

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
 АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
 ДОКЛАДЫ

LXVIII, № 5

1979

Խմբագրական կոլեգիա

Գ. Ա. ԱՐՁՈՒՄԱՆՅԱՆ, տեխ. գիտ. բեկնածու (պատ. ֆաբրիկար), է. Գ. ԱՅՐԻԿՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ բզրակից-անդամ, Ա. Թ. ԲԱԲԱՆՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Հ. Խ. ԲՈՒՆՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ բզրակից-անդամ, Վ. Մ. ԹՍՌԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ բզրակից-անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագրի տեղակալ), Հ. Գ. ՄԱՂԱՔՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Դ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր), Գ. Ս. ՈԱՀԱԿՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ բզրակից-անդամ, Օ. Մ. ՈԱԳՈՆՋՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ բզրակից-անդամ, Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ բզրակից-անդամ, Վ. Ր. ՅԱՆԱՐՁՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ բզրակից-անդամ:

Редакционная коллегия

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Г. А. АРЗУМАНЯН, канд. техн. наук (отв. секретарь), Э. Г. АФРИКЯН, чл.-корр. АН АрмССР, А. Т. БАБАЯН, академик АН АрмССР, Г. Х. БУНЯТЯН, академик АН АрмССР, В. О. КАЗАРЯН, академик АН АрмССР (зам. отв. редактора), И. Г. МАГАКЬЯН, академик АН АрмССР, А. Г. НАЗАРОВ, академик АН АрмССР (отв. редактор), Г. С. СААКЯН, чл.-корр. АН АрмССР, О. М. САПОНДЖЯН, чл.-корр. АН АрмССР, А. А. ТАЛАЛЯН, чл.-корр. АН АрмССР, В. М. ТАРАЯН, чл.-корр. АН АрмССР, М. Л. ТЕР-МИКАЕЛЯН, чл.-корр. АН АрмССР, В. В. ФАНАРДЖЯН, чл.-корр. АН АрмССР.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

42

ՄԱՔԵՄԱՏԻԿԱ

- Է. Ա. Միրզախանյան—Հիթերտյան տարածության ենթաբազմությունների արտապատկերումների մի դասի հատկությունների մասին 267
- Վ. Ա. Արզումանյան—Հերեզի տարածության էնդոմորֆիզմների հետ զուգորդված գործոններ 268
- Ա. Դ. Սարգսյան—Իտերատիվ ցանցերով թվաբանական ֆունկցիաների իրացման մասին 267

ԱՌԱՋԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

- Ս. Մ. Միտրայան, Ֆ. Ս. Թուրսյան—Առաձգական զեդի և զեդային խոռոչով առաձգական տարածության կոնտակտային փոխազդեցության առանցքասիմետրիկ խնդրի մասին 273

ՖԻԶԻԿԱ

- Գ. Ա. Գևորգյան, Ե. Վ. Կոչևերսկի, Վ. Ֆ. Կուպրիշով—Մզման ճառագայթման բաշխումը $YAG:Nd^{3+}$ իջ պատրաստված ուղղանկյուն կտրվածքով լազերային ակտիվ էլեմենտներում 280

ԲԻՈՖԻԶԻԿԱ

- Մ. Ա. Սուլեյմանյան—Խիունջի զիզանտ նեյրոնի մեմբրանի էլեկտրական ակտիվության վրա օսմոտրիկ ճնշման ազդեցության մասին 285

ԲԻՈՔԻՄԻԱ

- Ժ. Ա. Կծոյան, Ն. Ն. Սարգսյան, Կ. Ա. Արակելովա—Դնթ-պոլիմերազա 1-ի ակտիվության զուգորդումը S-derby-ի pGK-101 R-պլազմիդայի հետ 291
- Վ. Ս. Փաւսպանով—Ջրի հասանելիությունը նեյրոկուպրեինի պղնձի համար 296
- Հ. Մ. Գևորգյան, Ս. Ն. Հայրապետյան—Խիունջի հսկա նեյրոնների ներքջային իոնական կազմի վրա ածետիխոլինի (ԱԽ) ազդեցության մեխանիզմի մասին 300

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

- Ա. Ա. Հևիմյան, Գ. Ի. Գրիգորյան, Բ. Ա. Հաբուրյունյան—Կոզակ—Շտրոման նկատմամբ զգացողության տարածական բաշխումը կատվի տեսաթմբի ետին խմբի կորիզների նեյրոնների ռեցեպտիվ դաշտերում 305

Основан в 1944 г.
Периодичность—10 номеров в год
На русском языке

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
МАТЕМАТИКА	
Э. А. Мирзаханян—О свойствах одного класса отображений подмножеств Гильбертова пространства	257
В. А. Арзуманян—Факторы, ассоциированные с эндоморфизмами пространства Лебега	262
А. Д. Саркисян—О реализации арифметических функций на итеративных сетях.	267
ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ	
С. М. Мхитарян, Ф. С. Торосян—Об осесимметрической задаче контактного взаимодействия упругого шара и упругого пространства со сферической полостью	273
ФИЗИКА	
Г. А. Геворгян, Е. В. Кошеверский, В. Ф. Купришов—Распределение излучения накачки в лазерных активных элементах из АНГ Nd^{3+} прямоугольного сечения	280
БИОФИЗИКА	
М. А. Сулейманян—О действии осмотического давления на электрическую активность мембраны гигантского нейрона улитки	286
БИОХИМИЯ	
Ж. А. Кцоян, Н. Н. Саркисян, К. А. Аракелова—Ассоциация активности ДНК-полимеразы типа I с R-плазмидой PGK—101 S. derby	291
В. С. Гаспаров—Доступность меди нейрокуперена для воды	296
А. М. Геворкян, С. Н. Айрапетян—О механизме действия ацетилхолина на внутриклеточный ионный состав гигантского нейрона улитки	300
ФИЗИОЛОГИЯ	
А. А. Экимян, Г. Е. Григорян, Б. А. Арутюнян-Козак—Пространственное распределение чувствительности к движению в рецептивных полях нейронов подушечно-заднелатерального комплекса таламуса кошки	306

CONTENTS

MATHEMATICS

- E. A. Mirzakhanian*—On the properties of a class of mappings of subsets of Hilbert spaces. 257
- V. A. Arzumanian*—Factors associated with endomorphisms of a Lebesgue space. 262
- A. D. Carkisian*—Realization of arithmetical functions on the iterative cellular networks. 267

THEORY OF ELASTICITY

- S. M. Mkhitarian, F. S. Torossian*—On the axially-symmetrical problem of the contact interaction for an elastic sphere with an elastic space with a spherical cavity. 273

PHYSICS

- G. A. Gevorgian, E. V. Kosheverky, V. F. Kuprishov*—Pumping radiation distribution in laser active YAG—Nd³⁺ ions with rectangular cross-section 280

BIOPHYSICS

- M. A. Suleymanian*—On the effect of osmotic pressure on the electrical activity of the snails giant neurons 286

BIOCHEMISTRY

- G. A. Ktsoyan, H. H. Sarkisian, K. A. Arakelova*—The association of DNA-polymerase type-I activity with R plasmid pGK101 S. derby 291
- V. S. Gasparov*—Accessibility of neurocuprein copper to water 296
- A. M. Gevorgian, S. N. Ayrapiian*—On the mechanism of acetylcholine effect on the intracellular ionic composition of the snail's giant neuron 301

PHYSIOLOGY

- A. A. Hekimian, G. E. Grigorian, B. A. Harutunian-Kozak*—A spatial distribution of dynamic sensitivity in receptive fields of the thalamic pulvinar-lateralis posterior complex of a cat. 306

Технический редактор Л. А. АЗИЗБЕКЯН

ВФ 00046. Подписано к печати 10/VIII 1979 г. Тираж 535. Изд. 3084, Заказ 453

Формат бумаги 70×108¹/₁₆. Печ. л. 4,0. Бум. л. 2.

Усл. печ. л. 5,6. Уч. изд. листов 4,35.

Издательство АН АрмССР, Ереван, Барекамутян 24-г.
Типография Издательства АН Армянской ССР, г. Эчмиадзин

УДК 01.006

МАТЕМАТИКА

Э. А. Мирзаханян

О свойствах одного класса отображений подмножеств Гильбертова пространства

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. А. Александрияном 23/III 1979)

В настоящей статье проводится дальнейшее изучение введенного В. Г. Болтянским ⁽¹⁾ класса $\mathcal{B}$ непрерывных отображений подмножеств вещественного сепарабельного гильбертова пространства H^{∞} ^(2,3). Построение и доказательства ряда основных свойств класса $\mathcal{B}$ содержатся в ⁽¹⁾. Сначала напомним определение этого класса.

Пусть G — произвольное открытое подмножество пространства H , а $f: G \rightarrow H$ — непрерывное отображение. Будем говорить, что отображение f принадлежит классу $\mathcal{B}$, если для любой точки $x_0 \in G$ и для любого $\varepsilon > 0$ существуют окрестность $U \subset G$ точки x_0 , конечномерное подпространство $L \subset H$, действительные числа $\delta > 0$ и λ такие, что если точки $x, y \in U$ и угол между вектором $x - y$ и подпространством L не меньше $\pi/2 - \delta$, то выполнено соотношение

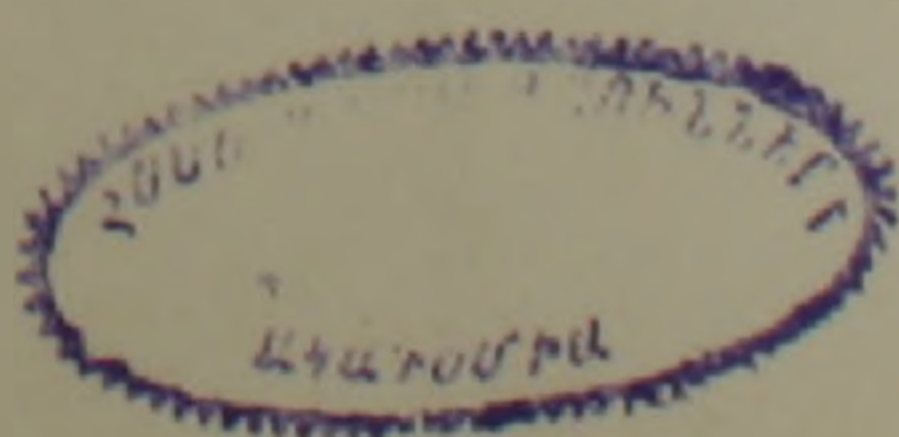
$$\|f(x) - f(y) - \lambda(x - y)\| \leq \varepsilon \|x - y\| \quad (*)$$

Оказывается, что фигурирующие в этом определении числа λ порождают вещественную непрерывную функцию $\lambda_f: G \rightarrow \mathbb{R}$, однозначным образом определяемую самим отображением f и называемую его терминальной производной. Таким образом, через терминальную производную соотношение $(*)$ записывается в виде $\|f(x) - f(y) - \lambda_f(x_0)(x - y)\| \leq \varepsilon \|x - y\|$.

Пусть теперь M произвольное бесконечномерное ($\dim M = \infty$) подмножество пространства H , а $f: M \rightarrow H$ непрерывное отображение. Мы скажем, что f принадлежит классу $\mathcal{B}$, если существуют такое открытое подмножество $G \subset H$ и такое отображение $g: G \rightarrow H$, принадлежащее классу $\mathcal{B}$, что $M \subset G$ и $f(x) = g(x)$ для каждой точки $x \in M$.

Одним из основных свойств $f: M \rightarrow H$ класса $\mathcal{B}$ является локальное удовлетворение условию Липшица, т. е. для любой точки $x_0 \in M$ существуют такие числа $r > 0$ и $c > 0$, что если $x, y \in M$ и $\|x - x_0\| < r$ и $\|y - x_0\| < r$, то $\|f(x) - f(y)\| \leq c \|x - y\|$.

Предложение 1. Пусть G открытое подмножество пространства H , а $f: G \rightarrow H$ отображение класса $\mathcal{B}$; пусть далее $x_0 \in G$ такая



точка, у которой существует окрестность $U \subset G$ такая, что $f(U) \subset X$, где подмножество X удовлетворяет одному из следующих условий:

I) X — конечномерно ($\dim X < +\infty$);

II) X — локально компактно (в частности, компактно).

Тогда терминальная производная $\lambda_f(x)$ отображения f в точке x_0 равна нулю.

Следствие. Если G открыто в H , то для всякого конечномерного или вполне непрерывного отображения $f: G \rightarrow H$, принадлежащего классу B , терминальная производная $\lambda_f(x)$ тождественно равна нулю на G .

Замечание. Предыдущие утверждения остаются справедливыми, если открытое подмножество пространства H заменить открытым подмножеством подпространства H_1 конечного дефекта пространства H .

Пусть теперь M — произвольное подпространство пространства H и $p: H \rightarrow M$ — ортогональное проектирование. Тогда имеет место следующее утверждение:

Предложение 2. Отображение p принадлежит классу B тогда и только тогда, когда подпространство M либо конечномерно, либо имеет конечный дефект в H .

Композиция двух отображений, принадлежащих классу B , также принадлежит (¹) этому классу. Приведем два утверждения относительно принадлежности к классу B композиции двух отображений.

Предложение 3. Пусть G и G' — открытые подмножества пространства H ; $f: G \rightarrow G'$ — отображение, принадлежащее классу B , терминальная производная $\lambda_f(x)$ которого тождественно равна нулю на G . Тогда для любого непрерывного отображения $g: G' \rightarrow H$, локально удовлетворяющего условию Липшица, композиция $h = g \circ f: G \rightarrow H$ также принадлежит классу B и терминальная производная $\lambda_h(x)$ отображения h равна тождественно нулю на G .

В силу этого предложения и из следствия к предложению 1, а также из того факта, что всякое линейное вполне непрерывное отображение $f: G \rightarrow H$ принадлежит классу B , причем его терминальная производная $\lambda_f(x)$ тождественно равна нулю на G , приходим к следующему утверждению:

Следствие. Если $f: G \rightarrow G'$ — линейное вполне непрерывное отображение, а непрерывное отображение $g: G' \rightarrow H$ локально удовлетворяет условию Липшица, то отображение $h = g \circ f: G \rightarrow H$ принадлежит классу B .

Замечание. В предложении 3 условие $\lambda_f(x) \equiv 0$ на G не может быть опущено. В самом деле, пусть $f = I_H: H \rightarrow H$ — тождественное отображение (которое, очевидно, принадлежит классу B , причем $\lambda_f(x) \equiv 1$ на H), а $g: H \rightarrow H$ — ортогональное проектирование пространства H на бесконечномерное подпространство M бесконечного дефекта в H . Тогда из предложения 2 следует, что отображение $g \circ f = g: H \rightarrow H$ не принадлежит классу B .

Предложение 4. Пусть G и G' открытые подмножества пространства H , а $f: G \rightarrow G'$ и $g: G' \rightarrow H$ непрерывные отображения, удовлетворяющие условиям:

- I) f локально удовлетворяет условию Линнича;
- II) какова бы ни была точка $x_0 \in G$, для всякой окрестности $U' \subset G'$ точки $f(x_0)$ и для конечномерного подпространства $L' \subset H$ существуют окрестность $U \subset G$ точки x_0 и конечномерное подпространство $L \subset H$ такие, что если $x, y \in U$ и вектор $(x-y) \perp L$, то $f(x), f(y) \in U'$ и вектор $(f(x)-f(y)) \perp L'$;
- III) g принадлежит классу $\bar{B}$ и $\lambda_g(x) \equiv 0$ на G' .

Тогда композиция $h = g \circ f: G \rightarrow H$ принадлежит классу $\bar{B}$, причем $\lambda_h(x) \equiv 0$ на G .

Следствие. Пусть $f: H \rightarrow H$ линейное отображение, сохраняющее скалярное произведение. Тогда для любого отображения $g: H \rightarrow H$, принадлежащего классу $\bar{B}$ и такого, что $\lambda_g(x) \equiv 0$ на H , отображение $h = g \circ f: H \rightarrow H$ принадлежит классу $\bar{B}$.

Замечание. Простые примеры показывают, что в предложении 4 условие $\lambda_g(x) \equiv 0$ на G' также не может быть опущено.

Перейдем теперь к рассмотрению замыкания $\bar{B}$ класса B .

Определение. Пусть G — произвольное открытое подмножество пространства H , а $f: G \rightarrow H$ некоторое непрерывное отображение. Будем говорить, что отображение f принадлежит $\bar{B}$, если существует последовательность (f_n) отображений $f_n: G \rightarrow H$, принадлежащих классу B , равномерно (относительно каждого ограниченного подмножества $A \subset G$), сходящаяся ⁽²⁾ к отображению f , т. е. для всякого $\varepsilon > 0$ и для всякого ограниченного подмножества $A \subset G$ существует такой номер n_0 , что для всех $n \geq n_0$ выполняется соотношение $\|f_n(x) - f(x)\| < \varepsilon$ для всех точек $x \in A$.

Если теперь M — произвольное бесконечномерное подмножество пространства H и $g: M \rightarrow H$ — непрерывное отображение, то мы скажем, что g принадлежит $\bar{B}$, если существуют открытое подмножество $G \supset M$ из H и отображение $f: G \rightarrow H$ такие, что $f \in \bar{B}$ и $f(x) = g(x)$ для каждой точки $x \in M$.

Пусть G открытое подмножество из H , а $f: G \rightarrow H$ — произвольное отображение из класса $\bar{B}$. Пусть далее (f_n) — некоторая последовательность отображений $f_n: G \rightarrow H$, принадлежащих классу B , равномерно сходящаяся к f , и пусть $\lambda_n(x) = \lambda_{f_n}(x)$ — терминальная производная отображения f_n . Рассмотрим произвольную точку x_0 множества G и некоторую ее ограниченную окрестность $A \subset G$. Зададим $\varepsilon > 0$ произвольно; тогда существует n_0 такой, что для всех $n \geq n_0$ $\|f_n(x) - f(x)\| < \varepsilon/2$ для всех $x \in A$. Зафиксируем $n > n_0$, тогда из $f_n \in B$ следует, что существуют окрестность $U_n \subset A$ точки x_0 , конечномерное подпространство $L_n \subset H$ и число $\delta_n > 0$ такие, что если $x, y \in U_n$ и угол между вектором $x-y$ и подпространством L_n не

меньше $\pi/2 - \delta_n$, то выполнено соотношение $\|f_n(x) - f_n(y) - \lambda_n(x_0)(x - y)\| \leq \varepsilon \|x - y\|$.

Для этих же точек x и y будем иметь $\|f(x) - f(y) - \lambda_n(x_0)(x - y)\| \leq \|f_n(x) - f_n(y) - \lambda_n(x_0)(x - y)\| + \|f_n(x) - f(x)\| + \|f_n(y) - f(y)\| \leq \varepsilon \|x - y\| + \varepsilon$.

Аналогичным образом для другого фиксированного $m > n_0$ будут существовать окрестность $U_m \subset A$ точки x_0 , конечномерное подпространство $L_m \subset H$, число $\delta_m > 0$ такие, что если $x, y \in U_m$ и угол между вектором $x - y$ и подпространством L_m не меньше $\pi/2 - \delta_m$, то выполняется соотношение

$$\|f(x) - f(y) - \lambda_m(x_0)(x - y)\| \leq \varepsilon \|x - y\| + \varepsilon.$$

Пусть $U = U_m \cap U_n$, $\delta = \min(\delta_m, \delta_n)$ и L — линейная оболочка подпространств L_m и L_n . Тогда если точки $x, y \in U$ и угол между вектором $x - y$ и подпространством L не меньше $\pi/2 - \delta$, то будем иметь

$$\begin{aligned} |\lambda_m(x_0) - \lambda_n(x_0)| \|x - y\| &= \|(\lambda_m(x_0) - \lambda_n(x_0))(x - y)\| = \\ &= \|(f(x) - f(y) - \lambda_n(x_0)(x - y)) - (f(x) - f(y) - \lambda_m(x_0)(x - y))\| \leq \\ &\leq \|f(x) - f(y) - \lambda_n(x_0)(x - y)\| + \|f(x) - f(y) - \lambda_m(x_0)(x - y)\| \leq \\ &\leq \varepsilon \|x - y\| + \varepsilon + \varepsilon \|x - y\| + \varepsilon. \end{aligned}$$

Итак $|\lambda_m(x_0) - \lambda_n(x_0)| \|x - y\| \leq 2\varepsilon \|x - y\| + 2\varepsilon$.

Из полученного соотношения следует, что числовая последовательность $\lambda_n(x_0)$ сходится и пусть $\lambda(x_0) = \lim_{n \rightarrow \infty} \lambda_n(x_0)$.

Оказывается, что этот предел $\lambda(x_0)$ не зависит от выбора последовательности f_n . В самом деле, пусть (f'_n) другая последовательность отображений $f'_n: G \rightarrow H$, принадлежащих классу B , тоже равномерно сходящаяся к отображению f , и пусть $\lambda'(x_0) = \lim_{n \rightarrow \infty} \lambda'_n(x_0)$,

где $\lambda'_n(x) = \lambda_{f'_n}(x)$. Повторяя вышеприведенные рассуждения, можно показать, что для любого $\varepsilon > 0$ и для достаточно большого n существуют окрестность $U^* \subset G$ точки x_0 , конечномерное подпространство L^* и число $\delta^* > 0$ такие, что если $x, y \in U^*$ и угол между вектором $x - y$ и подпространством L^* не меньше $\pi/2 - \delta^*$, то одновременно выполняются оба соотношения: $\|f(x) - f(y) - \lambda_n(x_0)(x - y)\| \leq \varepsilon \|x - y\| + \varepsilon$;

$$\|f(x) - f(y) - \lambda'_n(x_0)(x - y)\| \leq \varepsilon \|x - y\| + \varepsilon,$$

из которых нетрудно заключить, что $|\lambda_n(x_0) - \lambda'_n(x_0)| \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, т. е. $\lambda(x_0) = \lambda'(x_0)$.

Таким образом, каждое отображение $f: G \rightarrow H$, принадлежащее B , однозначным образом порождает действительную функцию, сопоставляющую точке $x \in G$ число $\lambda(x)$, которую и будем называть терминальной производной отображения f и обозначать через $\lambda_f(x)$.

Предложение 5. Терминальная производная $\lambda_f(x)$ отображения $f: G \rightarrow H$, принадлежащего $\bar{B}$, обладает следующими свойствами:

I. Для всякой точки $x_0 \in G$ и для всякого $\varepsilon > 0$ существуют окрестность $U \subset G$ точки x_0 , конечномерное подпространство $L \subset H$ и число $\delta > 0$ такие, что если $x, y \in U$ и угол между вектором $x - y$ и подпространством L не меньше $\pi/2 - \delta$, то

$$\|f(x) - f(y) - \lambda_f(x_0)(x - y)\| \leq \varepsilon \|x - y\| + \varepsilon.$$

II. Функция $\lambda_f(x)$ непрерывна на G .

Рассмотрим произвольное открытое подмножество G пространства H и множество $\Phi(G)$ всех отображений $f: G \rightarrow H$, принадлежащих $\bar{B}$. Оказывается, что $\Phi(G)$ является линейным пространством, точнее, имеет место следующее утверждение.

