[\varphi] + [\psi] = [\varphi + \psi]$. Можно показать, что это сложение определено корректно, т.е. из $(\varphi \sim \varphi')$ и $(\psi \sim \psi')$ следует, что $(\varphi + \psi) \sim (\varphi' + \psi')$. В самом деле, соответствующую K_0 -гомотопию получим, положив:

$$h_t(x) = \begin{cases} \varphi_t(2x + a), & \text{при } (x, a) \leq 0, \\ \psi_t(2x - a), & \text{при } (x, a) \geq 0, \end{cases}$$

Теорема 1. При любом целом q множество $\Pi^{M,e}_q(X, A, x_0)$ относительно операции сложения $[\varphi] + [\psi] = [\varphi + \psi]$ является коммутативной группой.

Построенная группа обозначается через $\Pi^{M,e,a}_q(X, A, x_0)$. В построении группы $\Pi^{M,e,a}_q(X, A, x_0)$ участвуют три элемента выбора, а именно подпространство или надпространство M

коразмерности q пространства H , единичный вектор $e \in M$ и единичный вектор $e \in M_e$. Из нижеследующих трех предложений следует независимость этой группы от элементов выбора.

Предложение 1. При любом целом q группы $\Pi^{M,e,a}_q(X,A,x_0)$ и $\Pi^{M,e,a'}_q(X,A,x_0)$, построенные посредством различных единичных векторов $a, a' \in M_e$, изоморфны между собой.

В силу предложения 1 запись $\Pi^{M,e,a}_q(X,A,x_0)$ можно сократить до $\Pi^{M,e}_q(X,A,x_0)$.

Предложение 2. При любом целом q группы $\Pi^{M,e}_q(X,A,x_0)$ и $\Pi^{M,e'}_q(X,A,x_0)$, построенные посредством различных единичных векторов $e, e' \in M$, изоморфны.

В силу предложения 2 можно обозначение $\Pi^{M,e}_q(X,A,x_0)$ сократить до $\Pi^M_q(X,A,x_0)$.

Предложение 3. Пусть M_1 и M_2 два различных подпространства или надпространства одной и той же коразмерности $q \in Z$ пространства H . Тогда группы $\Pi^{M_1}_q(X,A,x_0)$ и $\Pi^{M_2}_q(X,A,x_0)$ изоморфны между собой.

Таким образом, при $q \in Z$ с точностью до изоморфизма группы $\Pi^M_q(X,A,x_0)$ не зависят от выбора M , и мы можем в обозначении букву M опускать и обозначать через $\Pi_q(X,A,x_0)$. Построенную группу $\Pi_q(X,A,x_0)$ будем называть бесконечномерной (относительной) K_0 -гомотопической группой (некомпактного типа) коразмерности $q \in Z$ множества X в точке x_0 относительно подмножества A или пары (x,a) в точке x_0 . В случае $A = \{x_0\}$ она называется (абсолютной) K_0 -гомотопической группой коразмерности q множества X в точке x_0 и обозначается через $\Pi_q(X,A,x_0)$. В последнем случае K_0 -сфероиды суть K_0 -отображения $\varphi : (M, M \setminus B(M)) \rightarrow (X, x_0)$.

Перейдем теперь к определению бесконечномерных K_0 -гомотопических групп компактного типа.

Определение 4. K_0 -сфероид $\varphi : (M, M \setminus B^*(M)), \mathcal{J}^c(M) \rightarrow (X, A, x_0)$ коразмерности $q \in Z$ пары (X, A) точки x_0 будем называть K_0 -сфероидом компактного типа, короче K^c_0 -сфероидом, если выполнено условие:

с) для любого компактного множества $c \subset (X \setminus \{x_0\})$ множество $\varphi^{-1}(c) \cap B(M)$ компактно, и если оно не пусто, то на нем терминальная производная $\lambda_\varphi(x)$ отображения φ тождественно отлична от нуля.

Аналогично определяются K_0 -гомотопия сфероидов $\Phi : I \times M \rightarrow X$ компактного типа (короче K^c_0 -гомотопия сфероидов) и K^c_0 -гомотопность двух K^c_0 -сфероидов.

Все описанные выше конструкции проходят и в том случае, когда K_0 -сфероиды и их K_0 -гомотопии заменяются K^c_0 -сфероидами и K^c_0 -гомотопиями сфероидов соответственно. В результате строятся новые группы, которые мы будем называть бесконечномерными K_0 -гомотопическими группами компактного типа, короче K^c_0 -гомотопическими группами, и обозначать через $\Pi^c_q(X,A,x_0)$.

Наконец, если в основе всех вышеприведенных определений и конструкций вместо класса K_0 положить класс K , то мы получим группы другого типа, которые будем называть бесконечномерными K -гомотопическими группами, соответственно K -гомотопическими группами компактного типа пары (X, A) в точке x_0 , и обозначать через $K\Pi_q(X,A,x_0)$ и $K\Pi^c_q(X,A,x_0)$.

Замечание 1. Для полной ясности можно было бы группу $\Pi_q(X,A,x_0)$ обозначать через Π_q

$(X, A, x_0; H)$. В этой связи отметим, что если гильбертово пространство H является подпространством конечной коразмерности $h \geq 0$ пространства H^* , то мы будем иметь $\Pi_q(X, A, x_0; H) \cong \Pi_{q+h}(X, A, x_0; H^*)$ при любом $q \in Z$. Далее, если гильбертовы пространства H_1 и H_2 таковы, что пространство $H \subset H_1 \cap H_2$ имеет одну и ту же конечную коразмерность относительно H_1 и H_2 и $X \subset H$, то при любом $q \in Z$ будем иметь: $\Pi_q(X, A, x_0; H_1) \cong \Pi_q(X, A, x_0; H_2)$. Приведенные соотношения имеют место и для упомянутых выше гомотопических групп других типов.

3. *Случай сепарабельного гильбертова пространства.* В этом пункте рассматриваемое гильбертово пространство H сепарабельно. Пусть $\sigma = (e_n)$ - произвольный ортонормированный базис в H , а $S^q_\sigma, T^q_\sigma : H \rightarrow H$ - линейные ограниченные операторы, определяемые по формулам

$$S^q_\sigma(e_n) = \begin{cases} 0, & \text{при } n = 1, 2, \dots, q, \\ e_{n-q}, & \text{при } n = q + 1, q + 2, \dots \end{cases} \quad (3)$$

$$T^q_\sigma(e_n) = e_{n+q}, \quad \text{при } n = 1, 2, \dots \quad (4).$$

Ни одно из этих отображений не принадлежит классу K_0 , но их композиции принадлежат. С помощью класса K_0 построим ряд других классов K^q_σ (q - любое целое число) отображений подмножеств из H .

Определение 5. Пусть G открыто в H , а $f : G \rightarrow H$ - непрерывное отображение. Мы скажем, что f принадлежит классу K^q_σ при $q \geq 0$, если его можно представить в виде $f = \varphi \circ T^q_\sigma$, где φ определено на $T^q_\sigma(G)$ и принадлежит классу $K_0(H)$. Далее скажем, что f принадлежит K^q_σ при $q \leq 0$, если f можно представить в виде $f = S^{-q}_\sigma \circ \psi$, где $\psi \in K_0(H)$.

Мы сохраним некоторые обозначения пункта 2, в частности, $B(H) = B$, $B^*(H) = B^*$ суть единичный замкнутый и открытый шар в H , соответственно, и $\mathcal{J}^e_1(H) = \{x \in H; (x, e_1) \geq 0, x \notin Le_1 \times B^*(He_1)\} \cup \{x \in (HB^*(H)); (x, e_1) \leq 0\}$. Пусть снова (X, A, x_0) - фиксированная пунктированная пара в H .

Определение 6. Отображение $f : (H, HB^*, \mathcal{J}^e_1(H)) \rightarrow (X, A, x_0)$, принадлежащее классу $K^{(q)}_\sigma$, будем называть K_0 -сфероидом второго рода коразмерности $q \in Z$ паре (X, A) в точке x_0 .

Множество всех таких сфероидов обозначим через $F^{\sigma, e_1}_q(X, A, x_0)$ и в нем введем операцию сложения, определив сумму $f + g$ по формуле

$$(f + g)(x) = \begin{cases} f(2x + e_2), & \text{при } (x, e_2) \leq 0, \\ g(2x - e_2), & \text{при } (x, e_2) \geq 0. \end{cases}$$

Далее, в $F^{\sigma, e_1}_2(X, A, x_0)$ введем отношение гомотопности. Пусть R - числовая прямая, а I -

единичный отрезок. В гильбертовом пространстве $H^* = R \times H$ рассмотрим ортонормированный базис $\sigma^* = (e_0, e_1, e_2, \dots, e_n, \dots)$, где $e_0 = (1, 0)$, а $\sigma = (e_n)$ - рассматриваемый выше базис в H .

Определение 7. Сфероиды $f, g \in F^{\sigma, e_1}_q(X, A, x_0)$ будем называть K_0 -гомотопными и писать $f \cong g$, если существует непрерывное отображение $F : I \times H \rightarrow X$, обладающее следующими свойствами:

1) F принадлежит классу $K^{(q)}_{\sigma^*}$;

2) Для любого $t \in I$ отображение $f_t : H \rightarrow X$, определенное равенством $f_t(x) = F(t, x), x \in H$, принадлежит множеству $F^{\sigma, e_1}_q(X, A, x_0)$;

3) $f_0 = f$ и $f_1 = g$.

Отображение F , а также соответствующее семейство f_t называется K_0 -гомотопией сфероидов второго рода, соединяющей f и g .

Отношение $f \cong g$ есть отношение эквивалентности и, следовательно, $F^{\sigma, e_1}_q(X, A, x_0)$ разбивается на классы эквивалентности (гомотопические классы), множество которых обозначим через $\Pi^{\sigma}_q(X, A, x_0)$. Оказывается, что если $f \sim f'$ и $g \sim g'$, а (f_t) и (g_t) - K_0 -гомотопии сфероидов, соединяющие f с f' и g с g' соответственно, то $(f_t + g_t)$ будет K_0 -гомотопией сфероидов, соединяющей $f + g$ с $f' + g'$. Это означает, что операцию сложения сфероидов можно корректно перенести на гомотопические классы, положив $[f] + [g] = [f + g]$.

Теорема 2. Множество $\Pi^{\sigma}_q(X, A, x_0)$ K_0 относительно операции сложения $[f] + [g] = [f + g]$ образует коммутативную группу.

Группу $\Pi^{\sigma}_q(X, A, x_0)$ K_0 будем называть бесконечномерной K_0 -гомотопической группой второго рода пары (X, A) в точке x_0 .

Пусть $M^* = R^q \times H$, $\{e^*_1, e^*_2, \dots, e^*_q\}$ - канонический базис в евклидовом пространстве R^q .

Пусть наконец $\sigma^* = (e^*_1, e^*_2, \dots, e^*_q, e_1, \dots, e_n, \dots)$, где $\sigma = (e_1, e_2, \dots, e_n, \dots)$ - рассматриваемый выше ортонормированный базис в H . Ясно, что σ^* - ортонормированный базис в M^* . Рассмотрим линейные ограниченные операторы $S^q_{\sigma^*}, T^q_{\sigma^*} : M^* \rightarrow M^*$, определенные в базисе σ^* по формулам (3), (4).

Лемма. Для того, чтобы отображение $f : H \rightarrow H$ при $q < 0$ имело вид $f = S^{-q}_{\sigma} \circ \varphi$, где $\varphi \in K_0(H)$, необходимо и достаточно, чтобы f можно было представить в виде $f = \varphi^* \circ S^{-q}_{\sigma^*}$, где $\varphi^* \in K_0(M^*)$.

Теорема 3. В случае сепарабельного гильбертова пространства H оба подхода к построению бесконечномерных K_0 -относительных гомотопических групп равносильны, т.е. при любом $q \in Z$ и каждой пунктированной паре (X, A, x_0) из H группы $\Pi^{\sigma}_q(X, A, x_0)$ и $\Pi^M_q(X, A, x_0)$ изоморфны между собой при любом выборе ортонормированного базиса σ и подпространства (соотв. надпространства) M коразмерности q пространства H .

Следствие. При любом $q \in Z$ группы $\Pi^{\sigma}_q(X, A, x_0)$ с точностью до изоморфизма не зависят от выбора ортонормированного базиса σ пространства H .

В случае сепарабельного гильбертова пространства H каждую из изоморфных групп $\Pi^{\sigma}_q(X, A, x_0)$ и $\Pi_q(X, A, x_0)$ и $\Pi_q(X, A, x_0)$ будем называть бесконечномерной K_0 -гомотопической группой коразмерности $q \in Z$ пары X, A в точке x_0 .

Замечание 2. Как в пункте 2, строятся бесконечномерные K_0 -гомотопические группы

второго рода компактного типа, а также бесконечномерные K -гомотопические группы второго рода как некомпактного, так и компактного типа.

Замечание 3. Теорема 3 остается справедливой и для бесконечномерных K_0 -гомотопических групп второго рода компактного типа, а также для бесконечномерных K -гомотопических групп второго рода, как для некомпактного, так и для компактного типа.

Ереванский государственный университет

Литература

1. Болтянский В.Г. - Известия АН АрмССР. Математика. 1974. Т. 9. № 2.
2. Мирзаханян Э.А. - Уч. зап. ЕГУ. 1990. № 3.
3. Мирзаханян Э.А. - Уч. зап. ЕГУ. 1991. № 1.
4. Мирзаханян Э.А., Болтянский В.Г. - Известия АН АрмССР. Математика. 1974. Т. 9. № 5.
5. Мирзаханян Э.А. - Известия АН АрмССР. Математика. 1980. Т. 15. № 5.
6. Мирзаханян Э.А. - Известия АН АрмССР. Математика. 1998. Т. 33. № 6.

Է.Ա. Միրզախանյան

Հիլբերտյան տարածությունում անվերջ չափանի հոմոտոպիական խմբերի որոշ տիպերի մասին

Հոդվածը նվիրված է անվերջ չափանի հանրահաշվական տոպոլոգիային, այն է՝ իրական (ոչ անպայման սեպարաբել) H Հիլբերտյան տարածության ենթաբազմությունների կետադրված գույգերի անվերջ չափանի հարաբերական հոմոտոպիական խմբերի որոշ տիպերի կառուցմանը: Բոլոր կառուցումների հիմքում ընկած են H տարածության ենթաբազմությունների անընդհատ արտապատկերումների երկու հատուկ $K_0 \subset K$ դասեր:

1-ին ենթագլխում տրվում են K_0 և H թույլատրելի դասերի սահմանումները, ինչպես նաև այդ դասերին պատկանող արտապատկերումների մասին որոշ տեղեկություններ: Այդ դասերի հիմնական հատկությունների մի շարք մասնավորապես պարունակվում են [1-6]:

2-րդ ենթագլխում նկարագրվում է H տարածության ենթաբազմությունների կետադրված գույգերի անվերջ չափանի հարաբերական հոմոտոպիական խմբերի կառուցման (առաջին կոչվող) մի մոտեցում, որի հետևանքով սահմանվում են այսպես կոչված K_0 (համապատասխանաբար K) - անվերջ չափանի հոմոտոպիական խմբերը: Ավելի արդյունավետ կիրառությունների նպատակով պահանջելով սֆերոիդներից և նրանց հոմոտոպիաներից կոմպակտության տիպի որոշ պայմանների բավարարելիություն, նույնպես սահմանվում են այսպես կոչված կոմպակտային տիպի K_0 (համ. K) - անվերջ չափանի հոմոտոպիական խմբերը:

3-րդ ենթագլխում H տարածության սեպարաբելության դեպքում նկարագրվում է կոմպակտային և ոչ կոմպակտային անվերջ չափանի հարաբերական հոմոտոպիական խմբերի կառուցման երկրորդ մոտեցումը, որը հիմնված է H տարածության օրթոնորմալացված բազիսի գաղափարի վրա: Թեորեմ 3-ի համաձայն դիտարկվող երկու մոտեցումները համարժեք են, այսինքն՝ բերում են իզոմորֆ խմբերի:

УДК 616.8

С. Л. Амбарян

Решение уравнения Пелля при помощи последовательностей Фарея

(Представлено академиком Ю. Г. Шукурьяном 4/V 2000)

Рассмотрим диофантово (неопределенное) уравнение 2-й степени

$$\begin{aligned} x^2 - Dy^2 &= 1 ; \\ z = F(x, y) &= x^2 - Dy^2 - 1 = 0 , \end{aligned} \quad (1)$$

где $D > 0$, D - неполный квадрат, которое называется уравнением Пелля (точнее уравнением Ферма) [1,2]. Те значения x и y , которые образуют целочисленное решение уравнения Пелля, представляют собой соответственно числитель и знаменатель одной из подходящих дробей к \sqrt{D} . Литературу по решению частных случаев уравнения Пелля см. в [3]. В [4] описан алгоритм разложения квадратичной иррациональности в непрерывную дробь, для работы которого достаточно знать D и целую часть \sqrt{D} .

Уравнение (1) имеет бесконечное число решений [1,2].

Пусть

$$d = [\sqrt{D}], \quad d^2 < D < (d+1)^2 ;$$

обозначим через $\Delta_1 = D - d^2$, $\Delta_2 = (d+1)^2 - D$, $c = 2(\Delta_2 - \Delta_1) - 1$,

$$\delta = \sqrt{D} - d, \quad 0 < \delta < 1 .$$

Представим $2d$ и $2(d+1)$ равенствами вида

$$2d = n \Delta_1 + r_1, \quad 0 \leq r_1 < \Delta_1 ;$$

$$2(d+1) = m \Delta_2 + r_2, \quad 0 \leq r_2 < \Delta_2 .$$

Рассмотрим случай, когда $r_1 = 0$, ищем решение уравнения Пелля в виде $x = a + db$ и $y = b$, получим

$$a^2 - 1 = \Delta_1 b(b - na) ,$$

это уравнение превращается в тождество при $a=1$ и $b=n$, т. е.

$$x = dn + 1, \quad y = n .$$

Таким образом, при $r_1=0$ либо $r_2=0$ решения уравнения Пелля известны, в частности, получим следующие решения уравнения (1):

1. $\Delta_1 = 1$, $D = d^2 + 1$, $x = 2d^2 + 1$, $y = 2d$;
2. $\Delta_1 = 2$, $D = d^2 + 2$, $x = d^2 + 1$, $y = d$;
3. $\Delta_1 = d/2$, $D = d^2 + d/2$, $x = 4d + 1$, $y = 4$;
4. $\Delta_1 = d$, $D = d^2 + d$, $x = 2d + 1$, $y = 2$;
5. $\Delta_2 = d + 1$, $D = (d + 1)^2 - (d + 1)$, $x = 2d + 1$, $y = 2$;
6. $\Delta_2 = (d + 1)/2$, $D = (d + 1)^2 - (d + 1)/2$, $x = 4d - 1$, $y = 4$;
7. $\Delta_2 = 2$, $D = (d + 1)^2 - 2$, $x = (d + 1)^2 - 1$, $y = d + 1$;
8. $\Delta_2 = 1$, $D = (d + 1)^2 - 1$, $x = d + 1$, $y = 1$;

С помощью данной структуры представления числа

$$D = d^2 + \Delta_1 = (d + 1)^2 - \Delta_2 = ((\Delta_1 - \Delta_2 + 1)/2)^2 + \Delta_1\Delta_2 =$$

$$= ((3\Delta_1 - \Delta_2 + 1)/2)^2 + c\Delta_1 = ((3\Delta_2 - \Delta_1 - 1)/2)^2 - c\Delta_2, \text{ т. е. } D \equiv f(\Delta_1, \Delta_2),$$

получено много интересных результатов по решению уравнения (1). Например, пусть

$(\Delta_1 + \Delta_2)$ кратно 3 и $D = d^2 + d + 1$, тогда $x = (\Delta_1 + \Delta_2)y/2 + 1$ и $y = 4(\Delta_1 + \Delta_2)/3$ или же $(\Delta_1 + \Delta_2)$ кратно 5 и $D = d^2 + d - 1$, тогда $x = (\Delta_1 + \Delta_2)y/2 - 1$ и $y = 4(\Delta_1 + \Delta_2)/5$.

Согласно приведенной таблице, в дальнейшем предположим, что $\Delta_1, \Delta_2 \notin \{1, 2\}$.

Поставим следующую задачу. Найти минимальное решение уравнения (1), отличное от тривиального решения $x=1$ и $y=0$, при помощи последовательностей Фарея [2].

Определение 1. Последовательностью Фарея F_n называется множество несократимых рациональных чисел a/b со знаменателями $b \leq n$, принадлежащих сегменту $[0, 1]$ и расположенных в порядке их возрастания. Очевидно, что

$$d + \Delta_1 / (\Delta_1 + \Delta_2) < \sqrt{D} < d + \Delta_1 / (\Delta_1 + \Delta_2 - 1),$$

$$1 / (n + (r_1 + 1) / \Delta_1) < \delta < 1 / (n + r_1 / \Delta_1), \quad (2)$$

$$0 < 1 / (n + 1) < \delta < 1 / n \leq 1).$$

Дроби $1/(n+1)$ и $1/n$ являются соседними дробями Фарея со знаменателем τ , удовлетворяющим условию $n+1 \leq \tau \leq 2n+1$. Отметим, что соседние элементы последовательностей

$$x_n = 1/n \text{ и } y_n = (n - 1)/n; \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

являются соседними фареевыми дробями в соответствующих последовательностях Фарея.

Согласно теории фареевых дробей, если $a/b < x/y < p/q$ - три последовательные дроби Фарея в F_n , то $x/y = (a+p)/(b+q)$. Дробь x/y называется медиантой дробей a/b и p/q .

Сопоставим дроби a/b значение функции $z = F(x, y)$ в точке $x = a + db, y = b$ и введем функцию одной

переменной $f(x/y)$, такую, что $f(a/b)=(a+db)^2-Db^2-1$, где a/b - фареева дробь.

Определение 2. Последовательность вложенных один в другой (каждый последующий содержится в предыдущем) промежутков

$$E_k = [a_k/b_k, p_k/q_k], \quad E_k \supset E_{k+1}; \quad k=1, 2, 3, \dots,$$

где $a_1/b_1 < p_1/q_1$ соседние дроби Фарея, называется фареево-подходящей, если в качестве последующего левого или правого конца промежутка выступает медианта концов предыдущего промежутка.

В этих обозначениях имеет место следующая теорема (аналог теоремы Коши).

Теорема. Пусть функция $f(x/y)$ на концах промежутка $[a_1/b_1, p_1/q_1]$ принимает значения разных знаков, тогда на множестве фареево-подходящих последовательностей существует такая последовательность, для которой $f(a_k/b_k)=0$; $1 \leq k < \infty$.

Ниже приводится алгоритм, который находит корни функции $f(x/y)$.

Пусть функция $f(x/y)$ на концах промежутка $[a_1/b_1, p_1/q_1]$, которые являются соседними дробями Фарея, принимает значения разных знаков. Построим фареево-подходящую последовательность по следующему принципу:

а. вычислить значение функции $f(x/y)$ в точке a/b , равной медианте концов промежутка $[a_1/b_1, p_1/q_1]$;

б. если $f(a/b) > 0$, то в качестве нового правого конца промежутка взять дробь a/b ;

с. если $f(a/b) < 0$, то в качестве нового левого конца промежутка взять дробь a/b .

Процесс продолжить до тех пор, пока $f(a/b) \neq 0$, в противном случае

$$x = a + db, \quad y = b$$

является решением уравнения Пелля.

Проиллюстрируем последний шаг работы алгоритма:

$$x = y_1 + dy, \quad \text{тогда } x_1^2 - Dy_1^2 = -\Delta_1 \quad \text{и} \quad x_1/y_1 < \sqrt{D};$$

$$x = -y_2 + (d+1)y, \quad \text{тогда } x_2^2 - Dy_2^2 = +\Delta_2 \quad \text{и} \quad x_2/y_2 > \sqrt{D}.$$

Очевидно, что $x=y_1+d(y_1+y_2)=x_1+x_2$, $y=y_1+y_2$. В этих обозначениях справедливы следующие соотношения:

$$x_2y_1 - x_1y_2 = 1,$$

$$|\Delta_2y_1 - \Delta_1y_2|(y_1 + y_2) - y_1y_2 = 1,$$

$$|\Delta_2x_1 - \Delta_1x_2|(x_1 + x_2) - x_1x_2 = -D,$$

$$x_1x_2 - Dy_1y_2 = (\Delta_1 - \Delta_2 + 1)/2.$$

Таким образом,

$$x_1/y_1 < \sqrt{D} < x_2/y_2,$$

$$(x_1 - dy_1) / y_1 < \delta < (x_2 - dy_2) / y_2,$$

$$(y_1 - |\Delta_2 y_1 - \Delta_1 y_2|) / y_1 < \delta < |\Delta_2 y_1 - \Delta_1 y_2| / y_2.$$

Медиантой дробей границ числа δ будет $y_1 / (y_1 + y_2)$, т. е.

$$x = y_1 + d(y_1 + y_2), \quad y = y_1 + y_2 - \text{решение уравнения Пелля.}$$

Описанный алгоритм успешно решает также диофантово уравнение 1-й степени $ax + by = c$ и может быть применен к решению многих задач, связанных с подходящими и/или фареевыми дробями.

Как следствие отметим, что этот алгоритм позволяет вычислить значение \sqrt{D} с любой точностью.

Существует множество значений функции $f(x/y)$, для которых работу построения новых медиант можно приостановить, например:

$$x^2 - Dy^2 = \{ \dots, -\Delta_1 \Delta_2, -\Delta_1, -2, -1, +2, c, \Delta_2, \Delta_1^2, \Delta_2^2, \dots \}.$$

Диофантово уравнение

$$x^2 - Dy^2 = -\Delta_1 \Delta_2$$

имеет тривиальное решение $x = \Delta_1 + d(\Delta_1 + \Delta_2)$ и $y = (\Delta_1 + \Delta_2)$.

При больших значениях D следует применить арифметику многократной точности [4]. С этой целью разработан пакет прикладных программ (ППП) выполнения арифметических операций с произвольно высокой точностью [5]. Несмотря на то, что граничные значения Δ_1 и Δ_2 не рассматриваются, при больших значениях D оценки (2) могут быть не лучшими.

Ставим задачу улучшения оценок (2):

1. найти максимальное целое число m , для которого

$$m / (m + 1) \leq \Delta_1 / (\Delta_1 + \Delta_2), \quad \text{т. е. } m = [\Delta_1 / \Delta_2];$$

2. найти минимальное целое число n , для которого

$$\Delta_1 / (\Delta_1 + \Delta_2 - 1) \leq n / (n + 1), \quad \text{т. е. } n =]\Delta_1 / (\Delta_2 - 1)[.$$

Таким образом,

$$m / (m + 1) < \delta < n / (n + 1). \quad (2a)$$

Дальнейшее улучшение оценки (2a) связано с модификацией алгоритма нахождения нуля функции $z = F(x, y)$, например, при помощи построения специальных соседних фареевых дробей либо обычного метода деления отрезка на множестве фареевых дробей.

В заключение отметим, что описанный алгоритм нахождения решения уравнения Пелля по количеству шагов его работы (построение медиант), без улучшения оценок, часто уступает классическому алгоритму нахождения решения уравнения Пелля по подходящим дробям к \sqrt{D} ,

которые оказались подмножеством построенных медиант.

Ереванский научно-исследовательский
институт математических машин

Литература

1. *Арнольд И. В.* Теория чисел. М.: Учпедгиз, 1939.
2. *Бухштаб А. А.* Теория чисел. М.: Просвещение, 1966.
3. *Айерлэнд К., Роузен. М.* Классическое введение в современную теорию чисел. М.: Мир, 1987.
4. *Кнут Д.* Искусство программирования для ЭВМ. Получисленные алгоритмы. М.: Мир, 1977.
5. *Амбарян С. Л.* В сб.: ППП в среде Visual C++ (Windows 95). ЕрНИИММ. Ереван. 1998.

Ս. Լ. Համբարյան

**Պելլի հավասարման լուծումը
Ֆարեի հաջորդականությունների միջոցով**

Հայտնի է, որ Պելլի հավասարման հնարավոր լուծումները պետք է փնտրել \sqrt{D} -ին մոտարկող անընդհատ (շղթայական) կոտորակների համարիչների և հայտարարների մեջ:

Առաջարկվում է Պելլի հավասարման լուծման նոր մոտեցում:

Դիտարկվում է Պելլի հավասարման մինիմալ լուծումը գտնելու խնդիրը Ֆարեի կոտորակների մեդիանտների կառուցման մեթոդի օգնությամբ:

Տեղի ունի Կոշու թեորեմի անալոգը հաստատվածում դիսկրետ ֆունկցիայի (անընդհատ ֆունկցիայի փոխարեն) արմատի գոյության վերաբերյալ՝ Ֆարեի կոտորակների մեդիանտների բազմության վրա:

Նշենք, որ Ֆարեի հարևան կոտորակների մեդիանտի կառուցումը պահանջում է ընդամենը գումարման երկու գործողություն:

А. В. Арутюнян

Операторы Теплица и теоремы деления в анизотропных классах голоморфных в полидиске функций

(Представлено академиком Н. У. Аракеляном 15/V 2000)

1.1. Существенную роль в теории классов Харди и их многочисленных приложениях играет общеизвестная факторизация на внешние и внутренние функции. Как показали Б. И. Коренблум [1], В. П. Хавин [2], Ф. А. Шамоян [3], такая факторизация может быть успешно применена для исследования классов функций, голоморфных в круге и гладких вплоть до его границы. Результаты этих работ были основаны на том, что многие из классов указанного типа инвариантны относительно применения теплицевых операторов вида $T_h(f) = P_+(f \cdot h)$, где h - любая функция, голоморфная и ограниченная в круге, а P_+ - проектор М. Рисса.