Предложение 6. Если отображение $f, g: G \rightarrow H$ принадлежит $\bar{B}$, то и отображения $h = f + g$ и μf , где μ — произвольное действительное число, тоже принадлежат классу $\bar{B}$, причем выполнены соотношения $\lambda_{f+g}(x) = \lambda_f(x) + \lambda_g(x)$ и $\lambda_{\mu f}(x) = \mu \lambda_f(x)$ для любой точки $x \in G$.

Институт математики

Академии наук Армянской ССР

Է. Ա. ՄԻՐԶԱԿԱՆՅԱՆ

Հիլբերտյան տարածության ենթաբազմությունների արտապատկերումների մի դասի հատկությունների մասին

Հոդվածը նվիրված է իրական սեպարաբել հիլբերտյան տարածության ենթաբազմությունների անընդհատ արտապատկերումների վ. Գ. Բոլտյանսկու կողմից մտցված B դասի հետադոտմանը: Այդ դասի սահմանումը և նրա մի շարք հիմնական հատկությունների ապացույցը պարունակում են (1)-ում:

Ներկա հոդվածում բերվում են B դասի մի քանի նոր հատկություններ, մասնավորապես նշվում է օրթոգոնալ պրոյեկտման օպերատորի B դասին պատկանելության անհրաժեշտ և բավարար պայման:

Այստեղ տրվում են նաև B դասի $\bar{B}$ փակույթի սահմանումը, այդ փակույթին պատկանող արտապատկերման թերմինալ ածանցյալի գաղափարը և նշվում այդ ածանցյալի անընդհատությունը:

ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

- ¹ В. Г. Болтянский, «Известия АН Арм. ССР», Математика, т. IX, № 2 (1974)
- ² И. Бурбаки, Топологические векторы пространства, «Изд. иностранной литературы», М., 1959. ³ Л. А. Люстерник, В. И. Соболев, Элементы функционального анализа, Изд. «Наука», М., 1965.

УДК 517.986

МАТЕМАТИКА

В. А. Арзуманян

Факторы, ассоциированные с эндоморфизмами пространства Лебега

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. А. Александрином 2/IV 1979)

0'. Пусть T —эндоморфизм пространства Лебега (X, μ) ⁽¹⁾ с непрерывной инвариантной мерой, M —алгебра всех ограниченных мультипликаторов в пространстве $L^2(X, \mu)$, U —оператор, задаваемый формулой $(Uf)(x) = f(Tx)$, $f \in L^2(X, \mu)$. В работе ⁽²⁾ изучалась C^* -алгебра $A = A(X, \mu, T)$, порожденная M и оператором U , а также ее регулярное представление. При этом предполагалось, что при действии эндоморфизма T каждая точка $x \in X$ имеет одинаковое конечное число прообразов.

В настоящей статье результаты упомянутой работы распространяются на эндоморфизмы более широкого класса, допускающие до счетного числа прообразов. Изучение этого случая оправдано хотя бы тем, что позволяет включить в рассмотрение эндоморфизмы Бернулли со счетным числом состояний и уточнить результат о типе получающихся факторов (теорема 5).

Автор выражает глубокую благодарность А. М. Вершику за плодотворные обсуждения и советы при написании настоящей работы.

1°. Наша ближайшая цель—определить регулярное представление алгебры A —аналога скрещенного произведения ⁽³⁾. Для этого необходимо построить оператор условного ожидания на коммутативную подалгебру M . Целесообразно привлечь к рассмотрению C^* -алгебру $A_0 = A_0(X, \mu, T)$, порожденную M и всеми проекторами $U^n U^{*n}$, $n \geq 1$. В случае, если T —автоморфизм, $A_0 = M$. Алгебра A_0 в какой-то степени играет роль диагональной в наших рассмотрениях. Она представляет собой равномерное замыкание объединения возрастающей последовательности C^* -подалгебр A_n , порожденных M и проекторами $U^k U^{*k}$, $1 \leq k \leq n$. Как легко понять, лемма 1 ⁽²⁾ верна для любого измеримого разбиения и алгебры, порожденной соответствующим проектором и алгеброй M . Ее простое обобщение позволяет сделать выводы о структуре алгебры A_n :

Лемма 1. Пусть $\varepsilon_n = T^{-n} \varepsilon$ (ε —разбиение X на точки $\text{mod } \mu$), $n \geq 1$. Тогда

$$A_n = \int_{X \in \xi_n} A_n(\tau) d\mu_n(\tau),$$

где $(X/\xi_n, \mu_n)$ — фактор-пространство с фактор-мерой, $A_n(\tau)$ — C^* -алгебра, порожденная в $L^2(\tau, \mu_n^*)$ мультипликаторами и всеми проекторами на подпространство функций, постоянных на элементах разбиения, индуцированного в τ разбиением ξ_n , $1 \leq k \leq n$, $\{\mu_n^*\}$ — каноническая система условных мер, отвечающих ξ_n .

В слоях возникают алгебры, у которых для разбиений со счетными элементами имеется представление в виде бесконечных матриц, что позволяет корректно определить проектирование на диагональ и, тем самым, условные ожидания $P_n: A_n \rightarrow M$, согласованные между собой: $P_{n+1}|_{A_n} = P_n$. Следовательно, на алгебре A_0 определено каноническое условное ожидание P_0 на подалгебру M .

Алгебра A , как легко проверить, является равномерным замыканием $*$ -подалгебры, элементы которой представляются в виде конечных линейных комбинаций по степеням U и U^* с коэффициентами из A_0 .

Предложение 1. Пусть T — апериодический эндоморфизм пространства Лебга (X, μ) , причем каждая почти точка X имеет не более счетного числа прообразов. Тогда, если $a \in A$.

$$a = U^{*n}a_{-n} + \dots + a_0 + \dots + a_m U^m,$$

с

$$a_k \in A_0, \quad k = -n, \dots, m, \quad \text{то} \quad \|a\| \geq \|P_0(a_0)\|.$$

Этот результат позволяет определить условное ожидание на алгебре A , так что $P(a) = P_0(a_0)$ на элементах указанного вида. Состояние типа меры на алгебре $A(A_0)$ определяется естественным образом ($\omega(a)$ — функция из $L^\infty(X, \mu)$, отвечающая мультипликатору $P(a)$, соответственно $P_0(a)$):

$$\omega(a) \text{ (соответственно } \omega_0(a)) = \int a(x) d\mu(x).$$

Регулярным представлением алгебры A (A_0) называется представление π_ω (соответственно π_{ω_0}), отвечающее состоянию ω (соответственно ω_0) в силу конструкции Гельфанда—Наймарка—Сигала. Неймановскую алгебру, получающуюся в этом представлении алгебры A , обозначим $W^*(X, \mu, T)$ (соответственно $W_0^*(X, \mu, T)$ для алгебры A_0).

2°. При рассмотрении групповых метрических динамических систем оказывается полезной давно отмеченная связь теории факторов с траекторной теорией (1-6). В «полугрупповом» случае использование траекторной теории становится необходимым орудием. В до-

казательстве многих фактов настоящей работы используется техника теории Фелдмана—Мура ⁽¹⁾, позволяющая сопоставить некоторым разбиениям ξ со счетными элементами негемановскую алгебру $W^*(X, \mu, \xi)$, реализованную в виде алгебры функций на соответствующем отношении эквивалентности $R(\xi) \subset X \times X$. При этом модулярный оператор Δ ⁽²⁾, отвечающий стандартному состоянию на алгебре $W^*(X, \mu, \xi)$, определяемому характеристической функцией диагонали в $R(\xi)$, представляет собой оператор умножения на некоторую функцию $D(x, y)$ в $L^2(R(\xi), \nu)$, где ν — корректно определенная мера на $R(\xi)$ ⁽³⁾.

Структуру регулярного представления описывает следующая теорема.

Теорема 1. В условиях предложения 1 алгебры $W^*(X, \mu, T)$ и $W_0^*(X, \mu, T)$ пространственно изоморфны, соответственно, алгебрам $W^*(X, \mu, \pi(T))$ и $W^*(X, \mu, \kappa(T))$, где $\pi(T)$ — траекторное, а $\kappa(T)$ — остаточное разбиения эндоморфизма T ⁽⁴⁾, п. 4).

3. Основные результаты работы ⁽⁵⁾ остаются справедливыми и здесь.

Теорема 2. Пусть T — эндоморфизм пространства Лебега (X, μ) , причем каждая топ μ точки X имеет не более счетного числа прообразов. Тогда, если эндоморфизм T а) эргодический, то $W^*(X, \mu, T)$ — фактор; б) — точный, то $W_0^*(X, \mu, T)$ — также фактор.

Теорема 3. В условиях предложения 1 образ M в регулярном представлении является картинковской (см. ⁽⁶⁾ или ⁽⁷⁾) подалгеброй $W^*(X, \mu, T)$ и $W_0^*(X, \mu, T)$.

Это означает, что алгебра $W^*(X, \mu, T)$ может быть получена обычной конструкцией, исходя из динамической системы с некоторой счетной группой, не обязательно свободно действующей. На самом же деле достаточно уже одного автоморфизма (с квазинвариантной мерой), как показывает следующий результат.

Теорема 4. В условиях теоремы 2 факторы $W^*(X, \mu, T)$ и $W_0^*(X, \mu, T)$ гиперфинитны.

Ключевым в доказательстве этого факта является то, что разбиение на траектории произвольного эндоморфизма — ручное (теорема А. М. Вершика ⁽⁸⁾).

4°. Здесь мы рассмотрим вопрос о типе получающихся факторов.

Пусть $W^*(X, \mu, \xi)$ — фактор, построенный с помощью конструкции Фелдмана—Мура, по разбиению ξ пространства Лебега (X, μ) . ξ_0 — разбиение X , каждый элемент которого вместе с точкой x содержит любую точку y , для которой $D(x, y) = 1$. Следующее утверждение позволяет в некоторых случаях упростить вычисление инварианта S А. Конна ⁽⁹⁾.

Предложение 2. Пусть измеримая оболочка L_0 совпадает с тривиальным разбиением пространства X . Тогда инвариант S для фактора $W^0(X, \mu, L_0)$ совпадает с множеством существенных значений функции $D(x, y)$. Фактор $W^0(X, \mu, L_0)$ имеет тип II_1 .

Этот факт легко выводится из следующего результата А. Конна (ср. 3. 2. 7, (²)): тип фактора, у которого существует состояние, централизатор которого также фактор, определяется спектром соответствующего модулярного оператора.

Вернемся к нашим рассуждениям. Следующая лемма получается простым счетом.

Лемма 2. В условиях предложения 1 $D(x, y) = \mu_n(x)\mu_n(y)^{-1}$ для $T^n x = T^m y$, где $\mu_n(z)$ — условная мера точки z в элементе разбиения L_n .

Пусть (X, μ, T) — схема Бернулли (односторонний сдвиг), со счетным числом состояний $p_1, p_2, \dots$. Сопоставляя теореме 1, 4, предложение 2 и лемму 2, легко прийти к заключению, что инвариант S для гиперфинитного фактора $W^0(X, \mu, T)$ есть замыкание мультипликативной группы $\{\prod_{i=1}^n p_i^{m_i}, m_i \in \mathbb{Z}, n \geq 1\}$. Отсюда просто получается следующий факт:

Теорема 5. Пусть $\lambda \in [0, 1]$. Тогда существует схема Бернулли (односторонний сдвиг) с не более чем счетным числом состояний, для которой фактор $W^0(X, \mu, T)$ имеет тип III_λ .

Институт математики
Академии наук Армянской ССР

Վ. Բ. ԱՂԱՅԻՄԱՆՅԱՆ

ԼԵՐԵՐԻ ՄԱՐԿԱԺԱՐՅԱՆ ԼԵԳԱՃՈՐՖԻԳՄՆԵՐԻ ՆԵՄ ՊԱՐԱՊԵՂՎԱԾ ՊԱՐԺԱՆՆԵՐ

Հոգաբան (1) աշխատանքի արդյունքները տարածվում են Լերերի մարածության Լեգաժորֆիզմների այն դեպքի համար, երբ համարյա բոլոր հետերը ունեն սշ ավելի քան հաշվելի թվով եախապատկերներ:

Բերվում է կառուցում, որը համապատասխանեցնում է այդպիսի Լեգաժորֆիզմներին Ֆոն Նոյմանի հանրահաշիվ հանգիստացող հիպերֆինիտ գործոն, եթե սկզբնական Լեգաժորֆիզմը Լրգոգիկ է: Որպես օրինակ դիտարկվում է միկոզմանի Բերեուլիի տեղաշարժ և ցույց է տրվում, որ կամայական III_λ տիպի, $\lambda \in [0, 1]$ իրականացվում է մեծի զրա համար զինակների բնորոշությամբ:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Ч Р К Ч Ц Ы П Р Ы В П Р Ы

- ¹ В. А. Рохлин, Матем. сб., т. 67, № 1 (1919).
- ² В. А. Арзуманян, А. М. Вершик, ДАН СССР, т. 238, № 3 (1978).
- ³ C. Zeller-Meler, J. Math. pures et appl., v. 47, fasc. 2 (1968).
- ⁴ H. Dye, Amer. J. of Math., v. 81, №1 (1959).
- ⁵ А. М. Вершик, ДАН СССР, т. 199, № 5 (1971).
- ⁶ W. Krieger, Lect. Notes in Math., v. 160 (1970).
- ⁷ J. Feldman, C. C. Moore, Trans. of A. M. S., v. 234, № 2 (1977).
- ⁸ M. Takesaki, Lect. Notes in Math., v. 128 (1970).
- ⁹ А. М. Вершик, УМН, т. 33, № 1 (1978).
- ¹⁰ A. Connes, Ann. Ec. Norm. Sup., v. 6, 133 (1973).

УДК 510.52

МАТЕМАТИКА

А. Д. Саркисян

О реализации арифметических функций на итеративных сетях

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. Р. Варшамовым 20/IV 1979)

Будем рассматривать n -местные функции, заданные на множестве натуральных чисел и принимающие натуральные значения. Предикатами будем называть функции, не принимающие значений, отличных от 0 и 1.

Вместо терминов „частично-рекурсивная функция“, „общерекурсивная функция“ и „общерекурсивный предикат“ будем писать ч. р. ф., о. р. ф. и о. р. п.

Будем считать фиксированным некоторое натуральное число $p \geq 2$. Представление натурального числа x в p -ичной системе, записанное в обратном порядке, будем обозначать через $\bar{x}$. Если Q —слово в некотором алфавите, то его длину будем обозначать через $L(Q)$; вместо $L(\bar{x})$ будем писать $L(x)$.

Обозначим также $L_n(x) = \underbrace{L(L \dots L(x))}_{n \text{ раз}}$

В качестве алгоритмического языка рассмотрим язык одномерных итеративных сетей. Одномерная итеративная сеть с фиксированными алфавитами входных и выходных символов определяется (ср. (1,2)) как бесконечная в одну сторону цепочка конечных автоматов $A_1, A_2, \dots$, где все автоматы, кроме A_1 , являются одинаковыми автоматами Мура и состояние каждого A_i ($i \geq 2$) в момент времени $t+1$ определяется только состояниями автоматов A_{i-1} , A_i и A_{i+1} в момент времени t . Вход и выход сети связаны с начальным автоматом A_1 , состояние которого в каждый момент времени $t+1$ зависит от состояний A_1 и A_2 , а также от входного символа сети в момент t . В качестве алфавита входных и выходных символов будем рассматривать алфавит $\{0, 1, \dots, p-1; \Delta; \infty\}$.

Будем считать, что выходной символ сети в каждый момент времени t однозначно определяется состоянием A_1 в момент t . Считаем, что работа сети завершается (т. е. сеть останавливается), если на выходе появляется знак ∞ .

Одномерную итеративную сеть можно рассматривать как частич-

но определенный оператор, переводящий слова алфавита $\{0; 1; \dots; p-1; \Lambda\}$ в слова алфавита $\{0; 1; \dots; p-1; \Lambda\}$. Именно, каждому слову $x = x_1 x_2 \dots x_k$ сопоставляется то слово $\beta_1 \beta_2 \dots \beta_n$, которое образуется из выходных символов сети (до остановки сети), при побуквенной подаче на вход сети слова x (таким образом, в момент времени $1 \leq t \leq k$ на вход сети подается знак x_t). При этом предполагается, что после окончания подачи слова x , если сеть еще не остановилась, продолжается подача на вход сети знака Λ . Если же при указанной процедуре сеть работает бесконечно долго, то считаем, что на слове x оператор не определен.

Если S — итеративная сеть, то оператор, определенный ею, также обозначим через S . Если $S(x) = y$, то длина слова y фактически указывает число тактов, за которые сеть S перерабатывает слово x в слово y .

Если x слово в алфавите $\{0; 1; \dots; p-1; \Lambda\}$, то через x' обозначим слово, которое получается из слова x вычеркиванием знаков Λ . Будем говорить, что слова x и y эквивалентны и писать $x \sim y$, если $x' = y'$.

Определение 1. Будем говорить, что n -местная ч. р. ф. f вычисляется на одномерной итеративной сети S , если для любых $x_1, \dots, x_n$ имеет место:

$\overline{f(x_1, \dots, x_n)} \sim S(\overline{x_1} * \dots * \overline{x_n})$, если значение $f(x_1, \dots, x_n)$ определено, и $S(\overline{x_1} * \dots * \overline{x_n})$ не определено, если $f(x_1, \dots, x_n)$ не определено.

Легко видеть, что любая ч. р. ф. вычисляется на некоторой одномерной итеративной сети.

Мы ограничимся рассмотрением общерекурсивных функций и предикатов.

Если n -местная о. р. ф. f вычисляется на сети S , то n -местная о. р. ф. $\tau_3^n(x_1, \dots, x_n) \equiv L(S(\overline{x_1} * \dots * \overline{x_n}))$ называется временем вычисления функции f на сети S .

Определение 2. Будем говорить, что n -местная о. р. ф. f вычисляется на итеративных сетях за время i (где i — n -местная о. р. ф.), если существуют сеть S и натуральные числа c и d такие, что $c \cdot \lambda(x_1, \dots, x_n) + d \geq \tau_3^n(x_1, \dots, x_n)$ при любых натуральных $x_1, x_2, \dots, x_n$, и сеть S вычисляет f .

Предположим, что φ — n -местная о. р. ф. Обозначим через Φ_φ (соответственно через Π_φ) множество n -местных функций (соответственно, n -местных предикатов), которые вычисляются на итеративных сетях за время φ .

Функцию φ назовем "честной", если $\varphi \in \Phi_\varphi$. Ниже знак $\subset$, в отличие от знака $\subseteq$, мы употребляем для обозначения строгого включения множеств; таким образом $A \subset B$ означает $(A \subseteq B) \& (A \neq B)$.

Заметим, что классы Φ_φ и Π_φ аналогичны классам сложности в $(^3)$. Понятие "честной" функции несколько отличается от соответствующего понятия из $(^3)$.

Доказательство нижеследующей теоремы 1 аналогично доказательству теоремы 13 из $(^3)$, относящейся к многоленточным машинам Тьюринга, однако специфика итеративных сетей позволяет получить более сильное утверждение по сравнению с $(^3)$.

Теорема 1. Пусть φ — "честная" n -местная о. р. ф., ψ — любая n -местная о. р. ф., φ и ψ отличны от нуля всюду, за исключением, быть может, конечного числа точек, и

$$\lim_{x_1 + \dots + x_n \rightarrow \infty} \frac{\psi(x_1, \dots, x_n)}{\varphi(x_1, \dots, x_n)} = 0.$$

Тогда

$$\Phi_\psi \subset \Phi_\varphi, \quad \Pi_\psi \subset \Pi_\varphi.$$

Будем говорить, что $(n+1)$ -местная арифметическая функция U является универсальной для множества M n -местных арифметических функций, если M совпадает с множеством функций, получающихся посредством подстановки натуральных констант на место первого аргумента в U .

Теорема 2. Пусть φ — n -местная о. р. ф., τ — одноместная о. р. ф. и удовлетворяются следующие условия:

1) τ — неограниченная неубывающая о. р. ф.

2) $(n+1)$ -местная функция f , такая, что

$$f(x, y_1, \dots, y_n) = \tau(x)(\varphi(y_1, \dots, y_n) + 1) \text{ для всех значений } x, y_1, \dots, y_n, \text{ является "честной".}$$

Тогда существуют: функция U , универсальная для множества Φ_φ , и предикат P , универсальный для множества Π_φ , такие, что $U \in \Phi_\varphi$, $P \in \Pi_\varphi$.

Предположим, что φ — одноместная о. р. ф. Обозначим через $I_{n,\varphi}$ n -местную о. р. ф., определяемую равенством $I_{n,\varphi}(x_1, \dots, x_n) = \varphi(L(x_1) + \dots + L(x_n))$.

Для любой одноместной о. р. ф. φ полагаем $\bar{\Phi}_\varphi = \bigcup_{n=1}^{\infty} \Phi_{I_{n,\varphi}}$,

$$\bar{\Pi}_\varphi = \bigcup_{n=1}^{\infty} \Pi_{I_{n,\varphi}}.$$

Таким образом, классу $\bar{\Phi}_\varphi$ (соответственно, $\bar{\Pi}_\varphi$) принадлежат при любых n все такие n -местные функции f (соответственно, все такие n -местные предикаты P), что время вычисления значения f (соответственно, P) при любых значениях аргументов $x_1, \dots, x_n$ не превосходит $c \cdot \varphi(L(x_1) + \dots + L(x_n)) + d$.

Будем говорить, что одноместная о. р. ф. φ разложима, если существует одноместная о. р. ф. ψ такая, что для всех значений x, y имеет место: $\varphi(x+y) \leq \psi(x)(\varphi(y)+1)$.

Теорема 3. Пусть φ — одноместная, неубывающая, "честная"

разложимая о.р.ф., такая, что $\tau(x) \geq x$ для всякого x ; пусть τ — неограниченная, неубывающая одноместная о.р.ф., удовлетворяющая условию $\tau \in \Phi_1$.

Тогда для любого n существуют: $(n+1)$ -местная функция U_n , универсальная для множества $\Phi_{1,n}$, и $(n+1)$ -местный предикат P_n , универсальный для множества $\Pi_{1,n}$, такие, что $U_n \in \bar{\Phi}_1$, $P_n \in \bar{\Pi}_1$, где $f(x) = \tau(x) \cdot \varphi(x)$ для всякого x .

Предположим, что θ — некоторое множество одноместных о.р.ф.; M некоторое множество о.р.ф. (произвольных размерностей).

Будем говорить, что θ определяет иерархию в множестве M , если имеет место:

- 1) $\forall f ((f \in \theta) \rightarrow (\bar{\Phi}_f \subseteq M))$,
- 2) $\forall f \forall g (((f \in \theta) \& (g \in \theta) \& (f \neq g)) \rightarrow ((\bar{\Phi}_f \subseteq \bar{\Phi}_g) \vee (\bar{\Phi}_g \subseteq \bar{\Phi}_f)))$,
- 3) Для любых о.р.ф. f и g из множества θ , если имеет место $\bar{\Phi}_f \subseteq \bar{\Phi}_g$, то в классе $\bar{\Phi}_g$ для любого n существует универсальная $(n+1)$ -местная функция для n -местных функций класса $\bar{\Phi}_g$.