1.2. Пусть $U^n = \{z = (z_1, \dots, z_n) \in \mathbb{C}^n : |z_i| < 1, 1 \leq i \leq n\}$ - единичный полидиск n -мерного комплексного пространства \mathbb{C}^n , $T^n = \{z \in \mathbb{C}^n : |z_i| = 1, 1 \leq i \leq n\}$ - его остов, $H(U^n)$ - множество голоморфных, а $H^\infty(U^n)$ - голоморфных и ограниченных в U^n функций. Далее, пусть $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_n\}$, где $\alpha_j > -1$ и $1 \leq j \leq n$ мультииндексы, и $z^\alpha = z^{\alpha_1}_1 \times \dots \times z^{\alpha_n}_n$, ($z = (z_1, \dots, z_n)$). Через $H^p(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ будем обозначать класс голоморфных в U^n функций f , для которых

$$\|f\|_{H^p(\alpha_1, \dots, \alpha_n)} = \left(\int_{U^n} |f(\zeta_1, \dots, \zeta_n)|^p \prod_{j=1}^n (1 - |\zeta_j|)^{\alpha_j} dm_{2n}(\zeta) \right)^{1/p} < +\infty$$

где $1 \leq p < +\infty$, а $m_{2n}(\zeta)$ $2n$ -мерная мера Лебега на U^n . Отметим, что классы $H^p(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ - многомерные аналоги известных классов М.М. Джрбашяна [4,5].

Всюду ниже будем полагать, что \mathbf{Z}_+^k - множество векторов, компоненты которых - натуральные числа, \mathbf{R}_+^k - множество векторов с положительными компонентами и $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_n)$ ($0 < \beta_j < 1, 1 \leq j \leq n$). Приведем определение многомерных липшицевых классов, введенных в [6].

Определение 1.1. Измеримая, ограниченная на T^n функция f принадлежит классу $\tilde{L}(\beta_1, \dots, \beta_n)$, если для любого вектора $(i_1, \dots, i_k) \in \mathbf{Z}_+^k$ ($1 \leq k \leq n$)

$$\frac{|\Delta_{h_{i_1} \dots h_{i_k}} f(e^{i_1 \theta_1}, \dots, e^{i_k \theta_k})|}{|h_{i_1}|^{\beta_{i_1}} \dots |h_{i_k}|^{\beta_{i_k}}} = C_{i_1 \dots i_k}(f) < +\infty$$

$$\text{где } Q^n = \underbrace{[-\pi, \pi] \times \dots \times [-\pi, \pi]}_n$$

$$\begin{aligned} & \sup \\ & (g_1, \dots, g_n) \in Q^n \\ & (h_{i_1}, \dots, h_{i_k}) \in \mathbf{R}_+^k \end{aligned}$$

$$\Delta_{h_{i_k} \dots h_{i_j}} = \Delta_{h_{i_k}} (\Delta_{h_{i_{k-1}}} (\dots (\Delta_{h_{i_1}}) \dots))$$

$$\text{где } \Delta_{h_j} = f(e^{i g_1}, \dots, e^{i g_{j-1}}, e^{i(g_j + h_j)}, e^{i g_{j+1}}, \dots, e^{i g_n}) - f(e^{i g_1}, \dots, e^{i g_n})$$

Далее, условимся полагать, что $\tilde{\Lambda}^\alpha(\beta_1, \dots, \beta_n) = \tilde{\Lambda}(\beta_1, \dots, \beta_n) \cap H^\infty(U^n)$ и

$$\|f\|_{\tilde{\Lambda}^\alpha(\alpha_1, \dots, \alpha_n)} = \max_{1 \leq k \leq n} \max_{1 \leq i_1 < \dots < i_k \leq k} C_{i_1, \dots, i_k}(f) + \|f\|_{H^p(\alpha_1, \dots, \alpha_n)}$$

В [6] исследованы мультипликативные свойства классов $\tilde{\Lambda}^\alpha(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ и в терминах этих классов дано полное описание сопряженного пространства $(\mathbb{H}^p\{\alpha_1, \dots, \alpha_n\})^*$ при $0 < p \leq 1$. Там же при целозначных $\beta_j (1 \leq j \leq n)$ дано и определение классов $\tilde{\Lambda}^\alpha(\beta_1, \dots, \beta_n)$. Отметим, что классы $\tilde{\Lambda}^\alpha(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ ранее были исследованы С. М. Никольским [7] в случае, когда $(h_{i_1}, \dots, h_{i_k}) \equiv (h_1, \dots, h_n)$.

Определение 1.2. Оператор Теплица с символом $h \in L^1(T^n)$ – это интегральный оператор

$$T_h(f)(z) = \frac{1}{(2\pi)^n} \int_{T^n} \frac{f(\zeta) h(\zeta)}{\zeta - z} d\zeta = \frac{1}{(2\pi)^n} \int_{T^n} \frac{f(\zeta_1, \dots, \zeta_n) h(\zeta_1, \dots, \zeta_n) d\zeta_1 \dots d\zeta_n}{(\zeta_1 - z_1) \dots (\zeta_n - z_n)}, \quad z = (z_1, \dots, z_n) \in U^n$$

В дальнейшем изложении использовано также следующее определение из [8], где для удобства изменено обозначение вводимого функционального класса.

Определение 1.3. Суммируемая на T^n функция h принадлежит классу RL, если ее коэффициенты Фурье равны нулю вне множества $\mathbf{Z}_+^k \cup -\mathbf{Z}_+^k$.

2. Данная статья посвящена исследованию дальнейших свойств классов $\tilde{\Lambda}^\alpha(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$. В нижеследующих теоремах 1 и 2, соответственно, установлено, что эти классы являются алгебрами и что они инвариантны при применении теплицевых операторов. Исходя из результатов [8], относящихся к ограниченности операторов $T_h(f)$ в $\mathbb{H}^p\{\alpha_1, \dots, \alpha_n\}$, доказана теорема 3, где дано описание тех символов $h \in \tilde{\Lambda}(\beta_1, \dots, \beta_n)$, для которых $T_h(f) \in \mathbb{H}^p\{\alpha_1, \dots, \alpha_n\}$ при любом $f \in \mathbb{H}^p\{\alpha_1, \dots, \alpha_n\}$. Наконец в качестве приложения теорем 2 и 3 к вопросам деления на внутреннюю функцию в

пространствах $\tilde{\Lambda}^a(\beta_1, \dots, \beta_n)$ и $H^p\{\alpha_1, \dots, \alpha_n\}$ ($0 < p \leq 1$) установлена теорема 4.

Теорема 2.1. Классы $\Lambda^a = (\beta_1, \dots, \beta_n)$ являются алгебрами.

Замечание. Классы $\Lambda^a = (\beta_1, \dots, \beta_n)$ в отличие от $\tilde{\Lambda}^a(\beta_1, \dots, \beta_n)$, доказанным свойством не обладают. При этом существуют такие $f, g \in \Lambda^a = (\beta_1, \dots, \beta_n)$, что $f \cdot g \notin \Lambda^a = (\beta_1, \dots, \beta_n)$. Действительно, пусть $n = 2$ и $g(z) = z_1 \cdot z_2$. Если $f(z_1, z_2) = \varphi(z_1) + \varphi(z_2)$, где φ_1, φ_2 произвольные

дифференцируемые функции, то, очевидно, $f \in \Lambda^a(\beta_1, \beta_2) \left(\text{т.к. } \frac{\partial^2 f(z_1, z_2)}{\partial z_1 \partial z_2} = 0 \right)$. Однако ясно, что $f \cdot g \in \Lambda^a = (\beta_1, \dots, \beta_2)$ не для всех возможных φ_1 и φ_2 .

Напомним, что функция f называется мультипликатором пространства X , если $f \cdot g \in X$ при любом $g \in X$.

Теорема 2.2. Пусть $f \in \tilde{\Lambda}^a(\beta_1, \dots, \beta_n)$ – любая функция и $h = h_1 + \bar{h}_2$, где h_1 голоморфный мультипликатор пространства $\tilde{\Lambda}^a(\beta_1, \dots, \beta_n)$, а $h_2 \in H^\infty(U^n)$. Тогда $T_h(f) \in \tilde{\Lambda}^a(\beta_1, \dots, \beta_n)$.

Следующая теорема 3, доказанная на основе результатов [6] и [8], в терминах функций из классов $\tilde{\Lambda}^a(\beta_1, \dots, \beta_n)$ характеризует множество символов h , при которых ограничен теплицев оператор в классах $H^p(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$.

Теорема 2.3. Пусть ($0 < p \leq 1$) и $h \in RL$ любые. Тогда $T_h(f) \in H^p(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ только в том случае, когда справедливо представление $h = h_1 + \bar{h}_2$, где $h_1 \in H^\infty(U^n)$, а $h_2 \in \tilde{\Lambda}^a(\gamma_1, \dots, \gamma_n)$, где $\gamma_j (1 \leq j \leq n)$ определены из равенств

$$\gamma_j = \begin{cases} \frac{\alpha_{j+2}}{p} - 1, & \text{при нецелых } \alpha_j \\ \frac{\alpha_{j+2}}{p} - 2, & \text{при целых } \alpha_j \end{cases}$$

Перейдем к приложению установленных выше результатов к вопросам деления пространства $H^p(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ и $\tilde{\Lambda}^a(\beta_1, \dots, \beta_n)$. Для этого сначала введем следующие общепринятые определения.

Определение 2.1. Функция $g \in H^\infty(U^n)$ называется внутренней, если для ее радиальных предельных значений $|g^*(w)| = 1$ почти всюду на T^n .

Определение 2.2. Внутреннюю функцию $g \in H^\infty(U^n)$ будем называть хорошей, если $u[g] = 0$, $u[g]$ – наименьшая n -гармоническая мажоранта функции $\log|g|$ в U^n ([9]).

Теорема 4. Пусть $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$, $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_n)$, $\alpha_j > -1$ и $1 \leq j \leq n$, $0 < \beta_j < 1$, $1 \leq j \leq n$ и \mathbf{X} обозначает какой-либо из классов $H^p(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ и $\tilde{A}^a(\beta_1, \dots, \beta_n)$. Далее, пусть $f \in \mathbf{X}$, J – хорошая внутренняя функция, $F \in H^\infty(U^n)$ и $f = F \cdot J$. Тогда $F \in \mathbf{X}$.

Ереванский государственный университет

Литература

1. Коренблюм Б. И. - Мат. заметки. 1971. Т. 10. № 1. С. 53-68.
2. Хавин В. П. - Зап. научн. семинаров ЛОМИ. 1971. Т. 22. С. 202-205.
3. Шамоян Ф. А. - Зап. научн. семинаров ЛОМИ. 1971. Т. 22. С. 206-208.
4. Джрбашян М. М. - ДАН Арм. ССР. 1945. Т. 3. № 1. С. 3-9.
5. Джрбашян М. М. - Сообщ. Ин-та математики и механики АН Арм. ССР. 1948. Вып. 2, С. 3-40.
6. Шамоян Ф. А., Арутюнян А. В. - Изв. НАН Армении, Математика. 1993. Т. 28. № 6. С. 50-68.
7. Никольский С. М. - Аппроксимация функций многих переменных и теоремы вложения. М.: Наука, 1969.
8. Шамоян Ф. Л., Арутюнян А. В. - Изв. НАН Армении. Математика. 1995. Т. 30. № 2. С. 70-78.
9. Рудин У. - Теория функций в полидиске. М.: Мир. 1974.

Ա.Վ. Հարությունյան

Տյուպլիցյան օպերատորներ և բաժանման թեորեմներ բազմաշրջանում անալիտիկ ֆունկցիաների անիզոտրոպ տարածություններում

Աշխատանքը վերաբերում է բազմաշրջանում անալիտիկ, ընդհուպ մինչև եզրն անընդհատ ֆունկցիաների կշռային դասերի որոշ հատկությունների ուսումնասիրմանը, այդ թվում՝

ա) Բազմաշրջանում անալիտիկ ֆունկցիաների լիպշիցյան նոր դասերի հատկությունների ուսումնասիրմանը: Ապացուցվում է, որ այդ դասերը կազմում են հանրահաշիվ: Դիտարկվել է սահմանափակ, անտիանալիտիկ սիմվոլով տյուպլիցյան օպերատոր նշված դասերում: Ի ընդհանրացումն նախկինում ստացված արդյունքի (Կոշու տիպի ինտեգրալի սահմանափակությունը լիպշիցյան դասերում), ստացվում է, որ այդ դասերում տյուպլիցյան օպերատորը նունպես սահմանափակ է գործում: Օգտվելով նախկինում ստացված արդյունքներից, Ջրբաշյանի հայտնի կշռային դասերի բազմաչափ անալոզները նկարագրվում են ողորկ ֆունկցիաների տերմիններով:

բ) Հարդիի տեսության մեջ և նրա բազմաթիվ կիրառություններում կարևոր դեր է կատարում ներքին-արտաքին ֆակտորիզացիան: Ներկայացված աշխատանքում ուսումնասիրվում է բազմաչափ լիպշիցյան, ինչպես նաև Ջրբաշյանի հայտնի կշռային դասերի բազմաչափ անալոզներում «լավ» ներքին ֆունկցիաների վրա բաժանման հարցը: Պարզվում է, որ նշված դասերում կարելի է բաժանել «լավ» ներքին ֆունկցիաների վրա՝ մնալով այդ դասերում:

А. А. Чубарян

О нижних оценках выводов в системах Фреге с подстановками

(Представлено академиком Ю. Г. Шукурьяном 20/IV 2000)

В работе доказывается, что существуют тавтологии (твт) длины n , для которых и в системах Фреге \mathfrak{F} , и в системах Фреге с подстановками $S\mathfrak{F}$ оценки количества формул и общей длины выводов имеют порядок n и n^2 соответственно.

1. Введение. В работах [1] и [2] обсуждается вопрос получения нижних оценок количества шагов выводов в системах Фреге с подстановками. В частности, Басс [1] указывает в качестве открытой проблему получения суперлогаритмической нижней оценки количества шагов выводов в $S\mathfrak{F}$. Ургарт в [2] доказал, что существуют формулы с длиной $O(n)$, количество шагов выводов которых в $S\mathfrak{F}$ не менее $O(n / \log n)$. Однако еще в 1981 г. в качестве некоего вспомогательного результата нами была получена линейная нижняя оценка для количества шагов выводов в классической, интуиционистской и минимальной системах с простыми подстановками исчисления высказываний гильбертовского типа [3]. Эти оценки были получены с использованием введенного в [4] понятия τ -множества, непосредственное применение которого в системах Фреге представляется затруднительным. В настоящей работе для произвольной твт вводится понятие множества существенных подформул, и на его основе доказывается существование последовательности формул длины n , для которых в обеих системах \mathfrak{F} и $S\mathfrak{F}$ количество шагов и длина выводов оцениваются соответственно функциями порядка n и n^2 соответственно.

2. Основные понятия и определения. Напомним общепринятые понятия систем Фреге, выводов в них и сложностных характеристик выводов.

Каждая система Фреге \mathfrak{F} использует некоторое конечное, функционально полное множество пропозициональных связок. \mathfrak{F} определяется конечным множеством схематически заданных правил вывода $[(A_1 A_2 \dots A_k)/(B)]$ (при $k=0$ соответствующее правило определяет схему ксиом). \mathfrak{F} непротиворечива, т. е. для каждого правила вывода, если при некотором истинностном значении переменных все $A_i (1 \leq i \leq k)$ принимают значение "истина", то и B принимает значение "истина". \mathfrak{F} полна, т. е. всякая тавтология выводима в \mathfrak{F} . Система Фреге с подстановкой $S\mathfrak{F}$ получается из \mathfrak{F} добавлением правила простой подстановки $[(A)/(A\sigma)]$, где σ - отображение, ставящее в соответствие переменной формулы A некоторую формулу (в частности переменную), и $A\sigma$ - результат повсеместной замены этой переменной в A на соответствующую формулу.

В дальнейшем мы будем считать зафиксированными некоторую систему Фреге \mathfrak{F} и соответствующую систему с подстановкой $S\mathfrak{F}$. Результат настоящей работы не зависит от выбора системы, однако для упрощения рассматриваемого примера мы будем предполагать, что в числе прочих язык \mathfrak{F} содержит логические связки \rightarrow и \wedge .

Мы будем пользоваться общепринятым определением вывода в данной системе как последовательности формул, каждая из которых является аксиомой данной системы или получается из предыдущих по одному из правил вывода данной системы. Вывод в системе \mathfrak{F} будем называть \mathfrak{F} -выводом, а в системе $S\mathfrak{F}$ - соответственно $S\mathfrak{F}$ -выводом.

Длину формулы F , понимаемую как количество всех символов в F , будем обозначать через (F) .

В качестве сложности вывода зафиксируем два понятия: количество различных формул (шагов) в выводе и суммарную длину всех формул вывода.

Через $Sf(F)$ обозначим множество всех неэлементарных подформул формулы F . Для каждой формулы F , каждой подформулы $\varphi \in Sf(F)$ и произвольной переменной p через $(F)_{\varphi}^p$ обозначим результат повсеместной замены в F подформулы φ на переменную p . При этом если $\varphi \notin Sf(F)$, то $(F)_{\varphi}^p = F$.

Множество различных переменных формулы F обозначим через $\text{Var}(F)$.

Определение. Пусть для некоторой твт F p - некоторая переменная такая, что $p \notin \text{Var}(F)$ и $\varphi \in Sf(F)$. Подформулу φ назовем существенной для F , если $(F)_{\varphi}^p$ не является тавтологией.

Множество существенных для твт F подформул обозначим через $\text{Essf}(F)$.

Очевидно, что если F является минимальной твт, т. е. не может быть получена подстановкой из более короткой твт, то $\text{Essf}(F) = Sf(F)$.

Если формулы не могут быть получены по правилу подстановки из одной и той же существенной подформулы некоторой твт, то будем говорить, что эти формулы несравнимы.

Для каждого правила вывода $[(A_1 A_2 \dots A_k)/(B)]$ ($k \geq 1$) определяющей назовем любую из существенных подформул формулы $A_1 \wedge (A_2 \wedge (\dots \wedge (A_{k-1} \wedge A_k) \dots)) \rightarrow B$. Множество определяющих подформул будем обозначать через $\text{Dsf}(A_1, A_2, \dots, A_k, B)$.

Формулу φ назовем важной в \mathfrak{S} -выводе ($S\mathfrak{S}$ -выводе), если φ или является существенной для некоторой аксиомы этого вывода, или является определяющей для некоторого \mathfrak{S} -правила, примененного в выводе.*

3. *Основные результаты.* Здесь будет описан класс формул длины n , нижние оценки количества шагов и длины выводов которых имеют порядок n и n^2 соответственно и в \mathfrak{S} и в $S\mathfrak{S}$. В основе доказательства этого результата лежит следующее свойство существенных подформул.

Лемма. 1) Для каждого \mathfrak{S} -правила $[(A_1 A_2 \dots A_k)/(B)]$ ($k \geq 1$) $\text{Essf}(B) \subseteq \subseteq$

$$\left(\bigcup_{i=1}^k \text{Essf}(A_i) \right) \cup \text{Dsf}(A_1, A_2, \dots, A_k, B).$$

2) Для правила подстановки $[(A)/(A\sigma)]$ $\text{Essf}(A\sigma) \subseteq \{ \varphi\sigma/\varphi \in \text{Essf}(A) \}$.

Доказательство пункта 1) основано на непротиворечивости \mathfrak{S} -правил.

Доказательство пункта 2) следует из того, что если для некоторых p, φ, A и σ $(A)_{\varphi}^p$ является твт, то $(A\sigma)_{\varphi\sigma}^p$ также твт, а значит если $(A\sigma)_{\varphi\sigma}^p$ не является твт, то $(A)_{\varphi}^p$ также не твт.

Следствие. Пусть F - некоторая твт и $\varphi \in \text{Essf}(F)$, тогда

- 1) в каждом \mathfrak{S} -выводе формулы F формула φ должна быть важной;
- 2) если правилами подстановки, использованными в некотором $S\mathfrak{S}$ -выводе формулы F , являются $[(A_1)/(A_1\sigma_1)], [(A_2)/(A_2\sigma_2)], \dots, [(A_m)/(A_m\sigma_m)]$, то φ должна быть или важной формулой этого вывода, или результатом последовательных подстановок $\sigma_{i_1}, \sigma_{i_2}, \dots, \sigma_{i_S}$ для $1 \leq i_1, i_2, \dots, i_S \leq m$ в одну из важных формул.

Доказательство очевидным образом следует из утверждения леммы.

Теорема 1. Для достаточно больших n , если F_n такова, что $|F_n|=O(n)$ и для некоторого $l=O(n)$ существуют подформулы $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_l$ такие, что

- а) $\{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_l\} \in \text{Essf}(F_n)$,
- б) формулы φ_i и φ_j ($1 \leq i < j \leq l$) попарно несравнимы,
- в) $|\varphi_1| < |\varphi_2| < \dots < |\varphi_l|$ и $|\varphi_l|=O(n)$,

то количество шагов в любом \mathfrak{T} -выводе ($S\mathfrak{T}$ -выводе) формулы F_n не менее, чем $O(n)$, а длина любого \mathfrak{T} -вывода ($S\mathfrak{T}$ -вывода) не менее $O(n^2)$.

Доказательство следует из вышеприведенных утверждений и того факта, что и количество существенных подформул каждой аксиомы, и количество определяющих подформул каждого \mathfrak{T} -правила ограничено некоторой константой.

Пример. Нетрудно видеть, что условия теоремы выполнены для $F_n = (p_1 \rightarrow p_1) \wedge ((p_2 \rightarrow p_2) \wedge (\dots \wedge ((p_{n-1} \rightarrow p_{n-1}) \wedge (p_n \rightarrow p_n)) \dots))$, где $\varphi_i = (p_{n-i} \rightarrow p_{n-i}) \wedge ((p_{n-i+1} \rightarrow p_{n-i+1}) \wedge (\dots \wedge (p_{n-1} \rightarrow p_{n-1}) \wedge (p_n \rightarrow p_n)) \dots)$ ($0 \leq i \leq n-1$).

Теорема 2. Для достаточно больших n существуют формулы F_n такие, что минимальные количества шагов их \mathfrak{T} -выводов и $S\mathfrak{T}$ -выводов имеют порядок n , а минимальные длины их \mathfrak{T} -выводов и $S\mathfrak{T}$ -выводов имеют порядок n^2 .

В качестве таковых могут быть рассмотрены, например, вышеприведенные. Для них нетрудно получить одинаковые верхние оценки сложностей \mathfrak{T} -выводов и $S\mathfrak{T}$ -выводов, равные по порядку нижним для обоих критериев сложностей.

Фактически для класса формул, удовлетворяющего условиям теоремы 1, не имеет место "ускорение" выводов при переходе от \mathfrak{T} систем к $S\mathfrak{T}$ системам, исследованное в работах [1, 3, 4].

Заметим, что при мультипликативной подстановке формула F_n может быть выведена за $\log_2 n$ шагов, что указывает на существенное различие способов подстановки.

Автор благодарен участникам семинара под руководством И. Заславского за полезные советы.

* Отметим, что важные в выводе формулы активны в смысле определения, введенного в [1].

Ереванский государственный университет

Литература

1. Buss S. R. - Arch. Math. Logic. 1995. V. 34. P. 377-394.
2. Urquhart A. - Arch. Math. Logic. 1997. V. 37. P. 15-19.
3. Чубарян А. А. - Прикл. математика. ЕГУ. 1981. N 1. С. 81-89.
4. Г. С. Цейтин, Чубарян А. А. - Мат. вопр. кибернетики и вычисл. техники. Ереван: Изд-во АН АрмССР. 1975. С. 57-64.

Ա. Ա. Չուբարյան

Տեղադրության գործողությունը պարունակող Ֆրեգեի համակարգերի արտածումների բարդության վերաբերյալ

Հոդվածում ապացուցված է, որ գոյություն ունեն $O(n)$ երկարության նույնաբանություններ, որոնց արտածման քայլերի քանակը և երկարությունը գնահատվում են համապատասխանաբար $O(n)$ և $O(n^2)$ կարգի ֆունկցիաներով և՛ Ֆրեգեի համակարգում, և՛ պարզ տեղադրության կանոնը պարունակող Ֆրեգեի համակարգում:

Ապացույցը տրվում է հոդվածում ներմուծված նույնաբանությունների էական ենթաբանաձևերի գաղափարի հիման վրա:

Б.М. Мамиконян

**Исследование емкостной измерительной цепи
при питании биполярным несимметричным
импульсным напряжением**

(Представлено академиком А.А. Терзяном 28/III 2000)

При применении емкостных датчиков (ЕД) возникает задача построения измерительной цепи (ИЦ), в которой изменение емкости датчика преобразуется в сигнал напряжения или тока. Для этой цели широко используется двойной Т-образный нелинейный четырехполюсник [1]. Важным преимуществом цепи является то, что в ней (рис.1,а) источник питания, конденсатор C_1 датчика, конденсатор C_2 сравнения (эти конденсаторы могут быть частями дифференциального ЕД) и выходной измерительный прибор имеют общую точку заземления, а выходной сигнал получается непосредственно в форме постоянного тока. В этой цепи легко обеспечивать длительную стабильность параметров, достаточно широкий частотный диапазон (вплоть до 5 МГц), а также эффективное экранирование, что позволяет снизить уровень помех при измерениях емкости с заземленным электродом. Данная цепь исследована при питании симметричным прямоугольным переменным напряжением [1], синусоидальным напряжением [2], симметричными биполярными импульсами [3], в режиме широтно-импульсного уравнивания [4, 5]. В настоящей работе цепь исследуется в общем случае, при питании несимметричными биполярными прямоугольными импульсами напряжения, отличающимися как по амплитуде, так и по длительности, что позволяет использовать результаты исследования для анализа возможностей как амплитудно-импульсного, так и широтно-импульсного способов уравнивания цепи.

В рассматриваемой ИЦ (рис. 1) конденсатор C_1 заряжается через диод D_1 в течение времени t_1 от приложенного напряжения E_1 и разряжается в течение времени t_2 через сопротивления R_1 и R_H на землю и перезаряжается через сопротивления R_1 , R_2 и диод D_2 отрицательным напряжением E_2 . Аналогичным образом происходит заряд-разряд конденсатора C_2 . Напряжение u_H на выходе ИЦ определяется разностями $\Delta C = C_1 - C_2$, $\Delta E = E_1 - E_2$ и $\Delta t = t_1 - t_2$ (обычно принимается $R_1 = R_2 = R$); измерительный прибор постоянного тока показывает среднее значение U_0 этого напряжения.

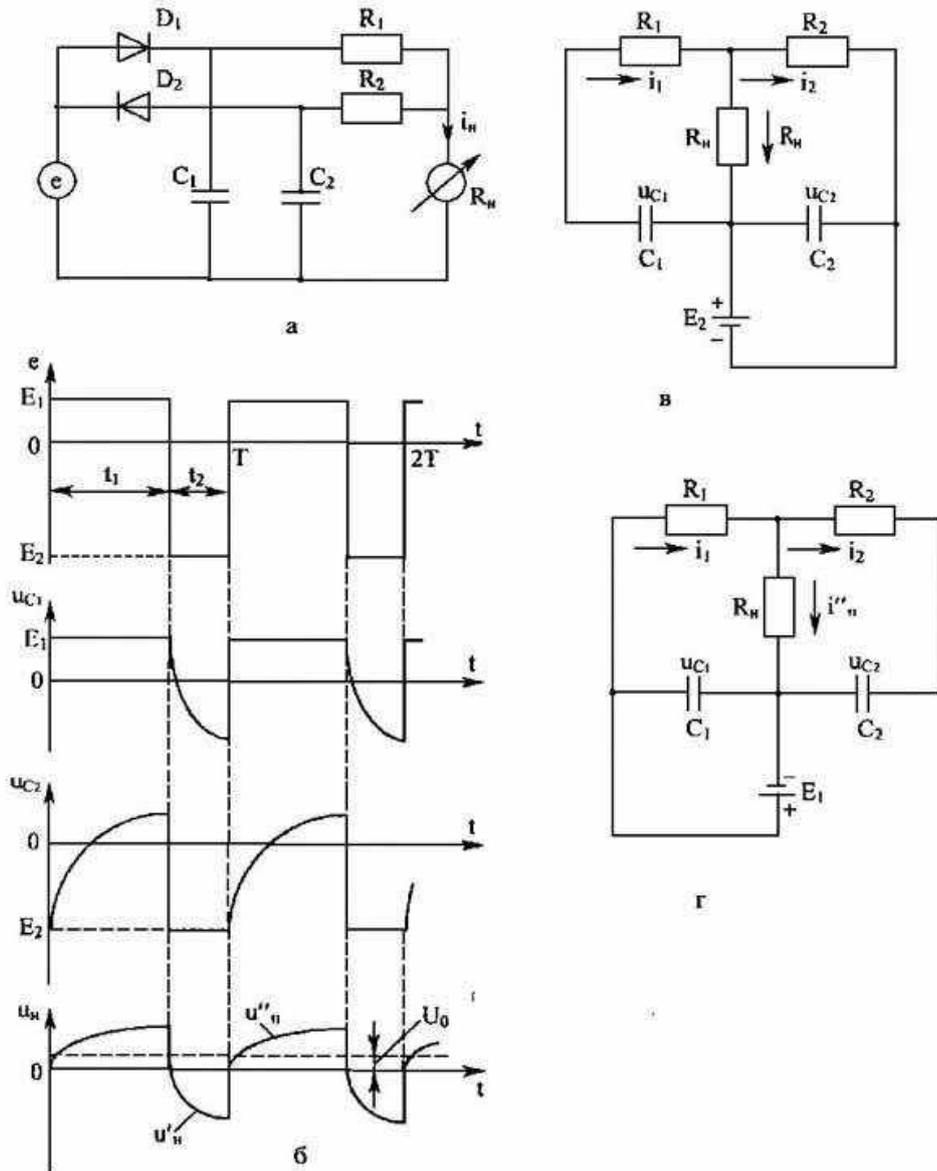


Рис. 1. Принципиальная схема ИЦ (а); графики напряжений (б); эквивалентные схемы цепи для интервала времени t_2 (в) и t_1 (г).

На эквивалентных схемах цепи (рис.1, в, г) сделаны следующие допущения: диоды имеют нулевое прямое и бесконечно большое обратное сопротивление; внутреннее сопротивление источника питания равно нулю; нагрузкой цепи является активное сопротивление R_H .