Аналогичным образом определяется понятие иерархии в множестве предикатов.

Пусть θ определяет иерархию в множестве M и, кроме того, удовлетворяется условие $M = \bigcup_{f \in \theta} \bar{\Phi}_f$. Тогда будем говорить, что θ определяет иерархию на множестве M .

Если θ определяет иерархию в множестве M , то на θ определяется линейный порядок, а именно: $f < g$ тогда и только тогда, если $\bar{\Phi}_f \subseteq \bar{\Phi}_g$.

Если указанный порядок удовлетворяет следующим условиям:

- 1) $\forall f ((f \in \theta) \rightarrow \exists g \exists h ((g \in \theta) \& (h \in \theta) \& (g < f) \& (f < h)))$,
- 2) $\forall f \forall g (((f \in \theta) \& (g \in \theta) \& (f < g)) \rightarrow \exists h ((h \in \theta) \& (f < h < g)))$,

то будем говорить, что θ определяет плотную неограниченную иерархию.

Говорим, что о.р.ф. φ и ψ логарифмически отделимы, если существует n , такое, что $L_n(x) \cdot \varphi(x) \leq \psi(x)$, для всех x .

Теорема 4. Если φ и ψ логарифмически отделимые одноместные о.р.ф. (соответственно, о.р.н.) такие, что φ — "честная", разложимая, неубывающая функция, $\varphi(x) \geq x$ и $\psi(x) \geq x$ для всех значений x , то существует множество одноместных о.р.ф. θ , определяющее плотную неограниченную иерархию в множестве $\bar{\Phi}_\varphi$ (соответственно в множестве $\bar{\Pi}_\varphi$).

Теорема 5. Если M — любое множество о.р.ф. (соответственно,

о.р.п.) и существует бесконечное перечислимое множество одноместных о.р.ф. θ , определяющее иерархию на множестве M и такое, что любые две различные функции из θ логарифмически отделены, и все функции из θ "честны", неубывающие, разложимы и мажорируют функцию $f(x) = x$, то существует множество одноместных о.р.ф. θ' , определяющее на M плотную неограниченную иерархию.

Приведенные теоремы дают возможность, в частности, установить классификацию функций и предикатов, вычисляемых за полиномиальное время на итеративных сетях.

Будем говорить, что n -местная функция f (соответственно n -местный предикат P) реализуется на итеративных сетях за полиномиальное время, если существует такое натуральное число k , что $f \in \bar{\Phi}_{x^k}$ (соответственно — $P \in \bar{\Pi}_{x^k}$).

Обозначим через Φ (соответственно, через Π) множество функций (соответственно предикатов), реализуемых на итеративных сетях за полиномиальное время. Нетрудно показать, что классы Φ и Π совпадают с соответствующими классами, рассмотренными в работах Р. Карпа (4) и А. Кобхэма (5) (т.е. с классом функций и классом предикатов, реализуемых на машинах Тьюринга за полиномиальное время).

Следствие. Существует множество одноместных о.р.ф. θ_0 (соответственно θ'_0), определяющее плотную неограниченную иерархию на множестве Φ (соответственно на множестве Π).

Заметим, что иерархия θ_0 (соответственно θ'_0) обладает тем свойством, что для любых одноместных о.р.ф. φ и ψ , таких, что φ и ψ логарифмически отделены, мажорируют функцию $f_1(x) \equiv x$ и сами мажорируются функцией $f_2(x) \equiv cx^n + d$ для некоторого n , существует функция g из θ_0 (соответственно из θ'_0), такая, что $\bar{\Phi}_\varphi \subset \bar{\Phi}_g \subset \bar{\Phi}_\psi$ (соответственно $\bar{\Pi}_\varphi \subset \bar{\Pi}_g \subset \bar{\Pi}_\psi$).

Автор выражает благодарность Н. Д. Заславскому за постановку задачи и обсуждение результатов данной работы.

Вычислительный центр
Академии наук Армянской ССР и
Ереванского государственного университета

И. Г. ШИРЧНЯН

Իրերադրով ցանցերով թվարանական ֆունկցիաների իրացման մասին

Ինչպիսի ձևով սահմանվում է n -փոփոխականի արևարտի թվարանական ֆունկցիաների Φ_φ դասը, որոնք կամարական $x_1, \dots, x_n$ կետում հաշվար-

կվում են մեկ չափանի իտերատիվ ցանցերի վրա $C \cdot \varphi(x_1, \dots, x_n) + d$ ժամանակում: Եթե φ -ն մեկ փոփոխականի ֆունկցիա է, ապա Φ_φ - ով նշանակվում է $\bigcup_{n=1}^{\infty} \Phi_{\varphi(L(x_1), \dots, L(x_n))}$ դասը, որտեղ՝ $L(x)$ -ը x թվի ներկայացման երկարությունն է:

Բերվում են բավարար պայմաններ Φ_φ դասը Φ_φ դասի բնդլայնումը հանդիսանալու համար և պայմաններ, որոնց դեպքում Φ_φ դասում գոյություն ունի համընդհանուր ֆունկցիա Φ_φ դասի համարու նման բնույթի պայմաններ ձևակերպվում են նաև Φ_φ դասերի համար, որոնք իրենց հերթին թույլ են տալիս ստանալ բավարար պայմաններ ֆունկցիաների տվյալ դասում խիտ և անսահմանափակ այնպիսի դասակարգավորման գոյության համար, որի դեպքում ամեն մի դասում գոյություն ունի համընդհանուր ֆունկցիա կամայական ավելի նեղ դասի համար: Որպես հետևանք ստացվում է, որ բազմանդամային ժամանակում Թյուրինգի մեքենաների վրա հաշվարկվող ֆունկցիաների դասում գոյություն ունի նշված տիպի դասակարգավորում:

ЛИТЕРАТУРА—ՊՐԸԿԸՆՈՒԹՅՈՒՆ

А. Д. Атрыбин. Киб. сборник (новая серия), вып. 5, "Мир", М., 1968. ² Ю. А. Бухштаб, сб. "Проблемы кибернетики", вып. 22, "Наука", М., 1970. ³ Дж. Хар-тманис, Дж. Э. Хопкрофт, Киб. сборник (новая серия), вып. 11, "Мир", М., 1974. ⁴ Р. Карп, Киб. сборник (новая серия), вып. 12, "Мир", М., 1975. ⁵ А. Cobham, The intrinsic computational complexity of functions, Proc. 1964, International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science, Amsterdam, 1965.

УДК 539.3

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

С. М. Мхитарян, Ф. С. Торосян

Об осесимметрической задаче контактного взаимодействия упругого шара и упругого пространства со сферической полостью

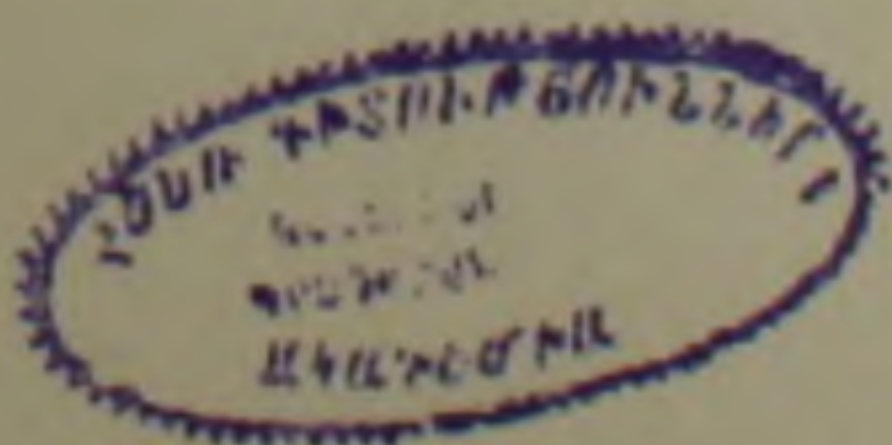
(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Б. Л. Абрамяном 6/II 1979)

Контактные задачи для упругого шара с заданной или заранее неизвестной границей раздела краевых условий рассматривались в работах (1-3). Эти задачи в (1,2) сведены к решению парных рядов-уравнений, содержащих многочлены Лежандра, а в работе (3) они исследованы на основе полученного в (4) замкнутого решения первой краевой задачи для шара и в конечном итоге сведены к решению интегрального уравнения Фредгольма второго рода, которое решено асимптотическим методом. В работах (5,6) исследовалась контактная задача о напряженном состоянии упругого пространства с жестким или упругим сферическим включением, а в работе (7) — задача о вдавливании упругого шара в упругое пространство со сферической полостью. Однако в этих работах указанные задачи рассматривались в приближенной постановке, когда одно из граничных условий удовлетворяется точно, а другое — лишь приближенно, притом их решения получены численными методами.

Ниже в точной математической постановке рассматривается задача о контактном взаимодействии упругого шара и упругого пространства со сферической полостью. На основе указанного замкнутого решения, из (4) задача сведена к решению интегрального уравнения Фредгольма первого рода, которое решается методом ортогональных многочленов Лежандра.

1. В сферической системе координат (r, θ, φ) рассмотрим осесимметрическую задачу о вдавливании упругого шара радиуса R_1 в упругое основание, представляющее упругое пространство со сферической полостью радиуса R_2 (рис. 1). При этом разность $\varepsilon = R_2 - R_1$ как обычно (8,9) имеет порядок упругих перемещений. Предполагая, что в области контакта трение отсутствует, а шар вдавливается к основанию осесимметричной нормальной нагрузкой $q(\theta)$, будем иметь следующие граничные условия для шара и основания:

$$\tau_{\theta r}^{(1)} = 0, \quad \sigma_r^{(1)} = \begin{cases} -q(\theta), & (\gamma < \theta < \pi) \\ -\sigma(\theta), & (0 < \theta < \gamma) \end{cases}, \quad \tau_{\varphi r}^{(1)} = 0 \quad \text{при} \quad r = R_1; \quad (1.1)$$



$$\tau_{\theta}^{(2)} = 0, \quad \sigma_r^{(2)} = \begin{cases} 0, & (\gamma < \theta < \pi) \\ -\sigma(\theta), & (0 < \theta < \gamma) \end{cases}, \quad \tau_{\varphi}^{(2)} = 0 \quad \text{при} \quad r = R_2.$$

Условие контакта шара с основанием выражается через радиальные перемещения граничных точек шара $u_1(\theta)$ и основания $u_2(\theta)$, возникающие под действием соответствующих нагрузок $\sigma_r^{(1)}$ и $\sigma_r^{(2)}$ (8):

$$-u_1(\theta) + u_2(\theta) = \delta \cos \theta - \varepsilon(1 - \cos \theta), \quad (0 < \theta < \gamma). \quad (1.2)$$

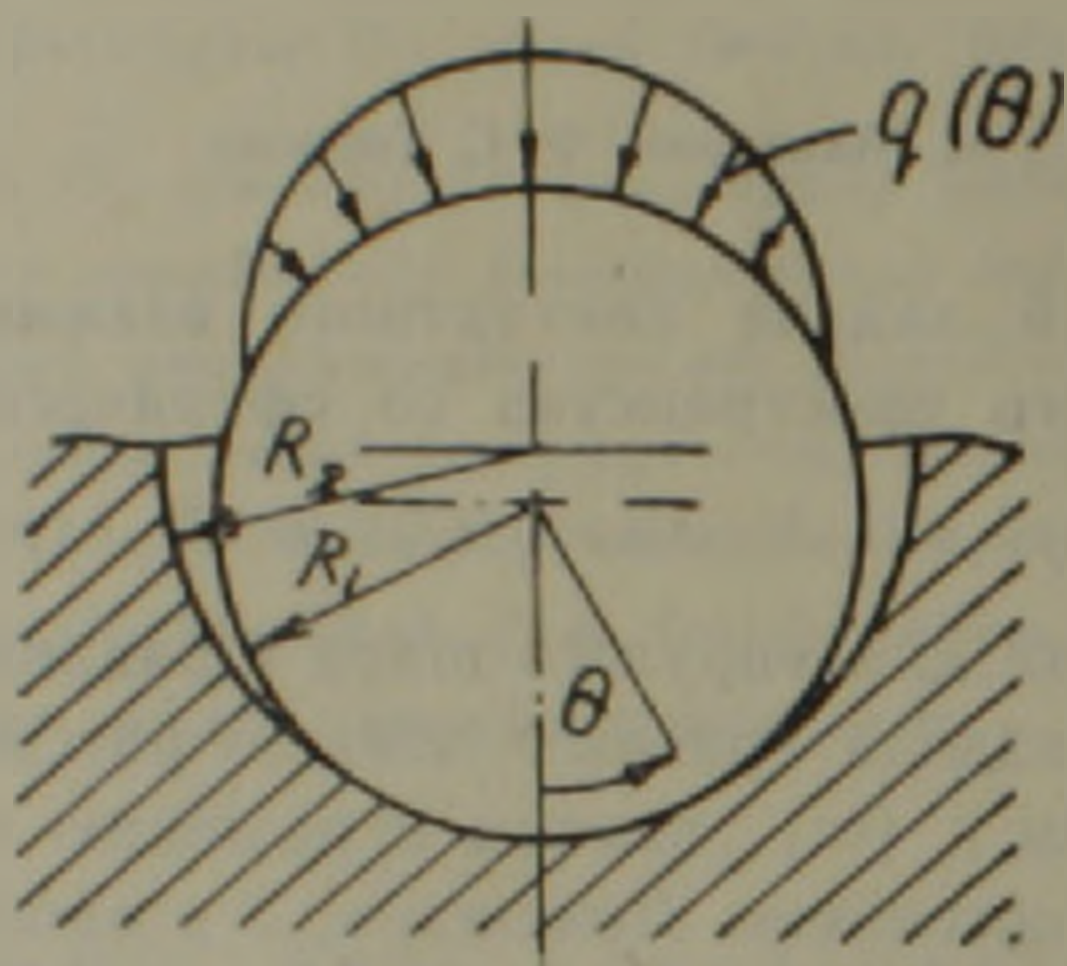


Рис. 1

Здесь $\sigma(\theta)$ — искомое контактное давление, γ — крайний угол области контакта (на поверхности шара окружность $\theta = \gamma$ ограничивает область контакта), а δ — жесткое смещение шара. Здесь γ и δ — также искомые величины.

Кроме того, имеет место условие равновесия шара

$$\int_0^\gamma \sigma(\alpha) \sin \alpha \cos \alpha d\alpha = -\frac{Z}{2\pi R_1^2}, \quad (1.3)$$

где Z — равнодействующая внешнего давления $q(\theta)$.

Как известно (4,10), $u_1(\theta)$ выражается формулой

$$u_1(\theta) = \frac{R_1}{2\pi G_1} \int_0^\pi \sigma_r^{(1)} H_1(\theta, \alpha) \sin \alpha d\alpha, \quad (1.4)$$

$$H_1(\theta, \alpha) = \frac{\pi}{2} \frac{1-2\nu_1}{1+\nu_1} + 4(1-\nu_1)U(1) + \operatorname{Re} \int_0^1 \left(\frac{A_1}{y^{\nu_1}} + \frac{1}{y^2} \right) U(y) dy.$$

Функция U , входящая в ядро $H_1(\theta, \alpha)$, выражается через полный эллиптический интеграл первого рода $K(k)$:

$$U(y) = U(y, \theta, \alpha) = \frac{K(k)}{h} - \frac{\pi}{2} (1 + y \cos \theta \cos \alpha);$$

$$h^2 = (1-y)^2 + 4y \sin^2 \frac{\theta + \alpha}{2}, \quad k^2 h^2 = 4y \sin \theta \sin \alpha.$$

Константы A_1 и λ_1 зависят только от коэффициента Пуассона ν_1 :

$$A_1 = 8\nu_1^2 - 8\nu_1 + 1 + i \frac{16\nu_1^3 - 16\nu_1^2 - 4\nu_1 + 5}{\sqrt{3 - 4\nu_1^2}}, \quad \lambda_1 = \frac{1}{2}(1 - 2\nu_1 + i\sqrt{3 - 4\nu_1^2}).$$

G_1 — модуль сдвига материала шара.

Аналогично, как и в (4), можно показать, что осесимметричная нормальная к основанию нагрузка $\sigma_r^{(2)}$ создает на границе этого основания (упругого пространства со сферической полостью радиуса R_2) радиальные перемещения

$$u_2(\theta) = \frac{R_2}{2\pi G_2} \int_0^\pi \sigma_r^{(2)} H_2(\theta, \alpha) \sin \alpha d\alpha, \quad (1.5)$$

$$H_2(\theta, \alpha) = -\frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{6} \frac{7 - 8\nu_2}{1 - \nu_2} \cos \theta \cos \alpha - 4(1 - \nu_2) U(1) + \operatorname{Re} \int_0^1 \left(\frac{A_2}{y^{\nu_2}} + y \right) U(y) dy.$$

Здесь G_2 и ν_2 — соответственно модуль сдвига и коэффициент Пуассона для материала основания, а константы A_2 и λ_2 имеют следующие значения:

$$A_2 = 8\nu_2^2 - 8\nu_2 + 1 - i \frac{16\nu_2^3 - 16\nu_2^2 - 4\nu_2 + 5}{\sqrt{3 - 4\nu_2^2}}, \quad \lambda_2 = \frac{1}{2}(1 + 2\nu_2 + i\sqrt{3 - 4\nu_2^2})$$

Подстановка в (1.2) выражений $u_1(\theta)$ и $u_2(\theta)$ из (1.4) и (1.5) с учетом (1.1) приводит к интегральному уравнению относительно контактного давления

$$\int_0^\gamma \left[\frac{1}{\sin \frac{\theta + \alpha}{2}} K \left(\frac{\sqrt{\sin \theta \sin \alpha}}{\sin \frac{\theta + \alpha}{2}} \right) + H(\theta, \alpha) \right] \sin \alpha \sigma_0(\alpha) d\alpha = f(\theta), \quad (0 < \theta < \gamma). \quad (1.6)$$

В ядре уравнения (1.6) выделены его особая часть и регулярная часть в виде непрерывной функции $H \sin \alpha$:

$$H(\theta, \alpha) = \left| \frac{R_1}{2\pi G_1} K_1(\theta, \alpha) - \frac{R_2}{2\pi G_2} K_2(\theta, \alpha) \right| (\theta_1 + \theta_2)^{-1};$$

$$K_1(\theta, \alpha) = \frac{1 - 2\nu_1}{1 + \nu_1} \frac{\pi}{2} - 2\pi(1 - \nu_1)(1 + \cos \theta \cos \alpha) + \operatorname{Re} \int_0^1 \left(\frac{A_1}{y^{\nu_1}} + \frac{1}{y^2} \right) U(y) dy.$$

$$K_2(\theta, \alpha) = \frac{\pi}{4} (7 - 8\nu_2) + \frac{\pi}{6} \frac{12\nu_2^2 - 16\nu_2 + 5}{1 - \nu_2} \cos\theta \cos\alpha + \operatorname{Re} \int_0^1 \left(\frac{A_2}{y^{3/2}} + y \right) U(y) dy,$$

$$\theta_1 = R_1(1 - \nu_1)/\pi G_1, \quad \theta_2 = R_2(1 - \nu_2)/\pi G_2.$$

Через $\sigma_0(\theta)$ обозначено искомое контактное давление в безразмерном виде

$$\sigma_0(\theta) = (\theta_1 + \theta_2)\sigma(\theta)/\varepsilon.$$

Функция $f(\theta)$, содержащая пока неизвестную константу δ , имеет вид:

$$f(\theta) = \delta_0 \cos\theta - \frac{R_1}{2\pi G_1 \varepsilon} \int_1^\infty q(\alpha) H_1(\theta, \alpha) \sin\alpha d\alpha - 1,$$

где

$$\delta_0 = 1 + \delta/\varepsilon.$$

Можно показать, что функция $\sin\alpha H(\theta, \alpha)$ в квадрате $0 < \theta, \alpha < \gamma$ имеет квадратично суммируемые частные производные первого порядка.

Таким образом, определение контактного давления $\sigma(\theta)$ сводится к решению интегрального уравнения (1.6). Так как подлежат определению также размеры области контакта (γ) и жесткое смещение шара δ , то к уравнению (1.6) следует добавить условие равновесия шара (1.3) и условие ограниченности контактного давления на крае области контакта ^(1,8,11)

$$\sigma(\gamma) = 0. \quad (1.7)$$

2. Сведем уравнение (1.6) к бесконечной системе линейных уравнений. С этой целью его решение представим в виде ряда

$$\sigma_0(\theta) = \frac{\varepsilon \sec^2 \theta/2}{2\sqrt{2\cos\theta - 2\cos\gamma}} \sum_{m=0}^{\infty} X_m P_{2m} \left(\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2} \cdot \operatorname{ctg}^2 \frac{\gamma}{2}} \right) \quad (2.1)$$

с неизвестными коэффициентами $\{X_m\}_{m=0}^{\infty}$. При этом ввиду условия (1.7) должно иметь место соотношение

$$\sum_{m=0}^{\infty} X_m P_{2m}(0) = 0. \quad (2.2)$$

Здесь $P_m(x)$ ($m = 0, 1, 2, \dots$) — многочлены Лежандра, ортогональные на отрезке $[-1, 1]$.

В дальнейшем понадобится следующее интегральное соотношение ⁽¹²⁾:

$$\int_0^1 \frac{1}{\sin \frac{\theta+\alpha}{2}} K \left(\frac{\sqrt{\sin^2 \theta \sin^2 \alpha}}{\sin \frac{\theta+\alpha}{2}} \right) P_{2m} \left(\sqrt{1 - \frac{\lg^2 \alpha/2}{\lg^2 \gamma/2}} \right) \frac{\lg \alpha/2 d\alpha}{\sqrt{2 \cos \alpha - 2 \cos \gamma}} = \frac{\pi}{2} \frac{a_m}{\cos \gamma/2 \cos \theta/2} P_{2m} \left(\sqrt{1 - \frac{\lg^2 \theta/2}{\lg^2 \gamma/2}} \right), \quad (m = 0, 1, 2, \dots), \quad (2.3)$$

где

$$a_m = \frac{\pi}{2} 4^{-m} (m!)^{-2} [(2m-1)!!]^2.$$

Подставляя (2.1) в (1.6) и используя (2.3), известным способом получим бесконечную систему линейных уравнений относительно неизвестных коэффициентов X_m ($m=1, 2, \dots$) и соотношение для определения X_0 :

$$X_n + (4n+1)h_n \sum_{m=1}^{\infty} K_{n,m} X_m = (4n+1)h_n b_n, \quad (n=1, 2, \dots); \quad (2.4)$$

$$X_0 + h_0 \sum_{m=0}^{\infty} K_{0,m} X_m = h_0 (b_0^{(1)} + \delta_0 b_0^{(2)}). \quad (2.5)$$

Здесь

$$K_{n,m} = \int_0^1 P_{2n}(\sqrt{1-x^2}) w(\theta) d\theta \int_0^1 H(\theta, \alpha) P_{2m}(\sqrt{1-y^2}) w(\alpha) d\alpha, \quad (n, m=0, 1, 2, \dots)$$

$$b_n = b_n^{(1)} + \delta_0 b_n^{(2)} + X_0 b_n^{(3)}; \quad (n=1, 2, \dots);$$

$$b_n^{(1)} = \int_0^1 \varphi(\theta) P_{2n}(\sqrt{1-x^2}) w(\theta) d\theta, \quad b_n^{(2)} = \int_0^1 P_{2n}(\sqrt{1-x^2}) w(\theta) \cos \theta d\theta;$$

$$b_n^{(3)} = -K_{n,0}, \quad h_n = \frac{2}{\pi} a_n^{-1} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} \cos^2 \frac{\gamma}{2}, \quad (n=0, 1, 2, \dots),$$

где

$$\varphi(\theta) = -\frac{R_1}{2\pi G_1} \int_0^{\gamma} q(\alpha) H_1(\theta, \alpha) \sin \alpha d\alpha - 1,$$

а через x , y и w обозначены:

$$x = \lg \frac{\theta}{2} / \lg \frac{\gamma}{2}, \quad y = \lg \frac{\alpha}{2} / \lg \frac{\gamma}{2}, \quad w(\theta) = \lg \frac{\theta}{2} \sqrt{2 \cos \theta - 2 \cos \gamma}.$$

Теперь заметим, что неизвестные коэффициенты X_n ($n=1, 2, \dots$) можно представить в виде

$$X_n = X_n^{(1)} + \delta_0 X_n^{(2)} + X_0 X_n^{(3)},$$

где коэффициенты $X_j^{(j)}$ ($j=1, 2, 3$) представляют собой решения бесконечных систем

$$X_n^{(j)} + (4n+1)h_n \sum_{m=1}^{\infty} K_{n,m} X_m^{(j)} = (4n+1)h_n b_n^{(j)}, \quad (n=1, 2, \dots). \quad (2.6)$$

Неизвестные константы γ_0 и X_0 определяются из соотношений (2.2) и (2.5).

Перейдем к исследованию систем (2.6) на регулярность. Введение новых неизвестных по формуле

$$X_n^{(j)} = (4n)^{1-s} Y_n^{(j)}, \quad (n=1, 2, \dots),$$

где s —сколь угодно малое положительное фиксированное число—приводит к бесконечным системам:

$$Y_n^{(j)} - (4n)^s g_n \sum_{m=1}^{\infty} (4m)^{-s} H_{n,m} Y_m^{(j)} = (4n)^s g_n \sin \gamma/2 b_n^{(j)}, \quad (n=1, 2, \dots); \quad (2.7)$$

$$H_{n,m} = \int_0^1 P_{2n}^{(0,0)}(\sqrt{1-x^2}) \alpha(\theta) d\theta \int_0^1 \frac{\partial}{\partial x} \left| H(\theta, x) \cos \frac{a}{2} \right| P_{2m-1}^{(1,1)}(\sqrt{1-y^2}) \lg^2 \frac{x}{2} dx;$$

$$g_n = \frac{2}{\pi} \operatorname{ctg}^2 \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\gamma}{2} a_n^{-1} [1 + (4n)^{-1}], \quad (n=1, 2, \dots),$$

где $P_n^{(a,b)}(x)$ ($n=0, 1, 2, \dots$)—многочлены Якоби, причем

$$P_n^{(0,0)}(x) = P_n(x).$$

Используя известное асимптотическое представление многочленов Якоби⁽¹³⁾ и имея в виду, что

$$a_n^{-1} = 2n + O(1), \quad \text{при } n \rightarrow \infty,$$

легко показать, как и в^(14,15), квазиполную регулярность систем (2.7), а именно

$$(4n)^s g_n \sum_{m=1}^{\infty} (4m)^{-s} |H_{n,m}| = O(n^{-c}), \quad \text{при } n \rightarrow \infty,$$

где c —малое положительное число.

Кроме того, можно показать, что правые части этих систем стремятся к нулю, при $n \rightarrow \infty$, со скоростью не менее чем $n^{-\frac{1}{2}+\epsilon}$.

Авторы искренне благодарны Б. Л. Абрамяну за ценные обсуждения.

Институт механики
Академии наук Армянской ССР,
Ленинаканский филиал
Ереванского политехнического института
им. К. Маркса

Առաձգական զնդի և զնդային խոռոչով առաձգական տաքածության կոնտակտային փոխազդեցության առանցքաժամանակային խնդրի մասին

Աշխատանքում դիտարկվում է զնդային խոռոչով առաձգական տաքածության և այդ խոռոչում գտնվող առաձգական զնդի կոնտակտի առանցքաժամանակային խնդիրը, երբ շոշափող լարումները բացակայում են: Խնդրի լուծումը բերված է Ֆրեդհոլմի առաջին սեռի ինտեգրալ հավասարման լուծմանը, չեժանդրի օրթոգոնալ բաղմանդամների մաթեմատիկական ապարատի օգնությամբ այդ հավասարման համար ստացված է էֆեկտիվ լուծում:

ЛИТЕРАТУРА — ԻՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Б. Л. Абрамян, И. Х. Арутюнян, А. А. Баблюк, ПММ, т. 28, вып. 4 (1964).
- ² И. Х. Арутюнян, Б. Л. Абрамян, ПММ, т. 28, вып. 6 (1964).
- ³ В. Ф. Бондарева, ПММ, т. 35, вып. 1 (1971).
- ⁴ В. Ф. Бондарева, ПММ, т. 33, вып. 6 (1969).
- ⁵ Ван И-чи, Прикл. механика, № 3, «Мир», М., 1965.
- ⁶ Уилсон, Гори. Прикл. механика, тр. АОИМ, сер. Е, т. 34, № 4 (1967).
- ⁷ L. E. Goodman, L. M. Keer, Inter. Journal of Solids and Structures, Vol. 1, 1965.
- ⁸ И. Я. Штаерман. Контактная задача теории упругости, Гостехиздат, М.—Л., 1949.
- ⁹ Г. А. Морарь, Г. Я. Попов, МТТ, № 2, 1976.
- ¹⁰ А. И. Лурье. Пространственные задачи теории упругости, Гостехиздат, М., 1955.
- ¹¹ Н. И. Мусхелишвили, Некоторые основные задачи математической теории упругости, «Наука», М., 1966.
- ¹² Г. Я. Попов, ПММ, т. 27, вып. 5 (1963).
- ¹³ Г. Сеге, Ортогональные многочлены, Физматгиз, М., 1962.
- ¹⁴ И. Х. Арутюнян, С. М. Мхитарян, ПММ, т. 39, вып. 5 (1975).
- ¹⁵ С. М. Мхитарян, Ф. С. Торосян, «Изв. АН Арм. ССР, сер. механика», т. 31, № 5 (1978).

• ДК 621.378.325

ФИЗИКА

Г. А. Геворгян, Е. В. Кошеверский, В. Ф. Купришов

Распределение излучения накачки в лазерных активных элементах из АИГ: Nd^{3+} прямоугольного сечения

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микзеляном 15/X 1978)

Известно (¹), что излучение источника накачки распределяется в активном элементе лазера неравномерно, причем характер распределения излучения накачки определяется параметрами активного элемента (материалом активной среды, концентрацией активных ионов, формой и размерами элемента и т. д.). Неравномерность распределения поглощенной плотности мощности накачки и, соответственно, изменение по сечению элемента коэффициента усиления приводит к амплитудным искажениям генерируемых мод, локальным возрастаниям плотности мощности излучения и в ряде случаев является причиной разрушения торцев активного элемента. Кроме того, неравномерность тепловыделения по сечению элемента обуславливает возникновение в элементе термооптических искажений.

В лазерах, работающих в режиме одиночных импульсов, неравномерность тепловыделения практически полностью определяет параметры термической линзы в процессе генерации. В непрерывных лазерах и в импульсных лазерах с большой частотой повторения импульсов неравномерность тепловыделения выступает как один из двух факторов (второй фактор — теплопередача к поверхности), определяющих термооптические искажения.

Методика расчета распределения излучения накачки разработана для элементов различной формы (¹). Расчеты на ЭВМ распределения накачки и тепловыделения выполнены для твердотельных активных элементов из рубина и стекла с неодимом (^{1,2}).

В настоящей работе приведены результаты расчета численным методом на ЭВМ распределения плотности мощности накачки и суммарной поглощенной мощности в активных элементах из алюмоиттриевого граната с неодимом (АИГ: Nd^{3+}) прямоугольного сечения. Выбор такой формы обусловлен тем, что в прямоугольном активном элементе по сравнению с традиционным круглым элементом возможно получение более равномерной накачки, облегчаются условия охлаждения эле-

мента и возможно применение более эффективных методов борьбы с термооптическими искажениями. В частности, в одной плоскости сечения прямоугольного активного элемента возможно устранение термооптических искажений при выполнении условия проявления аномального термооптического эффекта ⁽³⁾, заключающегося в том, что в результате взаимодействия двух факторов — неравномерности тепловыделения и теплоотвода к поверхности — в плоскости, параллельной широким боковым граням элемента, при увеличении соотношения сторон наблюдается быстрый рост фокусного расстояния термической линзы и изменение ее знака на отрицательный при определенном соотношении сторон.

Расчет выполнен по методике, изложенной в работе ⁽¹⁾ при следующих предположениях:

— боковая поверхность элемента диффузно и равномерно освещена источником накачки;

— концентрация неоднородна и, соответственно, коэффициент поглощения постоянен по объему элемента;

— коэффициент поглощения не зависит от интенсивности накачки;

— продольные размеры активного элемента много больше поперечных размеров; накачка вдоль элемента однородна;

— излучение источника накачки некогерентно и неполяризовано;

— активный элемент окружен водой.

Расчеты выполнены как для монохроматической, так и полихроматической накачек.

Относительную плотность мощности излучения накачки $q(x, y)$ в любой точке внутри активного элемента можно найти, суммируя все лучи, приходящие от каждой боковой грани S_i ($i=1-4$):

$$q(x, y) = \frac{W_{P_{\text{внутр}}}}{W_{P_{\text{пол}}}} = \varphi q_1(x) + \psi q_2(y),$$

где $W_{P_{\text{внутр}}}$ — плотность мощности накачки внутри активного элемента;

$W_{P_{\text{пол}}}$ — плотность мощности накачки у поверхности элемента; φ и ψ — коэффициенты, показывающие долю общей мощности накачки, падающую на соответствующие грани (при равномерной освещенности поверхности $\varphi : \psi$ — равно отношению сторон в поперечном сечении элемента, $\varphi + \psi = 1$); q_1, q_2 — суммы двух интегралов, вычисленных по двум противоположным боковым граням (например, S_1 и S_3, S_2 и S_4):

Интеграл по одной грани имеет вид ⁽¹⁾:

$$q(x) = \frac{n^2}{4\pi} \iint_S \frac{(1-r)\cos\gamma e^{-\gamma L}}{L^2(1-re^{-2\gamma L}\cos\gamma)} d\gamma dZ,$$

где n — относительный показатель преломления; r — коэффициент отражения; L — расстояние от исследуемой точки внутри активного эле-

мента до элементарной площадки dS , произвольно выбранной на поверхности S ; γ —угол преломления (угол между нормалью к dS и направлением L); β —коэффициент поглощения, зависящий от концентрации ионов неодима; b —полутолщина активного элемента вдоль оси Y .

Поглощенную плотность мощности накачки (в относительных единицах) находим, умножая $q(x, y)$ на коэффициент поглощения β .

При полихроматической накачке распределение плотности мощности накачки в прямоугольном сечении элемента различно для разных линий, и суммарная поглощенная плотность мощности накачки в каждой точке элемента находится путем суммирования произведений плотности мощности накачки на каждой линии на соответствующий коэффициент поглощения (⁴).

Мощность излучения монохроматической накачки, поглощенную во всем объеме активного элемента, можно рассчитать по формуле

$$P_{\text{пол.}} = v\beta l \int_S W_{\text{накач.}}(x, y) dS,$$

где v —скорость света в веществе.

Для полихроматической накачки поглощение мощности излучения находится путем суммирования по линиям излучения источника накачки.

Часть поглощенной мощности накачки переходит в тепло, причем профиль плотности мощности тепловыделения в поперечном сечении элемента повторяет профиль поглощенной плотности мощности накачки. При накачке элемента из АИГ: Nd^{3+} дуговой криптоновой лампой в тепло переходит приблизительно 50% от поглощенной в элементе мощности.

При расчетах варьировались размеры активного элемента в поперечном сечении (от 3 до 40 мм), отношение сторон элемента (от 1:1 до 1:10), коэффициент поглощения мощности накачки в элементе (в диапазоне изменений концентрации неодима от 0,2 до 3 атомарных процентов).

При монохроматической накачке коэффициент поглощения был принят равным $\beta = 1,28 \text{ см}^{-1}$ (⁴), что соответствует самой интенсивной линии поглощения АИГ: Nd^{3+} и самой интенсивной линии излучения дуговой криптоновой лампы на $\lambda = 0,81 \text{ мкм}$. На этой же длине волны возможна близкая к монохроматической накачка с помощью светодиодов или металлогаллоидных ламп.

При полихроматической накачке во внимание принималось пять интенсивных линий поглощения АИГ: Nd^{3+} с распределением мощности излучения накачки по линиям, соответствующим дуговой криптоновой лампе (⁴).

Результаты расчетов представлены на рис. 1—3.

Плотность мощности накачки, поглощенная элементом (соответственно ей — и плотность мощности тепловыделения), возрастает от центра к периферии и максимальна в углах элемента (рис. 1), причем

степень неравномерности (определяется как отношение поглощенной в элементе плотности мощности накачки на краю и в центре элемента) имеет максимум при определенном соотношении сторон элемента (рис. 2).

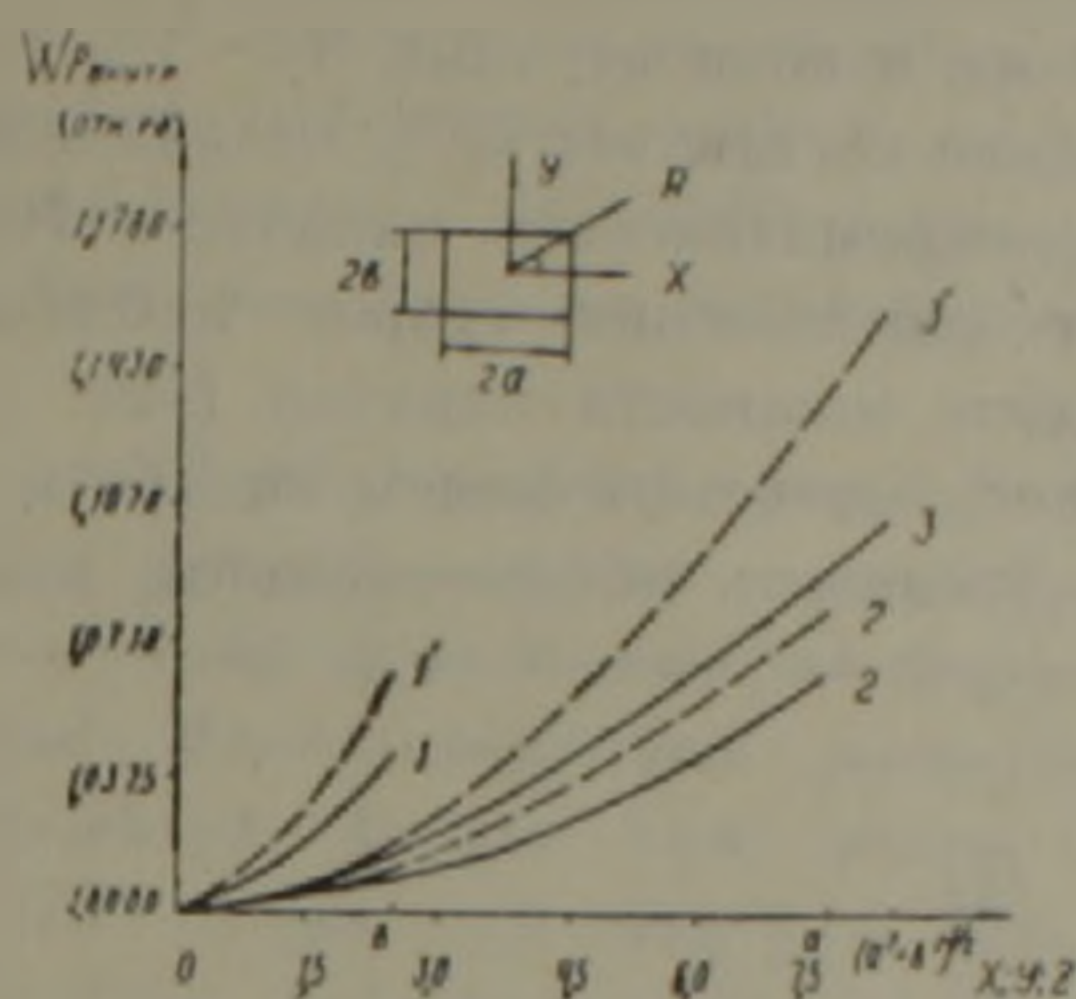


Рис. 1. Распределение плотности мощности накачки в поперечном сечении активного элемента из АИГ: Nd^{3+} (с размерами в сечении 5×15 мм) вдоль оси Y (1,1'), X (2,2') и по диагонали R (3,3') соответственно для полихроматической и монохроматической накачек

При увеличении размеров элементов или коэффициента поглощения (что соответствует увеличению концентрации неодима) степень неравномерности возрастает и максимум неравномерности смещается в сторону меньших соотношений боковых граней.

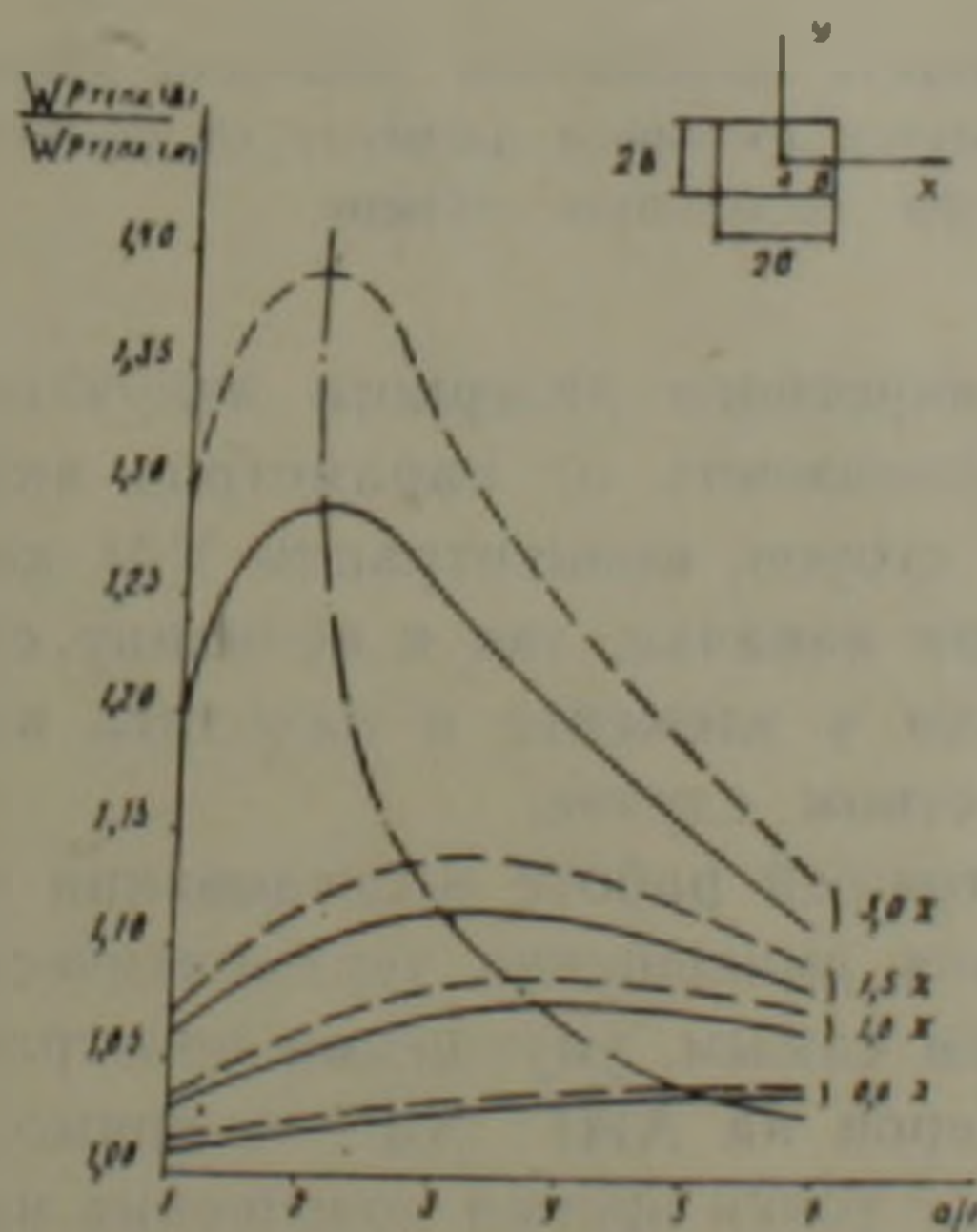


Рис. 2. Зависимость неравномерности тепловыделения в поперечном сечении прямоугольного активного элемента из АИГ: Nd^{3+} от соотношения сторон элемента для различных концентраций неодима ($2 a = 5$ мм). — для полихроматической накачки; - - - для монохроматической накачки. Экспоненциальная линия показывает максимумы для полихроматической накачки

Как показывают расчеты, при полихроматической радиации мощность накачки распределена по сечению активного элемента более равномерно, чем при монохроматической, однако в последнем случае меньше суммарная мощность накачки, поглощаемая элементом и, соответственно, меньше КПД лазера. Например, для элемента размерами в сечении 3×9 мм и концентрации $Nd \sim 1\%$ при полихроматической накачке поглощение составляет 50% от падающей на поверхность мощности, а при монохроматической накачке — 70%.

При увеличении соотношения сторон наблюдается уменьшение поглощенной в элементе мощности накачки (рис. 3). Для сохранения КПД лазера на уровне, соответствующем квадратному элементу, целесообразно при этом увеличить объем элемента или повысить концентрацию неодима.