Составим уравнения эквивалентных схем в операторной форме. Для интервала времени t_2 (рис. 1, в)

$$U_{C_2}(p) = E_2 / p = I_2(p)R_2 - I'_H(p)R_H,$$

$$U_{C_1}(p) = E_1 / p - I_1(p) / C_1 p = I_1(p)R_1 + I'_H(p)R_H,$$

$$I_1(p) = I'_H(p) + I_2(p).$$

Для интервала времени t_1 (рис. 1, г)

$$\begin{aligned}
U_{C_1}(p) &= E_1 / p = I_1(p)R_1 + I_H''(p)R_H, \\
U_{C_2}(p) &= E_2 / p - I_2(p) / C_2 p = I_2(p)R_2 - I_H''(p)R_H, \\
I_1(p) &= I_H''(p) + I_2(p).
\end{aligned}$$

Решая эти уравнения относительно изображений выходного тока, получим ($R_1 = R_2 = R$):

$$I_H'(p) = \frac{E_1}{R(R+2R_H)C_1} \times \frac{(1-k)pRC_1 - k}{p(p-p_1)}, \quad (1)$$

$$I_H''(p) = \frac{E_1}{R(R+2R_H)C_2} \times \frac{1+(1-k)pRC_2}{p(p-p_2)}, \quad (2)$$

где $k = E_2/E_1$; $p_1 = -(R+R_H)/(R(R+2R_H)C_1)$; $p_2 = -(R+R_H)/(R(R+2R_H)C_2)$.

Оригинал выходного тока определяем по формуле суммы вычетов

$$i_H(t) = \sum_{k=1}^2 \operatorname{Res}_{p_k} [I_H(p) \cdot e^{pt}]$$

где p_k - полюсы функции $I_H(p)$. В результате получаем:

$$i_H'(t) = -\frac{E_1}{R+R_H} \left[k - \frac{R+(1+k)R_H}{R+2R_H} \cdot e^{p_1 t} \right],$$

$$i_H''(t) = -\frac{E_1}{R+R_H} \left[1 - \frac{kR+(1+k)R_H}{R+2R_H} \cdot e^{p_2 t} \right].$$

Среднее значение (постоянная составляющая) выходного тока $i_H(t) = i_H'(t) + i_H''(t)$, показываемое измерительным прибором,

$$\begin{aligned}
I_0 &= \frac{1}{T} \int_0^T i_H(t) dt = \frac{1}{T} \left[\int_0^{t_2} i_H'(t) dt + \int_0^{t_1} i_H''(t) dt \right] = \frac{E_1 f}{R+R_H} \{ t_1 - kt_2 + \\
&+ \frac{R+(1+k)R_H}{R+2R_H} \times \left[\frac{1}{p_1} (e^{p_1 t_2} - 1) \right] - \frac{kR+(1+k)R_H}{R+2R_H} \left[\frac{1}{p_2} (e^{p_2 t_1} - 1) \right] \}, \quad (3)
\end{aligned}$$

где $f = 1/T$ - частота источника питания.

Линейная зависимость выходного сигнала от измеряемой емкости возможна лишь в той области, где экспоненциальные члены выражения (3) будут пренебрежимо малы. Если требуются точные измерения, то элементы схемы и частота питающего генератора выбираются таким образом, чтобы обеспечивались условия $|p_1 t_2| > 5$ и $|p_2 t_1| > 5$ (хотя и при меньших значениях этих показателей экспоненциальные члены частично компенсируют друг друга). Тогда экспоненциальные члены будут составлять менее 0,5% от всего выходного сигнала, и ток на выходе будет равен

$$I_0 = \frac{E_1 f}{R+R_H} \left\{ t_1 - kt_2 + \frac{R[R+(1+k)R_H]}{R+R_H} \cdot C_1 - \frac{R[kR+(1+k)R_H]}{R+R_H} \cdot C_2 \right\}. \quad (4)$$

Данное выражение используется для вычисления выходного тока схемы рис. 1,а.

Исследования показывают, что с целью повышения метрологических характеристик рассматриваемой цепи необходимо измерять выходной ток I_0 , а не выходное напряжение $U_0 = I_0 R_H$ и по возможности уменьшить R_H вплоть до нуля. Во-первых, время нарастания выходного сигнала зависит от R_H : чем меньше это сопротивление, тем меньше время нарастания. При значении $R_H = 1$ кОм время нарастания (до 63% от полного отклонения) составляет около 20 мкс. Это позволяет измерять изменение емкости ЕД при быстрых механических процессах. Во-вторых, при измерении выходного тока (а не выходного напряжения) часть паразитных емкостей оказывается шунтированной пренебрежимо малым входным сопротивлением измерителя силы тока и, следовательно, практически не влияет на результаты измерений. И в третьих, при $R_H = 0$ цепи заряда и разряда конденсаторов C_1 и C_2 (рис. 1, а) не влияют друг на друга. Наконец, уменьшение R_H увеличивает значения p_1 и p_2 и уменьшает тем самым нелинейность характеристики преобразования ИЦ.

Подобным измерителем среднего значения выходного тока ИЦ со входным сопротивлением $R_H = 0$ может служить операционный преобразователь (ОП), составленный из элементов A_1, C_3, R_3 (рис. 2), который преобразует свой входной ток $i_H(t)$ в выходное напряжение $u(t)$, усиливая при этом постоянную составляющую I_0 тока $i_H(t)$ и сглаживая содержащиеся в нем пульсации. Параметры ОП выбираются таким образом, чтобы влияние частоты f сигнала $i_H(t)$ на выходные параметры ОП было минимальным. Для этого постоянная времени $\tau = R_3 C_3$ цепи обратной связи должно удовлетворять условию $\tau \gg T$, чтобы обеспечивалось неравенство $1/f < 0,01$. Конденсатор $C_4 \gg C_3$, соединяющий вход определенного усилителя ОУ с заземлением, защищает ОУ от переходных импульсов, которые появляются на выходе ИЦ и передаются через цепь обратной связи. Наличие этого конденсатора большой емкости (обычно $C_4 > 0,1$ мкФ) обеспечивает удержание суммирующего входа усилителя А на стабильном уровне потенциала виртуального заземления и тем самым работу на частотах

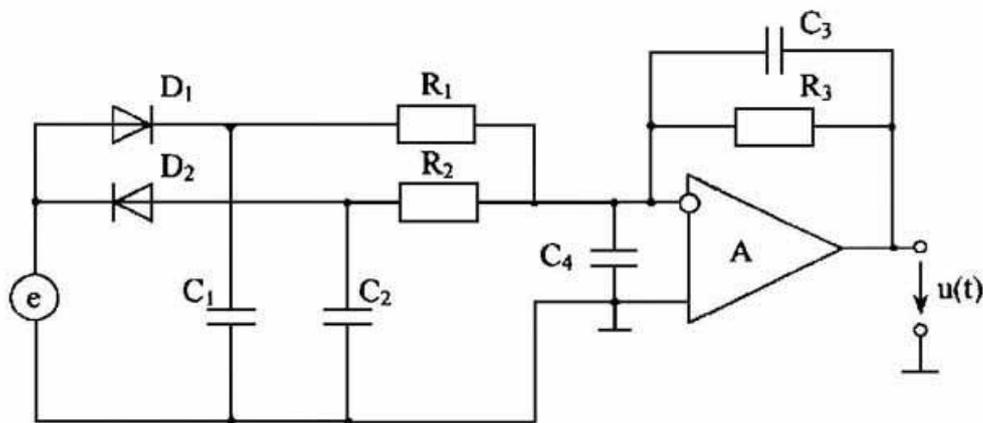


Рис. 2. Принципиальная схема ИЦ с операционным преобразователем на выходе.

до нескольких мегагерц без использования широкополосных ОУ.

При выполнении вышеуказанных условий постоянная составляющая $U_0 = -I_0 R_3$ выходного напряжения $u(t)$ определяется выражением

$$U_0 = - \frac{E_1 f R_3}{R} [t_1 - kt_2 + R(C_1 - kC_2)], \quad (5)$$

в котором учтено, что в выражении (4) тока I_0 имеет место $R_H = 0$.

Анализ схемы (рис. 2) показывает, что ее чувствительность зависит главным образом от четырех параметров: E_1, f, R, R_3 . Максимальное зарядное напряжение E_1 (или E_2) ограничивается допустимым уровнем сигнала КМОП-

транзистора, равным 15 В. Частота f может быть выбрана в пределах до 1-2 МГц, если только не накладываются специфические ограничения. Увеличение частоты до 5 МГц ведет, в общем случае, к росту нелинейности характеристики. Верхний предел сопротивления R_3 лимитируется условием $R_3 \ll R_{вх}$, где $R_{вх}$ - входное сопротивление ОУ; практические границы R_3 от 50 до 100 кОм. Значение сопротивления резисторов $R_1=R_2=R$ желательно иметь не слишком большим во избежание увеличения нелинейности характеристики: в данной схеме оптимальными являются значения R от 20 до 30 кОм. Таким образом, чувствительность схемы на частоте $f=2$ МГц будет составлять 1,5 ... 3 В/пФ, что делает схему особенно ценной для измерения малых приращений емкостей ЕД.

Стабильность чувствительности определяется этими же четырьмя параметрами. Колебания частоты f легко свести к минимуму за счет применения кварцевого генератора, у которого $\Delta f / f < 5 \times 10^{-5}$. Применение прецизионных резисторов R_1 , R_2 и R_3 обеспечивает низкий уровень нестабильности $\Delta R / R < 5 \times 10^{-5}$. Наиболее критичным параметром является напряжение питания, поскольку типовые стабилизированные источники напряжения допускают колебания выходного напряжения до 1 %.

С целью улучшения метрологических характеристик емкостной ИЦ исследованы возможности ее уравнивания: амплитудно-импульсного и широтно-импульсного. При амплитудно-импульсном уравнивании в соответствии с выражением (5) поддерживается равенство $t_1 = t_2 = T / 2$, а разбаланс цепи, возникающий за счет приращения емкостей $\Delta C = C_1 - C_2$, уравнивается соответствующей регулировкой разности амплитуд $\Delta E = E_1 - E_2$ импульсов зарядного напряжения до восстановления баланса $U_0 = 0$. Условие баланса цепи следует из (5):

$$\Delta E = 2fR(E_2C_2 - E_1C_1),$$

откуда видно, что при амплитудно-импульсном способе уравнивания дестабилизирующие факторы не устраняются.

В случае широтно-импульсного уравнивания поддерживается постоянное зарядное напряжение $E_1=E_2=E$, и цепь уравнивается соответствующей регулировкой разности интервалов времени заряда $\Delta t = t_2 - t_1$. Условие баланса цепи, вытекающее из (5) при $k=1$, принимает вид

$$\Delta t = R \Delta C. \quad (6)$$

Оно показывает, что в этом случае характеристика преобразования не зависит от напряжения и частоты источника питания и параметров ОП, а результат измерения получается непосредственно в цифровой форме.

Широтно-импульсное уравнивание рассматриваемой емкостной ИЦ реализовано по схеме рис. 3, а. Питающий генератор 1 выдает синусоидальное напряжение (рис. 3, б, кривая 1). Усилитель-компаратор A_1 вырабатывает прямоугольное переменное напряжение e , форма которого симметричная, пока опорный сигнал на его H -входе равен нулю (рис. 3, б), что имеет место при $\Delta C=0$. При разбалансе ИЦ, возникающем в результате приращения ΔC емкостей ЕД, напряжение U_0 , появляющееся на выходе ОП, действует на H -вход усилителя-компаратора, прямоугольное переменное напряжение e становится асимметричным (рис. 3, в). Если, например, разбаланс ИЦ возник в результате увеличения емкости C_1 , то длительность t_2 отрицательных импульсов напряжения e увеличивается, а длительность t_1 положительных импульсов уменьшается. Этим способом опорное напряжение U_0 восстанавливает баланс ИЦ, изменяя соответствующим образом продолжительность заряда и разряда конденсаторов C_1 и C_2 . Измерительный прибор 2 показывает разность $t_2 - t_1$ длительностей разнополярных прямоугольных импульсов.

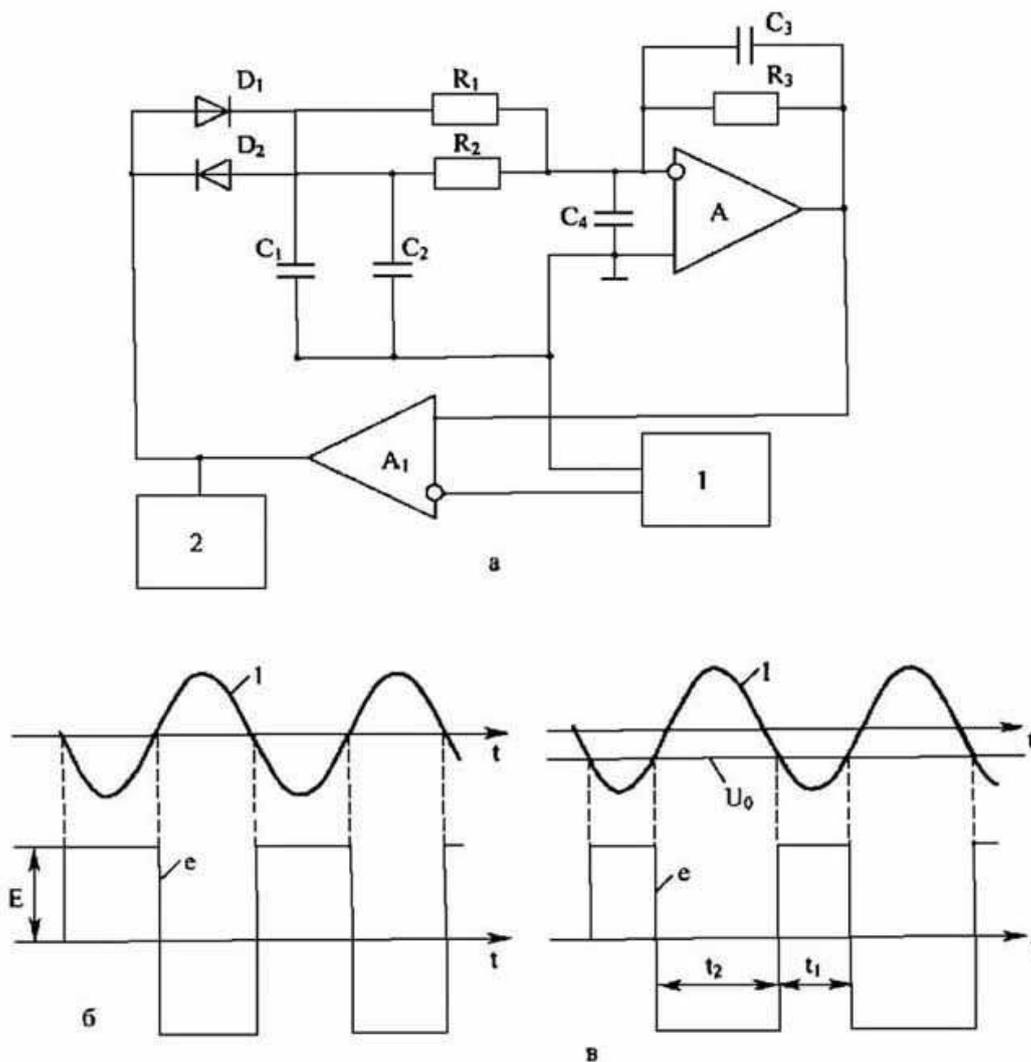


Рис. 3. Принципиальная схема ИЦ с широтно-импульсным уравниванием (а); эпюры напряжения питания(б,в).

Устройство по схеме рис. 3,а испытано в лабораторных условиях для измерения емкости дифференциального ЕД давления жидких и газообразных сред с начальной емкостью $C_0 = 50$ пФ каждой половины. Сопротивления резисторов $R_1 = R_2 = 20$ кОм, $R_3 = 50$ кОм; емкости конденсаторов $C_3 = 2,2_{нФ}$, $C_4 = 0,1$ мкФ; диоды D_1, D_2 - типа KD521A. Усилители A и A_1 выбраны типа KP544VD2A со внешними цепями компенсации напряжения смещения нуля и с питанием от одного источника с помощью резистивного делителя с заземленной средней точкой, чтобы при изменении напряжения источника положительные и отрицательные выходные напряжения насыщения не отличались друг от друга. В качестве источника питания 1 использован генератор синусоидальных колебаний по схеме Колпитца [6] с частотой $f = 1$ МГц и амплитудой $\sim 7B$. Пиковое значение E прямоугольного напряжения на выходе компаратора составляло $10B$. Длительности t_1 и t_2 выходных прямоугольных импульсов измеряли измерителем временных интервалов типа И2-7. Емкости ЕД изменялись в пределах $C_1 = 50 \dots 60$ пФ, $C_2 = 50 \dots 40$ пФ; при этом $t = 0 \dots 0,4$ мкс, и чувствительность устройства составляла $0,02$ мкс/пФ. Нелинейность характеристики преобразования не превышала $0,5\%$.

Для уменьшения влияния паразитных емкостей электронная схема располагалась в непосредственной близости от выводов ЕД и применялась эффективная экранировка, в результате чего паразитные емкости, шунтирующие половины ЕД, оказывались порядка 10 пФ, но поскольку схема ИЦ - дифференциального типа, то эти емкости приблизительно в равной степени воздействовали на обе ее половины, благодаря чему имела место их взаимная компенсация в соответствии с выражением (6).

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что разработанная емкостная измерительная цепь с успехом может быть использована для измерения малых приращений емкостей ЕД.

Литература

1. *Лайон К.С.* - Приборы для научных исследований, 1964. № 3. С. 95-98.
2. *Артамонов А.Т.* - Изв. высш. учебн. заведений. Приборостроение. 1971. № 12. С. 21-23
3. *Мамиконян Б.М.* - ДАН Арм ССР. 1990. Т. 90. № 4. С. 161-167.
4. *Мамиконян Б.М.* - Авторское свидетельство СССР № 1739313 по кл. G01R 27/26, опубл. в БИ № 21, 1992г.
5. *Мамиконян Б.М.* - Измерительная техника. 1995. № 4. С. 48-49.
6. *Андреев А.Б., Баранов Б.А., Баранов Вл.А.* - Приборы и техника эксперимента. 1990. № 4. С. 48-49.

Բ.Մ. Մամիկոնյան

Ունակային չափիչ շղթայի հետազոտումը երկբևեռ ոչ սիմետրիկ իմպուլսային լարումով սնելու դեպքում

Ավտոմատացման համակարգերում լայնորեն կիրառվող ունակային տվիչների ունակության փոքր աճերը չափելու համար նպատակահարմար է օգտագործել երկ-T-աձև ոչ գծային քառաբևեռանին, որն ունի մի շարք էական առավելություններ փոփոխական հոսանքի կամրջակային շղթաների նկատմամբ: Դիտարկված է այդ քառաբևեռանու աշխատանքը երկբևեռ ոչ սիմետրիկ իմպուլսներով սնելու դեպքում: Հետազոտված են շղթայի չափագիտական բնութագրերը ինչպես ուղիղ ձևափոխման, այնպես էլ հավասարակշռող ձևափոխման մեթոդների իրագործման դեպքերում: Հիմնավորված է, որ նպատակահարմար է շղթան կիրառել ոչ թե ելքային լարման, այլ ելքային հոսանքի չափման ռեժիմում, որը կարելի է իրագործել շղթայի ելքում միացնելով զրոյական մուտքային դիմադրություն ունեցող գործույթային ձևափոխիչ: Դիտարկված են չափիչ շղթայի հավասարակշռման ամպլիտուդաիմպուլսային և լայնաիմպուլսային եղանակները, որոնց հետազոտումով պարզվել է, որ առաջին եղանակի դեպքում ապակայունացնող գործոնները հնարավոր չէ արտաքսել ձևափոխման ֆունկցիայից, մինչդեռ երկրորդ եղանակն ապահովում է չափման սխալանքների էական փոքրացում:

Գնահատված են մշակված չափիչ սարքում սխալանքների փոքրացման հնարավոր հասանելի սահմանները: Նկարագրված է մշակված չափիչ սարքը, պարզաբանված են օգտագործված հանգույցների ընտրության, նրանց տարրերի պարամետրերի հաշվարկի առանձնահատկությունները, ներկայացված են պատրաստված նմուշի փորձարարական հետազոտության արդյունքները:

Академик Л. А. Агаловян, Р. С. Геворкян, А. В. Саакян

**К решению второй краевой задачи для двухслойной
полосы из сжимаемого и несжимаемого слоев
с учетом температурного поля**

(Представлено 23/III 2000)

Асимптотическим методом выведены рекуррентные формулы для определения напряженно-деформированного состояния двухслойной полосы из сжимаемого и несжимаемого слоев. Считается, что на продольных краях полосы заданы кинематические условия. Задача, в частности, моделирует работу резинометаллических сейсмоизоляторов. В качестве иллюстрации приведены решения ряда прикладных задач.

1. Имеем двухслойную полосу $\Omega = \{x, z : -h_e \leq z \leq h, -l \leq x \leq l, h+h_e \ll 2l\}$. Слой $0 \leq z \leq h$ - из сжимаемого материала, а слой $-h_e \leq z \leq 0$ - из несжимаемого. Считается, что продольным краям полосы сообщены перемещения:

$$\begin{aligned} u_x(x, z = -h_e) = u_x^-(x), \quad u_z(x, z = -h_e) = u_z^-(x), \\ u_x(x, z = h) = u_x^+(x), \quad u_z(x, z = h) = u_z^+(x), \end{aligned} \tag{1.1}$$

а между слоями имеет место полный контакт:

$$\begin{aligned} \sigma_{zz}(x, z = 0) = \sigma_{zz}^e(x, z = 0), \quad \sigma_{xz}(x, z = 0) = \sigma_{xz}^e(x, z = 0), \\ u_x(x, z = 0) = u_x^e(x, z = 0), \quad u_z(x, z = 0) = u_z^e(x, z = 0). \end{aligned} \tag{1.2}$$

Здесь и в дальнейшем всем величинам несжимаемого слоя приписывается индекс e . В общем случае считается, что на двухслойную полосу действует также температурное поле. Для решения задачи воспользуемся рекуррентными формулами для сжимаемого слоя [1,2]:

$$\begin{aligned} Q = \varepsilon \chi \sum_{s=0}^S \varepsilon^s Q^{(s)}(\xi, \zeta), \quad 0 \leq \zeta \leq \zeta_1, \quad \chi_u = -1, \quad \chi_\sigma = 0, \\ \sigma_{zz}^{(s)} = \sigma_{zz0}^{(s)} + \sigma_{zz*}^{(s)}, \quad \sigma_{zz*}^{(s)} = - \int_0^\zeta \frac{\partial \sigma_{xz}^{(s-1)}}{\partial \xi} d\zeta, \\ \sigma_{xz}^{(s)} = \sigma_{xz0}^{(s)} + \sigma_{xz*}^{(s)}, \quad \sigma_{xz*}^{(s)} = \int_0^\zeta \frac{\partial \sigma_{xx}^{(s-1)}}{\partial \xi} d\zeta, \\ \sigma_{xx}^{(s)} = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_{zz}^{(s)} + \frac{2G}{1-\nu} \frac{\partial \bar{u}_x^{(s-1)}}{\partial \xi} - \frac{2(1+\nu)}{1-\nu} G \alpha^{(s)}, \\ \bar{u}_x^{(s)} = \bar{u}_{x0}^{(s)} + \frac{1}{G} \zeta \sigma_{xz0}^{(s)} + \bar{u}_{x*}^{(s)}, \\ \bar{u}_{x*}^{(s)} = \int_0^\zeta \left(\frac{1}{G} \sigma_{xz*}^{(s)} - \frac{\partial \bar{u}_z^{(s-1)}}{\partial \xi} \right) d\zeta, \\ \bar{u}_z^{(s)} = \bar{u}_{z0}^{(s)} + \frac{1-2\nu}{2G(1-\nu)} \zeta \sigma_{zz0}^{(s)} + \bar{u}_{z*}^{(s)}, \end{aligned} \tag{1.3}$$

$$\bar{u}_{z^*}^{(s)} = \int_0^\zeta \left(\frac{1-2\nu}{2G(1-\nu)} \sigma_{zz^*}^{(s)} - \frac{\nu}{1-\nu} \frac{\partial \bar{u}_x^{(s-1)}}{\partial \xi} + \frac{1+\nu}{1-\nu} \alpha \Theta^{(s)} \right) d\zeta,$$

$$\xi = \frac{x}{l}, \quad \zeta = \frac{z}{h+h_e}, \quad \varepsilon = \frac{h+h_e}{l}, \quad \bar{u}_x = u_x/l, \quad \bar{u}_z = u_z/l,$$

$$\zeta_1 = \frac{h}{h+h_e}, \quad \Theta = \varepsilon^{-1} \sum_{s=0}^S \Theta^{(s)}(\xi, \zeta),$$

а для несжимаемого слоя - следующими рекуррентными формулами, по модели Дюгамеля-Неймана учитывающими влияние температурного поля:

$$Q^e = \varepsilon^\lambda \sum_{s=0}^S \varepsilon^s Q^{e(s)}(\xi, \zeta), \quad -\zeta_e \leq \zeta \leq 0,$$

$$\chi_{\sigma_{xx}^e} = \chi_{\sigma_{zz}^e} = -3, \quad \chi_{\sigma_{xz}^e} = -2, \quad \chi_{u_x^e} = -1, \quad \chi_{u_z^e} = 0,$$

$$\sigma_{zz}^{e(s)} = \sigma_{zz0}^{e(s)} + \sigma_{zz^*}^{e(s)}, \quad \sigma_{zz^*}^{e(s)} = - \int_0^\zeta \frac{\partial \sigma_{xz}^{e(s-2)}}{\partial \xi} d\zeta,$$

$$\sigma_{xx}^{e(s)} = \sigma_{zz}^{e(s)} + 4G_e \frac{\partial \bar{u}_x^{e(s-2)}}{\partial \xi} - 6G_e \alpha_e \Theta^{(s-2)},$$

$$\sigma_{xz}^{e(s)} = \sigma_{xz0}^{e(s)} - \zeta \sigma_{zz0}^{e(s)} + \sigma_{xz^*}^{e(s)},$$

$$\sigma_{xz^*}^{e(s)} = \int_0^\zeta \left(\frac{\partial \sigma_{zz^*}^{e(s)}}{\partial \xi} + 4G_e \frac{\partial^2 \bar{u}_x^{e(s-2)}}{\partial \xi^2} - 6G_e \alpha_e \frac{\partial \Theta^{(s-2)}}{\partial \xi} \right) d\zeta,$$

$$\bar{u}_x^{e(s)} = \bar{u}_{x0}^{e(s)} + \frac{1}{G_e} \zeta \sigma_{xz0}^{e(s)} - \frac{1}{2G_e} \zeta^2 \sigma_{zz0}^{e(s)} + \bar{u}_{x^*}^{e(s)},$$

$$\bar{u}_{x^*}^{e(s)} = \int_0^\zeta \left(\frac{1}{G_e} \sigma_{xz^*}^{e(s)} - \frac{\partial \bar{u}_z^{e(s-2)}}{\partial \xi} \right) d\zeta,$$

$$\bar{u}_z^{e(s)} = \bar{u}_{z0}^{e(s)} - \zeta \bar{u}_{x0}^{e(s)} - \frac{1}{2G_e} \zeta^2 \sigma_{xz0}^{e(s)} + \frac{1}{6G_e} \zeta^3 \sigma_{zz0}^{e(s)} + \bar{u}_{z^*}^{e(s)},$$

(1.4)

$$\bar{u}_{z^*}^{-e(s)} = - \int_0^{\zeta} \left(\frac{\partial \bar{u}_{x^*}^{-e(s)}}{\partial \zeta^e} - 3\alpha_e \Theta^{(s)} \right) d\zeta.$$

где точки над буквами означают производные соответствующих порядков по ζ .

В (1.3), (1.4) неизвестными остаются величины с нулевым индексом.

Используя формулы (1.3), (1.4) и удовлетворив условиям (1.1), (1.2), можно определить эти величины, а следовательно, решить внутреннюю задачу.

Приведем формулы для вычисления напряжений и перемещений, соответствующие первым двум шагам итерации, обеспечивающим точность $O(\varepsilon^2)$:

а) сжимаемый слой ($0 \leq z \leq h$)

$$\begin{aligned} \sigma_{zz} &= \sigma, \quad \sigma_{xx} = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma - \frac{2(1+\nu)}{1-\nu} \frac{h\alpha}{M} \Theta, \\ \sigma_{xz} &= \frac{1}{P+M} \left[u_x^+ - u_x^- + h u_z^+ + h_e u_z^- - \frac{1}{6} P h_e^3 \ddot{\sigma} + \left(2h_e + h \frac{4\nu-1}{1-\nu} \right) \frac{M}{4} \dot{\sigma} \right] - \left(\frac{h_e}{2} + z \frac{\nu}{1-\nu} \right) \dot{\sigma}, \\ u_x &= u_x^+ + (h-z) u_z^+ + \frac{z-h}{h} M \frac{h u_z^+ + h_e u_z^-}{P+M} + \\ &+ \frac{z-h}{h} \frac{M}{P+M} \left[u_x^+ - u_x^- - \frac{1}{6} P h_e^3 \sigma + \left(2h_e + h \frac{4\nu-1}{1-\nu} \right) \frac{M}{4} \sigma - \right. \\ &\left. - \frac{z-h}{h} h_e \frac{M}{2} \dot{\sigma} + \frac{M}{2h} \frac{\nu}{1-\nu} (h^2 - z^2) \dot{\sigma} - \frac{M(1-2\nu)}{4h(1-\nu)} (z-h)^2 \dot{\sigma}, \right. \\ u_z &= u_x^+ + (z-h) \frac{1-2\nu}{2h(1-\nu)} M \dot{\sigma} + (z-h) \frac{1+\nu}{1-\nu} \alpha \Theta, \\ M &= \frac{h}{G}, P = \frac{h_e}{G_e}; \end{aligned} \tag{1.5}$$

б) несжимаемый слой ($-h_e \leq z \leq 0$)

$$\begin{aligned} \sigma_{zz}^e &= \sigma + \frac{z}{2} (z + h_e) \ddot{\sigma}, \\ \sigma_{xx}^e &= \sigma - \frac{3}{2} (z^2 + z h_e) \ddot{\sigma} - 6 h_e \alpha_e \frac{\Theta}{P}, \\ \sigma_{xz}^e &= \frac{1}{P+M} \left[u_x^+ - u_x^- - \frac{1}{6} P h_e^3 \ddot{\sigma} + h u_z^+ + h_e u_z^- + \left(2h_e + h \frac{4\nu-1}{1-\nu} \right) \frac{M}{4} \dot{\sigma} \right] + \left(\frac{z^3}{2} + \frac{3}{4} z^2 h_e \right) \ddot{\sigma} - \left(z + \frac{h_e}{2} \right) \dot{\sigma}, \\ u_x^e &= u_x^- - (z + h_e) u_z^- + \frac{P}{h_e} (z + h_e) \frac{h u_z^+ + h_e u_z^-}{P+M} + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{z+h_e}{h_e} \frac{P}{P+M} \left[u_x^+ - u_x^- - \frac{Ph_e^3}{6} \sigma - \left(2h_e + h \frac{4\nu-1}{1-\nu} \right) \frac{M}{4} \right] \sigma \quad (1.6) \\
& + \frac{P}{12h_e} (z+2h_e)(z^3+h_e^3) \sigma - \frac{P}{2h_e} z(z+h_e) \sigma, \\
& u_z^e = u_z^- + P \left[\frac{z^2-h_e^2}{4} + \frac{z^3+h_e^3}{6h_e} \right] \sigma + 3(z+h_e)\alpha_e \Theta,
\end{aligned}$$

где σ - решение дифференциального уравнения

$$\begin{aligned}
& \sigma - k^2 \sigma = -k^2 W, \\
& k^2 = \frac{6(1-2\nu)}{h_e^2(1-\nu)} \frac{M}{P}, \\
& W = \frac{2(1-\nu)}{1-2\nu} \frac{u_z^+ - u_z^- - \left(3h_e\alpha_e + h\alpha \frac{1+\nu}{1-\nu} \right) \Theta}{M}, \quad (1.7)
\end{aligned}$$

удовлетворяющее интегральным граничным условиям на торцах $x = \pm l$ полосы

$$\int_{-h_p}^h \sigma_{xx}(x = \pm l, z) dz = 0. \quad (1.8)$$

Этим решением при $u_z^+ - u_z^- = ax + b$ является

$$\begin{aligned}
& \sigma = A \frac{\text{ch } kx}{\text{ch } kl} + B \frac{\text{sh } kx}{\text{sh } kl} + W, \\
& A = C \left[\frac{b - \left(3h_e\alpha_e + h\alpha \frac{1+\nu}{1-\nu} \right) \Theta}{M} \right], \\
& B = C \left(T - H \frac{al}{M} \right),
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C &= \frac{1}{\frac{\nu}{1-\nu} h + h_e + k^2 \frac{h_e^3}{4}}, \\
H &= \frac{2(1-\nu)}{1-2\nu} \left| \frac{\nu}{1-\nu} h + h_e \right|, \\
T &= \frac{2\alpha(1+\nu)h^2\Theta}{M(1-\nu)} + \frac{6h_e^2\alpha_e\Theta}{P}.
\end{aligned} \tag{1.9}$$

2. В качестве приложения приведем решения некоторых прикладных задач.

а) Продольным краям полосы сообщены постоянные нормальные перемещения, изменение температурного поля также постоянно:

$$u_z^\pm = const, \quad u_x^\pm = 0, \quad \Theta = const. \tag{2.1}$$

Подставив (2.1) в (1.5)-(1.9), получим:

для сжимаемого слоя ($0 \leq z \leq h$)

$$\begin{aligned}
\sigma_{zz} &= \sigma, \quad \sigma_{xx} = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma - \frac{2(1+\nu)}{1-\nu} \frac{h\alpha}{M} \Theta, \\
\sigma_{xz} &= \frac{1}{P+M} \left[\left(2h_e + h \frac{4\nu-1}{1-\nu} \right) \frac{M}{4} \sigma - \frac{1}{6} Ph_e^3 \sigma \right] - \left[\frac{h_e}{2} + z \frac{\nu}{1-\nu} \right] \sigma, \\
u_x &= \frac{z-h}{h} \frac{M}{P+M} \left[\left(2h_e + h \frac{4\nu-1}{1-\nu} \right) \frac{M}{4} \sigma - \frac{1}{6} Ph_e^3 \sigma \right] - \\
&\quad - \frac{z-h}{h} h_e \frac{M}{2} \sigma + \frac{M}{2h} \frac{\nu}{1-\nu} (h^2 - z^2) \sigma - \frac{M(1-2\nu)}{4h(1-\nu)} (z-h)^2 \sigma, \\
u_z &= u_z^+ + (z-h) \frac{1-2\nu}{2h(1-\nu)} M\sigma + (z-h) \frac{1+\nu}{1-\nu} \alpha\Theta;
\end{aligned} \tag{2.2}$$

для несжимаемого слоя ($-h_e \leq z \leq 0$)

$$\begin{aligned}
\sigma_{zz}^e &= \sigma + \frac{z}{2}(z+h_e)\ddot{\sigma}, \\
\sigma_{xx}^e &= \sigma - \frac{3}{2}z(z+h_e)\ddot{\sigma} - 6\frac{h_e\alpha_e}{P}\Theta, \\
\sigma_{xz}^e &= \frac{1}{P+M} \left[\left(2h_e + h \frac{4\nu-1}{1-\nu} \right) \frac{M}{4} \sigma - \frac{1}{6} Ph_e^3 \sigma \right] +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left(\begin{array}{c} z^3 \\ 2 \end{array} \right) \dots \left(\begin{array}{c} h_e \\ 2 \end{array} \right) \cdot \\
& + \left| \begin{array}{c} 3 \\ 4 \end{array} \right| - \left| \begin{array}{c} z^2 h_e \\ 2 \end{array} \right| \sigma - \left| \begin{array}{c} h_e \\ 2 \end{array} \right| \sigma , \\
& \left(\begin{array}{c} z^3 \\ 2 \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} h_e \\ 2 \end{array} \right) \\
& u_x^e = \frac{(z+h_e)P}{h_e(P+M)} \left[\left(\begin{array}{c} 4\nu-1 \\ 1-\nu \end{array} \right) \frac{M}{4} \sigma - \frac{P}{6} h_e^3 \sigma \right] + \\
& + \frac{P}{12h_e} (z+2h_e)(z^3+h_e^3) \sigma - \frac{P}{2h_e} z(z+h_e) \sigma , \\
& u_z^e = u_z^- + P \left[\frac{z^2-h_e^2}{4} + \frac{z^3+h_e^3}{6h_e} \right] \sigma + 3(z+h_e)\alpha_e \Theta .
\end{aligned} \tag{2.3}$$

Для этого случая в формуле (1.9) для σ необходимо принять $a = 0$, $b = u_z^+ - u_z^-$.

Деформированное состояние полосы представлено на рис. 1.

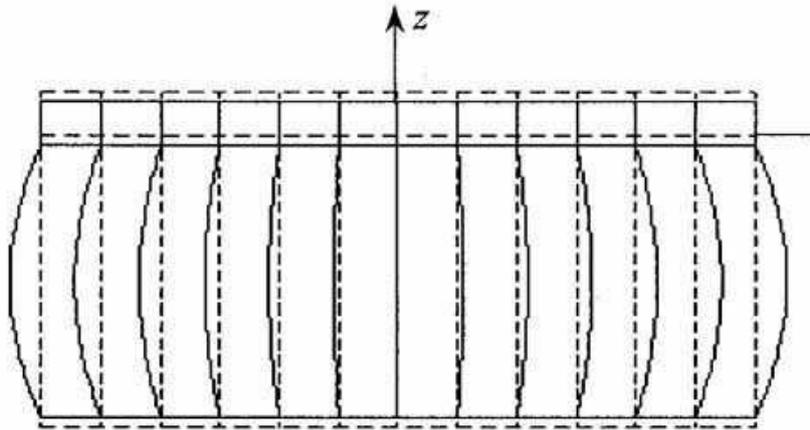


Рис. 1

б) Одной из продольных сторон полосы сообщены нормальные перемещения, меняющиеся линейно по длине балки, изменение температурного поля постоянно:

$$u_z^- = 0, \quad u_z^+ = \alpha x + b, \quad u_x^\pm = 0, \quad \Theta = const . \tag{2.4}$$

Компоненты σ_{zz} , σ_{xx} , u_z , σ_{zz}^e , σ_{xx}^e , u_z^e определяются по формулам (2.2), (2.3), а формулы для вычисления σ_{xz} , u_x , σ_{xz}^e , u_x^e имеют вид

$$\sigma_{xz} = \frac{1}{P+M} \left[\left(\begin{array}{c} 4\nu-1 \\ 1-\nu \end{array} \right) \frac{M}{4} \sigma - \frac{1}{6} P h_e^3 \sigma \right] - \left[\frac{h_e}{2} + z \frac{\nu}{1-\nu} \right] \sigma , \tag{2.5}$$

$$\begin{aligned}
u_x^e = & (h-z) \frac{aP}{P+M} + \frac{(z-h)M}{h(P+M)} \left[\left(2h_e + h \frac{4\nu-1}{1-\nu} \right) \frac{M}{4} \sigma - \frac{1}{6} Ph_e^3 \sigma \right] + \\
& + \frac{M}{2h} \frac{\nu}{1-\nu} (h^2 - z^2) \sigma - \frac{M(1-2\nu)}{4h(1-\nu)} (z-h)^2 \sigma - \frac{z-h}{h} h_e \frac{M}{2} \sigma, \\
\sigma_{xz}^e = & \frac{1}{P+M} \left[ah + \left(2h_e + h \frac{4\nu-1}{1-\nu} \right) \frac{M}{4} \sigma - \frac{1}{6} Ph_e^3 \sigma \right] + \left[\frac{z^3}{2} + \frac{3}{4} z^2 h_e \right] \sigma - \left[z + \frac{h_e}{2} \right] \sigma, \\
u_x^{e_2} = & (z+h_e) \frac{ahP}{h_e(P+M)} + \frac{(z+h_e)P}{h_e(P+M)} \left[\left(2h_e + h \frac{4\nu-1}{1-\nu} \right) \frac{M}{4} \sigma - \frac{P}{6} h_e^3 \sigma \right] + \\
& + \frac{P}{12h_e} (z+2h_e)(z^3+h_e^3) \sigma - \frac{P}{2h_e} z(z+h_e) \sigma.
\end{aligned}$$

Деформированное состояние полосы изображено на рис. 2.

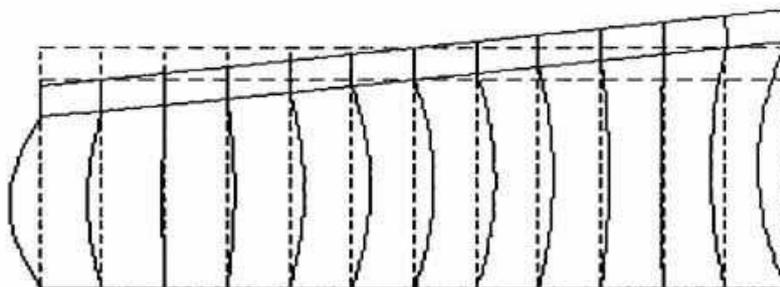


Рис. 2

В заключение отметим тот важный факт, что, когда на лицевых поверхностях полосы или пластины заданы нормальные перемещения, есть принципиальная разница между асимптотиками, соответствующими сжимаемому и несжимаемому материалам [3]. Когда же на лицевых поверхностях заданы другие граничные условия, то асимптотика остается одинаковой для сжимаемого и несжимаемого слоев. Для этих случаев все компоненты тензора напряжений и вектора перемещения можно вычислить по рекуррентным формулам (1.3), откуда данные несжимаемого слоя будут вытекать, если принять $\nu = [1/2]$.

Институт механики НАН РА

Литература

1. Агаловян Л. А, Геворкян Р. С. - Тр. IV Всесоюз. симпоз. по механике конструкций из композиционных материалов. Новосибирск: Наука, 1984. С. 105-110.
2. Агаловян Л. А, Геворкян Р. С. - ПИМ. 1986. Т. 50. В. 2. С. 271-278.
3. Агаловян Л. А, Геворкян Р. С., Саакян А. В. - ДНАН Армении. 1997. Т. 97. № 3. С. 13-18.

Ակադեմիկոս Լ. Ա. Աղալովյան, Ռ. Ս. Գևորգյան, Ա. Վ. Սահակյան

**Ջերմաստիճանային դաշտի հաշվառմամբ սեղմելի
և անսեղմելի շերտերից բաղկացած երկշերտի համար
երկրորդ եզրային խնդրի լուծման մասին**

Ասիմպտոտիկ մեթոդով արտածված են ռեկուրենտ բանաձևեր սեղմելի և անսեղմելի շերտերից բաղկացած երկշերտի լարվածա-դեֆորմացիոն դաշտի բաղադրիչները որոշելու համար, երբ հաշվի է առնվում ջերմային դաշտի փոփոխությունը, իսկ երկայնական եզրերում տրված են կինեմատիկական պայմաններ: Որպես արտածված բանաձևերի կիրառություն բերված են լուծումներ, երբ եզրերում տրված ֆունկցիաները հաստատուն են կամ փոփոխվում են գծային օրենքով: Ստացված արդյունքները մասնավորապես կարևորվում են նրանով, որ դիտարկված խնդիրները մոդելավորում են ռետինամետաղական սեյսմամեկուսիչների երկշերտ տարրերի աշխատանքը:

А.П. Мкртчян

Локализованные изгибные волны на стыке пластин

(Представлено академиком С.А. Амбарцумяном 29/VIII 2000)

В данной работе исследуется задача об изгибных волнах, бегущих вдоль линии контакта двух упругих пластин и локализованных вблизи нее. Рассматриваемые волны являются изгибным аналогом волн Стоунли - упругих поверхностных волн, распространяющихся вдоль линии контакта двух упругих тел [1]. Для двух различных условий контакта определены необходимые и достаточные условия существования локализованной изгибной волны в зависимости от упругих характеристик материала пластин.

Возможность существования поверхностной изгибной волны у свободного края изотропной пластинки была показана в работах [2,3] в рамках классической теории пластин, основанной на гипотезе Киргхофа. Аналогичная задача для ортотропной пластинки рассмотрена в [4].

1. Рассмотрим две различные упругие пластины, неограниченно протяженные вдоль оси x прямоугольной декартовой системы координат (x, y) . Первая пластинка занимает область $y < 0$, вторая - область $y > 0$. Вдоль прямой $y = 0$ пластинки находятся в условиях упругого контакта. Пластинки характеризуются жесткостью D_j , плотностью ρ_j , коэффициентом Пуассона ν_j , толщиной h_j ($j = 1; 2$).

Исследуется вопрос существования изгибных поперечных волн, бегущих вдоль линии контакта и локализованных в окрестности линии контакта. Согласно теории тонких пластин, основанной на гипотезе Киргхофа, уравнение поперечных колебаний пластинки без учета инерции вращения относительно прогиба W имеет вид

$$\Delta \Delta W_j + 2\rho_j h_j \frac{\delta W_j}{\delta t^2} = 0, \quad (1.1)$$

где Δ - двумерный оператор Лапласа.

Требуется найти решение уравнения (1.1), удовлетворяющее условию угасания волн на бесконечности.

$$\begin{aligned} \lim_{y \rightarrow -\infty} W_1(x, y, t) &= 0, \\ \lim_{y \rightarrow \infty} W_2(x, y, t) &= 0, \end{aligned}$$

а также условиям контакта на прямой $y = 0$.

Вначале в качестве условий контакта используем известные в строительной механике условия, когда на линии контакта $y = 0$ расположены шарниры:

$$w_1 = w_2 \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2} + \nu_1 \frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} = 0, \quad (1.3)$$

$$\frac{\partial^2 w_2}{\partial y^2} + \nu_2 \frac{\partial^2 w_2}{\partial x^2} = 0, \quad (1.4)$$

$$D_1 \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2} + (2 - \nu_1) \frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} \right) = D_2 \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 w_2}{\partial y^2} + (2 - \nu_2) \frac{\partial^2 w_2}{\partial x^2} \right). \quad (1.5)$$

Условия (1.3), (1.4) представляют собой равенства нулю изгибающих моментов, условие (1.5) - равенство обобщенных перерезывающих сил контактирующих пластин. Представляя решение в виде бегущей волны с частотой ω и волновым числом k

$$w_j(x, y, t) = w_{0j}(y) \exp(i\omega y - kx),$$

получим следующее уравнение относительно амплитуды изгибных волн:

$$\frac{d^4 w_{0j}}{dy^4} - 2k^2 \frac{d^2 w_{0j}}{dy^2} + k^4 \left(1 - \frac{\eta^2}{\eta_j^2}\right) w_{0j} = 0. \quad 1.6$$

Здесь $\eta = \frac{\omega}{k}$ есть неизвестная фазовая скорость локализованной волны, $\eta_j = \sqrt{\frac{D_j k^4}{2\rho_j h_j}}$ - фазовые

скорости одномерных изгибных волн пластин. Из общих решений уравнений (1.6) выберем только те, которым соответствует уменьшение амплитуд при $y \rightarrow \pm \infty$

$$w_{01} = A_1 \exp\left(ky \sqrt{1 + \frac{\eta}{\eta_1}}\right) + B_1 \exp\left(ky \sqrt{1 - \frac{\eta}{\eta_1}}\right),$$

$$w_{02} = A_2 \exp\left(-ky \sqrt{1 + \frac{\eta}{\eta_2}}\right) + B_1 \exp\left(-ky \sqrt{1 - \frac{\eta}{\eta_2}}\right).$$

Используем условия контакта (1.2)-(1.5) при $y = 0$

$$w_{01} = w_{02},$$

$$\frac{d^2 w_{01}}{dy^2} - \nu_1 k^2 w_{01} = 0,$$

$$\frac{d^2 w_{02}}{dy^2} - \nu_2 k^2 w_{02} = 0,$$

$$D_1 \left[\frac{d^3 w_{01}}{dy^3} - (2 - \nu_1) k^2 \frac{dw_{01}}{dy} \right] = D_2 \left[\frac{d^3 w_{02}}{dy^3} - (2 - \nu_2) k^2 \frac{dw_{02}}{dy} \right],$$

получим следующее дисперсионное уравнение относительно η - неизвестной фазовой скорости локализованной волны:

$$F(\eta) = F_{01}\left(\frac{\eta}{\eta_1}\right) + F_{02}\left(\frac{\eta}{\eta_2}\right) = 0, \quad 1.7$$

где функция $F_{0j}\left(\frac{\eta}{\eta_j}\right)$ имеет вид

$$F_{0j}\left(\frac{\eta}{\eta_j}\right) = D_j \left[\frac{(1 - \nu_j)^2 + \left(\frac{\eta}{\eta_j}\right)^2}{\sqrt{1 + \frac{\eta}{\eta_j}} + \sqrt{1 - \frac{\eta}{\eta_j}}} - (1 - \nu_j) \left(\sqrt{1 + \frac{\eta}{\eta_j}} + \sqrt{1 - \frac{\eta}{\eta_j}} \right) \right]$$

Функция $\sqrt{1 - \frac{\eta}{\eta_j}} + \sqrt{1 - \frac{\eta}{\eta_j}}$ в интервале $\eta \in [0, \min(\eta_1, \eta_2)]$ является монотонно убывающей и,

следовательно, в этом же интервале функция $F(\eta)$ является монотонно возрастающей. В левом конце интервала $\eta = 0$ имеем

$$F(0) = -\frac{1}{2}D_1(1-\nu_1)(3+\nu_1) - \frac{1}{2}D_2(1-\nu_2)(3+\nu_2) < 0. \quad 1.8$$

Так как функция $F(\eta)$ является монотонно возрастающей, из условия (1.8) имеем, что для существования корня дисперсионного уравнения (1.7) необходимо и достаточно, чтобы

$$F[\min(\eta_1, \eta_2)] > 0. \quad 1.9$$

Таким образом, при выполнении неравенства (1.9) мы имеем случай существования одной-единственной локализованной изгибной волны с фазовой скоростью $0 < \eta < \min(\eta_1, \eta_2)$. В случае одинаковых материалов мы получим уравнение, совпадающее с уравнением для пластинки со свободным краем [2,3].

Пусть

$$\beta = \frac{D_1 p_2 h_2}{D_2 p_1 h_1} < 1.$$

Тогда условие существования локализованной изгибной волны имеет вид

$$\frac{D_1 \nu_1^2}{\sqrt{2}} + D_2 \frac{\beta^2 - 1 + \nu_2^2 - 2(1-\nu_2)\sqrt{1-\beta^2}}{\sqrt{1+\beta} + \sqrt{1-\beta}} > 0.$$

При $\beta \ll 1$ имеем, в частности, следующее условие:

$$\sqrt{2}D_1 \nu_1^2 - D_2(1-\nu_2)(3+\nu_2) > 0.$$

2. Рассмотрим теперь эту задачу при условиях полного упругого контакта. В этом случае условия на прямой $y = 0$ имеют вид:

$$w_1 = w_2 \quad 2.1$$

$$\frac{\partial w_1}{\partial y} = \frac{\partial w_2}{\partial y}, \quad 2.2$$

$$D_1 \left(\frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2} + \nu_1 \frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} \right) = D_2 \left(\frac{\partial^2 w_2}{\partial y^2} + \nu_2 \frac{\partial^2 w_2}{\partial x^2} \right), \quad 2.3$$

$$D_1 \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2} + (2-\nu_1) \frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} \right) = D_2 \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 w_2}{\partial y^2} + (2-\nu_2) \frac{\partial^2 w_2}{\partial x^2} \right). \quad 2.4$$

Здесь условие (2.3) представляет собой равенство изгибных моментов контактирующих пластин, условие (2.4) - равенство обобщенных перерезывающих сил контактирующих пластин.

В [5] была исследована аналогичная задача, однако в этой работе вместо условия равенства обобщенных перерезывающих сил контактирующих пластин было использовано неточное условие равенства перерезывающих сил.

Повторяя предыдущий ход решения, для фазовой скорости локализованной изгибной волны получим следующее дисперсионное уравнение:

$$R(\eta) \equiv R_1 \left(\frac{\eta}{\eta_1} \right) + R_2 \left(\frac{\eta}{\eta_2} \right) + R_{12}(\eta) = 0,$$

где $R_j\left(\frac{\eta}{\eta_j}\right)$, $R_{12}(\eta)$ есть следующие функции:

$$R_j\left(\frac{\eta}{\eta_j}\right) = D_j \left[\left(\frac{\eta}{\eta_j}\right)^2 - 1 + v_j^2 - 2(1-v_j) \sqrt{1 - \left(\frac{\eta}{\eta_j}\right)^2} \right],$$

$$R_{12}(\eta) = -D_1 D_2 \left[2 \left(\sqrt{1 - \frac{\eta^2}{\eta_1^2} + v_1} \right) \left(\sqrt{1 - \frac{\eta^2}{\eta_2^2} + v_2} \right) + \left(\sqrt{1 + \frac{\eta}{\eta_1}} + \sqrt{1 - \frac{\eta}{\eta_1}} \right) \left(\sqrt{1 + \frac{\eta}{\eta_2}} + \sqrt{1 - \frac{\eta}{\eta_2}} \right) \left(\sqrt{1 - \frac{\eta^2}{\eta_1^2}} + \sqrt{1 - \frac{\eta^2}{\eta_2^2}} \right) \right]$$

В точке $\eta = 0$ имеем

$$R(0) = -D_1(3 - 2v_1 - v_1^2) - D_2(3 - 2v_2 - v_2^2) - 6D_1 D_2(1 + v_1)(1 + v_2) < 0.$$

Функции $\left(\sqrt{1 + \frac{\eta}{\eta_j}} + \sqrt{1 - \frac{\eta}{\eta_j}} \right); \sqrt{1 - \frac{\eta}{\eta_j}}$ - монотонно убывающие функции в интервале $\eta \in [0,$

$\min(\eta_1, \eta_2)]$, и, следовательно, в этом же интервале функция $R(\eta)$ является монотонно возрастающей функцией.

Таким образом, условие $R[\min(\eta_1, \eta_2)] > 0$ будет являться необходимым и достаточным условием существования локализованной изгибной волны.

Институт механики НАН РА

Литература

1. Stonely R. - Proc. Roy. Soc. London. 1924. V. 106. P. 416-429.
2. Коненков К.Ю. - Акуст. журн. 1960. Т. 6. № 1. С. 124-126.
3. Амбарцумян С.А., Белубекян М.В. - ПМ. Т. 30(40). №2, С. 61-68(1994)
4. Багдасарян Р.А., Казарян К.Б. - ДАН АрмССР. 1986. Т. 83. № 2. С. 69-72.
5. Зильберглейт А.С., Сулова И.Б. В сб.: Исследования по механике твердого деформируемого тела. Ереван: Изд-во АН Армении, 1981. С. 128-133.

Հ.Պ. Մկրտչյան

Տեղայնացված ծոման ալիքները սալերի կցման տեղում

Սույն աշխատանքում հետազոտվում է երկու առաձգական սալերի կոնտակտի գծի երկայնքով վազող և նրա շրջակայքում տեղայնացված ծոման ալիքների խնդիրը:

Կոնտակտի երկու տարբեր պայմանների դեպքում որոշված են տեղայնացված ծոման ալիքների գոյության անհրաժեշտ և բավարար պայմանները՝ կախված սալերի նյութի առաձգական բնութագրիչներից:

УДК 539.12.01

Н. А. Корхмазян, Н.Н. Корхмазян

Соотношение Гелл-Манна - Нишиджимы

(Представлено академиком Д.М. Седракяном 24/V 2000)

В работе [1] из требования симметризации расположения кварков на некоторой абстрактной плоскости (σ , q) вводится квантовое число $\sigma = q - (B - L)$, где q , B и L - электрический, барионный и лептонный заряды частиц. В последующих работах [2] с использованием σ - числа была выявлена природа кварк-лептонной симметрии и предсказаны более десятки новых бесструктурных элементарных частиц.

В настоящей работе при помощи σ - числа выводится соотношение Гелл-Манна - Нишиджимы [3,4]. Оно устанавливает связь между различными квантовыми числами элементарных частиц, принадлежащих одному и тому же мультиплету

$$q = T_3 + \frac{1}{2}(B + S), \quad (1)$$

где T_3 - проекция изоспина на избранную ось, а S - странность частиц. Соотношение (1) является естественным обобщением первоначальной формулы $q = T_3 + B/2$, известной для дублета нуклонов. Подчеркнем, что формула (1) не выводится, а просто постулируется и поэтому называется соотношением.

Покажем, что с использованием σ - числа и основываясь на идее, приведшей Гелл-Манна к понятию странности [5], можно получить формулу (1). Гелл-Манн заметил, что одной из характеристик частиц (странность) может служить "расстояние" между зарядовым центром данного мультиплета и центром наилегчайшего мультиплета (базисного) данного класса частиц

$$\langle q \rangle - q_0 = \frac{S}{2}, \quad (2)$$

где q - средний заряд мультиплета, а q_0 то же самое для базисного мультиплета. Для барионов и мезонов имеем $q_0 = 1/2$ и $q_0 = 0$, так как базисным являются (P, n^0) - дублет барионов, и (π^+, π^0, π^-) - триплет мезонов. Для дублета кварков (u, d) имеем $q_0 = 1/6$ [6]. Заметим теперь, что для адронов σ - числа имеют вид

$$\sigma = q - B, \quad (3)$$

где все частицы одного класса имеют один и тот же B . Из (3) имеем $\langle \sigma \rangle = \langle q \rangle - B$ и $\sigma_0 = q_0 - B$, где σ_0 - среднее значение σ -базисного мультиплета. Поэтому можем написать, что $\langle \sigma \rangle - \sigma_0 = S/2$ или совместно с (2): $\langle q + \sigma \rangle - (q_0 + \sigma_0) = S$. Легко убедиться, что для всех классов частиц имеет место $q_0 + \sigma_0 = 0$. Это означает, что в "терминах" $q + \sigma$ центры всех базисных мультиплетов находятся в точке нуля. Иначе говоря, соотношение $q + \sigma = 0$ можно считать необходимым и достаточным условием того, чтобы данный наилегчайший мультиплет можно было считать базисным. Таким образом, получаем

$$\langle q + \sigma \rangle = S \quad (4)$$

или, с учетом (3),

$$\sum_{i=1}^n q_i = \frac{n}{2}(B+S), \quad (5)$$

где n - число мультиплета частиц в мультиплете. Так как все частицы данного мультиплета имеют одинаковый $B+S$, то из (5) имеем

$$q_i = T_{3i} + \frac{1}{2}(B+S), \quad (6)$$

где числа T_3 должны удовлетворить условию

$$\sum_{i=1}^n T_{3i} = 0. \quad (7)$$

Теперь заметим, что если пронумеровать частицы мультиплета в порядке убывания электрического заряда ($i = 1 \div n$), то i -тая проекция изоспина определяется формулой

$$J_{3i} = \frac{n+1}{2} - i, \quad (8)$$

что удовлетворяет условию (7). Например, триплет Σ - гиперона образует мультиплет, для которого $n = 3$ и $\Sigma^+(i = 1)$, $\Sigma^0(i = 2)$, $\Sigma^-(i = 3)$, а проекции изоспина определяются по формуле (8). Заметим также, что единственным квантовым числом, которое во всех мультиплетях удовлетворяет условию (7), является проекция изоспина. Поэтому мы приходим к заключению, что числа T_{3i} в (6) должны совпадать с числами (8), т.е. представляют проекции изоспина.

Формула (6) может быть обобщена на случай, когда частицы мультиплета характеризуются также остальными квантовыми числами: C - очарованием, B^* - ботомнесом и T - топнесом. Условие для базисных мультиплетов останется в силе. Поэтому, вводя вместо (3) новое число $\sigma = q - (B + S + C + B^* + T)$, тем же способом приходим к формуле

$$q_i = \frac{n+1}{2} - i + \frac{1}{2}(B+S+C+B^*+T) \quad (9)$$

Добавим, что эта формула применима также для слабого изоспина, если в нем произвести замену $B \Rightarrow B - L$. В этом случае базисным мультиплетом является дублет (ν_e, e^-) , так как для него $q_0 + \sigma_0 = (0 + 1 - 1 + 0)/2 = 0$. Приведенный здесь результат еще раз иллюстрирует ту

внутреннюю согласованность, которая существует между характеристиками элементарных частиц и (q, σ) симметрией, предложенной в работе [1].

Армянский педагогический университет

Литература

1. *Корхмазян Н.А.* - ДНАН Армении. 1999. Т.99. №2. С. 182-185.
2. *Korkhmazyan N.A., Korkhmazyan N.N.* - [Http: П arxiv, org./abs/hepph/9912314](http://arxiv.org/abs/hepph/9912314); 003062.
3. *Хелзен Ф., Мартин А.* Кварки и лептоны - М.: Мир, 1987.
4. *Наумов А.И.* Физика атомного ядра и элементарных частиц. М.: Просвещение, 1984.
5. *Гелл-Манн М.* Над чем думают физики. Вып.2. Элементарные частицы. М.: Гос. изд. физ.-мат лит. 1963.
6. *Глешоу Ш.* - УФН. 1976. Т. 119. Вып. 4.