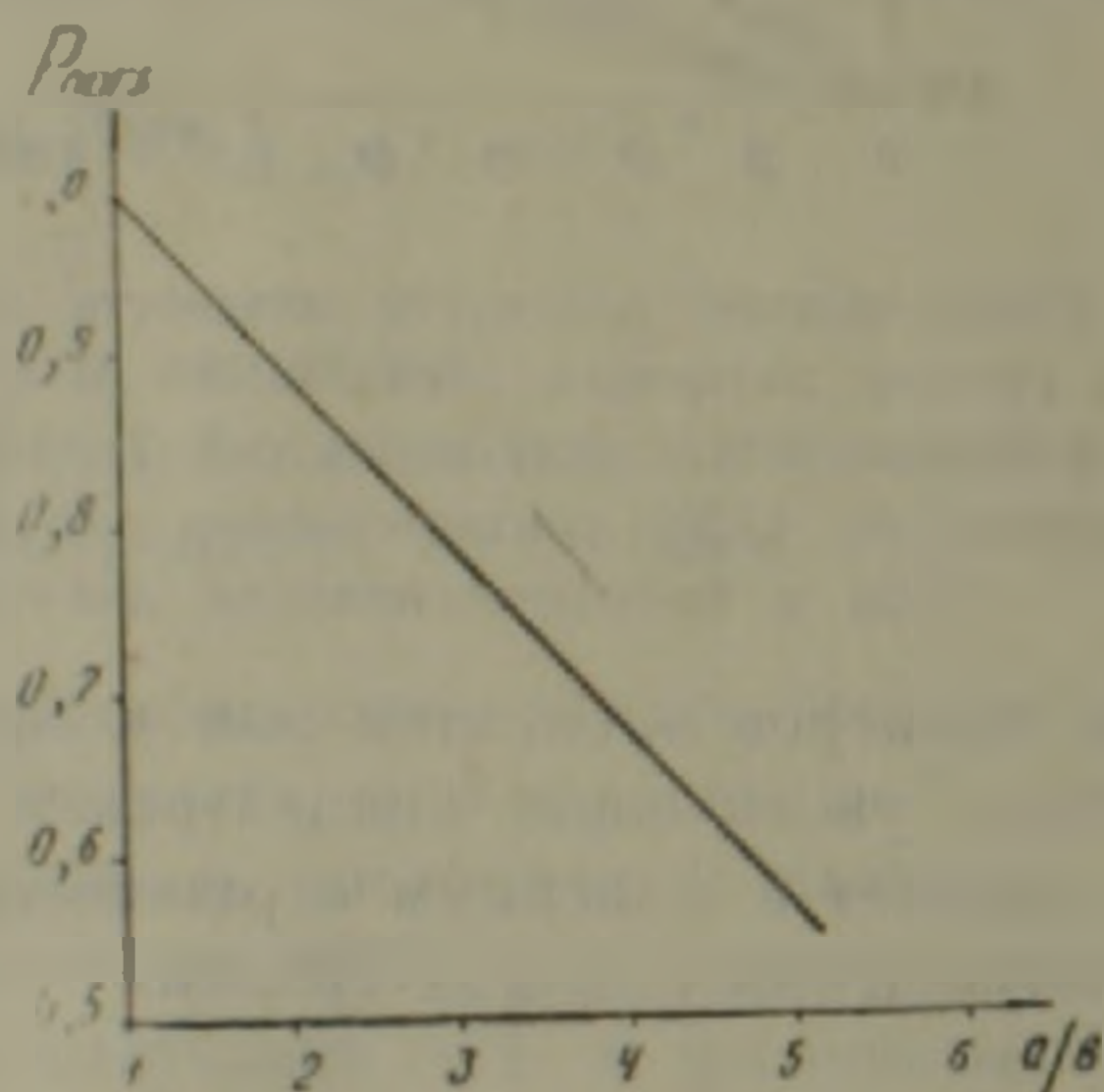


Рис. 3. Зависимость поглощенной мощности накачки в прямоугольном активном элементе от соотношения сторон при постоянном объеме

При разработке конкретного лазерного излучателя следует принимать во внимание зависимость от параметров активного элемента (размеров, соотношения сторон, концентрации Nd) как степени неравномерности распределения накачки, так и величину суммарного поглощения излучения накачки в элементе и находить компромиссное решение в каждом конкретном случае.

Проведенные в настоящей работе исследования представляют интерес как с точки зрения уменьшения термооптических искажений в активном элементе и, тем самым, улучшения пространственных характеристик излучения лазеров на АИГ: Nd^{3+} с прямоугольными активными элементами, так и с точки зрения повышения их КПД.

В заключение авторы выражают благодарность Ю. Г. Туркову за ценные обсуждения.

Институт физических исследований
Академии наук Армянской ССР

Մղման նաուդայրման բաշխումը $YAG:Nd^{3+}$ -ից պատրաստված ուղղանկյուն կտրվածքով լազերային ակտիվ էլեմենտներում

Տվյալ աշխատանքում էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի օգնությամբ թվային մեթոդով հաշված է մոնոքրոմատիկ և պոլիքրոմատիկ-մղմանների դեպքում ուղղանկյուն կտրվածքով $YAG:Nd^{3+}$ -լազերային ակտիվ էլեմենտներում մղման հզորության խտության բաշխման և ջերմանքատման երևույթները:

Հետազոտված է էլեմենտների շափերի, կողմերի հարաբերակցության և նեոդիմի ակտիվ իոնների կոնցենտրացիայի ազդեցության մղման բաշխման անհամասեռության աստիճանի վրա: Կատարված հաշվարկները հետաքրքրություն են ներկայացնում թերմոստիկական խոտորումների մեծության և բնույթի հետազոտությունների, ինչպես նաև՝ նրանց համակշռման մեթոդների ժամանակ $YAG:Nd^{3+}$ -ի վրա աշխատող իմպուլսային, կվադրանդհատ և անընդհատ գործողության լեզերների ակտիվ էլեմենտներում:

ЛИТЕРАТУРА — ԴՐԱՎԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Б. И. Степанов, Методы расчета ОКГ, т II, Изд. «Наука и техника», Минск, 1968.
- ² А. Л. Микаэлян, М. Л. Тер-Микаэлян, Ю. Г. Туркоп, ОКГ на твердом теле. Изд. «Советское радио», М., 1967.
- ³ Е. В. Кошверский, В. Ф. Купришов, А. В. Семенов. Тезисы докладов IX Всесоюзной конференции по когерентной и нелинейной оптике. Л., 1978.
- ⁴ S. Yoshikawa, K. Iwanoto, K. Washio, Appl. Optics (vol. 10, № 7), July, 1971.

УДК 577.352.5:612.822

БИОФИЗИКА

М. А. Сулейманян

О действии осмотического давления на электрическую активность мембраны гигантского нейрона улитки

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР В. В. Фанарджяном 19/IV 1979)

В предыдущих наших работах было показано, что объем гигантского нейрона улитки регулируется работой электрогенного натриевого насоса (Na-насос) (¹). Активация работы Na-насоса приводит к уменьшению, а инактивация — к увеличению объема клетки. Известно, что живые клетки ведут себя как своего рода осмометры (²). Клетки, находившиеся в гипертонической среде, теряют воду и уменьшаются в размере, а клетки, находившиеся в гипотонической среде, наоборот, поглощая воду, набухают.

Исследование электрических характеристик мембраны в условиях различного осмотического давления наружного раствора позволит понять физиологическое значение насос-вызванного изменения объема клетки в ее нормальной жизнедеятельности. Указанный вопрос и служил предметом исследования в данной работе.

Опыты проводили на гигантских нейронах виноградной улитки в зимние месяцы, когда животные находились в анабиотическом состоянии. Исходный физиологический раствор имел следующий состав в миллимолях: Na — 80, K — 4, Ca⁺⁺ — 7, Mg⁺⁺ — 13, трис-HCl (pH 8) — 10, глюкоза — 10. Растворы с различными осмотическими давлениями приготавливали, заменяя 40 мМ NaCl на 0,52, 104 мМ сахарозы для гипотонического, нормального и гипертонического растворов соответственно. Для исследования мембранных токов и снятия вольт-амперных характеристик мембраны была применена длительная фиксация напряжения на мембране, в основе которой лежит автоматическое поддержание мембранного потенциала (МП) на исследуемом уровне. Для этого в нейроны были введены два независимых микроэлектрода — один для регистрации МП, а другой для поддержания МП на желаемом уровне (токовый электрод). Микроэлектроды были заполнены 2,5 М KCl и имели сопротивление около 10 МОм.

В нашей лаборатории разработана схема фиксации потенциала на мембране гигантского нейрона улитки, блок-схема которой показана на рис. 1.

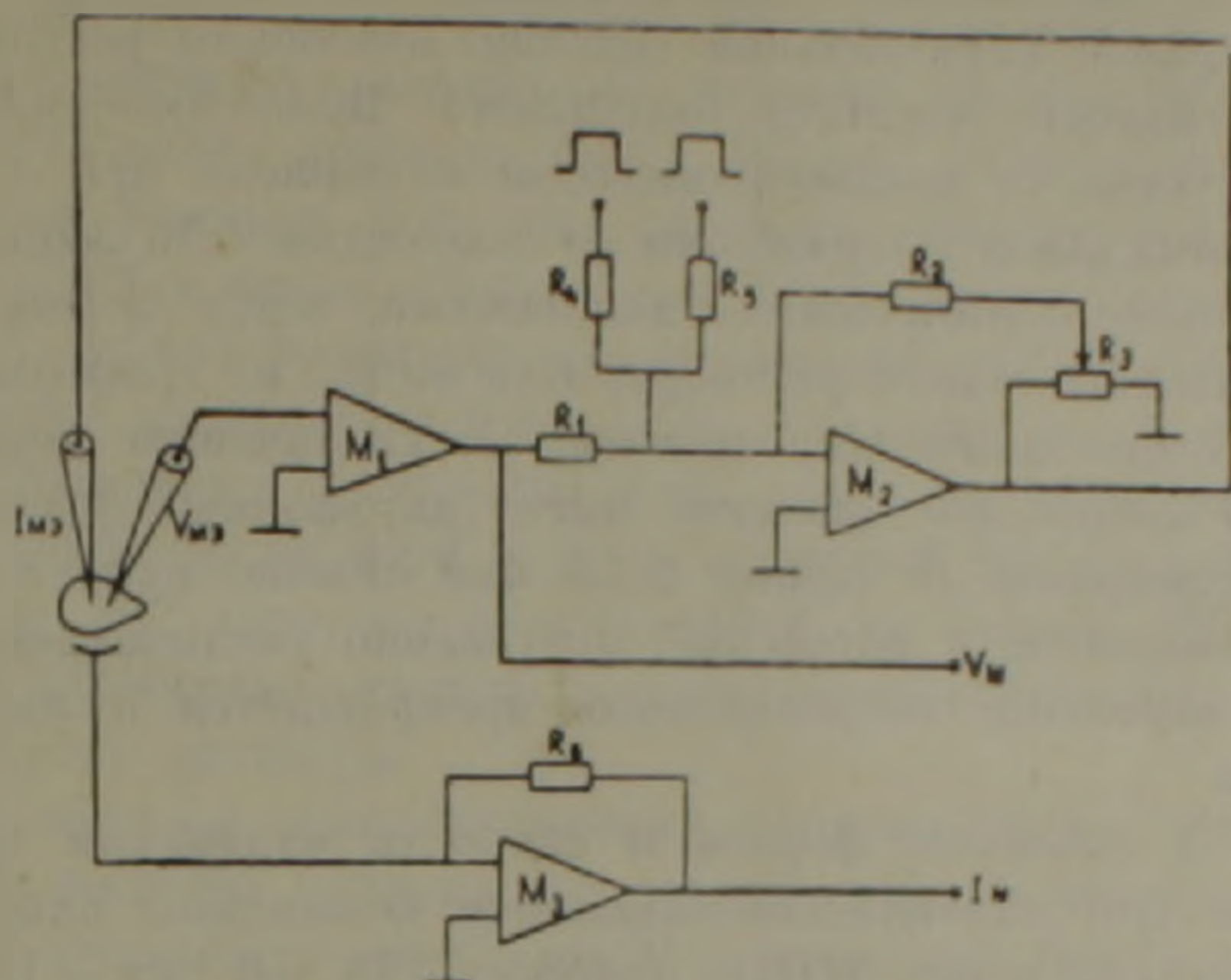


Рис 1. Блок-схема установки для фиксации напряжения на мембране M_1 — входное устройство для регистрации мембранного потенциала (V_m); M_2 — усилитель для фиксации потенциала; M_3 — усилитель для регистрации ионного мембранного тока (I_m). V_m — потенциальный микроэлектрод. I_m — токовый микроэлектрод. Прямоугольные знаки представляют командные напряжения

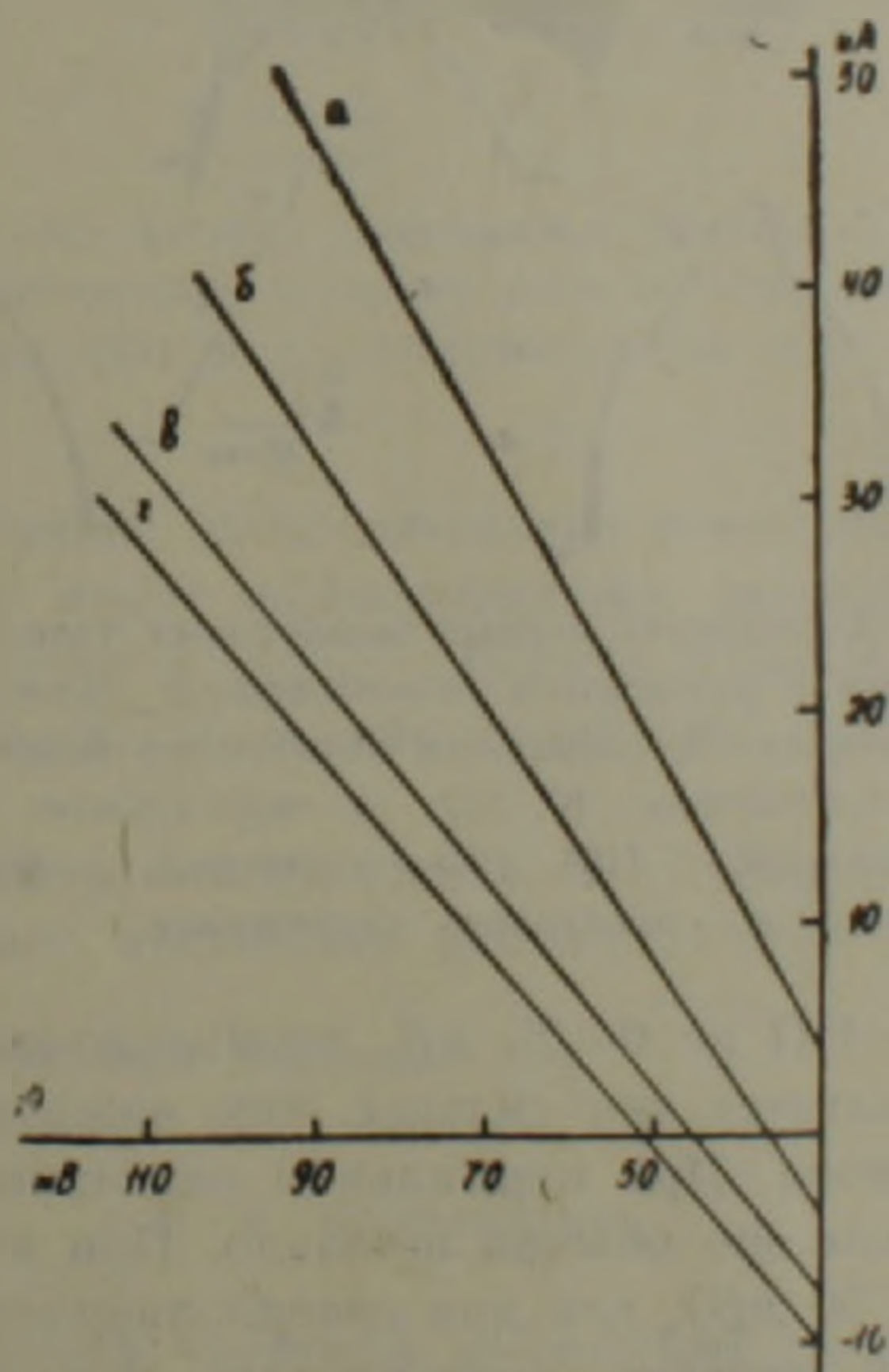


Рис 2. Вольт-амперные характеристики мембраны ритмически активного нейрона (beating pacemaker) в растворах с различными осмотическими давлениями а — в гипотоническом (0), б — нормальном (52) и в, г — гипертоническом (104, 156) растворах. Цифры в скобках обозначают концентрацию сахарозы в мМолях взамен 40 мМ NaCl

На рис. 2 изображены вольт-амперные характеристики мембраны нейрона из правой паризтальной ганглии, имеющего регулярную ритмическую активность (beating pacemaker). Вольт-амперные характеристики получены на двухкоординатном самописце при линейно-возрастающем командном напряжении со скоростью $0,75 \text{ мВ/с}$, в растворах с различными осмотическими давлениями, через 15 мин после воздействия соответствующего раствора. Как видно из графиков, увеличение осмотического давления приводит к увеличению сопротивления мембраны. Осмотическое давление имеет двухфазный эффект на сопротивление мембраны. В первые 2—3 мин обычно происходит уменьшение сопротивления, а потом оно постепенно увеличивается, и через 10—20 мин изменение сопротивления прекращается и наступает его стабилизация.

На рис. 3 показаны формы и скорость изменения мембранных ионных токов при линейно-изменяющемся командном напряжении от уровня потенциала покоя (ПП), равного -35 мВ , до -110 мВ . Как видно из рисунка, при линейно-возрастающем командном напряжении

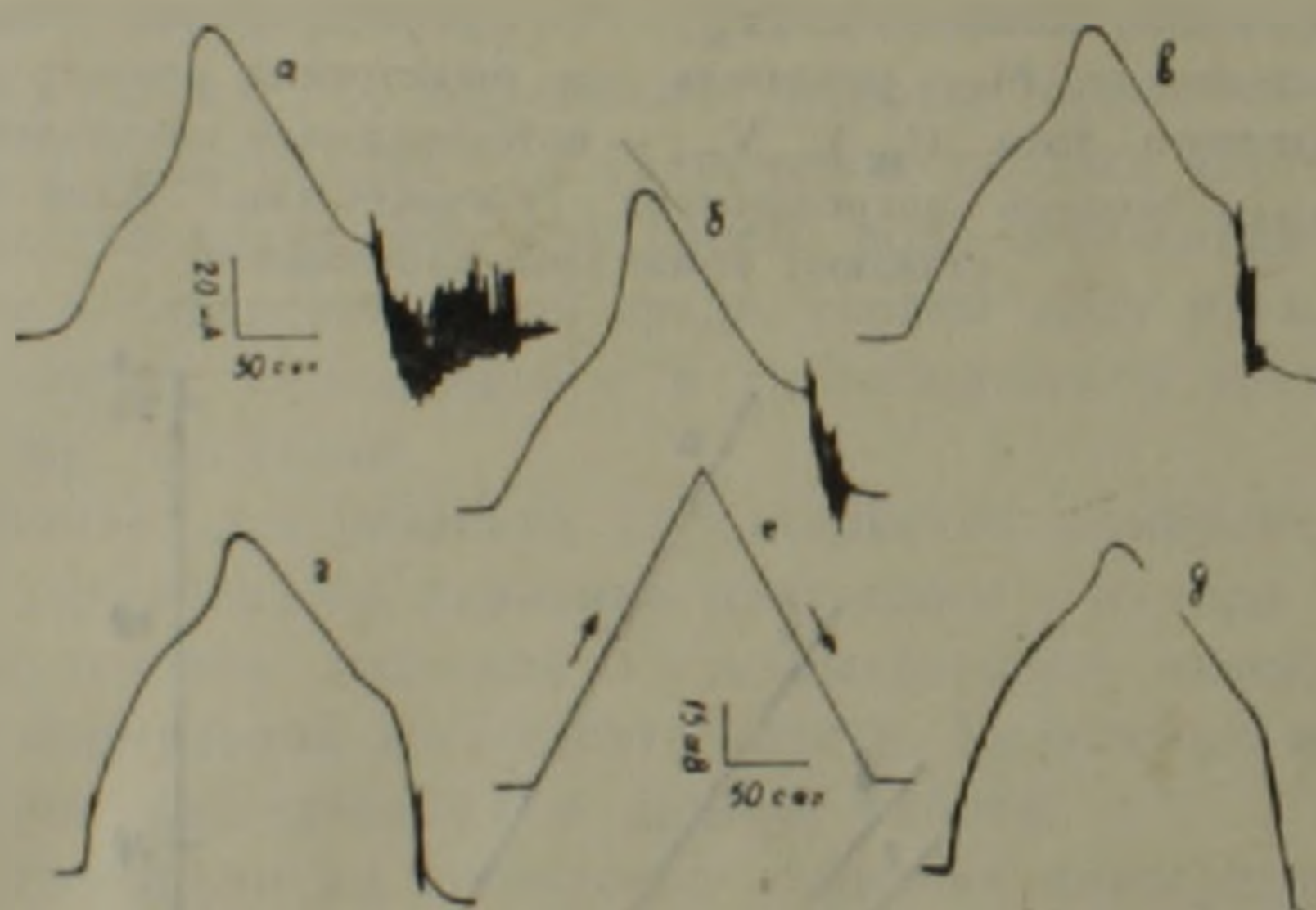


Рис. 3. Зависимость ионных мембранных токов от времени в растворах с различными осмотическими давлениями при подаче линейно-изменяющегося командного напряжения: а, б— в гипотоническом (0, 26); в—нормальном (52) и г, д— гипертоническом (104, 156) растворах; е—форма линейно-изменяющегося командного напряжения

в области выше ПП на $0-25 \text{ мВ}$, аномально-выпрямляющее свойство мембраны проявляется тем сильнее, чем ниже осмотическое давление наружного раствора. При нормальном осмотическом давлении в присутствии сахарозы оно обычно исчезало. При высоких значениях МП (больше ПП на 50 мВ), как при гиперполяризационной, так и при деполяризационной линейно-изменяющейся команде, форма изменения мембранных токов одинакова, и они различаются только скоростью изменения. При деполяризационной линейно-изменяющейся команде МП, при котором происходит выпрямление, не зависит от осмотического давления.

Обычно в нормальных условиях ритмически активные клетки после сдвига с гиперполяризационного уровня к уровню ПП отвечают генерацией потенциала действия (ПД). Из рис. 3 видно, что по мере увеличения осмотического давления раствора уменьшается число вышеупомянутых ПД и они возникают при более низких значениях командного тока, т. е. при более деполяризационном уровне МП, в результате увеличения порога генерации ПД. Аналогичное повышение возбудимости наблюдается, когда МП фиксирован на уровне ПП. На рис. 4 показаны мембранные токи в цепи обратной связи, соответствующие ПД нейрона, МП которого фиксировался на уровне ПП. Из записи видно, что количество ответов в пачке уменьшается по мере увеличения тоничности раствора.