Ն.Ա. Ղորխմազյան, Ն.Ն. Ղորխմազյան

Գելլ-Մաննի - Նիշիջիմայի առնչությունը

Գելլ-Մաննի - Նիշիջիմայի առնչությունը կապ է հաստատում պարրական մասնիկների իզոսպինի պրոյեկցիայի և նրանց բնորոշ բոլոր լիցքերի միջև: (Էլեկտրական (q), բարիոնային (B), տարօրինակ (S), և այլն): Նշենք, որ այդ առնչությունը ոչ թե արտածվում է, այլ ընդունվում է որպես վարկած:

Այս աշխատանքում, օգտագործելով մեր կողմից նախկինում ներմուծված $\sigma = q - (B - L)$ քվանտային թիվը և հենվելով տարօրինակության համար Գելլ-Մաննի տված սահմանման վրա, արտածված է Գելլ-Մաննի - Նիշիջիմայի առնչությունը:

Л. А. Ахвердян

Змеи как биоиндикаторы перед землетрясениями

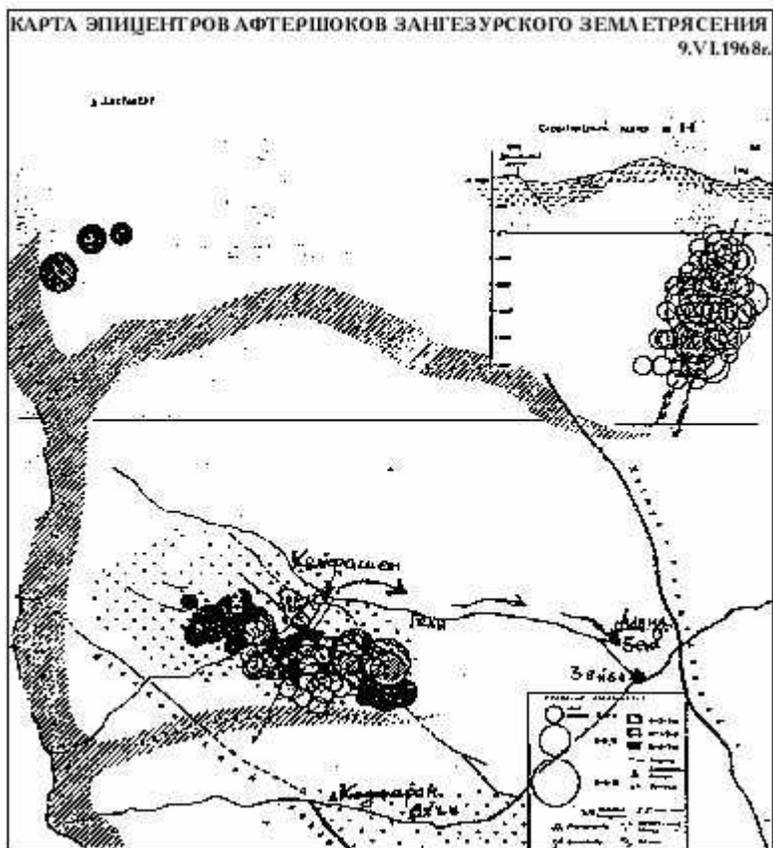
(Представлено академиком Б. К. Карапетяном 1/ХІІ 1999)

Первые сведения об аномальном поведении животных перед землетрясениями принадлежат Чарльзу Дарвину, наблюдавшему Чилийские землетрясения в 1835 г. [1]. Имеются сообщения о необычном поведении животных перед землетрясениями в городе Верный (Алма-Ата) в 1887 г. [2], а также в Японии, США, Китае и других регионах мира [3-5]. В бывшем Советском Союзе работы по изучению поведения животных перед землетрясениями были начаты в 70-х гг., однако до настоящего времени физическая природа и механизм реакции животных не выяснены. Решение этой проблемы требует усилия специалистов широкого профиля: сейсмологов, физиков, механиков, биологов, зоологов, геохимиков, медиков.

В настоящей работе приведены результаты наших наблюдений с комментариями о поведении змей в эпицентральной зоне в период Зангезурского землетрясения, происшедшего 9.06.68 г., $M > 5.3$ [6] (рисунок).

31 августа 1968 г. в 19^h42' по Гринвичу в эпицентральной зоне Зангезурского землетрясения дорогу из с. Чайкенд в с. Гярд (расстояние между двумя селами 3 км), неожиданно пересекли гюрзы со своими семьями. Каждая семья состояла из 4-5 змей: самка, самец и детеныши. Эвакуация носила массовый характер, но ни одна семья не мешала другой, царила дисциплина. Они были до того увлечены эвакуацией, что даже не обращали на меня внимания. На бросок камня реагировали лишь детеныши. Змеи доползли до притока р. Гехи - Гярд-чай, который течет параллельно дороге, иплыли по течению реки до поселка Зейва (расстояние 15 км), где р. Гехи становится притоком р. Охчи.

Как известно, р. Охчи начиная с Каджарана, где в нее вливаются отходы медно-молибденового комбината, становится для фауны и флоры практически мертвой зоной. Дойдя по р. Гехи до р. Охчи и почувствовав, благодаря своему языку-анализатору, что дальнейшее плавание чревато гибелью, змеи вышли на берег. После выхода их поведение было довольно беспокойным. Они оставались здесь до сейсмического события. Спустя 4 ч после сильного афтершока (1.09.13^h37'20'') часть змей по реке вернулась в места своего обитания.



15 сентября 1968 г. в 23^h.50' по Гринвичу в эпицентральной зоне на серпантинах дороги Аджибадж - Обадара мы наблюдали движение змей в сторону притока р. Гехи - Кейфашен. Они опять встречались группами, но реже, их эвакуация не носила массового характера, видимо, это были запоздавшие семьи. Землетрясение произошло в 18.00 по Гринвичу, $M=5.0$.

01.10.68 г. в 18^h16'02" мы наблюдали эвакуацию змей вдоль дороги Гярд-Чайкенд. С нашей стороны была сделана попытка пересечь дорогу одной семье. Самка с детенышами по сигналу самца отошла в сторону и спряталась за кустами, а самец поднял голову и как стрела бросился в нашу сторону. Мы забрались в машину, а он примкнул к семье, ждавшей его в кустах, и они уползли к реке.

Нами составлена таблица, где указана зависимость длительности выхода змей от магнитуды землетрясения (табл. 1).

Таблица 1

M	4	5	6
t	8 ч	18 ч	?

M - магнитуда, t - длительность предвестника.

Как видно из таблицы, при магнитуде 5 длительность биопредвестника составляет 18 ч. Из табл. 2, составленной на основе работы [7], видно, что независимо от структуры очага землетрясения, вызванного тектоническими процессами, непосредственно перед разрывами, сколами или сдвигами горных пород в очаге имеют место также всевозрастающие скорости деформации, которые должны достигать земной поверхности со скоростью распространения сейсмических волн. Поэтому эти деформации и должны фиксироваться на земной поверхности. В

табл. 3 [8] также указывается длительность предвестников в зависимости от силы землетрясения.

Таблица 2

<i>M</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>t</i>	17 мин	1 ч	3 ч	4 ч	24 ч	62 ч	132 ч	388 ч

Таблица 3

<i>M</i>	2	4	6	8
<i>t</i>	1-10 дн.	10 ² дн.	10 ³ дн.	10 ⁴ дн.

Рассмотрим возможные причины описанного поведения змей.

1. Геомагнитное поле состоит из постоянной и переменной части. Постоянное поле остается постоянным независимо от землетрясения. Переменная часть ΔT для нашей широты по индексу *K* меняется в пределах от 0.1 до 350 нТл (когда $K=9$), а по Sg-Sg-Sn не превышает 12 нТл. В эпицентральной зоне Зангезурского землетрясения магнитоупругий эффект достигал от 10 до 20 нТл [9, 10], так что он мог явиться причиной выходов змей перед землетрясением.

2. Ультразвук. Можно предположить, что перед подготовкой землетрясения в очаговой зоне возникают звуки в таком диапазоне частоты, которые не доступны для человеческого слухового аппарата, даже для радиолокационных систем, хотя с другой стороны общеизвестно, что змеи не обладают слухом. Но учитывая, что в очаге за доли секунды до события слышен страшный гул (а змеи могут слышать в диапазоне 100 Гц), мы вправе сделать предположение о воздействии на них этого параметра.

3. Инфракрасные лучи. Змеи могут реагировать на изменение температуры от 0.2 до 0.02⁰С, и не исключено, что перед землетрясением к общему тепловому потоку земной коры добавляется еще температура, которую змеи ощущают [11].

4. Деформация почвы. Так как змеи постоянно находятся в соприкосновении с землей, они могут чувствовать деформацию почвы намного раньше, чем она будет проявляться на поверхности.

5. Геохимические процессы. В эпицентральной зоне, по нашим наблюдениям, родниковая вода за 3 ч до толчка практически стала молочного цвета, после толчка выделялся сильный запах серного водорода (H_2SO_3).

Как известно, язык змей играет роль анализатора окружающей среды, и вполне возможно, что почувствовав запах серного водорода, они покидают эпицентральную зону.

Таким образом, наблюдая за поведением змей в эпицентральной зоне Зангезурского землетрясения, мы пришли к выводу, что по длительности выход змей во времени близок к параметру деформации (табл. 2; при $M=5$ $t=24$ ч), но утверждать, что именно этот параметр является причиной эвакуации змей, пока рано. После окончательного выяснения параметра, являющегося причиной выхода змей, можно разработать соответствующие датчики и расположить их в известных очаговых зонах.

В дальнейшем в результате передачи информации телеметрической системы можно будет заранее узнавать о подготовке землетрясения.

Литература

1. *Дарвин Ч.* - Путешествие на корабле "Бигль". М.: Мысль, 1978.
2. *Мушкетов П. И.* - Тр. Геолкома. 1980. Т. 10. N 1. С. 154.
3. *Мого К.* - Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1962.
4. *Болт Б.* - Землетрясения. М.: Мир, 1981.
5. Землетрясение на юге провинции Ляонин. ВЦП. Пер. N Ц-94057, М., 1976.
6. *Рустанович Д. Н.* В сб.: Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1973. С. 84.
7. *Назаров А. Г.* - ДАН АрмССР. 1971. Т. 53. N 1. С. 26-31.
8. *Абдуллабеков К. Н., Головков В. П.* - Изв. АН СССР. Физика Земли. 1974. N 3.
9. *Барсуков О. М., Ахвердян Л. А.* В сб.: Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения. Изд. АН АрмССР: Ереван, 1973. С. 247.
10. *Nazarow A. G., Agamirzoev R. A., Hakhverdyan L. A., Akopyan Ts. G.* In: Earthquake Forerunners Searching in Caucasus. International Symposium May 27-June 3, 1974. FAN, Tashkent, 1976.
11. *Жизнь животных.* Т. 5. М.: Просвещение, 1985. С. 347.

Լ. Ա. Հախվերդյան

Օձերը որպես բիոինդիկատորներ երկրաշարժերից առաջ

Հոդվածում կատարվել է 9.06.68թ. տեղի ունեցած Ջանգեզուրի երկրաշարժի էպիկենտրոնային մասից օձերի զանգվածային տեղափոխությունների պատճառների գիտական վերլուծություն: Դիտարկումների արդյունքները ցույց են տալիս, որ երկրաշարժի մագնիտոդայի և օձերի կանխազգացման ժամանակի միջև գոյություն ունի ուղղակի կապ: Այս երևույթի հնարավոր պատճառները կարող են հանդիսանալ երկրի մագնիսական ու քիմիական դաշտերի, ուլտրաձայների հաճախականության, ինֆրակարմիր ճառագայթման փոփոխությունները և երկրակեղևի մերձմակերեսային մասերի ձևափոխությունները: Դիտարկումները թույլ են տալիս եզրահանգել, որ օձերի տեղաշարժերի տևողությունը մոտավորապես կապված է երկրակեղևի ձևափոխությունների արագության և ժամանակի հետ: Առաջարկվում է ստեղծել վերը նշված ֆիզիկական երևույթների չափման սարքավորումներ և տեղադրել հայտնի երկրաշարժերի էպիկենտրոնային մասերում:

УДК 541.095

А.А. Мхитарян

Механизм взрыва на наковальнях Бриджмена

(Представлено академиком К.А. Костяняном 14/XII 2000)

Почти все исследователи, работающие в области высоких давлений в сочетании с деформацией сдвига (ВД+ДС) иногда встречаются со взрывным явлением, заключающимся в том, что вещество, находящееся под высоким давлением, внезапно с огромной скоростью, частично или полностью, выбрасывается из под наковален Бриджмена. Предположения о природе явления (детонация, хрупкое разрушение, реологический взрыв и др.) часто противоречат друг другу [1-5].

Нами показано [6], что в условиях взрыва на наковальнях Бриджмена могут протекать различные твердофазные реакции с огромной скоростью. Поэтому детальное изучение этого вопроса и выявление механизма и причин взрыва приобретает особый интерес. В указанной работе нами выявлено наличие некоторых взаимосвязанных критических параметров, приводящих к взрывным явлениям и, как следствие, к сверхбыстрым твердофазным реакциям. Дальнейшие исследования показали, что эффективным методом изучения причин и механизма взрывных явлений в условиях высокого давления может служить электролиз твердых веществ под давлением. Твердофазный электролиз нами был осуществлен для кристаллогидратов солей различных металлов на установке высокого давления типа наковален Бриджмена [7].

Характерной особенностью твердофазного электролиза кристаллогидратов солей различных металлов является наличие периода индукции $\tau_{\text{инд}}$. Это то время, за которое в системе формируется достаточное количество электропроводящих каналов, приводящих к так называемому «электрохимическому пробую», в результате чего сила тока резко возрастает и происходит самоускорение твердофазного электролиза. Причины появления $\tau_{\text{инд}}$ и методика его определения по кинетическим кривым сила тока - время также приведены в [7]. В этой же работе показано, что период индукции зависит от толщины образцов - с увеличением толщины образца период индукции линейно возрастает.

В настоящей работе приведены результаты этих дальнейших исследований поведения твердых веществ под высоким давлением. В качестве объекта исследования выбран медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ марки х. ч.

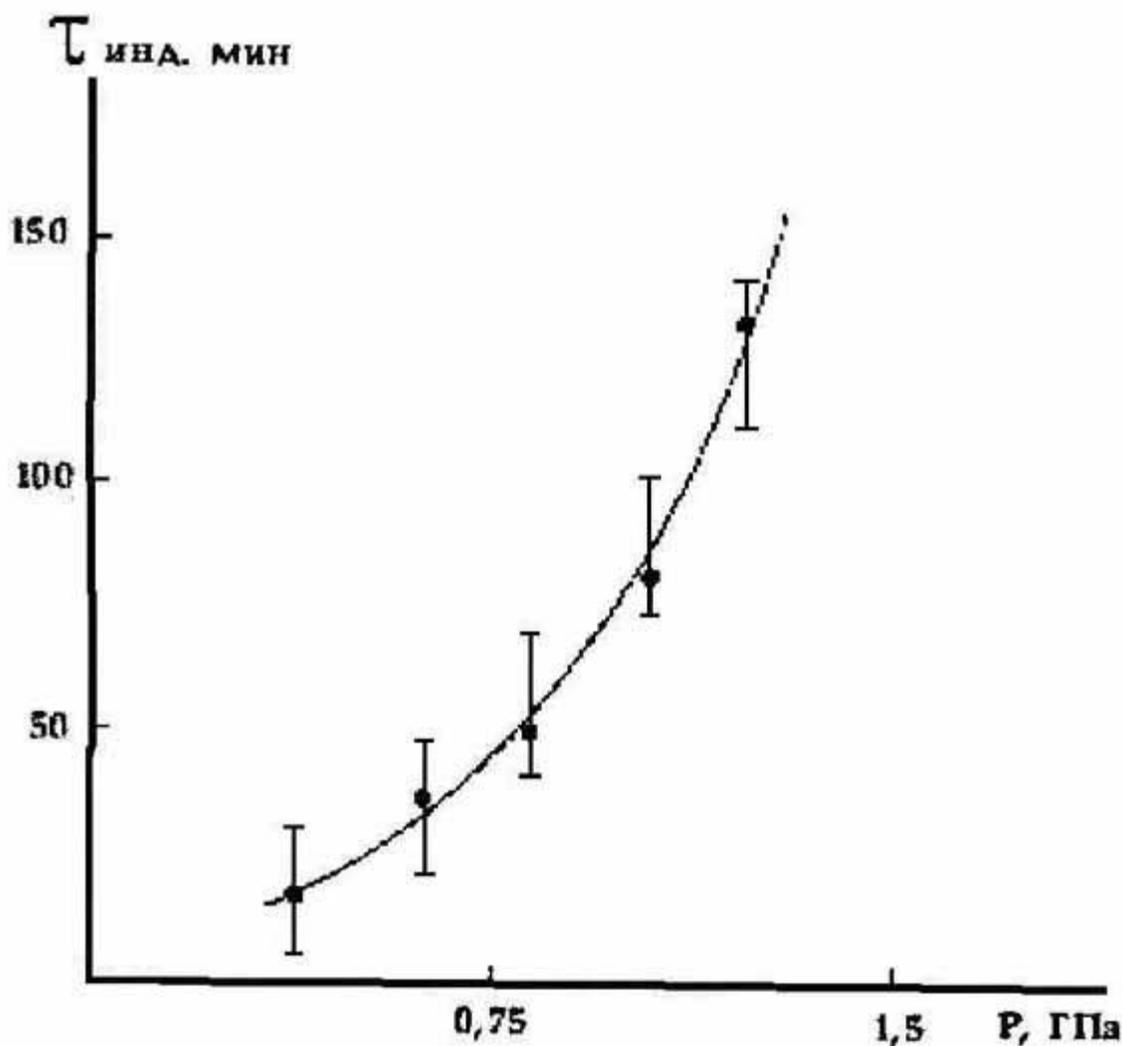


Рис. 1. Зависимость периода индукции от давления для медного купороса.

На рис.1 приведена кривая зависимости периода индукции от давления для медного купороса с толщиной таблетки 0.25 мм, диаметром 1.5 см, при напряжении на клеммах электродов 30 В. Как видим, повышение давления приводит к увеличению периода индукции, что, как и ожидалось, связано с подавлением процессов переноса, сопровождающих электролиз. При весьма высоких давлениях электролиз вообще прекращается.

При электролизе медного купороса катод покрывается медным слоем. Было замечено, что при низких давлениях катод покрывается медью более или менее равномерно по всей поверхности, при повышении же давления центр катода не покрывается - выделение меди происходит по его краям в виде кольца. Чем выше приложенное давление, тем дальше от центра происходит выделение меди. Эту закономерность можно оценить по величине степени покрытия катода α , рассчитанной по формуле $\alpha = 1 - (d/D)^2$, где D - диаметр катода, d - диаметр не покрытой медью части катода. Зависимость степени покрытия от толщины таблетки и давления приведена на рис. 2. При низких давлениях до 0,5 ГПа степень покрытия $\alpha = 1$ и вся поверхность катода покрывается медью. Дальнейшее повышение давления приводит к уменьшению степени покрытия. С увеличением толщины таблетки при одном и том же давлении α уменьшается.

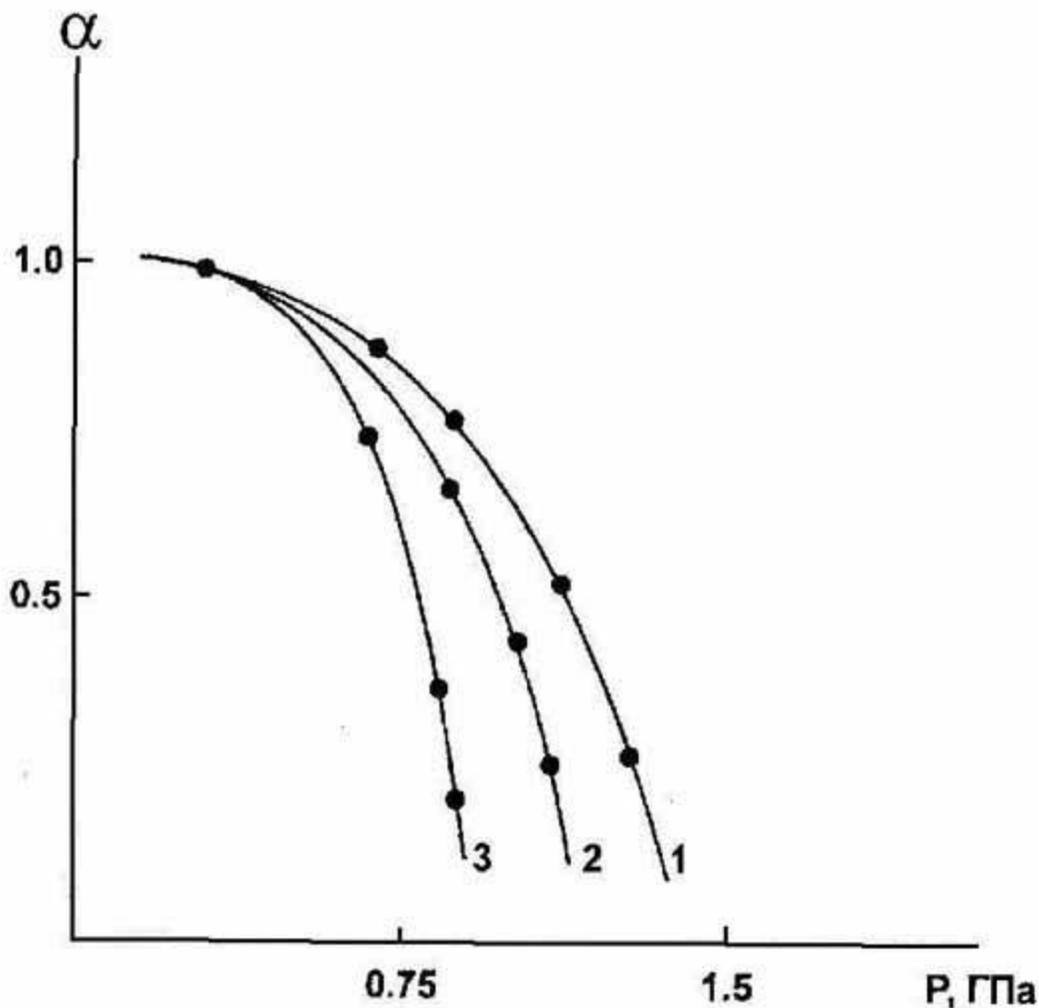


Рис. 2. Зависимость степени покрытия катода от давления: 1. - таблетка толщиной $h = 0.25$ мм; 2. - $h = 0.5$ мм; 3. - $h = 0.75$ мм.

Учитывая, что давление подавляет электролиз, приходим к выводу, что при одноосном сжатии таблеток исследуемого вещества давление распределяется по поверхности образца неравномерно. Там, где оно меньше, легче формируются электропроводящие каналы, способствующие электролизу. Следовательно, при больших степенях сжатия давление в центре образца больше, чем по перифериям. Возникает колоколообразное распределение давления с максимумом в центре образца, и электрохимические процессы протекают по краям таблетки, т.е. в участках пониженного давления.

Неравномерное распределение давления приводит к возникновению его градиента, направленного от центра к перифериям таблетки и стремящегося вытеснить вещество из-под наковален. Этому препятствуют силы трения, действующие как в объеме образца, так и между поверхностями таблетки и наковален. С другой стороны, по краям таблетки, где давление ниже, вещество находится в упругом состоянии, вследствие чего возникает упругое кольцо, стремящееся удерживать вещество под наковальнями. По мере повышения давления равновесие между удерживающими и вытесняющими силами постепенно нарушается, и при некотором

критическом давлении вещество, теряя механическую устойчивость, внезапно выбрасывается из-под наковален. Происходит взрыв, природа которого, очевидно, механическая.

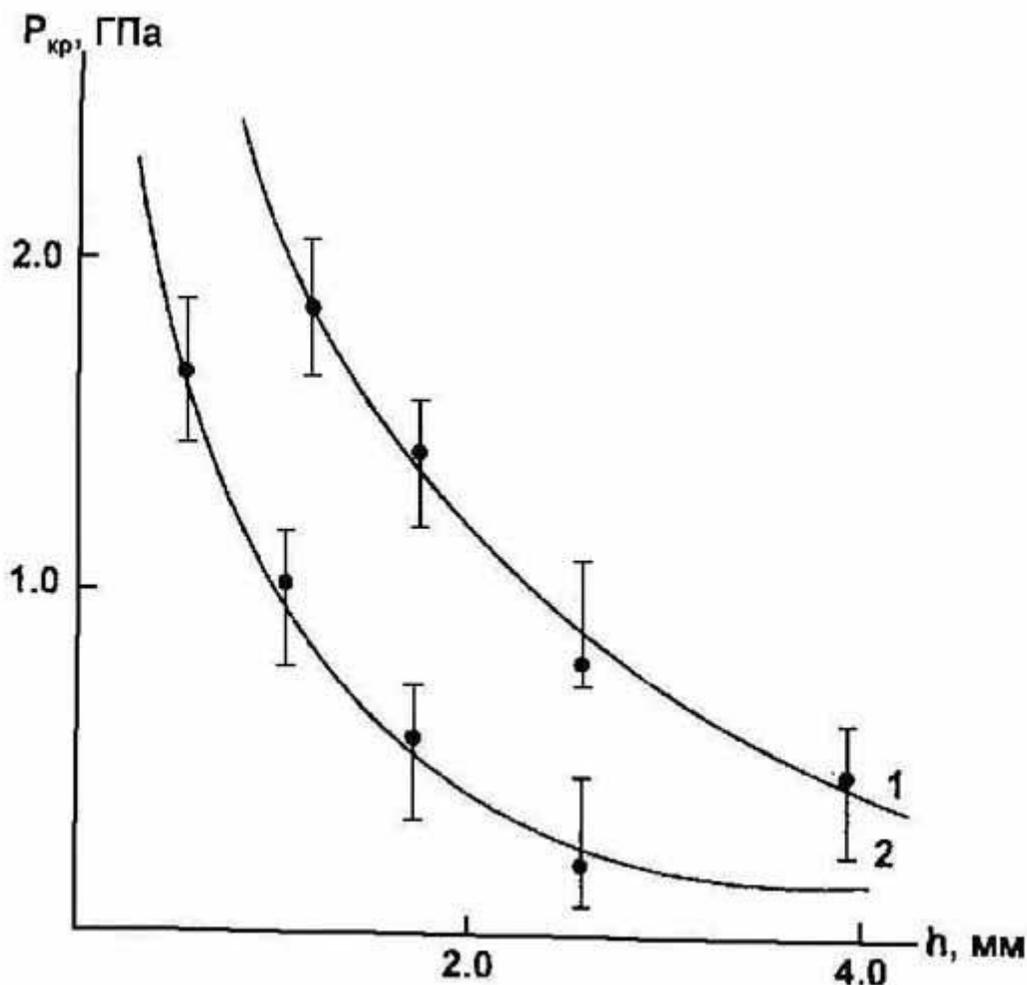


Рис. 3. Зависимость критического давления взрыва от толщины сжимаемой таблетки: 1. - "сухой" кристаллогидрат; 2. - увлажненный образец.

Из предложенного механизма взрыва следует, что наличие жидкой фазы будет способствовать взрывным явлениям, что и было обнаружено нами при испытаниях предварительно увлажненных образцов. Из рис.3 видно, что критические давления взрыва для влажных образцов существенно ниже, чем для «сухих» образцов. Этим же эффектом можно объяснить явления взрыва при прохождении электрического тока через образцы кристаллогидратов. Так, например, если электролиз кристаллогидрата проводить при давлении ниже критического (вызывающего взрыв «сухих» образцов), то при достижении периода индукции нередко наблюдаются взрывные эффекты. Это, очевидно, связано с тем, что при электролизе по краям таблетки выделяется кристаллизационная вода (увлажнение образца) и упругие свойства наружного кольца образца нарушаются в сторону ослабления за счет процессов переноса.

Предложенным механизмом объясняется также влияние твердости сжимающей поверхности на взрывные явления. Если в качестве электродов вместо стальных пластинок использовать более мягкие (Cu , Al , Zn , Pb), то при одном и том же давлении степень покрытия катодов из мягких

металлов значительно превосходит таковую из стальных. Это свидетельствует о более равномерном распределении давления на мягких поверхностях, что приводит к предотвращению взрывных явлений.

Таким образом, взрывные явления на наковальнях Бриджмена являются чисто механическими эффектами и зависят от многих факторов. По-видимому, этим можно объяснить противоречивые данные разных авторов [1-5] о природе и условиях взрыва на наковальнях Бриджмена.

Как было отмечено, при взрыве часть вещества с большой скоростью выбрасывается из-под наковален, при этом происходит резкий спад давления в системе и энергия, запасенная в виде напряжения пресса, освобождается в форме упругой волны, амплитуда которой зависит от значения скачка давления, который в свою очередь зависит от критического значения давления взрыва. Упругая волна, распространяясь по исследуемому веществу, вызывает раздробление вещества и в определенных условиях может вызвать различные сверхбыстрые химические превращения.

Армянская сельскохозяйственная академия

Литература

1. *Бриджмен П.В.* Новейшие работы в области высоких давлений. М.: ИЛ, 1948. 300 с.
2. *Воларович М.П., Пархоменко Э.И.* - Изв. АН АрмССР. Сер. геофиз. № 2. 1957. С. 190-199.
3. *Ярославский М.А.* - Реологический взрыв. М.: Наука. 1982. 193с.
4. *Буров В.Н., Житников П.П., Неверов В.В., Суппес В.Г.* - ПМТФ. № 4. 1986. С. 110-115.
5. *Айвазян Х.Г.* Автореф. докт. дис. Ереван, 1992.
6. *Ениколопян Н.С., Мхитарян А.А., Карагезян А.С.* - ДАН СССР. 1987. Т. 294. № 4. С. 912-915.
7. *Ениколопян Н.С., Мхитарян А.А., Карагезян А.С., Хзардзян С.М.* - ДАН СССР. 1986. Т. 288. № 4. С. 911-914.