Таким образом, при повышении тоничности раствора, т. е. при уменьшении размера нейрона, происходит уменьшение как проводимости, так и возбудимости мембраны. Что позволяет прийти к заключению

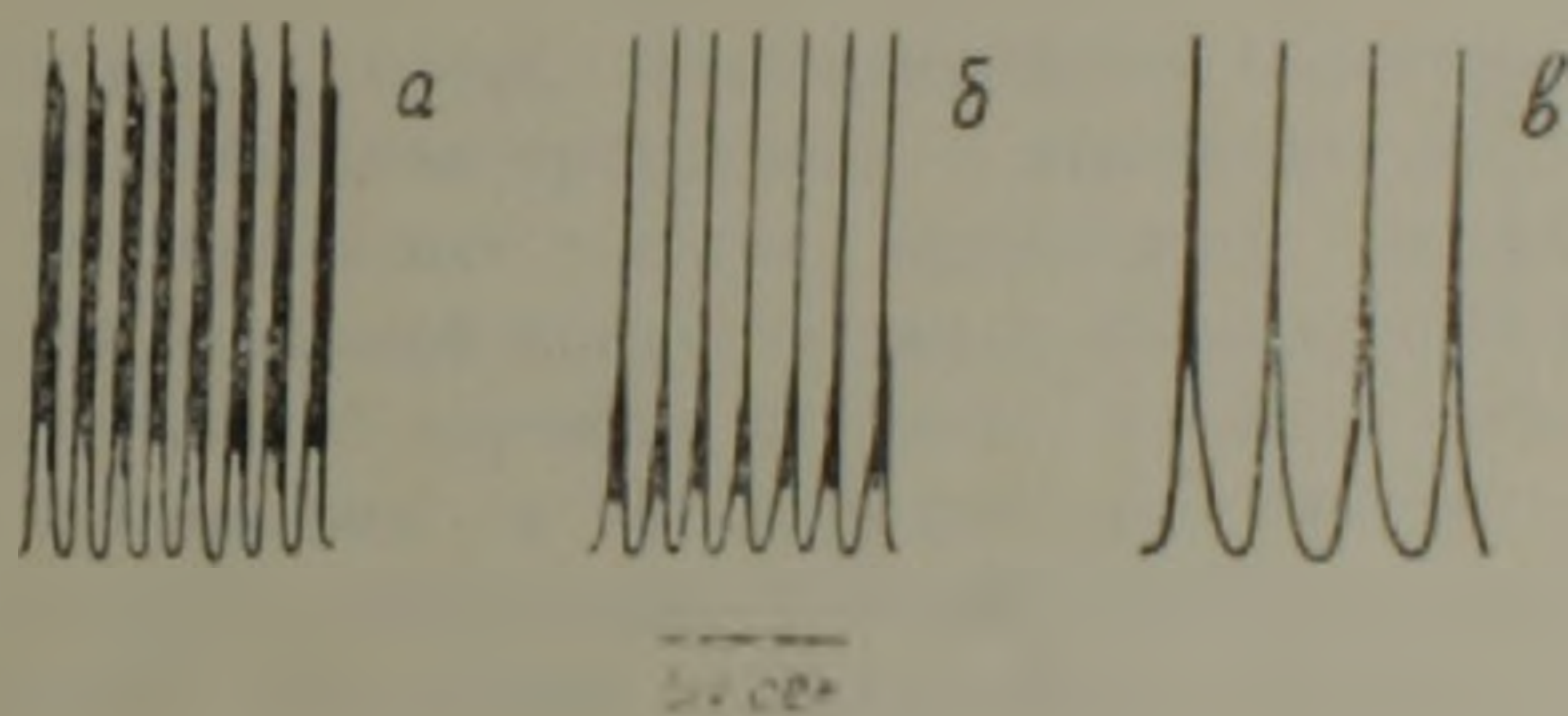


Рис. 4. Изменение частоты потенциалов действия в зависимости от осмотического давления а—в гипотоническом (0); б—нормальном (52) и в—гипертоническом (104) растворах

что ранее нами показанное насос-вызванное изменение объема гигантского нейрона улитки имеет функциональное значение в нормальной жизнедеятельности клетки и может служить одним из метаболических механизмов, лежащих в основе регуляции адаптивных свойств нейрона.

Выражаю искреннюю благодарность С. Н. Айрапетяну, под руководством которого была выполнена данная работа.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Армянской ССР

Խ. Ա. ՍՈՒՆՅԱՆՅԱՆ

Խիսունջի գիգանտ նեյրոնի մեմբրանի էլեկտրական ակտիվության վրա
օսմոտիկ ճնշման ազդեցության մասին

Այս աշխատանքում ուսումնասիրվել է օսմոտիկ ճնշման ազդեցությունը
խիսունջի գիգանտ նեյրոնի մեմբրանի էլեկտրական ակտիվության վրա։ Ցույց
է տրվել, որ օսմոտիկ ճնշման մեծացման ժամանակ մեծանում է մեմբրանի

դիմադրությունը և փոքրանում նրա գրգռողականությունը Օսմոտիկ ճնշման փոքրացման ժամանակ մեմբրանի հանդստի պոտենցիալից 0—25 մվ բարձր տիրույթում հոսանքի մեծացումը յարմարն պետքին մեծացման ժամանակ դանդաղում է և այնքան ավելի շատ, որքան փոքր է օսմոտիկ ճնշումը, իսկ պրակտիկ ավելի բարձր տիրույթում հոսանքի փոփոխման վարքը մնում է հիմնականում նույնը կիրառված բոլոր օսմոտիկ ճնշումների դեպքում: Լեյս տվյալներից եզրակացություն է արվում, որ էլեկտրոգեն նատրիումական պոմպը պայմանավորված խիստ զիջանալի նեյրոնի ծավալի փոփոխությունը ունի ֆունկցիոնալ նշանակություն բջջի նորմալ կենսագործունեության ընթացքում և կարող է ծառայել որպես նյութափոխանակային մեխանիզմներից մեկը, որը ընկած է նեյրոնի ադապտացիոն հատկությունների կանոնավորման հիմքում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ С. Н. Айрапетян, М. А. Сулейманян, Биофизика, 3, 1979. ² Х. Ност, в кн.: Физiology клетки, «Мир», М., 1975.

УДК 577.1 : 577.15 : 576.851.575

БИОХИМИЯ

Ж. А. Кцоян, Н. Н. Саркисян, К. А. Аракелова

Ассоциация активности ДНК-полимеразы типа I с R-плазмидой pGK-101 *S. derby*

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном 14/XI 1978)

Поиск новых генов, ассоциированных с внехромосомными ДНК в бактериях и высших организмах, и выяснение их функционального значения в настоящее время продолжает оставаться в центре внимания ⁽¹⁾. Большой практический и общенаучный интерес, в частности, представляет изучение плазмид, влияющих на резистентность клеток к излучениям и на мутационный процесс ⁽²⁾. Ранее нам удалось показать присутствие в *S. derby* K 89 и его радиочувствительных мутантах R-фактора, придающего клеткам устойчивость к стрептомицину, пенициллину и хлорамфениколу, и лишь один из этих мутантов—K 82 pol⁻ был чувствителен к этим антибиотикам, т. е. не содержал R-фактора ⁽³⁾.

В настоящей работе изучалась трансмиссибельность и стабильность R-фактора, обозначенного pGK-101, проводился конъюгационный перенос R-плазмиды, при котором выявлена ассоциация активности репаративной ДНК-полимеразы типа I с R-плазмидой.

В работе использовали дикий тип *S. derby* K 89 и выделенный нами его радиочувствительный мутант K 82 pol⁻, *E. coli* C и *S. typhimurium* LT2. Характеристика: *S. derby* K 89—прототроф, Stm^r, Pen^r, Cml^r, Tet^r; *S. derby* K 82—arg⁻, his⁻, Stm^s, Pen^s, Cml^s, Tet^s; pol⁻; *S. typhimurium* ZT2—прототроф, Stm^s, Pen^s, Cml^s, Tet^s, и *E. coli* C—прототроф, Stm^s, Pen^s, Cml^s, Tet^s. Проверка на резистентность к антибиотикам последних двух штаммов проведена в одинаковых условиях со штаммом *S. derby*.

Штаммы выращивали на полиоценной среде (2% МПА). Конъюгационные скрещивания проводили по методу Дэтта с соавт. ⁽⁴⁾. Конъюгационную смесь инкубировали в течение 3 и 18 часов при 37°C. Частоту R-переноса определяли по отношению трансконъюгантов к количеству донорских клеток. В качестве минимальной среды использовали М-9 ⁽⁵⁾ в опытах конъюгационного скрещивания. Антибиотики в опытах по конъюгации использовали в следующих концентрациях (мкг/мл): тетрациклина гидрохлорид — 20, стрептомицин сульфат — 200, пени-

циллин натриевая соль — 20, хлорамфеникол — 20. Для выделения ДНК-полимеразы использовали биомассу *S. derby* К 89, мутанта К 82 *pol*[−] и пяти трансконъюгантов К 821, К 822, К 823, К 824, К 825. Активность ДНК-полимеразы определяли в стандартных условиях (6) с использованием "активированной" ДНК из спермы лосося (в качестве затравки-матрицы), 5-дезоксинуклеозидтрифосфатов фирмы „Reanal“ (Венгрия), Н³ ТТР фирмы „Amersham“ (Англия). Полная реакционная смесь в 1,75 мл содержала (в мкм): ДНК — 800, АТР — 3,8, 9ТР — 12,3, СТР — 44, Н³ТТР — 12, М Cl₂ — 30, буфер РН8 — 80. Радиоактивность считали в счетчике „Intertchnique“ (Франция).

Из данных табл. 1 явствуется, что путем конъюгационного скрещивания осуществлен перенос R-плазмиды из клеток дикого типа *S. derby* К 89 к мутантным клеткам *S. derby* К 82 *pol*[−] реципиентам. Частота конъюгационного переноса варьировала от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ в зависимости от маркера селекции. Таким образом удалось выявить в *S. derby* К 89 трансмиссибельный R-фактор, контролирующий устойчивость к стрептомицину, пенициллину, хлорамфениколу, обозначенный нами как pGK-101. Была проверена возможность передачи R-плазмиды из *S. derby* в *S. typhimurium* и *E. coli* С. Конъюгационный перенос осуществлен, хотя частота скрещивания *S. derby* × *E. coli* и *S. derby* × *S. typhimurium* была на 1—2 порядка ниже, чем при скрещивании *S. derby* × *S. derby* (табл. 1), т. е. перенос плазмиды из *S. derby* в *S. typhimurium* и *E. coli* менее эффективен. С целью определения стабильности плазмиды трансконъюганты проверялись на устойчивость к антибиотикам: стрептомицину, пенициллину, хлорамфениколу. Все трансконъюганты подобно клеткам дикого типа были резистентны к антибиотикам. Анализ трансконъюгантов показал, что плазида pGK-101 *S. derby* трансмиссибельна и стабильна.

Таблица 1

Конъюгационный перенос плазмиды pGK 101 *S. derby*

Скрещивание	Селекция трансконъюгации по устойчивости к антибиотикам	Частота конъюгационного переноса		Чувствительность трансконъюгантов к антибиотикам			
		инкубация, часы		Stm	Pen	Cml	Tel
		3	18				
<i>S. derby</i>	Stm	$2 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	г	г	г	г
×	Pen	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$	г	г	г	г
<i>S. derby</i>	Cml	$4 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	г	г	г	г
<i>S. derby</i>	Stm	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—
×	Pen	$1 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—
<i>S. typhimurium</i>	Cml	$1 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—
<i>S. derby</i>	Stm	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—
×	Pen	$2 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	—	—	—	—
<i>E. coli</i>	Cml	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—

Средние данные из 6 опытов, г—резистентность.

Мутант *S. derby* K 82 pol^- , который служил реципиентом в опытах по конъюгационному скрещиванию, в стандартных условиях для определения активности ДНК-полимеразы I в ультразвуковых экстрактах содержал менее 5% ДНК полимеразы по сравнению с экстрактами из дикого типа и других радиочувствительных мутантов (табл. 2), и лишь мутант K 82 pol^- оказался чувствительным к стрептомицину, пенициллину, хлорамфениколу, т. е. не содержал плазмиды $\text{pGK}-101$ (⁹). Эти данные указывают на то, что ген ДНК-полимеразы типа I в *S. derby* может быть локализован на плазмиде. Действительно, перенос плазмиды $\text{pGK}-101$ из *S. derby* K 89 в K 82 pol^- с помощью конъюгации приводил к почти полному восстановлению активности ДНК-полимеразы в экстрактах их трансконъюгантов (табл. 2). Из 5 проверенных трансконъюгантов все 5 содержали 90–95% активности ДНК-полимеразы. Перенос плазмиды в мутант K 82 pol^- , наряду с восстановлением активности ДНК-полимеразы, приводит к существенному повышению резистентности клеток к УФ-свету.

Кривые выживаемости двух трансконъюгантов изображены на рис. 1.

Таблица 2
Содержание ДНК-полимеразы типа I в *S. derby*

Штаммы	Активность ДНК-полимеразы I (импульсы за 10 сек)
<i>S. derby</i> K 89	1411
<i>S. derby</i> K 82	65
Трансконъюганты	
<i>S. derby</i> K 821	1250
<i>S. derby</i> K 822	1375
<i>S. derby</i> K 823	1193
<i>S. derby</i> K 824	1490
<i>S. derby</i> K 825	1338

Количество белка 1 мг/мл во всех опытах.

По-видимому, бесплазмидные штаммы *S. derby* не содержат хромосомного гена ДНК-полимеразы типа I и не способны нормально проводить репаративный синтез во время эксцизионной репарации.

Таким образом, полученные результаты позволяют предположить, что присутствие ДНК-полимеразы типа I в клетках *S. derby* строго ассоциировано с наличием плазмиды $\text{pGK}-101$.

Результаты, приведенные в настоящей работе, хорошо согласуются с данными о ДНК-полимеразах, кодируемых генами плазмид R-Utrecht на *S. typhimurium* (⁷⁻⁹) и R-фактор pMG^R из *Ps. aeruginosa* (¹⁰), и показывают, что ассоциация ДНК-полимеразного гена с внехромосомным ДНК довольно широко распространена у бактерий и имеет существенное значение в определении их резистентности

к генетически активным агентам. Существенное отличие результата, полученного в настоящей работе, от указанных выше в том, что в *S. derby* плазмидная ДНК-полимераза типа I является основной репарационной ДНК-полимеразой, а хромосомная либо отсутствует,

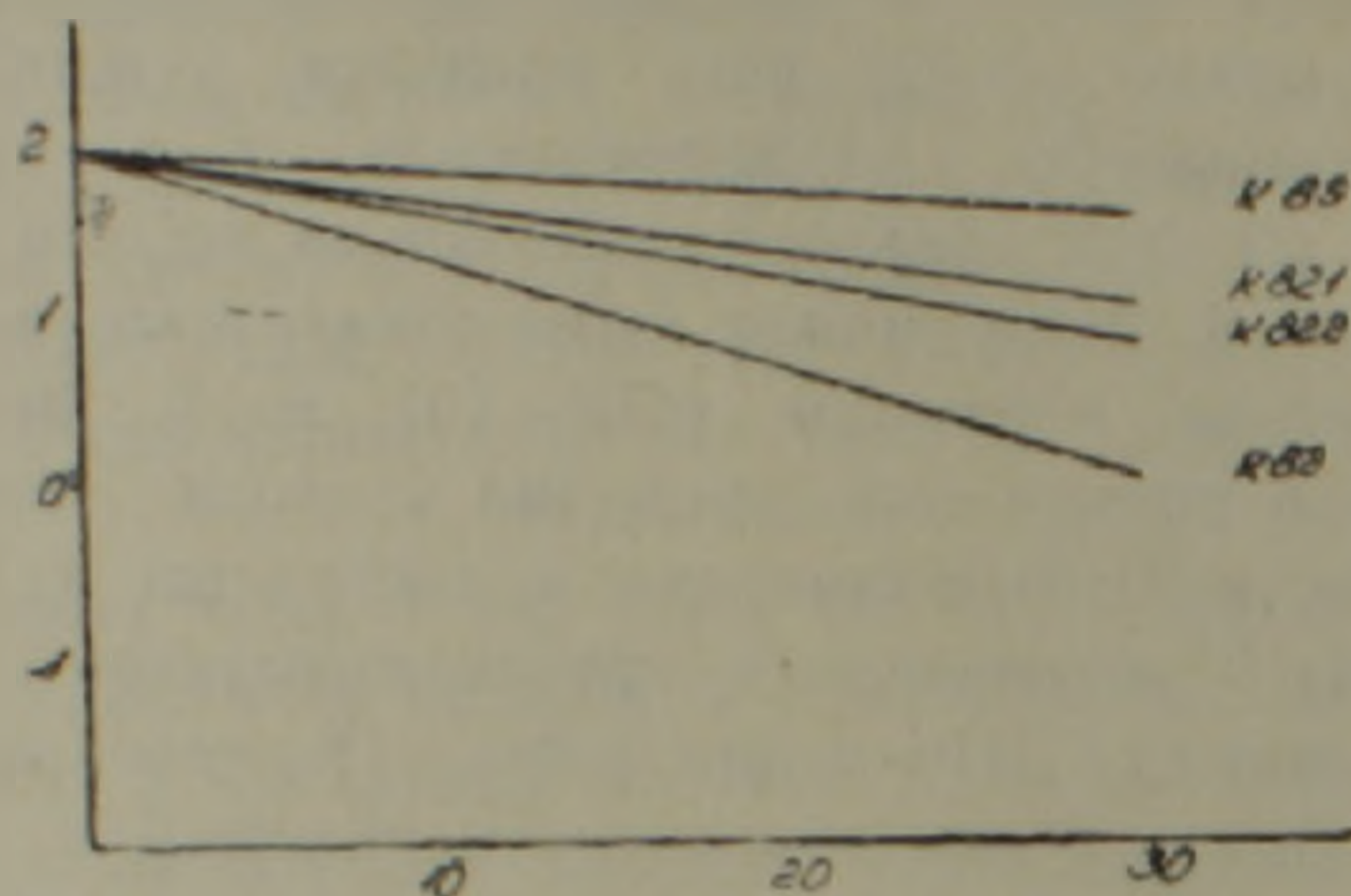


Рис. 1. Зависимость выживаемости клеток от дозы облучения. По оси ординат — выживаемость клеток. По оси абсцисс — время облучения в секундах. К 89 — дикий тип, К 82 — *pol*-мутант, К 821, К 822 — трансконъюганты

либо составляет лишь минорную фракцию. В случае *S. typhimurium* и *Ps. aeruginosa* плазмидная ДНК-полимераза выявляется лишь в мутантах, дефектных по хромосомному гену ДНК-полимеразы типа I. В литературе нам не удалось найти примера почти полного вынесения гена одного из важных факторов эксцизионной репарации — ДНК-полимеразы типа I — на плазмиду.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Армянской ССР

Ճ. Ս. ԿՈՌՅԱՆ, Ն. Ն. ՍԱՐԴՅԱՆ, Կ. Ա. ԱՐԱԿԵԼՈՎԱ

ԴՆԽ-պոլիմերազա I-ի ակտիվության գույորդումը *S. derby*-ի pGK-101 R-պլազմիդայի հետ

Ուսումնասիրվել է R-ֆակտորի (որը անվանվել է մեր կողմից pGK-101 պլազմիդա) փոխհաղորդումը և կայունությունը *S. derby*-ի բջիջներում, որը հաղորդում է բջիջներին անտիբիոտիկների՝ ստրեպտոմիցին, պենիցիլին, ժլոքամֆենիկոլ, նկատմամբ կայունություն:

Իրագործված է կոնյուգացիոն փոխանցում, որի դեպքում հայտնաբերված է ռեպարացիոն ԴՆԽ-պոլիմերազա I-ի ակտիվության գույորդումը pGK-101 պլազմիդայի հետ:

Աշխատանքում օգտագործվում են *S. derby*-ի վայրի K-89 շտամը և ռադիոդրայուն K-82 *pol* մուտանտը: Կոնյուգացիոն խաչածեղումները կատարվել են

Ինտտայի մեթոդով, ԴՆԹ-ի պոլիմերազա 1-ի ակտիվությունը որոշվել է ԴՆԹ-ի պոլիմերազի որոշման ստանդարտ պայմաններում, օգտագործելով որպես մատրիցա սաղմոնի սպերմից անջատած «ակտիվացված» ԴՆԹ:

Ստացված տվյալները թույլատրում են ենթադրել, որ պլազմիդային ԴՆԹ-պոլիմերազա 1-ը *S. derby*-ում հանդիսանում է ռեպարացիոն հիմնական ԴՆԹ-պոլիմերազան, իսկ բրոմոսոմատիներ կամ բացակայում է, կամ՝ կազմում միևնույնին ֆրակցիա:

ЛИТЕРАТУРА — ԴՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Richard P. Novick, Royston C. Clowes *et. all*, Bacteriol. Reviews, vol. 40, N1, 168–189 (1976). ² D. G. MacPhee, Mutation Research, vol. 19, 375 (1973). ³ Ж. А. Кцоян, К. А. Аракелова, „Биол. журнал Армении“, № 8, 1978. ⁴ N. Datta, R. W. Hodges, E. I. Shaw *et. all*, G. Bacteriol., vol. 108, 1244 (1971). ⁵ N. S. Willets, D. I. Finnegan, Genet. Res. Camb., vol. 16, 113 (1970). ⁶ M. Gester, Progr. Nucl. Acid Research, vol. 14, 101 (1974). ⁷ D. G. MacPhee, Mutation Research, vol. 14, 150–453 (1972). ⁸ D. G. MacPhee, Mutation Research, vol. 18, 367 (1973). ⁹ D. G. MacPhee, Nature, London, vol. 251, 432 (1974). ¹⁰ P. Lehrbach, A. N. C. Kung, B. O. Lee, Journal of General Microbiology, vol. 98, 167 (1977).

УДК 577.1:547.96

БИОХИМИЯ

В. С. Гаспаров

Доступность меди нейрокупреина для воды

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном 16/1 1979)

Нейрокупреин — кислый белок, выделенный из серого и белого вещества мозга, с молекулярным весом 10 000 и одним атомом меди на молекулу (¹). Это один из основных медьсодержащих белков мозга, на долю которого приходится приблизительно 50% меди экстракта водорастворимых белков (²). Физиологическое значение этого белка неизвестно, однако показано (³), что в анаэробных условиях окисленный нейрокупреин легко восстанавливается адреналином или норадреналином, при этом адреналин переходит в адренохром. С другой стороны, восстановленный нейрокупреин способен окисляться адренохромом. Таким образом, возможная функция нейрокупреина состоит в обезвреживании адренохрома. Входящий в состав белка атом меди относится к так называемому типу 2, поскольку не обнаруживает интенсивной полосы переноса заряда в районе 600 нм и имеет сигнал ЭПР с константой СТ-расщепления, A_{11} типичной для низкомолекулярных комплексов меди (⁴). В ряде исследований (⁵⁻¹²) было показано, что Cu (II) типа 1 и типа 2 резко отличаются по своей доступности к растворителю (вода). Как известно, тип 1 недоступен для воды, тогда как атомы меди типа 2 расположены в участках, доступных для воды. В большинстве описанных до настоящего времени медьсодержащих белках с одним атомом меди на молекулу медь относится к типу 1, а в белках, содержащих несколько атомов меди (синие оксидазы), содержатся атомы меди обоих типов. Отнесение меди к типу 1 или 2 должно основываться не только на параметрах сигнала ЭПР, но и на данных скорости протонной релаксации. Таким образом, изучение свойств нейрокупреина дает возможность рассмотреть изменения релаксационных характеристик протонов воды при их взаимодействии только с медью типа 2 в белках.