Հ.Հ. Մխիթարյան

Պայթյունի մեխանիզմը Բրիջմենի սալիկների վրա

Կարծր նյութերի էլեկտրոլիզի միջոցով ցույց է տրված, որ հետազոտվող նյութերի միառանգքային սեղմման դեպքում ճնշումը նմուշի վրա անհավասարաչափ է բաշխվում, ընդունելով զանգակաձև տեսք՝ մաքսիմումով հաբի մակերևույթի կենտրոնում: Որպես հետևանք գոյանում է ճնշման գրադիենտ՝ ուղղված նմուշի կենտրոնից դեպի ծայրամասերը, որն աշխատում է նյութին դուրս մղել սալիկների արանքից: Դրան արգելակում են շփման ուժերը, որոնք գործում են փորձարկվող նյութի և սալիկների միջև: Ճնշումը բարձրացնելիս նշված հավասարակշռությունը խախտվում է, և որոշակի կրիտիկական պայմաններում նյութը, կորցնելով մեխանիկական կայունությունը, մասնակիորեն արտանետվում է սալիկների արանքից: Տեղի է ունենում մեխանիկական պայթյուն, որն ուղեկցվում է ճնշման թռիչքաձև անկումով և որպես հետևանք՝ առաձգական ալիքի առաջացումով, որը, տարածվելով փորձանմուշում, կարող է խթանել զանազան քիմիական փոխարկումներ:

УДК 542.61+543.426+546.683

Дж.А. Микаелян, В.Ж. Арцруни, Н.О. Геокчян, А.Г. Хачатрян

**Нильский синий Б - реагент для
экстракционно-флуориметрического определения
таллия в оксидно-марганцевых рудах**

(Представлено академиком Р.С. Вартаняном 27/VI 2000)

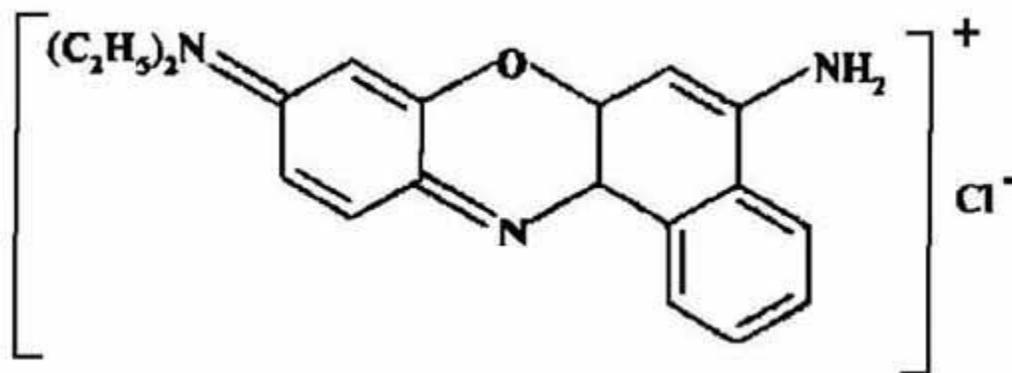
Таллий принадлежит к практическим важным элементам и его применение в самых различных областях науки и техники общеизвестно. При этом содержание данного элемента в земной коре крайне мало, поэтому разработка избирательных, экспрессных, высокочувствительных, надежных и точных методов определения малых количеств таллия представляется задачей весьма актуальной. В последние годы для определения микрограммовых количеств ряда элементов, в том числе таллия, получили достаточно широкое распространение экстракционно-фотометрические методы с применением органических красителей. Выбор в качестве реагентов органических основных красителей особенно важен именно в экстракционно-флуориметрическом анализе, превосходящем по чувствительности соответствующие фотометрические и экстракционно-фотометрические методы на 2-3 порядка.

Из органических флуоресцентных реагентов своей чувствительностью и избирательностью особо выделяются органические основные красители, обладающие "жесткой" структурой и содержащие гетероатомы серы, кислорода и азота.

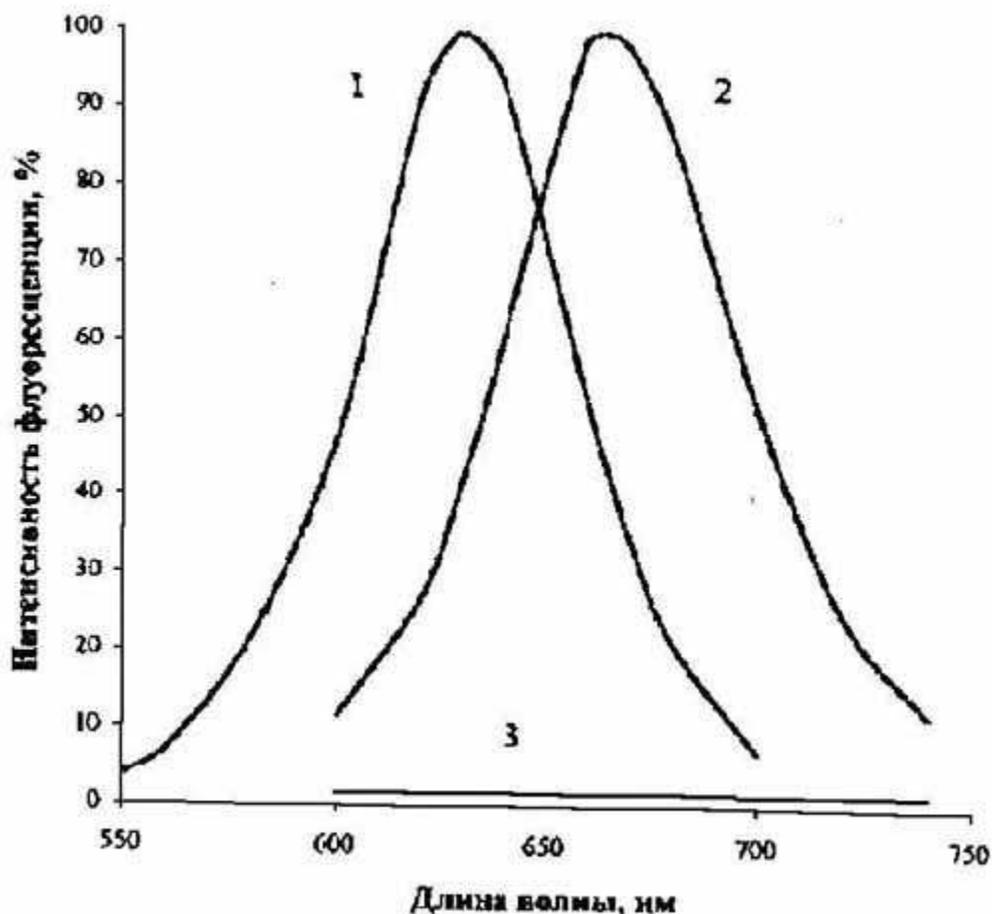
С целью разработки высокочувствительных экстракционно-флуориметрических методов определения таллия нами впервые изучены органические основные красители различных классов: акридинового [1], азинового [2-3] и оксазинового [4]. Было показано, что структура и кислотно-основные свойства основных красителей с целью установления упомянутых закономерных взаимосвязей.

+ Ранее краситель оксазинового ряда нильский синий Б был использован для экстракционно-фотометрического определения таллия [5].

Настоящее исследование посвящено экстракционно-флуориметрическому изучению взаимодействия хлоридного ацидокомплекса таллия (III) с нильским синим Б, формула которого приводится ниже:



Предварительные эксперименты показали, что указанный краситель взаимодействует с таллием (III) в солянокислой среде, образуя сложное внешнесферное комплексное соединение - хлороталлат (III) нильского синего Б, который практически количественно извлекается в органическую фазу изоамилацетатом.



Спектры возбуждения (1) флуоресценции (2) изоамилацетатных экстрактов ионного ассоциата хлороталлата нильского синего Б и спектр флуоресценции (3) "холостого" экстракта; pH 1,0 по соляной кислоте; $C(\text{красителя})=2,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

На рисунке показаны спектры возбуждения и флуоресценции изоамилацетатных экстрактов образующегося ионного ассоциата и спектр флуоресценции изоамилацетатных экстрактов образующегося ионного ассоциата и спектр флуоресценции "холостого" экстракта, полученные на спектрофлуориметре Перкин-Элмер MPF-43B. Максимум на спектрах интенсивности флуоресценции (яркости свечения) изоамилацетатных экстрактов хлороталлата нильского синего Б наблюдается при длине волны 665 нм.

Для выяснения оптимальных условий экстракции была изучена зависимость интенсивности флуоресценции органических экстрактов от кислотности водной фазы. Максимальные значения интенсивности флуоресценции обеспечиваются при pH 1,0 по соляной кислоте. высокое значение

коэффициента распределения ионного ассоциата между водной и органической фазами позволяет ограничиться однократной экстракцией для количественного извлечения хлороталлата нильского синего Б.

Степень извлечения $K=96,8\%$ определена методом повторных экстракций. Оптимальная концентрация красителя $(2,0-6,5)10^{-5}$ моль/л.

Оптическая плотность и интенсивность флуоресценции изоамилацетатных экстрактов хлороталлата нильского синего Б не изменяются в течение 10-12ч.

Прямолинейная зависимость между интенсивностью флуоресценции органических экстрактов и содержанием таллия (III) в водной фазе соблюдается в интервале содержаний 0,5-12,0 мкг в 10 мл.

В оптимальных для образования и экстракции хлороталлата нильского синего Б условиях было изучено поведение большого числа сопутствующих и мешающих определению таллия ионов.

Экстракционно-флуориметрическому определению микрограммовых количеств таллия мешают соизмеримые количества золота (III), платины (IV), палладия (II), сурьмы (V), ртути (II).

На основании полученных экспериментальных данных нами разработана методика экстракционно-флуориметрического определения микроколичеств таллия в оксидных марганцевых рудах.

Выполнение определения. Навеску (0,5-1,0)г тонкоизмельченного препарата руды обрабатывают при помощи 10 мл концентрированной азотной кислоты в конической колбе вместимостью 100 мл. После разложения пробы раствор упаривают досуха, производят удаление оксидов азота, приливают 25 мл 3,0 моль/л соляной кислоты, 1,0 мл 10%-ного раствора нитрита натрия и оставляют на 5-10 мин. Избыток нитрита натрия удаляют, добавляя 0,5 мл насыщенного раствора мочевины. Аликвотный объем раствора переносят в делительную воронку, доводят кислотность до pH 1,0 прибавлением соляной кислоты и приливают 1,0 мл 0,05%-ного раствора нильского синего Б. Доводят объем водной фазы до 10,0 мл при помощи 0,1 моль/л раствора соляной кислоты и экстрагируют равным объемом изоамилацетата в течение 1-2 мин.

После разделения фаз измеряют интенсивность флуоресценции изоамилацетатного экстракта на спектрофлуориметре при длине волны 665 нм. Содержание таллия в образце руды определяют с помощью предварительно полученного градуировочного графика или методом добавок.

В стандартном образце оксидной марганцевой руды с аттестованным паспортным содержанием таллия 0,042% найдено по предлагаемой методике $(0,040\pm 0005)\%$ при степени надежности $P=0,95$ и числе параллельных определений $n=5$.

Ереванский государственный университет
Государственный инженерный университет Армении

Литература

1. Григорян Л.А., Арируни В.Ж., Тараян В.М. - Арм. хим. журн., 1973. Т. 28. № 3. С. 188.
2. Микаелян Дж.А., Арируни В.Ж., Хачатрян А.Г. - ЖАХ. 1989. Т. 44. № 4. С. 749.
3. Микаелян Дж.А., Арируни В.Ж., Хачатрян А.Г. - Арм. хим. журн., 1989. Т. 42. № 9. С. 568.
4. Микаелян Дж.А., Арируни В.Ж., Хачатрян А.Г. - Хим. журн. Армении. 1995. Т. 48. № 1-3. С. 122.
5. Тараян В.М., Овсепян Е.Н., Арируни В.Ж. - Арм. хим. журн., 1969. Т. 22. № 11. С. 992.

Ջ.Ա. Միքայելյան, Վ.Ժ. Արծրունի, Ն.Օ. Գյուկչյան, Հ.Գ. Խաչատրյան

**Նեղոսյան կապույտ Բ-ն որպես ռեագենտ՝ օքսիդային
մանգանային հանքերում թալիումի
էքստրակցիոն-ֆլյուորաչափական որոշման համար**

Հետազոտվել է օքսիդային մանգանային հանքերում թալիումի հետքային քանակների էքստրակցիոն-ֆլյուորաչափական որոշման համար օքսազինային շարքի ներկանյութ՝ նեղոսյան կապույտ Բ-ի կիրառության հնարավորությունը:

Հաստատվել են նեղոսյան կապույտ Բ-ի քլորթալատի իոնական ասոցիատի գոյացման և լուծահանման օպտիմալ պայմանները: Որպես էքստրագենտ օգտագործվել է իզոամիլացետատը:

Ուսումնասիրվել է նեղոսյան կապույտ Բ-ի քլորթալատի լուծահանման ընտրողականությունը և մշակվել է օքսիդային մանգանային հանքերում թալիումի միկրոքանակների որոշման եղանակ, որը բնութագրվում է բարձր վերարտադրելիությամբ և ճշգրտությամբ:

УДК 612.115+577.157.2+547.587.51+591.481.1+611.36+611.61+611.12

Академик К. Г. Карагезян, Дж. И. Гезалян, С. С. Овакимян

**Особенности экспериментально выявленных
антикоагулянтных свойств вновь синтезированного
препарата кумариновой природы**

(Представлено 22/XI 1999)

В настоящее время считается установленной решающая роль гипопротромбинемии (ГПЕ) как основного фактора, обуславливающего низкую степень активности свертываемости крови (СК).

По современным представлениям ГПЕ рассматривается как состояние, характерное для патологических состояний организма различной этиологии и сопровождающееся ярко выраженным геморрагическим синдромом. Будучи фактором, биосинтезирующимся в печеночной ткани, протромбин (П) демонстрирует высокую степень чувствительности к болезненным состояниям печени. Это тем более касается того сложного переплетения биохимических реакций, которые ответственны за обеспечение нормального уровня этого важнейшего компонента системы СК и в значительной мере являются витамин-К-зависимыми.

Болезненные состояния печени типа циррозов [1] характеризуются не только чувствительным пролонгированием протромбинового времени (ПВ) с вовлечением в процесс прокоагулянтов VII и X [2] как корреляционных факторов [3], но и развитием ярко выраженной тромбоцитопении различной природы.

Исследованиями последних лет продемонстрировано антикоагулянтное действие ряда молекулярных препаратов, например, типа так называемого протеина С, оказывающего ингибирующее действие на активность фактора V, и стимулируемого, в частности, липопротеидами высокой плотности [4].

С отмеченной точки зрения исключительный интерес представляют особенности сдвигов ПВ [5] под влиянием ряда наиболее популярных препаратов антикоагулянтного действия типа варфарина с определенной фармакокинетикой, проявляющейся в виде ГПЕ [6], фиксируемой уже при инициации патологических отклонений на уровне клеточных структур. В механизме развития резкого понижения активности П, в виде удлинения ПВ, усматривается интересный антикоагуляционный феномен иммунологической природы, проявляющийся при активном участии β -2-гликопротеина с высоким индексом иммуносупрессорного эффекта, в известной степени контролируемого стероидными гормонами. Это наиболее отчетливо проявляется в случае аутоиммунных гепатитов, характеризующихся торможением аутоантителопродукции под воздействием лекарственных средств, негативно отражающихся на балансе витамина К. ГПЕ, наблюдающаяся в условиях широкого использования медикаментозных препаратов антикоагулянтного, анестетического действия [7], а также применения факторов, вызывающих стойкую гипофибриногению, фибринолиз при циррозах и многих других болезненных состояниях [8], имеет в своей основе формирование состояния глубокого дефицита, обусловленного недостаточностью факторов V и VII, являющихся, как известно, фосфолипид-зависимыми ингибиторами активности П.

Антиоксидантотерапия как эффективный метод коррекции нарушений процесса гемокоагуляции получила широкое распространение в оптимизации состояния интеграции различных категорий фосфолипидов (ФЛ) [9] в структурную организацию П. Подключение их в формирование функциональной активности этих ингредиентов системы СК [10] совершается

вкупе с некоторыми метаболически активными аминокислотами типа глицина, а также ферментными системами аминокислотного метаболизма, такими, например, как аспаратат- и аланинаминотрансферазы, демонстрирующие ярко выраженное антикоагулянтное действие, главным образом при цирротических поражениях печени. В связи с отмеченным примечательны фармакокинетика и фармакодинамика ряда соединений из серии ацетокумарина, обладающих ярко выраженным антикоагулянтным действием, потенцируемым ацетоаминофеном и ингибируемым признанным тканевым плазминогеном, эффективно активирующим процесс СК путем интенсивной мобилизации фактора VII.

Исходя из вышеизложенного, представляло существенный интерес проведение специальных наблюдений в направлении выявления природы действия синтезированного Дж. И. Гезалян препарата кумаринового ряда под кодовым названием ГШ-17, представляющего собой N-морфолилтиоуреидо-3-карбамоил кумарин (с умеренным гепатозащитным действием) на времязависимую динамику ПВ крови и тромбопластической активности (ТА) мозговой, миокардиальной, печеночной и почечной тканей белых крыс в эксперименте.

Исследования проводили на 110 беспородных белых крысах-самцах массой 180-200г, предварительно голодавших в течение 12 ч.

Определение ПВ проводили в оксалатной плазме крови, забираемой из *angulus venosus* (место слияния верхней полой и подключичной вен) шприцем, содержащим раствор указанного стабилизатора в объемном соотношении с кровью 1:9, до инъекции препарата (контроль), через 10 и 30 мин после внутривенного (*angulus venosus*) и внутрибрюшинного введения им 0.5 и 1.0 мл 1%-ного раствора ГШ-17. Отделенную центрифугированием при 6000 об/мин плазму крови хранили в холодильнике при 4-8°C. Расчет ПВ производили в секундах образования сгустка известным методом с использованием раствора Т, изготовляемого из цельного мозгового гомогената контрольных белых крыс.

После взятия проб крови животных умерщвляли декапитированием под легким эфирным наркозом. На холоду в максимально ограниченные сроки производили изолирование отмеченных органов, их освобождение от оболочек, кровеносных сосудов, а также основательную, многократную промывку охлажденным физиологическим раствором и обезвоживание между прокладками фильтровальной бумаги.

Определение ТА указанных тканей проводили при использовании в качестве источника П контрольной плазмы крови интактных белых крыс или людей-доноров.

Таблица 1

Динамика изменений протромбинового времени (с) плазмы крови белых крыс через 10 и 30 мин после внутрибрюшинного (1) и внутривенного (2) введения им 0.5 и 1.0 мл 1%-ного раствора ГШ-17

	Контроль (К) n=5	0.5 мл				1.0 мл			
		Через 10 мин, n=5	% разницы от К	Через 30 мин, n=6	% разницы от К	Через 10 мин, n=5	% разницы от К	Через 30 мин, n=6	% разницы от К
1	16.3±0.59	19.8±0.69	+21.5	21.2±0.60	+30.1	20.9±0.61	+28.2	22.0±0.63	+35.0
2	16.0±0.62	21.5±0.70	+34.4	24.0±0.63	+50.0	24.5±0.62	+53.1	25.0±0.68	+56.3

Примечание: $P < 0.001$.

Согласно результатам проведенных наблюдений, отраженным в табл. 1, ГШ-17 выступает в качестве эффективного ингибитора активности П особенно после в/в введения 0.5 мл 1%-ного раствора препарата. Этот эффект прослеживается уже на 10-й мин после инъекции и выражается в статистически достоверном удлинении ПВ, оказывающимся еще более демонстративным спустя 30 мин после инъекции его удвоенной дозы (1 мл) и характеризующимся заметным усилением антикоагулянтного действия.

Дальнейшее развитие настоящего исследования протекало в направлении изучения особенностей сдвигов ТА мозговой, миокардиальной, печеночной и почечной тканей с проведением сравнительной оценки характера и глубины ее отклонений в зависимости от объекта исследования, дозы примененного агента и длительности его экспозиции.

Как вытекает из табл. 2, контрольная ТА наиболее высокой оказывается в головном мозге, затем сердечной мышце, печени, и наконец, в почках, составляя соответственно 17.0 ± 0.62 , 33.0 ± 0.93 , 37.0 ± 0.62 , 43.0 ± 0.89 с. Через 10 мин после в/б введения 0.5 мл и особенно 1.0 мл 1%-ного раствора ГШ-17 обнаруживается статистически достоверное падение ТА во всех исследованных тканях. Аналогичная закономерность в еще более выраженном виде прослеживается в те же промежутки времени спустя 30 мин после введения препарата.

Таблица 2

**Динамика изменений тромбопластической активности
(с протромбинового времени) мозговой (1), миокардиальной (2),
печеночной (3) и почечной (4) тканей через 10 и 30 мин после
внутрибрюшинного введения им 0.5 и 1.0 мл 1%-ного раствора ГШ-17**

	0.5 мл				1.0 мл				
	Контроль (К) <i>n</i> =5	Через 10 мин, <i>n</i> =5	% разницы от К	Через 30 мин, <i>n</i> =6	% разницы от К	Через 10 мин, <i>n</i> =6	% разницы от К	Через 30 мин, <i>n</i> =6	% разницы от К
1	17.0 ± 0.62	23.5 ± 0.70	+38.2	25.0 ± 0.74	+47.1	27.0 ± 0.78	+58.8	29.0 ± 0.87	+70.6
2	33.0 ± 0.93	43.0 ± 1.11	+30.3	56.0 ± 1.18	+69.7	50.5 ± 1.18	+53.0	51.0 ± 1.29	+54.5
3	37.0 ± 0.69	45.0 ± 0.83	+21.6	55.0 ± 0.82	+48.6	53.0 ± 0.84	+43.2	53.0 ± 0.81	+43.2
4	43.0 ± 0.89	58.5 ± 0.97	+36.0	59.0 ± 0.98	+37.2	59.0 ± 0.97	+37.2	59.0 ± 0.99	+37.2

Примечание: $P < 0.001$.

Особенности установленных феноменов в те же промежутки времени, но уже после в/в инъекции препарата ГШ-17 в известных концентрациях, отражены в табл. 3. В/в введение 0.5 и 1%-ного раствора ГШ-17, в отличие от в/б инъекций, оказывается несравненно более демонстративным в достижении антикоагулянтного эффекта, хотя как уже отмечалось выше, полученные результаты от в/б инъекций через 10 и особенно 30 мин также демонстрируют совершенно четкое, статистически достоверное отклонение от исходных величин.

**Динамика изменений тромбопластической активности
(с протромбинового времени) мозговой (1), миокардиальной (2),
печеночной (3) и почечной (4) тканей через 10 и 30 мин после
внутривенного введения им 0.5 и 1.0 мл 1%-ного раствора ГШ-17**

	Контроль (К) <i>n</i> =6	0.5 мл				1.0 мл			
		Через 10 мин, <i>n</i> =5	% разницы от К	Через 30 мин, <i>n</i> =5	% разницы от К	Через 10 мин, <i>n</i> =6	% разницы от К	Через 30 мин, <i>n</i> =6	% разницы от К
1	17.5±0.66	25.9±0.63	+48.0	29.1±0.69	+66.3	27.7±0.74	+58.3	34.9±0.91	+99.4
2	33.9±0.91	43.9±1.11	+29.5	59.3±1.18	+75.0	56.3±1.10	+66.1	63.8±1.07	+88.2
3	37.0±0.89	48.0±1.00	+29.7	55.0±1.03	+48.6	59.9±1.04	+62.0	69.0±1.01	+86.5
4	43.0±0.93	59.9±1.03	+39.3	66.6±1.11	+55.0	69.3±1.09	+61.2	76.0±1.01	+76.7

Примечание: $P < 0.001$.

Полученные данные убеждают в исключительной избирательности ингибирующего действия ГШ-17 на ТА исследованных тканей.

В связи с отмеченным следует учесть достаточно высокую степень активности изученного показателя в нормально метаболизирующейся мозговой ткани, с трудом поддающегося воздействию ингибирующего агента. Отмеченные сдвиги обусловлены, по-видимому, исключительно высоким уровнем в мозговой ткани различных категорий ФЛ-глицеридов, наделенных свойствами факторов проагулянтного действия, таких, например, как холинсодержащие фосфолипиды: фосфатидилхолины (ФХ), лизофосфатидилхолины (ЛФХ), сфингомиелины (СФМ), а также фосфатидилэтаноламины (ФЭ) и их лизопроизводные, вписывающиеся в структурную организацию тромбопластинов и выступающие в роли мощных стимуляторов их функциональной активности.

Что касается ТА печеночной и почечной тканей, то не исключено, что и без того низкий уровень в них этого показателя обусловлен, по всей вероятности, присутствием здесь пока нераспознанных факторов антикоагулянтного действия. Мы допускаем возможность синергического действия примененного нами ГШ-17 в отношении известных признанных ингибиторов ТА.

С другой стороны, категория так называемых кислых ФЛ, представленная фосфатидилсеринами (ФС), инозитолсодержащими ФЛ, монофосфоинозитидами (МФИ), полифосфоинозитидами (ПФИ), кардиолипинами (КЛ) и фосфатидными кислотами (ФК), активно комплексуясь с факторами антикоагулянтного действия, как природно существующими, наподобие гепарина, так и синтетическими [11-14], характеризуется высоким уровнем своего стабилизирующего эффекта на процесс СК. Поэтому нарушения баланса сумм количественных соотношений функционально различных категорий нейтральных ФЛ (ФХ, ЛФХ, СФМ, ФЭ) и кислых представителей этих соединений (ФС, МФИ, ПФИ, КЛ, ФК) чреваты грубыми расстройствами нормального гемокоагуляционного статуса организма, имеющего место при различных экстремальных и патологических состояниях, в частности при тромбозах [15].

Следовательно, согласно нашим наблюдениям, ТА исследованных тканей как и ПВ плазмы

крови экспериментальных животных, демонстрируют отчетливо проявляющуюся зависимость изменчивости от дозы примененного агента и от путей его введения.

Таким образом, полученные результаты позволяют прийти к заключению о ярко выраженных антикоагулянтных свойствах препарата ГШ-17, выяснение тонких молекулярных механизмов которых нуждается в последующем более обстоятельном изучении на предмет выявления особенностей позитивных и негативных эффектов изученного препарата на различные жизненноважные биологические свойства функционирующих систем клетки и организма в целом.

Институт молекулярной биологии НАН РА
Ереванский государственный медицинский университет

Литература

1. Oyama H., Ikeda A., Inouse S. et al. - No To Shinkei. 1999. № 4. V. 51. P. 325-330.
2. Masche U. P., Rentsch K. M., von Felter A. et al. - Eur. Clin. Pharmacol. 1999. № 11. V. 54. P. 857-864.
3. Guy S. R., Magliocca J. F., Fruchtman S. et al. - Transpl. Int. 1999. № 4. V. 12. P. 278-280.
4. Griffin J. H., Kojima K., Banka C. L. et al. - J. Clin. Invest. 1999. № 2. V. 103. P. 219-227.
5. McGlasson D. L., More L., Best H. A. et al. - Clin. Lab. Sci. 1999. № 3. V. 12. P. 137-139.
6. Rashid M., Durie P., Andrew M. et al. - Am. J. Clin. Nutr. 1999. № 3. V. 70. P. 378-382.
7. Dogan I. V., Ovali E., Eti Z. et al. - Anesth. Analg. 1999. № 2. V. 88. P. 432-436.
8. Tsujioka H., Suehiro A., Kakishita E. - Am. Haematol. 1999. № 1. V. 61. P. 34.
9. Pengo V., Biasialo A., Rampazzo P. et al. - Thromb. Res. 1999. № 2. V. 81. P. 256-258.
10. Huang Y. S., Hwang S. J., Chan C. Y. et al. - Chung. Hua. I. Hsueh. Tsa. Chih. 1999. № 6. V. 62. P. 327-333.
11. Карагезян К. Г. Условно-рефлекторная регуляция свертывания крови. Канд. дис. Ереван. 1953. 310 с.
12. Карагезян К. Г., Овакимян С. С., Погосбекова С. Д. В кн.: Липиды в организме животных и человека. М.: Наука, 1974. С. 55-64.
13. Карагезян К. Г., Овакимян С. С., Погосбекова С. Д. и др. - Бюл. эксперим. биол. и мед. 1975. № 8. С. 6-8.
14. Овакимян С. С. Фосфолипиды фибриногена и изменения их содержания в процессе фибринообразования. Автореф. канд. дис. Ереван. 1970. 31 с.
15. Jacobsen E. M., Sandset P. M., Wisloff F. - Tromb. Res. 1999. № 4. V. 94. P. 213-220.