В настоящем сообщении приведены данные о временах продольной (T_1) и поперечной (T_2) релаксации протонов воды в присутствии нейрокупреина. Нейрокупреин был получен по методу (¹), а апобелок — по методу (³). Восстановленный препарат получали добавлением из-

бытка дитионита натрия к окисленному препарату. Время спин-решеточной релаксации (T_1) было измерено с помощью импульсного ЯМР с Ларморовой частотой $\omega/2\pi=21$ МГц методом Карра—Перселла с использованием импульсной последовательности $90^\circ - \tau - 90^\circ$, а время спин-спиновой релаксации—как описано в работе (14). Концентрация нейрокупреина во всех опытах составляла $1 \cdot 10^{-4}$ М. Белок был растворен в 0,2 М ацетатном буфере pH 6,0, и изменения pH проводили 0,1 М HCl и 0,1 М NaOH. Измерения проводились в кварцевых трубках объемом 0,4 мл.

Таблица 1

Времена релаксации (мсек) препаратов нейрокупреина в 0,2 М ацетатном буфере, pH 6,4

Препарат	T_1	T_2
Нейрокупреин окисленный	400	420
Нейрокупреин восстановленный	2400	1260
Апонейрокупреин	2400	1450

В табл. 1 приведены времена спин-решеточной (T_1) и спин-спиновой (T_2) релаксации нейрокупреина в окисленной и восстановленной формах и после удаления из окисленного белка меди (апобелок). В соответствии с литературными данными (5) время спин-решеточной релаксации используемого буфера было ≈ 4 сек. Таким образом, из этих данных следует, что в присутствии окисленного белка как T_1 , так и T_2 резко укорачиваются, определенно указывая на доступность меди окисленного белка для протонов воды. Было обнаружено также (рис. 1), что понижение pH до 4,7 не приводит к существенным изменени-

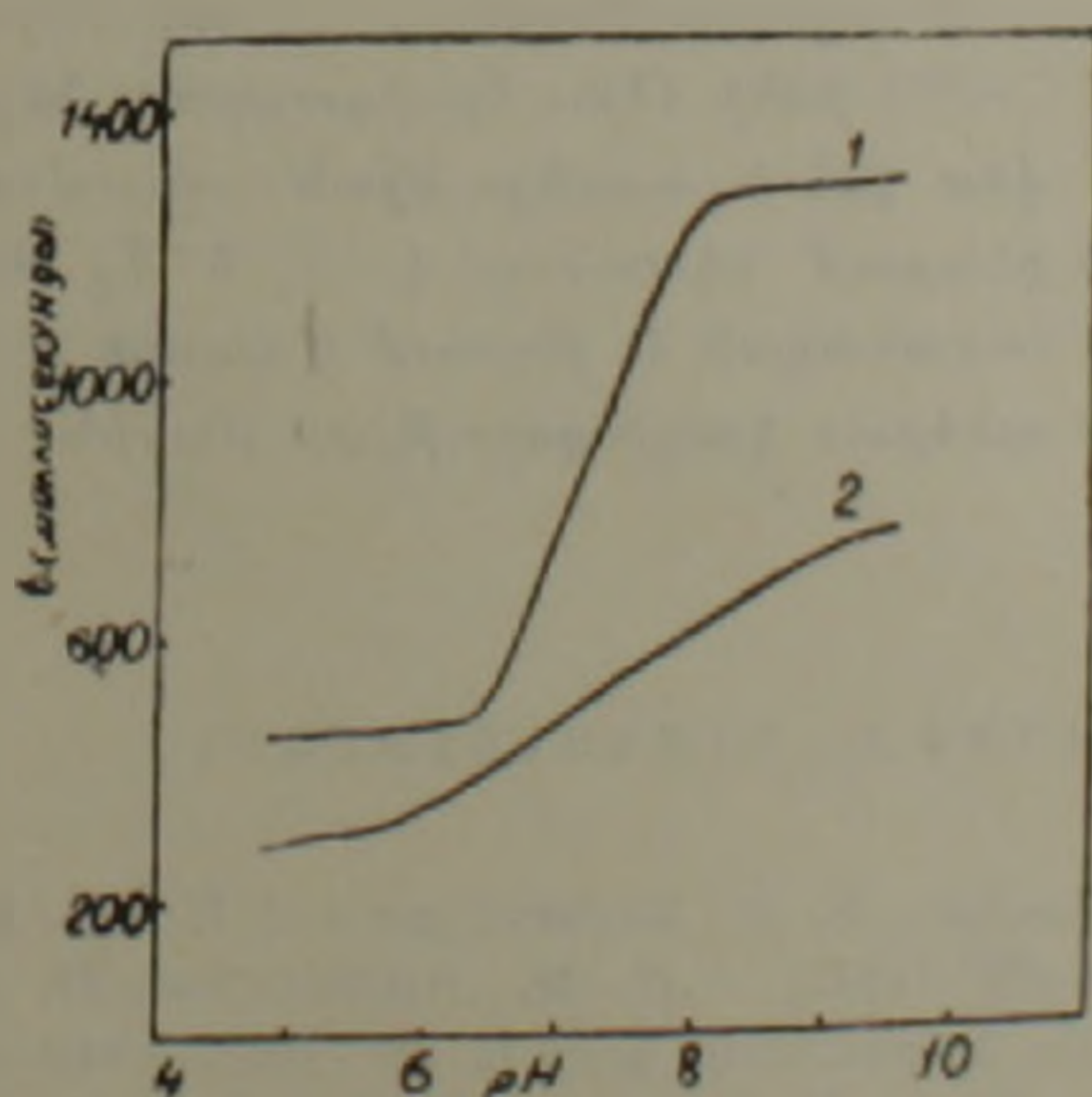


Рис. 1. Влияние pH на времена протонной релаксации нейрокупреина в миллисекундах: 1— T_1 ; 2— T_2

ям как T_1 , так и T_2 , тогда как в щелочной области они резко возрастают. При pH 7,2 наблюдается резкое изменение времен T_1 и T_2 . Резкое увеличение времен релаксации при pH 7,2 могло быть связано с восстановлением меди за счет взаимодействия ее с соседней восстанавливающей группой или же с изменением геометрии медьсодержащего участка белка при pH 7,2. Изучение влияния pH на форму сигнала ЭПР нейрокупрена (¹) показало, что окружение меди весьма чувствительно к pH, причем наблюдающиеся изменения формы сигнала ЭПР были полностью обратимы в диапазоне pH 3,0—9,0. Никаких изменений интегральной интенсивности сигнала ЭПР при изменении pH не наблюдалось. Поэтому наблюдающееся увеличение времен T_1 и T_2 следует приписать либо локальному изменению расстояния между медью и протонами воды, либо ее депротонированию. Изменение T_1 и T_2 , а также формы сигнала ЭПР при pH 7,2, вероятно, свидетельствует о наличии в окружении меди функциональной группы с pH 7,2. Доступность к растворителю в нейрокупрене, вероятно, указывает на доступность ее и для адреналина, который реагирует с белком.

Институт биохимии Академии наук
Армянской ССР

Վ. Ս. ԳԱՍՊԱՐՈՎ

Ջրի հասանելիությունը նեյրոկուպրենի պղնձի համար

Իմպուլսային միջուկային մագնիսական ռեզոնանսի (ՄՄՌ) մեթոդով չափված են ուղեղից անջատված սպիտակուցի՝ նեյրոկուպրենի սպին-ցանցային (T_1) և սպին-սպինային (T_2) ռելաքսացիայի ժամանակները սպիտակուցի օքսիդացված և վերականգնված վիճակներում և սպիտակուցի ապո-ձևում: Ստացված տվյալները վկայում են այն բանի օգտին, որ ջրի մոլեկուլը անմիջականորեն կարող է կապել Cu(II) իոնի հետ: Օքսիդացված նեյրոկուպրենի ռելաքսացիայի ժամանակի վրա pH-ի ազդեցության ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ pH=7,2-ի դեպքում նկատվում է T_1 և T_2 ժամանակների կտրուկ փոփոխություն, որը հավանական է, խոսում է պղնձի և pH 7,2 ունեցող ֆունկցիոնալ խմբի հետ ունեցած կապի գոյության մասին:

ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ S. G. Sharofjan, A. A. Shaljian, R. M. Nalbandyan and H. Ch. Buniatian, Biochem. Biophys. Acta, 493, 478—487. (1977)
- ² R. M. Nalbandyan, H. Ch. Buniatian, Sixth International Meeting of the International Society for Neurochemistry, Copenhagen, 1977.
- ³ V. S. Gasparov, R. M. Nalbandyan, H. Ch. Buniatian, FEBS Letters, 97, 37 (1979).
- ⁴ R. Malkin and B. Malmstrom, Advan. Enzymol., 33, 177 (1970).

⁵ N. Boden, M. C. Holmes and P. F. Knowles, *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 57, 845-848 (1974). ⁶ W. E. Blumberg and I. Pelsach, *Biochim. Biophys. Acta*, 126, 269 (1966). ⁷ B. P. Gaber, R. D. Brown, S. H. Koenig and J. A. Fee, *Biochim. Biophys. Acta*, 271, 1 (1972). ⁸ B. L. Malmstrom, B. Reinhammar and T. Vanngard, *Biochem. Biophys. Acta*, 156, 67 (1968). ⁹ M. Terenzi, A. Rigo, C. Franconi, B. Mondovì, L. Calabrese and G. Rottilo, *Biochim. Biophys. Acta*, 351, 230-236 (1974). ¹⁰ B. P. Gaber, R. D. Brown, S. H. Koenig and J. A. Fee, *Biochim. Biophys. Acta*, 271, 1-15 (1972). ¹¹ J. A. Fee and B. P. Gaber, *J. Biol. Chem.*, 247, 60-65 (1972). ¹² W. E. Blumberg, J. Eisiger, P. Alsen, A. G. Morell and J. H. Scheinberg, *J. Biol. Chem.*, 238, 1975 (1963). ¹³ С. Г. Шаров, А. А. Шалоджин, Р. М. Палбан-дян и Г. Х. Бунитян, *Вопросы биохимии мозга*, т. XII, 8-91 (1977). ¹⁴ H. I. Carr, E. M. Purcell, *Phys. Rev.*, 94, 630 (1954).

УДК 577.352.5:612.822

БИОХИМИЯ

А. М. Геворкян, С. Н. Айрапетян

О механизме действия ацетилхолина на внутриклеточный ионный состав гигантского нейрона улитки

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном 11/III 1979)

В настоящее время биохимическими исследованиями показано, что ацетилхолин (АХ) имеет тормозящее действие на Na^+ - K^+ -АТФазную активность мембраны (^{1,2}). Было установлено, что указанный эффект АХ проявляется лишь в мембранах возбудимых образований и не действует на активность этого фермента, полученного из печени, эритроцитов и глии (^{1,2}). Интересно отметить, что инактивирующее действие АХ на АТФазу зависит от соотношения ионов K^+/Na^+ , и даже, в определенных условиях, малые концентрации АХ могут служить активатором этого фермента (⁴).

Если существующие в литературе биохимические данные относительно действия АХ на Na^+ - K^+ -АТФазную активность мембраны однозначно говорят о его инактивационном действии, то данные физиологических экспериментов относительно указанного вопроса весьма разноречивы и трудны для интерпретации (⁵⁻⁷). Сложность интерпретации данных физиологических экспериментов можно объяснить тем, что во время действия АХ вместе с изменением ферментативных свойств мембраны также происходит катастрофическое изменение ее пассивной проницаемости, в частности, для ионов натрия.

В настоящей работе, с целью выяснения характера действия АХ на активный транспорт ионов, мы исследовали изменение внутриклеточного ионного состава нейронов улитки в первые минуты его действия. Для упрощения модели в данной работе исследования были проведены в условиях отсутствия внеклеточного натрия. Для чего ганглии, предварительно инкубированные в течение одного часа в бескальевом холодном рингеровском растворе, переносили в бескальевый-безнатриевый холодный изотонический раствор, где они полностью теряли внеклеточный натрий. Затем эти ганглии реникубировались в соответствующих тестирующих калиевых растворах в условиях комнатной температуры.

Концентрации ионов натрия и калия в нейронах определялись на пламенном фотометре, после выдерживания изолированных ганглиев в соответствующих средах. Внутриклеточное содержание ионов рассчитывали согласно формуле

$$C_{\text{внутр.}} = \frac{C_{\text{гангл.}} - C_{\text{внеч.}},}{A_{\text{гангл.}} - A_{\text{внеч.}}}, \quad (1)$$

где C и A — концентрации ионов и количества воды, соответственно.

Внеклеточный объем воды определяли следующим образом: после инкубации в соответствующих средах в некоторых ганглиях сразу определяли общее содержание натрия, а в остальных — после 15-минутной инкубации их в безнатриево и бескальево холодном рингеровском растворе. Разницу между общим содержанием натрия в ганглиях, неинкубированных и инкубированных в безнатриево растворе, принимали за внеклеточное содержание натрия и, зная концентрацию натрия в исходном растворе Рингера, рассчитывали внеклеточный объем воды.

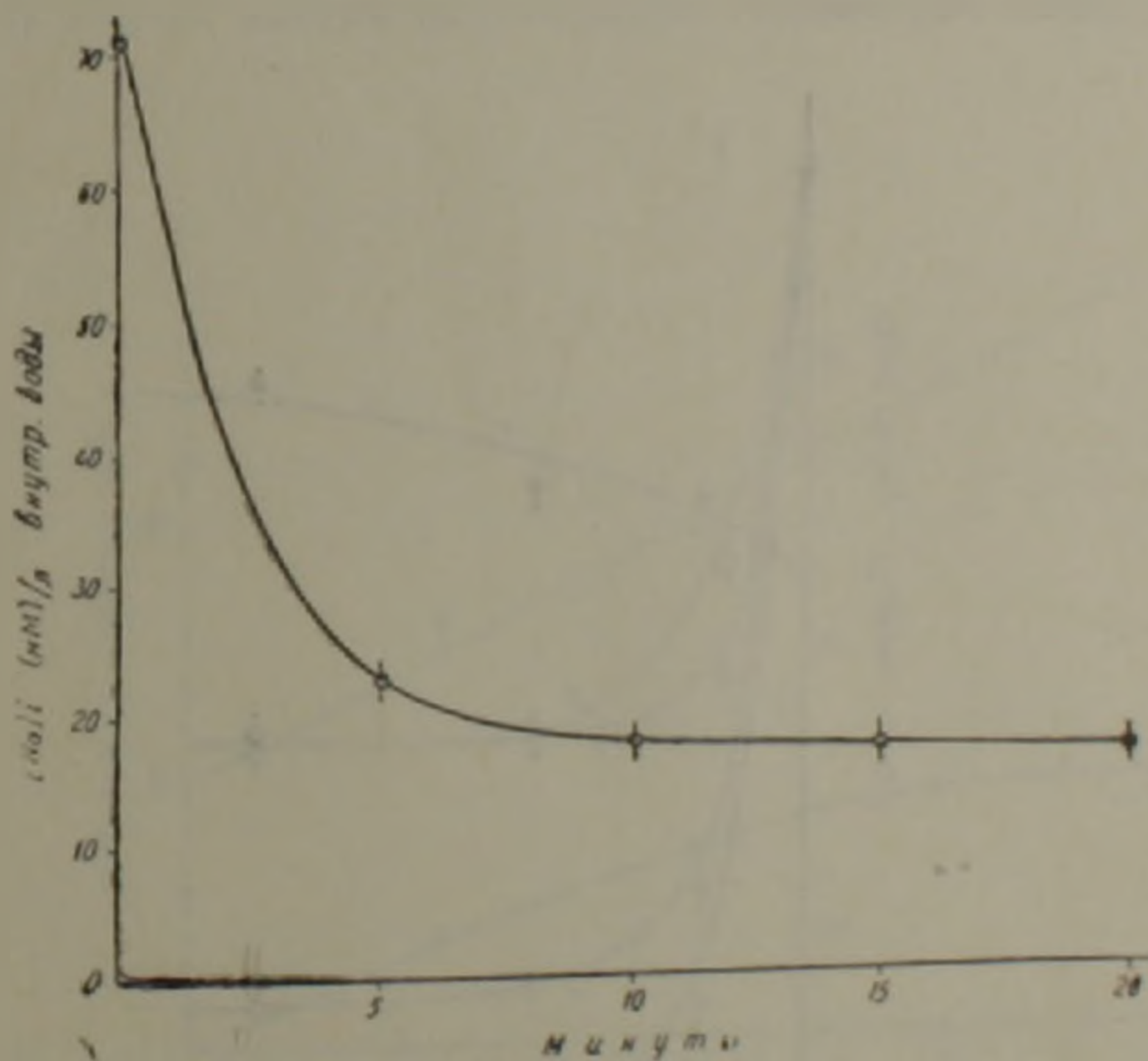


Рис. 1. Изменение общего содержания ионов натрия в ганглиях в различные периоды их инкубации в условиях безнатриевого и бескальевого холодного рингеровского раствора

На рис. 1 показано содержание ионов натрия в ганглиях в различные периоды инкубации в безнатриево растворе. Как видно, после 10—15 минут инкубации количество натрия в ганглиях было постоянным. Исходя из этих данных, мы предполагали, что весь внеклеточный натрий вышел в перфузат и оставшийся натрий можно отнести к внут-

риклеточному содержанию. Таким образом, вышеприведенная формула принимает следующий вид:

$$C_{\text{внутр.}} = \frac{C_{\text{станд.}}}{A_{\text{станд.}} - A_{\text{внутр.}}} \quad (2)$$

Рассчитывая внутриклеточное содержание натрия по этой формуле, мы получили величину, очень близкую к той, которую получил Томас с помощью ионселективных микроэлектродов (8).

Известно, что обогащенные натрием и обедненные калием нейроны в нормальном рингеровском растворе при комнатной температуре в результате функционирования натрий-калиевого насоса интенсивно теряют внутриклеточный натрий и аккумулируют калий (9). С целью выяснения действия АХ на активный выход ионов натрия из клетки был исследован процесс восстановления ионного состава нейронов в условиях присутствия и отсутствия АХ в инкубационной среде. Как отмечалось выше, чтобы исключить действие усиленного входящего тока ионов натрия под воздействием АХ на внутриклеточный состав ионов натрия, исследования действия АХ на процесс восстановления ионного состава нейронов были проведены в условиях отсутствия ионов

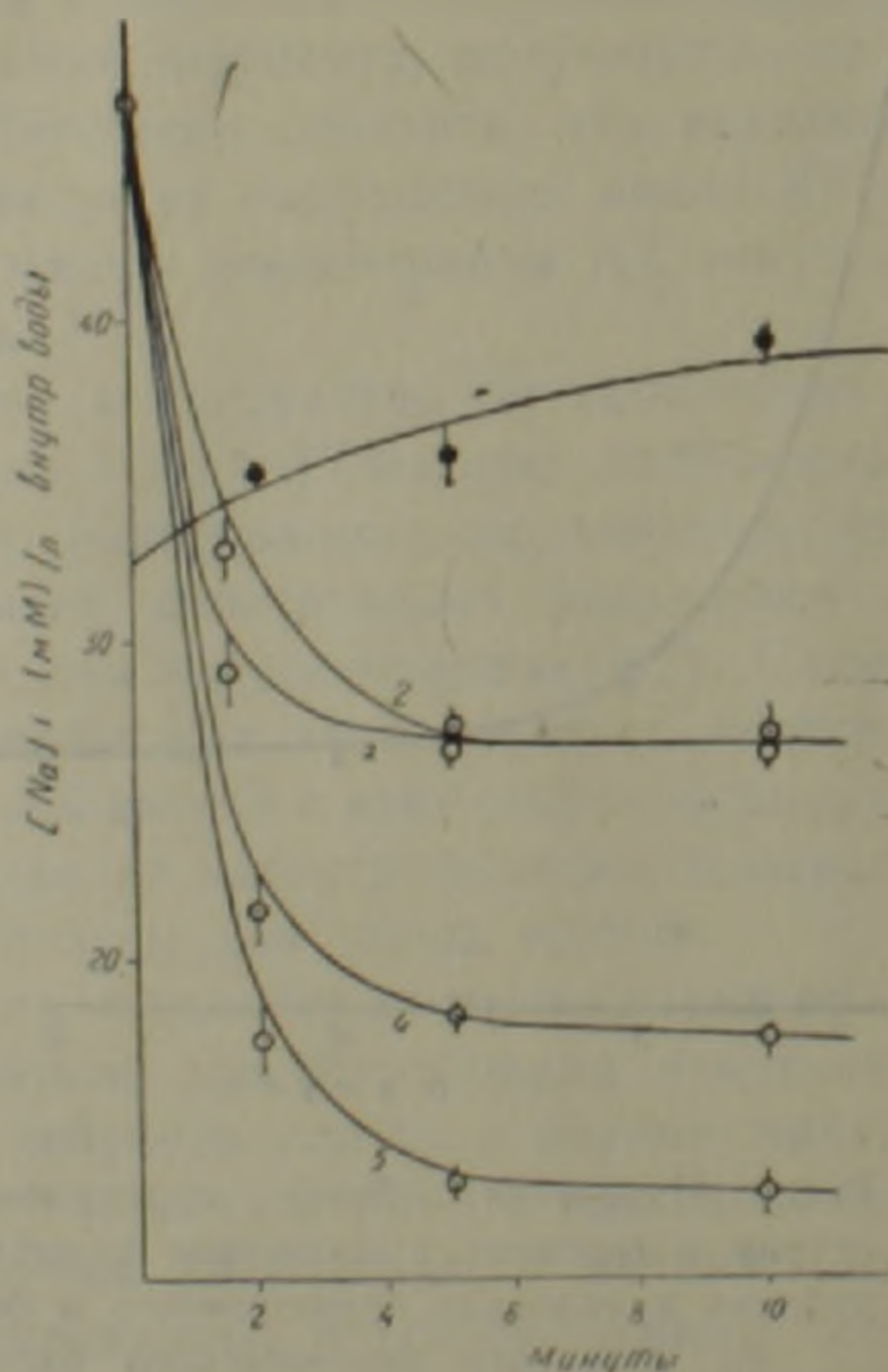


Рис. 2. Действие АХ на внутриклеточный ионный состав: 1, 2—внутриклеточные содержания ионов калия (темные кружки) и натрия (светлые кружки) в норме, 3—5 — внутриклеточные содержания ионов натрия (светлые кружки) под действием 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} М АХ, соответственно

натрия в инкубационной среде, где через 10—15 мин ганглии полностью теряли внеклеточный натрий. На рис. 2 показаны кривые потери внутриклеточного натрия в условиях отсутствия и присутствия АХ и кривая реаккумуляции ионов калия в норме, после 15 минутной инкубации нейронов, обогащенных натрием, в безнатриевой среде. Из представленных данных видно, что добавление в среду АХ в первые две минуты вызвало существенное усиление выхода ионов натрия из клеток. Указанное воздействие АХ на выход ионов натрия из клеток оказалось сильно зависимым от его концентрации в инкубационной среде (рис. 3). Как видно из этого рисунка, по мере увеличения концентрации АХ в среде увеличивалась потеря внутриклеточного содержания натрия. Однако в отличие от восстановительного процесса в нормальных растворах (при отсутствии АХ), где потеря внутриклеточного натрия сопровождается аккумуляцией калия в клетке (см. рис. 2), в присутствии АХ выход ионов натрия сопровождался потерей также внутриклеточного содержания калия (рис. 3).