Ակադեմիկոս Կ. Գ. Ղարազյոզյան, Ջ. Ի. Գյոզալյան, Ս. Ս. Հովակիմյան

**Նոր սինթեզված կումարինային բնույթի միացության հակամակարդիչ
յուրատիպ ֆունկցիոնալ առանձնահատկությունները**

Ջ. Ի. Գյոզալյանի կողմից վերջերս սինթեզված կումարինային բնույթի ԳՇ-17 պայմանական անվանմամբ միացության 1% լուծույթի 0.5-1.0 մլ ներերակային կամ ներորովայնային ներարկումները սպիտակ առնետներին, հաջորդվում են նրանց արյան պլազմայի պրոտրոմբինային ժամանակի և ուղեղային, սրտամկանային, լյարդային և երիկամային հյուսվածքների տրոմբոպլաստինային ժամանակի հավաստի երկարացմամբ, որը վկայում է նշված նյութի վառ արտահայտված հակամակարդիչ հատկությունների մասին:

Ստացված արդյունքներն առիթ են հանդիսանում նրանց հիմքում թաքնված մոլեկուլային օրինաչափությունների հայտնաբերման և առավել մանրակրկիտ հետազոտությունների զարգացման համար ինչպես արյան, այնպես էլ վերը նշված հյուսվածքների բջիջների, ենթաբջջային գոյացությունների, նրանց թաղանթների, առանձին մոլեկուլների և ամբողջական օրգանիզմի մակարդակով:

Академик А. А. Галоян, Л. А. Камалян, М. Г. Гаспарян

Влияние нового цитокина мозга - галармина на синтез интерферона-гамма в мононуклеарах человека и на репликацию вируса энцефаломиокардита в клеточной культуре

(Представлено 6/ХІІ 2000)

Накопленные за последние десятилетия данные Отдела биохимии нейrogормонов Ин-та биохимии НАН РА им. Г. Х. Бунятына свидетельствуют о том, что мозг не только регулирует функции иммунной системы, но и является одним из ее органов [1, 2]. Основанием для такого утверждения послужили данные о биосинтезе ряда цитокинов не только клетками макро- и микроглии мозга, но и нейронами мозга. В частности А. Галоян и сотр. впервые выделили из нейросекреторных гранул, продуцируемых магноцеллюлярными ядрами гипоталамуса животных, ряд интерлейкинов и идентифицировали: ИЛ-1а, ИЛ-1б, ИЛ-2, ИЛ-6, ФНОа [3]. Более того, удалось выделить из этих же гранул совершенно новую семью полипептидов и полностью расшифровать их первичную химическую структуру [1, 2]. Они обладают выраженными иммуномодулирующими свойствами. Один из этих полипептидов, содержащий 15 аминокислотных остатков, названный нами галармином (ГА), оказывает дозозависимое модулирующее действие на индуцированный ФГА пролиферативный ответ Т-лимфоцитов крови здоровых доноров. Причем препарат оказывает регулирующее влияние на Т-клеточный ответ в зависимости от фоновых пролиферативных свойств клеток разных доноров [4]. Галармин непосредственно воздействует на Т-лимфоциты, что показано в экспериментах с использованием Jurkat клеток (опухолевые Т-лимфоциты). Препарат дозозависимо подавляет пролиферацию этих клеток [4]. Галармин в условиях *in vitro* разрушает опухолевые клетки мышинных фибробластов (L-929) [5].

Галармин резко подавляет митотическую активность этих клеток, меняя также ультраструктуру - фрагментация ядра и цитоплазмы, разрушение внутренних мембран набухших митохондрий (зрелых L-929 клеток). Незрелые клетки L-929 под влиянием препарата подвергаются другому виду изменений в ультраструктуре, появляются пикнотические ядра, ядра с кариорексисом и кариолизисом, резко выраженный микроплазматоз [5]. Вместе с тем галармин оказывает влияние на активность каспаз лишь на дифференцированные бутиратом клетки нейробластомы N2A: в микромолярных концентрациях увеличивает активность каспаз-2 и каспаз-6, уменьшая активность каспаз-3 и каспаз-9 (основные протеолитические ферменты, ответственные за гибель клеток [6]). Многочисленные данные показали иммунокорректирующие, антибактериальные свойства галармина [7, 8], а также действие препарата на интерлейкин-2 зависимые функции лимфоцитов человека в культуре [9]. ГА подавляет ФГА индуцируемую митотическую активность мононуклеаров.

Вышеприведенные данные свидетельствовали о возможном действии вновь открытого А. Галояном и сотр. цитокина мозга - галармина на синтез интерферона-гамма (ИФН-гамма) в мононуклеарах человека *in vitro*, а также влияние его на репродукцию вируса энцефаломиокардита (ВЭМ) в клеточной культуре.

Индукция и титрование ИФН изучены у восьми здоровых лиц в возрасте от 20 до 40 лет, имеющих нормальный уровень лейкоцитов и лимфоцитов в крови.

Мононуклеары (МНК) периферической крови выделяли в градиенте фиколла-верографина и после трехкратного промывания в среде 199 культивировали в пенициллиновых флаконах (суспензионные культуры) из расчета $1 \cdot 10^6$ кл/мл в среде РПМИ-1640 с 10% бычьей сыворотки. Индукцию ИФН-гамма осуществляли с помощью митогена Т-клеток-ФГА в количестве 10 мкг/мл. Галармин вносили в количестве 40 мкг/мл. Спустя 72 ч с момента инкубации в термостате клетки осаждали и подсчитывали как в контроле (К), так и в опытных пробирках (с ФГА, ГА и с ФГА + ГА). Надосадочную жидкость из опытных флаконов титровали на наличие ИФН биологическим методом. С этой целью двукратные разведения проб в разведениях с 1:10 до 1:160 вносили в 96-луночные пластиковые планшеты с монослоем клеток линии Нер-2 и спустя 18 ч добавляли ВЭМ - 50 тканевых цитопатогенных доз (ТЦД₅₀). Результаты опытов учитывали спустя 48 ч. За единицу ИФН принимали обратную величину максимального разведения проб, вызывающего защиту клеток монослоя от цитопатического действия вируса не менее чем в половине зараженных лунок. В качестве референс-препарата стандарта для выражения титра ИФН в международных единицах (МЕ) использовали рекомбинантный ИФН-α роферон с активностью $3 \cdot 10^6$ МЕ/мл (Фирма Хоффманн-Ля Рош, Швейцария).

Опыты по изучению действия цитокина на ВЭМ проводили двумя методами - определение вирулицидности ГА и влияние ГА на репликацию ВЭМ в клетках Нер-2.

Для определения вирулицидности две концентрации ГА (20 и 40 мкг) соединяли с 50 ТЦД₅₀ ВЭМ (равные объемы в среде Игла с 10% сыворотки) и после инкубации в термостате в течение 2 ч вносили в лунки планшет с монослоем клеток Нер-2. В контрольные лунки вносили только ВЭМ в дозе 50 ТЦД₅₀ после 2-часового выдерживания в термостате. О вирулицидности препарата судили по степени защиты клеток монослоя от цитопатического действия вируса, при наличии в контрольных лунках полной деструкции монослоя.

Влияние препарата на репликацию вируса в клетках Нер-2 изучали в различных вариантах опытов: препарат вносили в клетки за 2 ч до заражения (I вариант), одновременно с заражением (II вариант) и спустя 2 ч после заражения (III

вариант). Контроль - только клетки+ВЭМ. За антивирусный эффект ГА принимали защиту монослоя не менее чем в половине зараженных лунок, при условии полной деструкции клеток в контроле вируса.

Прежде всего следует отметить, что в суспензионных культурах МНК галармин в дозе 40 мкг в течение 72 ч инкубации не оказывал отрицательного действия на жизнеспособность клеток, число которых в тысячах/мл составляло 765 ± 41 . Во флаконах только с ФГА уровень живых клеток равнялся 730 ± 35 . Однако во флаконах с ФГА и ГА число МНК было наибольшим - 940 ± 51 (разница по сравнению с ФГА статистически достоверна ($p < 0.02$)). В то же время в контроле (без ФГА) убыль клеток была значительной (422 ± 3.1). Результаты представлены на рисунке.

Полученные результаты свидетельствуют о митогенных потенциях ГА, так как уровень живых клеток в течение 72 ч был почти одинаков при воздействии как ФГА, так и ГА, а их совместное применение дало достоверный синергидный эффект.

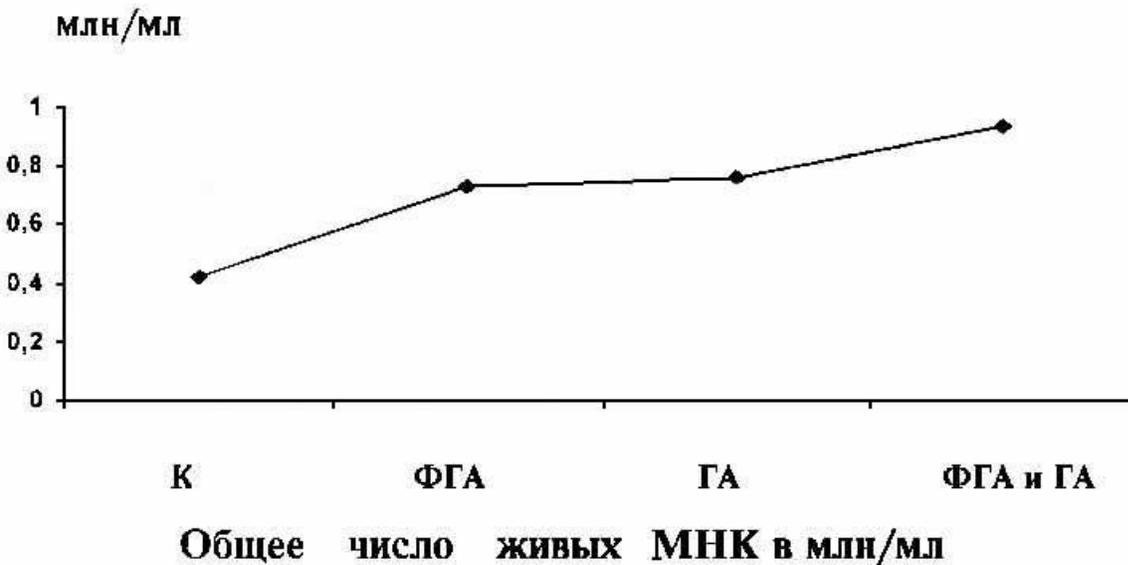
Усредненные результаты титрования проб на наличие ИФН-гамма представлены в табл. 1. Согласно данным таблицы, ГА не индуцировал синтеза ИФН (титр < 10 МЕ/мл) ни у одного из доноров. Только ФГА индуцировал синтез ИФН у всех доноров, усредненный титр составлял 45 ± 6.2 . Но в культурах МНК с ФГА и ГА уровень ИФН был достоверно выше уровня, обеспечиваемого ФГА ($p < 0.02$).

Таблица 1

Стимулирующее действие нейроромона на продукцию ИФН-гамма в мононуклеотидах

Условия опытов	Титры ГФН в МЕ/мл	Достоверность р
Галармин	< 10	
ФГА	45 ± 6.2	
ФГА+ГА	86 ± 9.3	$p < 0.02$

Нейроромон не индуцирует синтеза ИФН в МНК, но достоверно повышает уровень ИФН при комбинированном применении ФГА и ГА. В свете приведенных выше данных литературы о стимулирующем эффекте ГА на функции Т-клеток и продукцию ИЛ-2 мы правомочны считать, что галармин стимулирует ТН1 клетки и тем самым способствует более активному синтезу не только ИЛ-2, но и ИФН под влиянием ФГА. Следовательно, ГА может служить праймингом при синтезе интерферона с помощью ФГА.



Влияние нейроромона на жизнеспособность мононуклеаров

В предварительных опытах было изучено возможное токсическое действие ГА на клетки Нер-2. Наблюдение за клеточной культурой в течение 5 дней показало, что даже при внесении галармина одновременно с посевом клеток в

дозах 10, 20 и 40 мкг/мл среды он при всех дозах не влияет на пролиферацию клеток и сроки формирования монослоя по сравнению с контролем (без галармина).

При изучении влияния ГА на ВЭМ были использованы дозы - 20 и 40 мкг. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Вирулицидность ГА и влияние его
на репродукцию ВЭМ в клетках линии НЕР-2**

Условия опытов	Варианты опытов	Степень защиты клеток НЕР-2			
		при дозах галармина			
		20 мкг/мл		40 мкг/мл	
		Абс.	%	Абс.	%
Вирулицидность ГА	ГА+ВЭМ (опыт)	10/20	50	11/20	55
	ВЭМ (контроль)	0/20	0	1/20	5
Влияние ГА на репродукцию ВЭМ	ГА+ВЭМ через час	9/20	45	11/20	55
	ГА и ВЭМ одновременно	3/20	15	2/20	10
	ГА+ВЭМ через час	0/20	0	1/20	5

Примечание: числитель - число сохранивших монослой проб; знаменатель - общее число проб; доза вируса - 50 ТЦД₅₀/0.2 мл.

Согласно данным табл. 2, нейrogормон вирулициден, так как при контакте с ВЭМ вне клеток он нейтрализует цитопатическое действие вируса. Эффект ГА при обеих дозах почти одинаков. Обе дозы ГА ингибируют репродукцию ВЭМ в клетках лишь при предварительном внесении препарата в клетки.

Результаты других вариантов опыта отрицательны, так как обе дозы ГА защищают монослой от разрушения вирусом лишь в 15-10% испытуемых проб.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что галармин в концентрации 40 мкг/мл стимулирует пролиферацию лимфоцитов в коротко живущих культурах мононуклеаров периферической крови здоровых доноров.

Изученный препарат не индуцирует синтез ИФН-гамма *in vitro*, однако он достоверно увеличивает продукцию этого лимфокина при индукции ФГА. Прайминг эффект ГА можно объяснить пролиферацией лимфоцитов и активацией их лимфокинной функции. Поскольку ИФН-гамма и ИЛ-2 синтезируются, в основном, ТН1-хелперами, можно предполагать, что ГА преимущественно влияет на указанную субпопуляцию Т-хелперов.

Для изучения антивирусного действия ГА был использован вирус энцефаломиокардита мышей, широко распространенный среди людей и поражающий нейроны и миокард. Вирус размножается в нейронах головного мозга и с этих позиций является удобной моделью для изучения АВ-активности ГА.

Вирулицидный эффект препарата реализуется после контакта его с ВЭМ в течение 2 ч в условиях термостата. Механизм этого эффекта требует дальнейших исследований, однако можно думать о блокаде вирусспецифических рецепторов клетки галармином, вследствие чего ВЭМ лишается способности адсорбироваться, а следовательно, и проникать в клетки. К сожалению, о рецепторах пикорнавирусов, к которым относится и ВЭМ, известно мало, они являются белками, но не выделены, не очищены, а следовательно, пока не могут быть определены методом ИФА.

Согласно полученным данным, ГА угнетает репродукцию ВЭМ в клетках НЕР-2 лишь при условии внесения препарата за 1 ч до заражения. Препарат может действовать как на I фазу репродукции (адсорбция, проникновение и раздевание), так и на II фазу (трансляция и-РНК, репликация генома и сборка компонентов вируса).

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности дальнейшего изучения с целью выявления механизмов воздействия галармина на синтез ИФН и репродукцию вирусов.

Институт биохимии им. Г. Х. Бунятыяна НАН РА
Онкологический научный центр им. В. А. Фарарджяна

Литература

1. *Galoyan A. A.* Biochemistry of novel cardioactive hormones and immunomodulators of the functional system neurosecretory hypothalamus-endocrine heart. Moscow. Nauka publishers, 1997. P. 240.
2. *Galoyan A. A.* - *Neurochem. Res.* 2000. V. 25, N 9. P. 1343-1355.
3. *Galoyan A. A., Aprikian V. S., Markossian K. A., Gurvits B. Ya.* - *Neurochemistry (RAS & NAS RA)*. 1998. V. 15. N 4. P. 361-372.
4. *Галоян А. А., Шахламов В. А., Богданова И. М., Малайцев В. В.* - *Нейрохимия*. 2001. Т. 17. N 4.
5. *Галоян А. А., Шахламов В. А., Богданова И. Л., Малайцев В. В.* - *Медицинская наука Армении*. 2001. Т. 41. N 1.
6. *Galoyan A. A., Terio N., Berg M. J., Marks N.* - *Neurochemistry (RAS & NAS RA)*. 2000. V. 17. N 3. P. 185-188.
7. *Априкян В. С., Галоян А. А.* - *Медицинская наука Армении*. 1999. Т. 39. N 4. С. 29-35.
8. *Априкян В. С., Галоян А. А.* - *ДНАН Армении*. 1999. Т. 99. N 4. С. 367-371.
9. *Давтян Т. К., Мурадян Е. Б., Алексанян Ю. Т., Петросян А. А., Галоян А. А.* - *Нейрохимия*. 1998. Т. 15. N 1. С. 45-50.

Ակադեմիկոս Ա. Ա. Գալոյան, Լ. Ա. Քամայան, Մ. Գ. Գասպարյան

Ուղեղի նոր ցիտոկինի՝ գալարմինի ազդեցությունը գամմա-ինտերֆերոնի սինթեզի վրա արյան մոնոնուկլեար բջիջներում և էնգեֆալոմիոկարդիտի վիրուսի ռեպլիկացիայի վրա HEp-2-կուլտուրայում

Ուսումնասիրված է առողջ մարդկանց պերիֆերիկ արյան մոնոնուկլեար բջիջներում գամմա-ինտերֆերոնի սինթեզը, ինչպես նաև էնգեֆալոմիոկարդիտի վիրուսի ռեպլիկացիան HEp-2-բջիջներում Ա. Գալոյանի կողմից հայտնաբերված ուղեղի նոր ցիտոկինի՝ գալարմինի ազդեցության ներքո *in vitro*: Ուսումնասիրությունները պարզել են, որ գալարմինը նպաստում է ինտերֆերոնի սինթեզին, երբ այն զուգակցվում է միտոգեն ֆիտոհեմագլյուտինինի հետ: Ապացուցված է, որ գալարմինն ունի վիրուլիցիտ հատկություն և ինհիբիցիայի է ենթարկում էնգեֆալոմիոկարդիտի հարուցիչ վիրուսի ռեպլիկացիան նշված բջիջների HEp-2-կուլտուրայում: Գալարմինը ճնշում է նշված վիրուսի վերարտադրումը HEp-2-բջիջներում այն դեպքում, երբ գալարմինը տրվում է վարակումից 1 ժամ առաջ, ընդ որում պատրաստուկը կարող է ազդել ինչպես ռեպրոդուկցիայի I-ֆազայի (ադսորբցիա թափանցում), այնպես էլ II-ֆազայի (ինֆորմացիոն ԴՆԹ-տրանսպլացիա, գենոմի ռեպլիկացիա և վիրուսի կոմպոնենտների հավաք) վրա:

УДК 616-001+577.158.52+616-092

М.И. Геворкян, С.А. Байбуртян, К.Р. Манвелян, Л.Г. Овсепян

**Влияние продуктов жизнедеятельности лимфоцитов,
выделенных из небных миндалин, на некоторые
показатели иммунного ответа в условиях эксперимента**

(Представлено академиком Ю.Т. Алексаняном 3/V 2000)

В настоящее время весьма актуальна проблема поиска и создания биологически активных веществ, к которым относятся и продукты жизнедеятельности лимфоцитов (ПЖЛ), в частности лимфокины, регулирующие не только на иммунную, но и на интегративные системы организма [1,2].

Учитывая высокий уровень заболеваемости населения хроническим тонзиллитом, который часто сопровождается такими осложнениями, как гломерулонефрит, ревматизм, а также сердечно-сосудистыми нарушениями, мы поставили перед собой цель выделить лимфокины из небных миндалин и изучить их влияние на некоторые иммунные процессы организма для выяснения их возможной роли в патогенезе тонзиллярной болезни.

В качестве экспериментальной модели использовались 40 белых беспородных мышей, массой от 15 до 20,0 г. ПЖЛ вводили животным в/б один раз в сутки в объеме 0.5 мл в течение трех дней. Исследования проводили в динамике. Животных забивали на 7-й, 14-й и 21-й день после введения ПЖЛ. Крысам вводили ПЖЛ, содержащие 600 и 800 гр. белка. В зависимости от выдвинутых условий всех животных разбили на 4 группы: 3 опытные и одна интактная, которая служила контролем. Содержание белка в ПЖЛ определяем по [3]. Выделение ПЖЛ проводилось по методике выделения лимфоцитов из тимуса, предложенной в [4]. Цифровые данные обрабатывали по [5] с установлением достоверности средних показателей исследуемых групп животных ($P \leq 0,05$).

Согласно современным данным основную часть лимфоцитов небных и глоточной миндалин составляют субпопуляции Т-клеток, встречаются также В-клетки и плазматические клетки [6]. Исходя из этого в наших исследованиях тестами для оценки иммунореактивности служили реакция розеткообразования и плазмоцитарная реакция. Количество Т-лимфоцитов определялось в селезенке мышей по [7]. Для определения плазмоцитарной реакции из селезенки забитых мышей готовили мазки-отпечатки, которые фиксировали метиловым спиртом в течение 5-8 мин, а затем окрашивали азур-2-эозином. Подсчет плазматических клеток производили по номенклатуре, предложенной в [8]. Результаты наших наблюдений приведены в табл. 1 и 2. Полученные данные выявили некоторые изменения в иммунном ответе у подопытных животных.

Таблица 1

**Изменение количества розеткообразующих клеток (РОК) под влиянием
различных доз ПЖЛ в условиях эксперимента**

Группа животных	n	День вскрытия	E-РОК	
			600γ	800γ
Интактная	10		15,4±1,57	
Опытная	10	7-й	31,1±3,03 $P < 0,05$	23,4±1,8 $P < 0,05$
Опытная	10	14-й	20,8±1,95 $P > 0,05$	16,0±2,6 $P > 0,05$
Опытная	10	21-й	23,2±1,8 $P < 0,05$	22,4±2,2 $P < 0,05$

В табл. 1 приведены показатели изменения количества Т-лимфоцитов. Анализ полученных результатов показал, что наиболее существенные изменения наблюдались на 7-й день после введения ПЖЛ. Количество Т-клеток статистически достоверно увеличивалось по сравнению с контрольной группой. Так, у мышей, получавших дозу белка 600γ, количество Т-лимфоцитов в опытной группе составляло 31,1±3,03, в контроле же число Т-клеток было в 2 раза меньше - 15,4±1,57 ($P>0,001$).

В группе мышей, получавших дозу 800γ белка, также наблюдалось статистически достоверное увеличение количества Т-лимфоцитов преимущественно на 7-е сутки; в опытной группе - 23,4±1,8, в контрольной группе - 15,4±1,57 ($P<0,001$). Но на 14-й день происходило незначительное угнетение иммунного ответа, причем цифровые данные у опытных животных были выше, чем в контрольной группе. Так, например, у мышей, получавших дозу белка 800γ и вскрытых на 14-й день, количество Т-лимфоцитов было чуть выше контрольных цифр: 16,0±2,6 в опытной группе и 15,4±1,57 в контрольной ($P>0,05$).

Таблица 2.

Влияние ПЖЛ на показатели плазмоцитарной реакции

Группа животных	n	День вскрытия	Плазмоцитарная реакция							
			Общее кол-во клеток	P	Плазмобласты	P	Незрелые клетки	P	Зрелые клетки	P
Интактная	10		17,5±1,9		8,2±1,0		5,9±0,7		3,8±0,6	
Опытная										
600γ	10	7-й	24,9±3,64	< 0,05	12,2±1,3	< 0,05	6,22±1,03	> 0,05	7,1± 1,11	< 0,05
800γ	10	10-й	32,7±3,74	< 0,05	13,0±1,0	< 0,05	8,4±1,2	>0,05	11,3±1,7	< 0,05
Опытная										
600γ	10	14-й	21,2±1,03	> 0,05	10,0±0,6	>0,05	5,3±0,8	> 0,05	5,7± 0,7	< 0,05
800γ	10	14-й	27,3±2,42	< 0,05	11,1±1,2	> 0,05	6,5±1,34	> 0,05	9,7±0,1	< 0,05
Опытная										
600γ	9	21-й	21,9±9,1	> 0,05	12,1±1,55	> 0,05	3,4±0,6	> 0,05	6,4± 0,7	> 0,05
800γ			27,6±2,74	< 0,05	10,1±1,21	>0,05	4,8±0,81	>0,05	12,7±1,74	< 0,05

Еще выше было количество Т-клеток у мышей, получавших дозу в 600γ: 20,8±1,95 у опытных животных и 15,4±1,57 у интактных. На 21-й день вновь наблюдалось усиление иммунного ответа; полученные данные были статистически достоверно выше контрольных цифр в 1,5 раза ($P>0,05$).

Изучение интенсивности плазмоцитарной реакции также показало, что под влиянием выделенных из небных миндалин ПЖЛ происходят клеточные сдвиги (см. табл. 2). Введенная доза ПЖЛ способствовала усилению плазмклеточной реакции, причем увеличение общего числа плазматических клеток происходило за счет всех форм, как юных, так и зрелых. Это свидетельствует об усилении интенсификации темпа деления клеточных элементов у половыпных животных. Наибольшей интенсивности плазмоцитарная реакция достигала на 7-й день исследования. В мазках-отпечатках преобладали плазмобласты и зрелые клетки. Меньше всего было незрелых клеток, в частности, на 21-й день исследования их количество было меньше контрольных цифр ($P > 0,05$). Кроме того, следует отметить, что интенсивность плазмоцитарной реакции изменялась в зависимости от вводимых доз ПЖЛ. Так, у мышей, получавших дозу белка в 600γ, общее число плазматических клеток незрелых и зрелых форм было меньше, чем у мышей, получавших 800γ. Это свидетельствует о том, что интервал времени и вводимая доза ПЖЛ влияют на течение иммунных процессов организма.

Таким образом, полученные результаты показали, что выделенные из небных миндалин продукты жизнедеятельности лимфоцитов стимулируют иммунный ответ, особенно на 7-й день исследования. Дальнейшее изучение биологических свойств ПЖЛ небных миндалин, возможно, поможет найти пути иммунокоррекции при

тонзиллите, осложненном аутоиммунными проявлениями.

Ереванский Государственный
медицинский университет

Литература

1. Иммунологические аспекты инфекционных заболеваний. Под ред. Дж. Дика. Пер. с англ. М.: Медицина, 1982. 576 с.
2. Механизмы иммунопатологии. Под ред. С. Коена, П.А. Уорда, П.Мак-Клоски. Пер. с англ. М.: Медицина, 1983. 400 с.
3. *Lowry O.H., Roserbough N.J., et al.* - Biol. Chem., 1951. V. 193. P. 256.
4. *Зильфян А.В., Овсепян Р.С., Хачатрян В.Г., Петросян М.С., Арутюнян С.Г.* - ПМТФ. № 3. 1986. С. 142-144.
5. *Ойвин И.А.* - Пат. физиология и эксп. терапия. 1960. № 4. С. 76-85.
6. *Быков В.П.* - Архив патологии. 1996. № 3. С. 23-30.
7. *Zaalberg O.B.* - Nature, 1934. V. 202. P. 1231.
8. *Покровская М.П., Краскина Н.А., Левинсон В.И. и др.* - ЖМЭИ. 1965. № 3. С. 78.

Մ.Ի. Գևորգյան, Ս.Ա. Բայբուրթյան, Կ.Ռ. Մանվելյան, Լ.Գ. Հովսեփյան

**Քմային նշիկներից ստացված լիմֆոցիտների կանսագործունեության
արգասիկների ազդեցությունը որոշ իմուն ցուցանիշների վրա
Էքսպերիմենտում**

Ուսումնասիրվել է քմային նշիկներից անջատված լիմֆոցիտների կենսագործունեության արգասիքների (ԼԿԱ) գոեցությունը օրգանիզմի իմունառեակտիվության որոշ ցուցանիշների փայծաղի իմունային ռոզետկազոյացման և պլազմազիտար ռեակցիայի վրա: Հետազոտությունը կատարված է սպիտակ մկների վրա, որոնց ներորովայնային ներարվել է 0,5 մլ լիմֆոկին սպիտակուլյցի 600-800 γ պարունակությամբ: Ուսումնասիրությունը կատարվել է հետազոտման դինամիկայում լիմֆոկինի ներարկման 7-րդ, 14-րդ և 21-րդ օրերում:

Հետազոտման արդյունքները ցույց են տալիս, որ ԼԿԱ-ի ազդեցության ներքո տեղի է ունենում իմունային ցուցանիշներ խթանում՝ ընդ որում ամենաբարձր ցուցանիշները դիտվել է հետազոտման 7-րդ օրը: Իսկ 14-րդ օրում նվազում է ինտենսիվությունը, սակայն նշված ցուցանիշներ փորձակենդանիների մոտ իմուն ցուցանիշների ստատիստիկորեն հավաստի բարձրացում:

Հետազոտման 21-րդ օրում ևս դիտվել է փորձակենդանիների մոտ իմուն ցուցանիշների ստատիստիկորեն հավաստի բարձրացում:

Հետազոտման արդյունքները վկայում են, որ իմունային ցուցանիշների վրա ազդում են ինչպես լիմֆոկինների տեղաչափը այնպես էլ ժամանակի ինտերվալը:

Հետազոտման տվյալները թելադրում են շարունակելու քմային նշիկներից անջատված ԼԿԱ-ի կենսաբանական հատկանիշների ուսումնասիրումը և քմային նշիկների բորբոքումից բարդացած աուտոիմուն պրոցեսների իմունոկոռեկցիայի ուղիների հայտնաբերումը:

УДК 616.8

А. Г. Назинян

Особенности артериального кровообращения при хронических цереброваскулярных заболеваниях

(Представлено академиком К. Г. Карагезяном 29/VI 2000)

Цереброваскулярные заболевания являются одной из важнейших проблем современной неврологии. Особое место в изучении ишемической болезни мозга занимают хронические цереброваскулярные заболевания (ХЦВЗ) - начальные проявления недостаточности мозгового кровообращения (НПНМК) и дисциркуляторная энцефалопатия (ДЭ). Тенденция к старению населения с увеличением числа ХЦВЗ, их прогрессивное течение, приводящее к выраженным нервно-психическим нарушениям и инвалидизации больных, определяют медико-социальную значимость и актуальность проблемы ХЦВЗ [1-4].

Комплексное клинико-доплерографическое обследование показало, что ДЭ I стадии и НПНМК сходны не только по клиническим проявлениям, но и характеру нарушений артериальной церебральной гемодинамики. Несмотря на то, что в работе сохранен принцип выделения этих стадий, полученные данные свидетельствуют о целесообразности их объединения в советской классификации сосудистых поражений нервной системы.

Среди параклинических методов обследования в литературе, посвященной ХЦВЗ, подробно рассматривается диагностическая значимость нейровизуализационных методик (в частности, МРТ) [1, 2, 5, 6, 10-13]. Что касается вопроса о применении доплерографии, то в клинической практике успешно используются методы диагностики поражения экстракраниальных артерий, тогда как применение транскраниальной доплерографии (ТКД) отражено в единичных исследованиях [7-9].

Целью настоящего исследования явилось изучение клинико-гемодинамических особенностей у больных с различными стадиями (в т. ч. по возрастным группам) ХЦВЗ.

В исследование были включены 37 пациентов с ХЦВЗ (25 мужчин и 12 женщин) от 46 до 85 лет (средний возраст $59,8 \pm 7,2$ лет). Больные с ДЭ (29 чел.) до 50 лет (1-я возрастная группа) составили 21,8%, 50-59 лет (2-я возрастная группа) - 33,5%, 60-69 лет (3-я возрастная группа) - 34,9%, старше 70 лет (4-я возрастная группа) - 9,8%. При этом пациенты с ДЭ III стадии преобладали в 4-й возрастной группе.

Диагностику НПНМК и ДЭ осуществляли по общепринятым критериям, приведенным в советской классификации сосудистых поражений головного мозга [3]. Исследование магистральных артерий головы (МАГ) в экстракраниальных отделах - ультразвуковую доплерографию (УЗДГ) и ТКД проводили при помощи многофункциональной доплеровской системы «Ангиодин». При УЗДГ осуществлялась поэтапная локация общих, внутренних (ВСА), наружных сонных артерий и позвоночных артерий (ПА). Перiorбитальная доплерография, включающая инсонацию кровотока по надблоковым артериям (НА), позволяла выявлять особенности гемодинамических изменений по глазничному анастомозу и степень его участия в коллатеральном кровообращении. При ТКД исследовался кровоток в интракраниальных отделах ВСА, средней (СМА), передней (ПМА) и задней (ЗМА) мозговых артериях, V-4 сегментах ПА и основной артерии (ОА). Определялись следующие показатели линейной скорости кровотока (ЛСК): максимальная систолическая (S), конечная диастолическая (B) и средняя (M) линейная скорость кровотока, а также основные параметры кровотока - индексы периферического сосудистого сопротивления - PI, RI и коэффициент асимметрии значений средней ЛСК (Km-ass).

В целом при ТКД использовались транстемпоральный, трансорбитальный и субокципитальный подходы. Полученные результаты сравнивались с нормальными для соответствующих возрастных категорий здоровых людей [7, 8]. Статистическая обработка включала расчет средних величин, их стандартных ошибок, достоверность различий между ними по критерию Стьюдента.

У пациентов с ДЭ ведущим этиологическим фактором чаще был церебральный атеросклероз (62,7%) или его сочетание с артериальной гипертензией (31,2%), причем на начальных стадиях преобладал церебральный атеросклероз, а в III стадии причиной заболевания являлись сочетанные варианты.

Клиническая картина ДЭ была представлена субъективной и объективной неврологической симптоматикой. Все исследуемые предъявляли жалобы на головную боль, переменную как по характеру и локализации, так и по степени выраженности, головокружение (в большинстве случаев (82,6%) несистемного характера), шум в голове (от сравнительно легкого и непостоянного до практически постоянного). Наряду с этим пациенты отмечали нарушения сна (56% пациентов в I стадии, 83,1% во II и 93,4% в III стадии) и расстройства памяти (39,8; 82,6 и 98,8% в I, II и III стадиях, соответственно).

В неврологическом статусе у больных выявлялись элементы псевдодобульбарного синдрома в виде рефлексов орального автоматизма и оживления нижнечелюстного рефлекса (75,2% случаев), реже (28%) этот синдром был представлен более полно - нарушением артикуляции и глотания. Атактические расстройства в виде мозжечковой атаксии конечностей и астазии-абазии нарастали от 27,4% в I до 71,8% в III стадии. Пирамидная недостаточность проявлялась гиперрефлексией, анизорефлексией сухожильных и периостальных рефлексов, легким снижением мышечной силы, пирамидными патологическими знаками, центральным парезом VII и XII ЧМН. Во II стадии ДЭ эти симптомы отмечались у 42,1% больных, в III стадии - в 63,4% случаев. Амниостатический симптомокомплекс в виде умеренной ригидности, преимущественно в ногах, и олигобрадикинезии значительно чаще отмечен в III стадии заболевания (22,8% в I и 60,2% в III стадии). Во II и III стадиях ДЭ отмечались нарушения походки по типу апраксии ходьбы (19,8 и 34,9%, соответственно). Нарушения функции тазовых органов в виде императивных позывов на мочеиспускание выявлены у 14,6% больных. Четких расстройств чувствительности у пациентов не обнаруживалось. Степень когнитивных расстройств значительно варьировала - от негрубых нарушений внимания и памяти при ДЭ I и II стадии до выраженной мнестической дисфункции, затрудняющей профессиональную и бытовую деятельность пациентов в III стадии заболевания. В целом психоорганический синдром выявлен во II и III стадиях у 19,3 и 42,9% больных, соответственно.

Результаты клинико-доплерографического исследования свидетельствуют о важнейшей роли окклюзирующих поражений МАГ в патогенезе ХЦВЗ - по мере прогрессирования заболевания наблюдается закономерность в виде увеличения частоты и степени стенотических поражений. Однако абсолютного параллелизма между нарастанием клинической симптоматики по мере прогрессивности ХЦВЗ, с одной стороны, и степенью выраженности атеросклеротического процесса, с другой, выявлено не было. Объяснением данному факту может служить многообразие приспособительных компенсаторных механизмов коллатерального кровообращения. Так, сравнительный анализ частоты функционирования передней соединительной артерии (ПСА), которая играет важную роль в осуществлении коллатерального кровообращения, показал, что у больных с НПНМК функционирующая ПСА выявляется в 78,6% случаев (что практически не отличается от таковой в здоровой популяции). Лишь в III стадии ДЭ разница становилась статистически достоверной - 20,9% ($p < 0,01$), в I и II стадиях заболевания отмечалась тенденциозная зависимость снижения частоты функционирования ПСА (68,6 и 51,8%, соответственно).

Проведенный сравнительный анализ изменений вышеуказанных скоростных и других основных доплерографических параметров кровотока (S, D, M, PI, RI, Km-ass), определяемых при различных доплерографических методиках (УЗДГ, периорбитальная доплерография и

ТКД) при ХЦВЗ, выявил преимущество ТКД.

При УЗДГ при исследовании церебральной гемодинамики в экстракраниальных отделах МАГ у пациентов с НПНМК сколь-нибудь существенных изменений со стороны ЛСК, PI, RI и Km-ass не наблюдалось. Отмечалась лишь легкая тенденция к снижению ЛСК по ПА. При ДЭ I стадии доплерографическая картина была аналогичной таковой при НПНМК, за исключением дальнейшего незначительного уменьшения абсолютных значений ЛСК по ПА. Во II стадии заболевания наблюдалось дальнейшее снижение скорости кровотока по ПА, а также по сонным артериям. Лишь в III стадии ДЭ происходило статистически достоверное ($p < 0,05$) уменьшение ЛСК в экстракраниальных отделах как каротидного, так и вертебрально-базилярного (ВББ) бассейнов. Как при НПНМК, так и на разных стадиях ДЭ изменения ИПС и Km-ass оставались в пределах соответствующих возрастных норм.

Сравнение основных показателей церебральной гемодинамики, полученных при УЗДГ в различных возрастных группах больных, выявило относительное уменьшение всех параметров ЛСК (S, D, M) как по ВСА, так и по ПА. Однако статистически достоверной ($p < 0,05$) разница ЛСК была лишь между 1-й и 4-й группами. При перiorбитальной доплерографии также отмечалось прогрессирующее снижение S, D и M, однако достоверных различий ЛСК по ПА по возрастным группам не обнаружено.

При ТКД у больных с НПНМК исследование церебрального кровотока выявило тенденцию к уменьшению ЛСК по артериям ВББ. У больных с ДЭ I стадии отмечалось статистически достоверное снижение скоростных параметров кровотока как по вертебрально-базилярному, так и каротидному руслу. Во II и III стадиях заболевания наблюдалось прогрессирующее статистически достоверное снижение ЛСК по интракраниальным сегментам ПА, ЗМА, ОА; СМА и ПМА. Необходимо подчеркнуть, что, как при НПНМК (когда каротидный бассейн был интактным), так и с нарастанием стадии ХЦВЗ темпы депрессии ЛСК по сосудам ВББ опережали таковые по сонным артериям.

Сопоставление скоростных ТКД-параметров, полученных в различных возрастных группах больных, показало статистически достоверное ($p < 0,05$) уменьшение ЛСК по СМА, V-4 сегментам ПА, ОА. По ПМА и ЗМА наблюдалась общая для всех интракраниальных сосудов тенденция к снижению кровотока, при этом лишь между 1-й и 4-й группами наблюдались достоверные различия.

Таким образом, изменения скоростных параметров мозгового кровотока на различных стадиях ХЦВЗ как при экстра-, так и при интракраниальной доплерографии заключались в постепенном прогрессирующем уменьшении их абсолютных значений (S, D, M). Однако если при УЗДГ статистически достоверное снижение ЛСК выявлялось лишь в III стадии ДЭ, а у больных НПНМК и ДЭ I, II стадий оно имело лишь тенденциозный характер ($0,05 < p < 0,1$), то при ТКД достоверное ($p < 0,05$) снижение кровотока определялось уже и в I стадии ДЭ.

Снижение ЛСК при НПНМК и ДЭ I стадии, как уже отмечалось, в большей степени проявлялось в ВББ. Более значимые изменения ЛСК в каротидном бассейне определяли нарастание клинической симптоматики во II и III стадиях заболевания. Такая картина динамики скоростных параметров кровотока отмечалась у 81,4% больных. Лишь у 18,6% пациентов нарушения ЛСК в начальных стадиях ХЦВЗ возникали либо в обоих артериальных бассейнах, либо изолированно в каротидном. При этом прослеживалась четкая взаимосвязь с этиологическим фактором заболевания: по мере нарастания стадии ХЦВЗ в случаях, когда ведущей причиной страдания была артериальная гипертензия, вышеуказанные изменения стартовали в МАГ каротидного бассейна, и, наоборот, у пациентов с церебральным атеросклерозом ЛСК, в первую очередь, снижалась в ВББ.

Сравнительный анализ результатов доплерографического обследования у больных ДЭ и их сопоставление с неврологической симптоматикой показал, что изменения ЛСК по сосудистым бассейнам, как правило, определяют превалирующий в клинической картине заболевания симптомокомплекс. Так, сочетание нескольких синдромов сопровождалось изменениями ЛСК практически по всем МАГ как при УЗДГ, так и при ТКД. У больных с преобладанием

когнитивных нарушений (в виде нарушения внимания, снижения памяти, изменения поведения) ЛСК в большей степени регрессировала по ПМА ($M =$ от $38,9 \pm 2,3$ до $28,1 \pm 3,1$ см/с). При этом степень снижения ЛСК по ПМА четко коррелировала с выраженностью психоневрологического дефицита: при клинически латентном (т. е. выявляемом лишь в процессе нейропсихологического исследования) психоневрологическом дефиците отмечалась относительная сохранность кровотока по ПМА ($38,9 \pm 2,3$ см/с), при значительном же снижении ЛСК по ПМА ($28,1 \pm 3,1$ см/с) этот дефицит чаще имел клинически очевидную форму. В случаях, когда ведущим являлся амиостатический синдром, прослеживалась тенденция к снижению ЛСК по ВСА и СМА. При преобладании мозжечковой и стволовой симптоматики определялось относительное уменьшение скорости кровотока по ПА (как экстракраниальным отделам, так и V-4 сегментам) и ОА ($m = 20,5 - 19,2$ см/с).

Подытоживая полученные ТКД-данные, можно заключить, что неуклонно прогрессирующий при ХЦВЗ атеросклеротический процесс сопровождается уменьшением скорости кровотока по МАГ. В целом результаты доплерографического обследования предопределяют нарастание симптомов органического поражения нервной системы от НПНМК к ДЭ III стадии. Причем в подавляющем большинстве наблюдений прослеживается соответствие локализации неврологической симптоматики бассейну сниженных скоростных параметров кровотока. При ДЭ II стадии, когда в клинической картине заболевания выделяется ведущий симптомокомплекс, эта закономерность выраженнее. В III стадии ДЭ, сопровождающейся сочетанием различных неврологических синдромов, ЛСК регрессирует практически по всем интракраниальным сосудам. При этом изменения ЛСК выявляются при ТКД на сравнительно ранних стадиях: если при УЗДГ статистически достоверное снижение ЛСК происходит лишь в III стадии ДЭ, то при ТКД - с I стадии заболевания. Как на экстра-, так и интракраниальном уровне депрессия кровотока изначально возникает по артериям ВББ; в дальнейшем изменения ЛСК по каротидному руслу «нагоняют» таковые по вертебрально-базилярному. Отметим также сравнительно более значимое снижение кровотока в каротидном бассейне по артериям левого полушария.

Таким образом, при ХЦВЗ, наряду с УЗДГ, целесообразно применение ТКД, позволяющей адекватно и разносторонне оценивать гемодинамические изменения в интракраниальных отделах МАГ, что, в конечном итоге, способствует осуществлению ранней диагностики, своевременной и адекватной терапии и профилактики заболевания.

ЛОО "Наири" МЗ РА
НИЦ "Ангионеврология"

Литература

1. *Верещагин Н. В., Моргунов В. А., Гулевская Т. С.* Патология головного мозга при атеросклерозе и артериальной гипертензии. М.: Медицина, 1997. 288 с.
2. *Дамулин И. В.* Дисциркуляторная энцефалопатия в пожилом и старческом возрасте. Докт. дис. М. 1997.
3. *Шмидт Е. В.* - Журн. невропатол. и психиатр. 1985. N 9. С. 1281-1288.
4. *Яхно Н. Н., Дамулин И. В.* - Росс. мед. журн. 1999. N 5. С. 3-7.
5. *Дамулин И. В., Левин О. С., Яхно Н. Н.* - Невролог. журн. 1999. Т. 4. N 2. С. 20-25.
6. *Дамулин И. В.* - Невролог. журн. 1999. Т.4. N 3. С. 4-11.
7. *Кунцевич Г. И.* Ультразвуковая доплерография сосудов дуги аорты и их ветвей. (Метод.

реком.). М.: АО «Спектрмед», 1996. С. 7.

8. *Никитин Ю. М., Труханов А. И.* Ультразвуковая доплеровская диагностика сосудистых заболеваний. М.: Медицина, 1998. 431 с.

9. *Шахнович А. Р., Шахнович В. А.* Диагностика нарушений мозгового кровообращения. Транскраниальная доплерография. М.: Медицина, 1996. 446 с.

10. *Fornarelli D., Ascoli G., Rossi R. et al.* - Radiol. Med. 1996. V. 92. P. 22-27.

11. *Hillam J., Graham N.* - Age-Ageing. 1996. V. 25. P. 414-415.

12. *Koshi Y., Kitamura S.* - Rinsho. Shink. 1996. V. 36. P. 746-751.

13. *Yakhno N. N., Damulin I. V., Levin O. S.* In: XVI World Congress of Neurology. Buenos Aires. 1997. Abstracts N 5-12-32.

Ա. Ն. Նազինյան

Զարկերակային արյան շրջանառության առանձնահատկությունները գլխուղեղի անոթային քրոնիկ հիվանդությունների ժամանակ

Հետազոտության նպատակն է բացահայտել գլխուղեղի անոթային քրոնիկ հիվանդությունների դեպքում տրանսկրանիալ դոպլերոգրաֆիայի կիրառման հիմնական ուղղությունները և կոռելյացիոն հնարավորությունները:

Ցույց է տրված, որ տրանսկրանիալ դոպլերոգրաֆիայի մեթոդն ունի ակնհայտ առավելություն էքստրակրանիալ տարբերակի համեմատությամբ: Էքստրակրանիալ դոպլերոգրաֆիայի կիրառմամբ հստակ ստատիստիկ փոփոխությունները ի հայտ են գալիս միայն քրոնիկ ցերեբրովասկուլար հիվանդության երրորդ ստադիայում, այն ժամանակ, երբ տրանսկրանիալ դոպլերոգրաֆիայի մեթոդով նույնատիպ փոփոխությունները որոշվում են հիվանդության դեբյուտում, այսինքն՝ առաջին ստադիայում:

Այսպիսով, տրանսկրանիալ դոպլերոգրաֆիայի մեթոդը նպաստում է վերոհիշյալ հիվանդությունների վաղ ախտորոշմանը, պատեհաժամ և համապատասխան բուժմանը և պրոֆիլակտիկային:

УДК 597.82:612.886

Академик В. В. Фанарджян, Л. Р. Манвелян, А. М. Насоян

**Электрофизиологические особенности
вестибулоспинальных нейронов лягушки**

(Представлено 17/VIII 2000)

Наряду с многочисленными исследованиями мотонейронов спинного мозга у бесхвостых [1-5], относительно мало работ выполнено по электрофизиологическому анализу нейронов нисходящих путей спинного мозга амфибий [6, 7]. Среди последних вестибулярные ядра у бесхвостых занимают уникальную позицию, поскольку подвержены значительным модификациям, отражающим изменения в среде обитания (частичный или полный переход на сушу) и развитие четырехконечного тела. Уже на этом эволюционном этапе вестибулярные ядра представляют центральные структуры, оказывающие регулирующее влияние на двигательные центры. В филогенетическом ряду вестибулярные ядра относятся к первым супраспинальным группам клеток, которые обособляются от ретикулярной формации, и их трактовые волокна, нисходящие в спинной мозг, составляют одну из древних систем надсегментарного контроля [8, 9]. В настоящем сообщении приведены результаты электрофизиологического изучения особенностей антидромной активации вестибулоспинальных нейронов на стимуляцию различных уровней спинного мозга у озерной лягушки (*Rana ridibunda*).

Эксперименты выполнялись на перфузированном препарате мозга взрослой лягушки [7]. Животных глубоко наркотизировали раствором MS-222 (2 мг/кг) или эфиром, охлаждали колотым льдом и иммобилизовали внутримышечным введением succinylcholina (1%-ный раствор, 2 мг/кг массы тела, периодически при необходимости). Электрическое раздражение осуществлялось одиночными прямоугольными ударами тока (0.1-0.2 мс, 0.05-0.4 мА), которые прикладывались через биполярные вольфрамовые электроды к передней ветви VIII черепного нерва, а также к вентральному канатику спинного мозга на уровне его шейного (II пара спинномозговых нервов) и поясничного (VIII-X пары спинномозговых нервов) утолщений с целью антидромной активации вестибулоспинальных нейронов. Для внутриклеточного отведения использовались сточенные стеклянные микроэлектроды, заполненные 2 М раствором хлористого калия с сопротивлением 10-20 МОм. Применялся компьютерный анализ данных.

Раздражение ипсилатерального вестибулярного нерва вызывало в вестибулярном ядерном комплексе (ВЯК) фокальные (полевые) потенциалы, состоящие из двух последовательных негативных компонентов: N_0 (активация вестибулярных афферентных волокон) и N_1 (постсинаптическая активация центральных вестибулярных нейронов). При внутриклеточном отведении электрической активности вестибулярных нейронов второго порядка на стимуляцию вестибулярного нерва возникал химически передаваемый моносинаптический возбуждающий постсинаптический потенциал, синхронный с N_1 компонентом со скрытым периодом 1.5-2.96 мс.

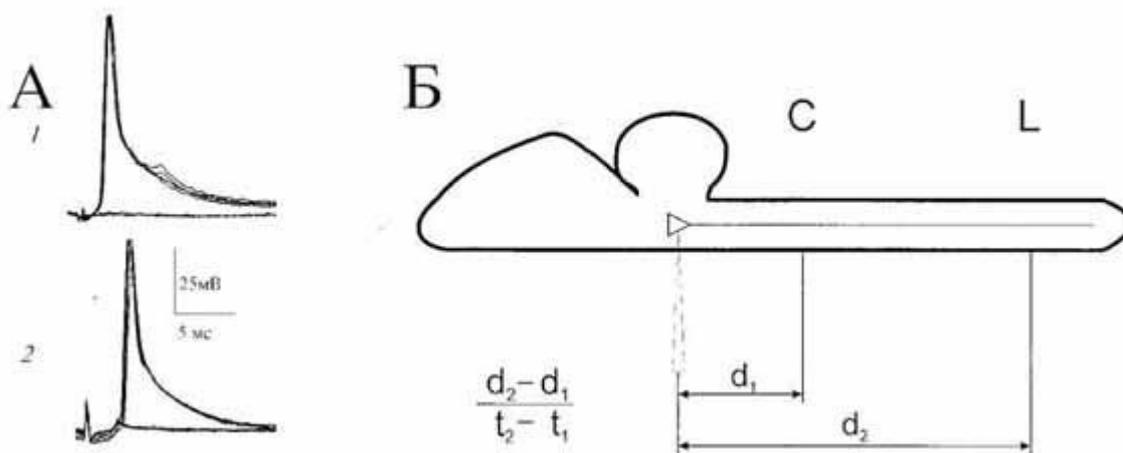


Рис. 1. Антидромная активация вестибулоспинальных нейронов на стимуляцию спинного мозга лягушки. А - антидромные потенциалы действия С (1) и L (2) нейронов; Б - схема измерения скорости проведения возбуждения по волокнам вестибулоспинального тракта; d_1 и d_2 - расстояния, измеренные по вентральной поверхности спинного и продолговатого мозга от участков раздражения шейных (С) и поясничных (L) сегментов до места входа микроэлектрода в мозг; t_1 и t_2 - скрытые периоды антидромных ответов нейрона на стимуляцию шейных и поясничных сегментов спинного мозга, соответственно.

В ответ на раздражение вестибулоспинального тракта в нейронах ВЯК возникали антидромные потенциалы действия, которые характеризовались при применении различных интенсивностей раздражения коротким и фиксированным скрытым периодом, короткой рефрактерностью, способностью воспроизводить высокочастотное раздражение и отсутствием предшествующего медленного препотенциала. Клетки, которые могли быть антидромно активированы только на раздражение шейного отдела спинного мозга, были обозначены С нейронами. Эта группа клеток включала нейроны, проецирующиеся в шейный, грудной и верхний поясничный отделы спинного мозга (рис. 1, А 1). Клетки, которые активировались при раздражении и поясничных сегментов, обозначались L нейронами. Их аксоны доходили до пояснично-крестцовых отделов спинного мозга (рис. 1, А 2). Скрытые периоды антидромных потенциалов действия С нейронов составляли 0.57- 3.6 мс (в среднем 1.57 ± 1.69 мс; $n=121$). Антидромные потенциалы L нейронов возникали со скрытыми периодами 1.3-3.89 мс (в среднем 2.18 ± 2.25 мс; $n=94$).

Как показано на рис. 1, Б, когда клетка ВЯК антидромно активируется на стимуляцию шейного (С) и поясничного (L) отделов спинного мозга, скорость проведения по ее аксону может быть высчитана как отношение $(d_2-d_1)/(t_2-t_1)$, при котором t_1 и t_2 являются величинами скрытых периодов нейрона на раздражение шейного (С) и поясничного (L) сегментов спинного мозга (рис. 1), а d_1 и d_2 представляют расстояние между местом введения микроэлектрода в ствол мозга и участками стимуляции С и L сегментов. Измеренное нами расстояние между С и L раздражаемыми участками составило 7.0-13.0 мм (в среднем 9.55 ± 9.66 мм; $n=97$). Расстояние между местом введения микроэлектрода в мозг и раздражаемыми шейными сегментами измерялось 3.8-9.9 мм (в среднем 6.22 ± 6.34 мм; $n=125$). Вычисленная вышеотмеченным способом скорость проведения для L нейронов составила 2.5-42.8 м/с (в среднем 15.84 ± 18.42 м/с; $n=108$). Однако определение скорости проведения для тех же самых

нейронов при использовании отношения d_2/t_2 показало ее снижение. Впервые на наличие разницы в результатах измерения скорости проведения при использовании отношения $(d_2 - d_1)/(t_2 - t_1)$ и d_2/t_2 обратил внимание Ито с соавт. [10]. Было показано, что при исследовании вестибулоспинальных нейронов кошки второй способ вычисления занижает скорость проведения на 30%. Это обусловлено следующими тремя факторами: 1) наличием скрытого периода возникновения распространяющегося возбуждения под раздражающими электродами [11]; 2) замедлением скорости проведения при вхождении нервного импульса в сому нейрона из-за падения фактора надежности проведения на участке границы начального сегмента и сома-дендритной мембраны [12-14]; 3) удлинением пути прохождения нервного импульса из-за отклонения исследуемых трактовых волокон [10]. Проведенное нами исследование показало, что у лягушки использование второго способа вычисления (d_2/t_2) занижает скорость проведения на 78%. Важно отметить, что согласно данным Магерини и соавт. [3] и Гринелл [2] в спинном мозгу лягушки часто наблюдается отсутствие антидромной инвазии мотонейронов на стимуляцию переднего корешка. Это может быть обусловлено тем, что область начального сегмента лягушки имеет более высокое для генерации спайка сопротивление, чем таковая у мотонейронов кошки, что несомненно может задерживать скорость распространения импульса [5]. С учетом отмеченных факторов скорость проведения для С нейронов (d_1/t_1) была определена равной 3.6-23.5 м/с (в среднем 10.67 ± 11.54 м/с; $n=128$). Общая скорость проведения для всех исследованных С и L нейронов составила 2.5-4.28 м/с (в среднем 13.04 ± 15.085 м/с; $n=236$). На рис. 2 представлена гистограмма распределения скоростей для С и L нейронов.

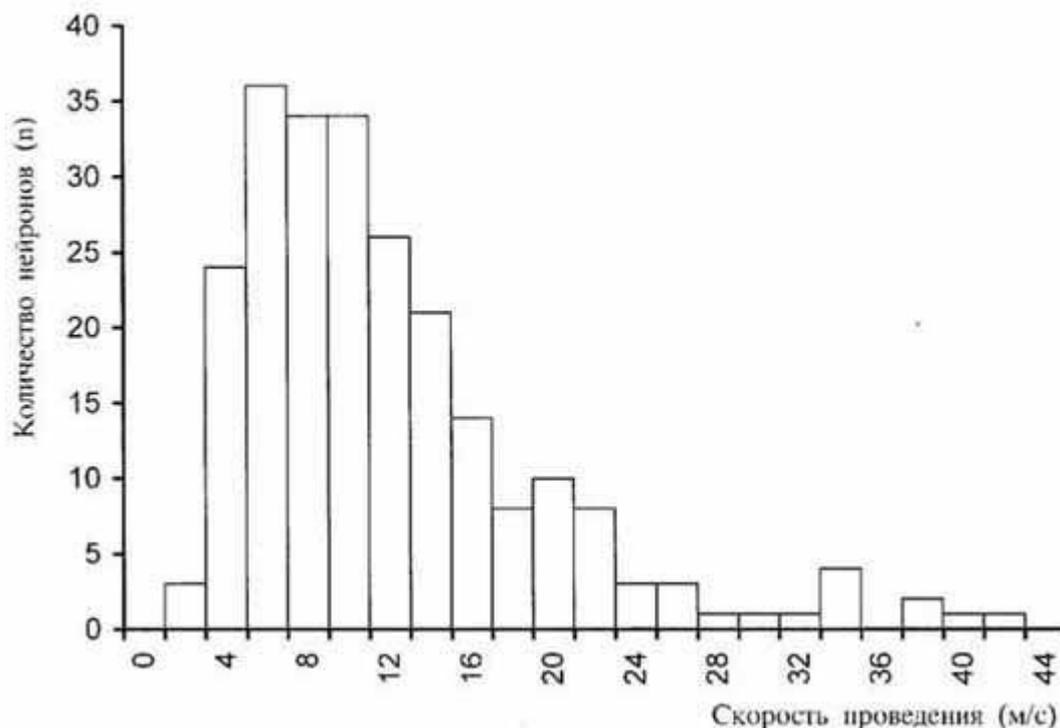


Рис. 2. Гистограмма распределения скоростей проведения по С и L вестибулоспинальным нейронам лягушки.
По оси абсцисс-скорости проведения, в м/с;
по оси ординат - количество исследованных нейронов (n).

Литература

1. *Araki T.* - Jap. J. Physiol. 1960. V. 10. P. 518-532.
2. *Grinnell A. D.* - J. Physiol. (London). 1966. V. 182. P. 612-648.
3. *Magherini P. C., Precht W., Schwindt P. C.* - 1976. Neurophysiol. V. 39. P. 459-473.
4. *Magherini P.C., Precht W., Schwindt P. C.* - 1976. Neurophysiol. V. 39. P. 474-500.
5. *Shwindt P. C.* - In: Frog Neurobiology, A Handbook. Eds. R. Llinas, W. Precht. Berlin, Springer Verlag, 1976. P. 750-764.
6. *Precht W., Richter A, Ozawa S., Shimazu H.* - Exp. Brain Res. V. 19. P. 377-393.
7. *Fanardjian V. V., Manvelyan L. R., Zakarian V. L., Pogossian V. I., Nasoyan A. M.* - Neuroscience. 1999. V. 94. P. 845-857.
8. *Shapovalov A. A.* - Rev. Physiol. Biochem. Pharmac. 1975. V 72. P 1-54.
9. *H. J. Ten Donkellar* - In: The Central Nervous System of Vertebrates. Eds. R. Nieuwenhuys, H. J. Ten Donkellar. C. Nicholson. Springer. 1997. V 2. P. 1151-1314.
10. *Ito M., Hongo T., Yoshida M., Okada Y., Obata K.* - Jap. J. Physiol. 1964. V 14. P 638-658.
11. *Берутов И. С.* - Общая физиология мышечной и нервной систем. М.: Медгиз, 1959.
12. *Brock L. G., Coombs J. S., Eccles J. C.* - J. Physiol. (London). 1952. V. 117. P. 431-460.
13. *Coombs J. S., Curtis D. R., Eccles J. C.* - J. Physiol. (London). 1957. V. 139. P. 232-249.
14. *Экклс Дж.* - Физиология синапсов. М.: Мир, 1966.

Ակադեմիկոս Վ. Բ. Ֆանարջյան, Լ. Ռ. Մանվելյան, Ա. Մ. Նասոյան

**Գորտի վեստիբուլյար-ողնուղեղային նեյրոնների
էլեկտրաֆիզիոլոգիական առանձնահատկությունները**

Գորտի ուղեղի պերֆուզված պատրաստուկի օրինակի վրա ներբջջային գրանցման մեթոդով ուսումնասիրվել են վեստիբուլյար-ողնուղեղային նեյրոնների էլեկտրաֆիզիոլոգիական բնութագրիչները: Առանձնացվել են C և L նեյրոնները, որոնք հակընթաց ակտիվացվում են ողնուղեղի համապատասխան պարանոցային և գոտկային շրջանների գրգռման ժամանակ: Բացահայտվել են C և L նեյրոնների ակտիվացման չափանիշների ներքոհիշյալ միջին մեծությունները. հակընթաց գործողության պոտենցիալների գաղտնի շրջանները՝ C (1,57 մ/վրկ) և L (2,18 մ/վրկ) հաղորդման արագությունները՝ C (10,67 մ/վրկ) և L (15,84 վ/վրկ), ինչպես նաև C և L նեյրոնների հաղորդման ընդհանուր արագությունը (13,04 մ/վրկ):