Таким образом, в настоящих исследованиях мы имеем два экспериментальных факта, на первый взгляд, противоречащих существующим литературным данным: 1) АХ активирует работу натриевого насоса и 2) выход натрия сопровождается выходом ионов калия из клетки.

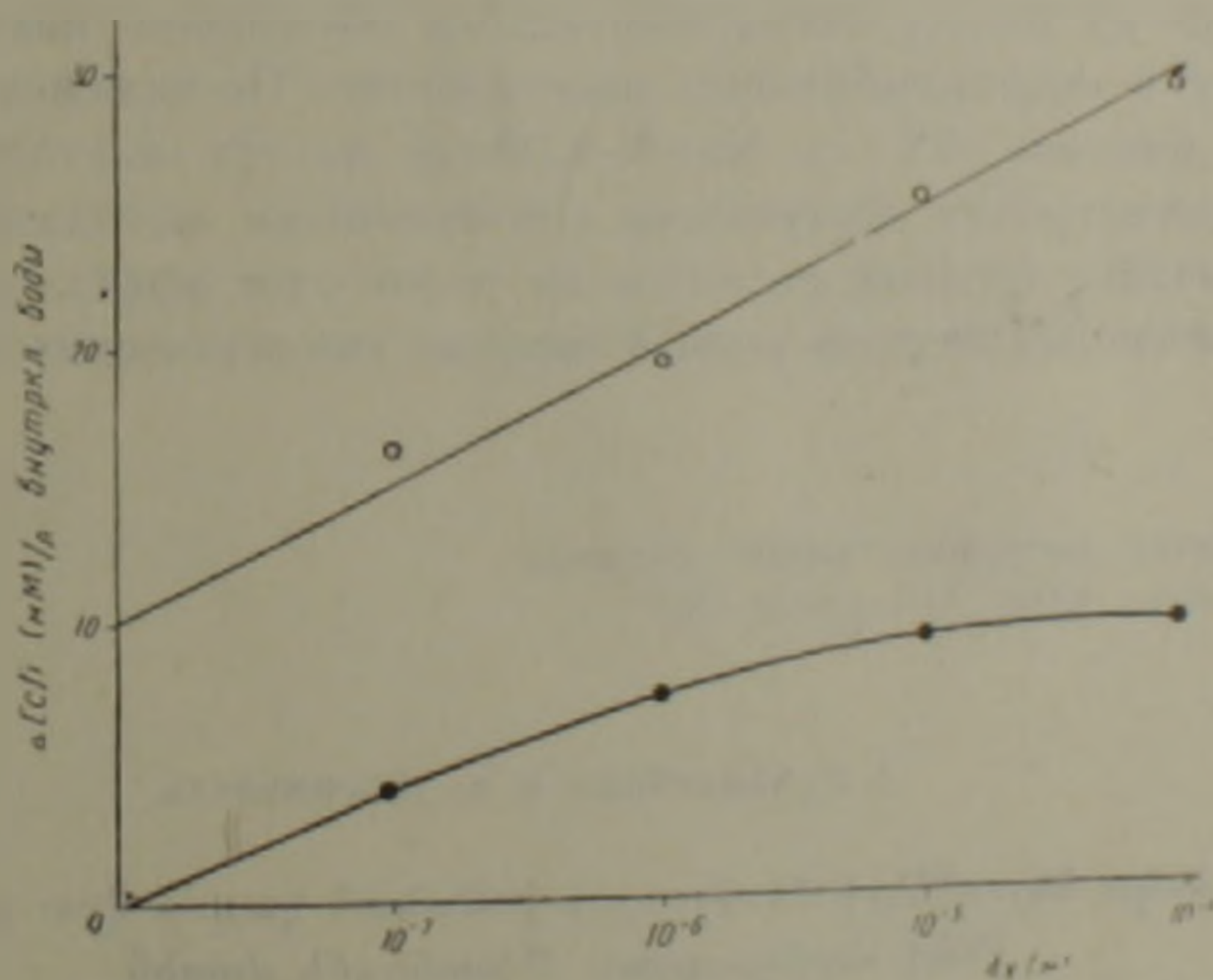


Рис. 3. Доза зависимости действия АХ на внутриклеточные содержания ионов натрия (светлые кружки) и калия (темные кружки)

Как отмечалось выше, биохимиками было убедительно показано, что транспортная АТФаза микросомальной и синапсомембранной фракций возбудимых клеток инактивируется под действием АХ (12). В наших ранних работах электрофизиологические данные о том, что посттетическая гиперполяризация у нейронов, «не чувствительных» к дей-

ствию АХ, подавлялась под действием АХ, без существенного изменения проводимости мембраны, мы также объясняли инактивацией электрогенного натриевого насоса (9). Ацетилхолиновая инактивация электрогенного натриевого насоса у некоторых нейронов виноградной улитки была показана также в лаборатории Керкута (10).

Согласно данным Кометинани и сотр., кроме калиевого и натриевого центров транспортной АТФазы имеется еще Х центр, который инактивируется при действии АХ, притом сродство этого центра к АХ находится в сильной зависимости от соотношения К/Na. При увеличении последнего происходит уменьшение инактивационного действия АХ на Na+K-АТФазу (4). Учитывая тот факт, что в условиях нашего эксперимента под действием АХ происходило и уменьшение внутриклеточного содержания калия в результате увеличения проницаемости мембраны для этих ионов, можно думать, что аккумуляция вышедшего из клетки калия в внеклеточной среде может оказывать двоякое действие на работу натриевого насоса. С одной стороны, наблюдается увеличение соотношения К/Na и соответствующее ослабление инактивационного действия АХ на Na+K-АТФазу, а с другой стороны—активация натриевого насоса.

Таким образом вышеприведенные данные о том, что АХ вызвал активацию натриевого насоса с одновременной активацией выхода ионов калия из клетки, позволяют прийти к выводу, что усиливающий эффект АХ на работу натриевого насоса обусловлен накоплением ионов калия в околосмембранном пространстве. По-видимому, инактивационное действие АХ на Na+K-АТФазу длится настолько коротко, что его регистрация доступными современными методами оказывается чрезвычайно трудной, несмотря на то что этот эффект может играть важную физиологическую роль в запуске синаптических ответов.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Армянской ССР

Հ. Մ. ԳԵՎՈՐԴՅԱՆ, Ս. Ն. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ

Խիսունքի հսկա նեյրոնների ներքջային իոնական կազմի վրա ացետիլխոլինի (ԱԽ) ազդեցության մեխանիզմի մասին

Բոցային ֆոտոմետրայի մեթոդով ուսումնասիրվել է ացետիլխոլինի ազդեցությունը նեյրոնների նատրիումական պոմպի աշխատանքի վրա: Ցույց է տրված, որ ԱԽ-ի ազդեցության առաջին 1—2 րոպեների ընթացքում նատրիումի և կալիումի իոնների ելքը արտաքին միջավայր զգալի ուժեղանում է, որը ուղիղ համեմատական է ԱԽ-ի կոնցենտրացիային:

ԱԽ-ի ակտիվացիոն դերը նատրիումական պոմպի աշխատանքի վրա բացատրվում է ԱՏՖ-ազային ֆերմենտի ոչ անմիջական ակտիվացմամբ, այլ մերձմեմբրանային միջավայրում կալիումի իոնների կուտակումով:

Գրականության և ստացված տվյալների հիման վրա քննարկվում է նատ-

ընդհանուր պոմպի վրա ին-ի ակտիվացիոն էֆեկտի ֆիզիոլոգիական նշանակությունը սինապտիկ պրոցեսների կարգավորման գործում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Z. P. Kometiani, Membrane Transport Processes, 2, 1977. ² А. А. Болдырев, В. Б. Петухов, В. Б. Ритов, Г. Д. Спиркина, В. А. Ткачук, „Укр. биохимический журн.“ 43, 125 (1971). ³ Л. Г. Цакадзе, З. П. Кометиани, „Биохимия“, 43, 7 (1978). ⁴ З. П. Кометиани, А. А. Каландаришвили, „Биофизика“, 14, 2 (1969), ⁵ С. Н. Айрапетян, Э. Г. Геворкян, Биофизика мембран, 1971. ⁶ С. Н. Айрапетян, Вопросы биохимии мозга, 9, 1974. ⁷ Р. Ascher, J. Physiology, 225, 1972. ⁸ R. C. Thomas, J. Physiology, 220, 1972. ⁹ С. Н. Айрапетян, Е. Ф. Назаренко и З. А. Сорокина, „Биофизика“, 16, 1971. ¹⁰ G. A. Kerkut, K. Ralph, R. Y. Walker, R. Woods, Excitatory synaptic mechanisms, 1971.

УДК 612.84

ФИЗИОЛОГИЯ

А. А. Экимян, Г. Е. Григорян, Б. А. Арутюнян-Козак

Пространственное распределение чувствительности к движению в рецептивных полях нейронов подушечно-заднелатерального комплекса таламуса кошки

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР О. Г. Баклаваджяном 28/III 1979)

В работе ⁽¹⁾ нами представлены данные, согласно которым большинство нейронов пульвинара кошки проявляет большую чувствительность к движущимся зрительным стимулам. 15% изученных нейронов имели специфический характер ответа на движение стимула, т. е. отвечали только на одно предпочитаемое направление движения (дирекционный ответ). Такой тип ответов был обнаружен у нейронов разных уровней центральной зрительной системы ⁽²⁻⁵⁾. Механизм организации дирекционного ответа, несмотря на конструктивную гипотезу, выдвинутую Барлоу ⁽²⁾, остается до сих пор недостаточно выясненным и является одной из интересных проблем современной физиологии зрения.

В настоящей работе мы попытались провести сравнительный анализ детальной структуры рецептивных полей дирекционных и недирекционных нейронов подушечно-заднелатерального комплекса таламуса. Предпосылкой для такого исследования служило наше предположение о том, что в основе механизмов организации разных ответов нейронов лежит определенная, дискретная структура рецептивных полей.

Опыты проводили на 27 кошках весом 2,5—4,0 кг. Под эфирным наркозом производили трехеотомию, фиксирование головы животного в стереотаксическом аппарате и претригеминальное сечение ствола мозга. Последнее позволило исключить применение обезболивающих фармакологических средств и сохранить мозг бодрствующим. Затем животное обездвигивали дитилином (7 мг/кг веса) и переводили на искусственное дыхание.

Регистрацию внеклеточных потенциалов действия одиночных нейронов производили вольфрамовыми микроэлектродами с диаметром кончика 2—5 мкм. В качестве движущихся и стационарных (мерцающее пятно) стимулов использовали светлое пятно 5°, освещенностью 2,5—15 лк. Освещенность фона составляла 0,05 лк. Вначале регистри-

ровали ответ нейрона на полное движение стимула через все пространство рецептивного поля, далее выбирали три зоны (центральная область, левая и правая границы), в границах которых применялось движение стимула с разной амплитудой (от 5 до 1°) до полного исчезновения ответа. В этих же зонах проверяли ответы на стационарный стимул. Ответы усредняли на 15 повторений стимула.

Электрод вводили в ядра таламуса согласно координатам стереотаксического атласа Снайдера и Нимера (6). После опыта производили перфузию мозга 10%-ным раствором формалина; местонахождение электрода проверяли гистологически.

При изучении пространственного распределения ответов на стационарный стимул было установлено, что форма ответа клетки меняется в зависимости от пространственного расположения стационарного стимула (7). Такой факт доказывает, что по поверхности рецептивного поля существует неравномерное распределение чувствительности к стационарному стимулу. Однако оказалось, что этот факт не выясняет

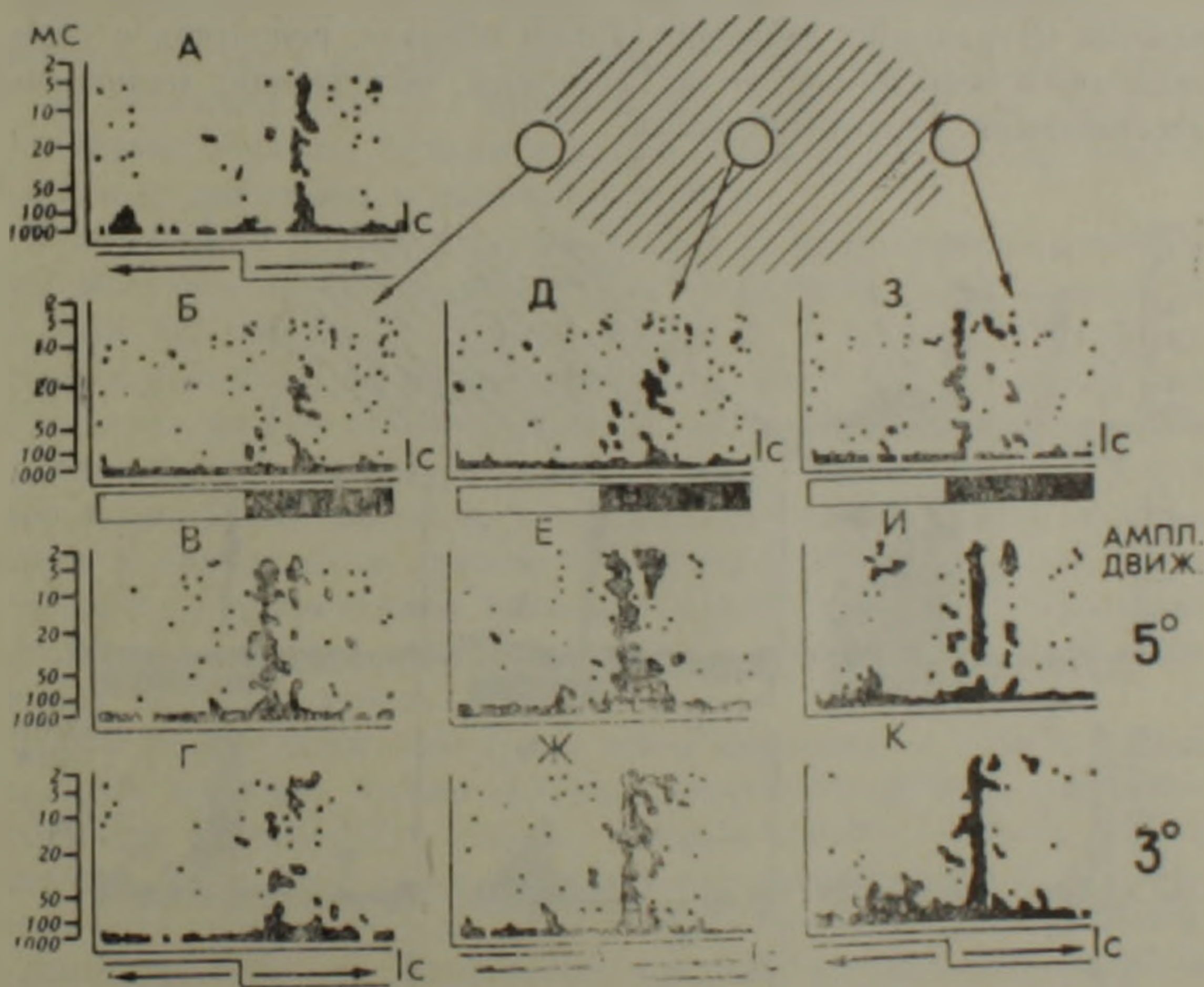


Рис. 1. Постстимульные гистограммы ответов дирекционного нейрона. А — ответ через все пространство рецептивного поля. Б, Д, З — ответы на стационарный стимул в зонах левой границы, центральной области и правой границы. Белая полоса под рисунком — фаза света, черная полоса — фаза темноты. В, Е, И — ответы на движение стимула амплитудой 5°. Г, Ж, К — ответы на движение стимула амплитудой 3°. Стрелки показывают направление движения. На оси абсцисс — время раздражения, на оси ординат — межимпульсные интервалы

механизмов организации дирекционного ответа нейрона. С этой точки зрения возникает вопрос: существует ли также неравномерное распределение чувствительности к движению в рецептивном поле и имеет ли такое распределение какое-либо отношение к организации ответов специфических нейронов. Для этой цели применяли движения светлого пятна в рецептивном поле. Как правило, исследовали три зоны: центральную область, правую и левую границы рецептивного поля.

В целом было исследовано 84 нейрона. На рис. 1 представлены результаты исследования рецептивного поля дирекционного нейрона, отвечающего только на движение стимула в направлении слева — направо (рис. 1, А). При исследовании ответов на стационарный стимул (рис. 1, Б, Д, З) оказалось, что все зоны имеют слабо выраженный ответ на выключение света. Движения того же стимула с амплитудой 5° в границах выбранных зон (рис. 1, В, Е, И) дают четкий дирекционный ответ в предпочитаемом направлении слева — направо. При еще большем уменьшении амплитуды движения (до 3°) дирекционный ответ сохраняется, причем опять все три зоны имеют одинаковое предпочитаемое направление движения. Таким образом, рецептивное поле дирекционного нейрона состоит из элементов, обладающих одинаковыми качественными характеристиками.

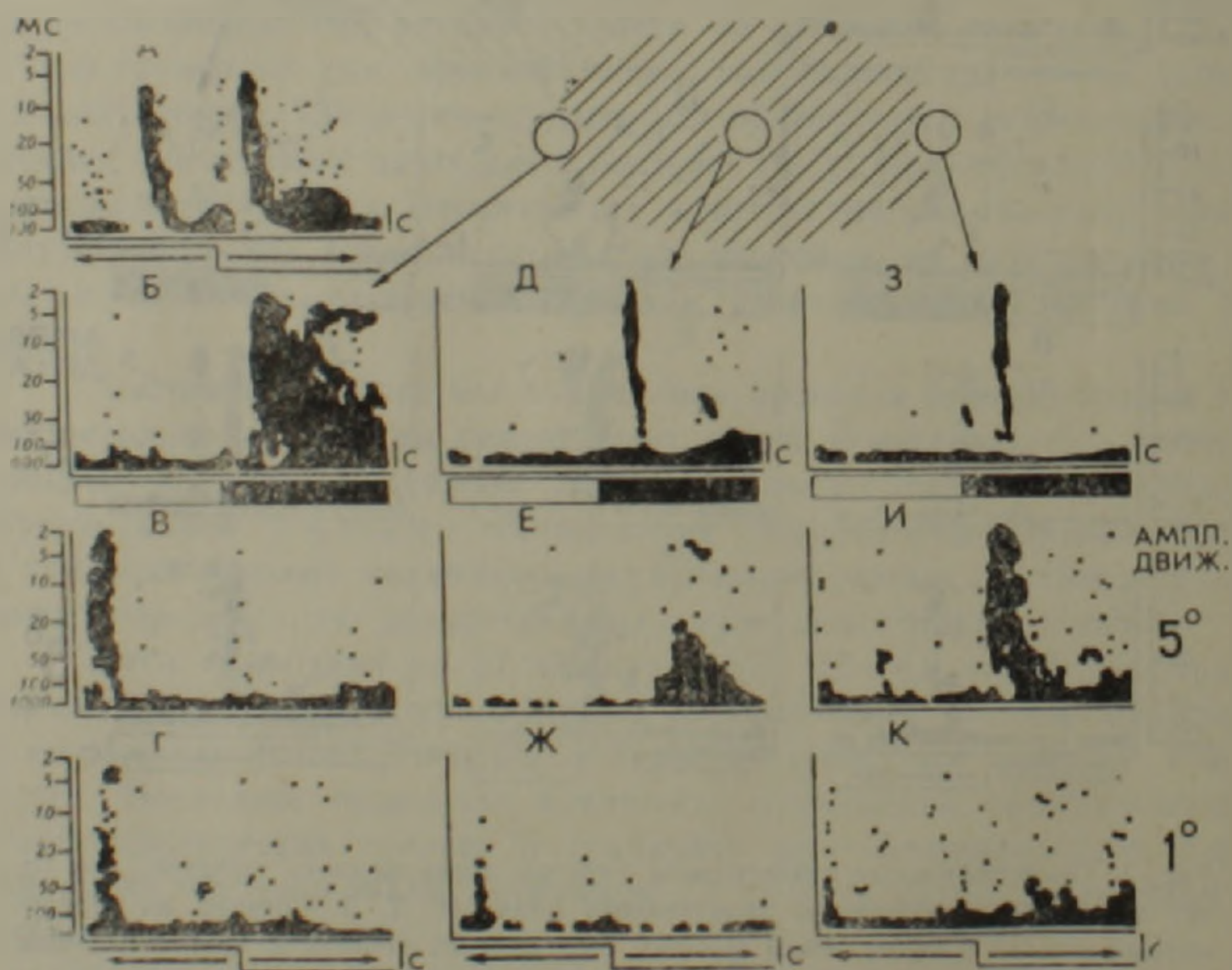


Рис. 2. Постстимульные гистограммы ответов недирекционного нейрона. А — ответ на движение стимула через все пространство рецептивного поля, Б, Д, З — ответы на стационарный стимул в трех исследуемых зонах; В, Е, И — ответы на движение стимула амплитудой 5° ; Г, Ж, К — ответы на движение стимула амплитудой 1° . Остальные объяснения те же, что на рис. 1

На рис. 2 представлены ответы недирекционного нейрона. Рис. 2, А — ответ нейрона на движение стимула через все пространство рецептивного поля. Во всех исследуемых зонах нейрон дает ответ на выключение стационарного стимула, но в зоне левой границы (рис. 2, Б) ответ имеет тонический характер, в то время как в центральной области (рис. 2, Д) и в зоне правой границы (рис. 2, З) регистрируется фазический тип ответа. Таким образом, рецептивное поле данного нейрона имеет довольно сложную структуру с тоническими и фазическими элементами. Во всех исследуемых зонах движение стимула с амплитудой 5° вызывает дирекционный ответ, однако в отличие от предыдущего нейрона предпочитаемое направление движения в каждой из зон разное. В зоне левой границы нейрон дает ответ на движение стимула справа — налево (рис. 2, В), а в зонах центральной области (рис. 2, Е) и правой границы (рис. 2, И) отвечает на движение стимула слева — направо. Такая картина характерна для структуры рецептивных полей всех изученных нами недирекционных нейронов и указывает на то, что рецептивное поле такого нейрона также состоит из дирекционных элементов, только с разными предпочитаемыми направлениями движения. На движение стимула с амплитудой 1° отвечает только левая граница. Таким образом, налицо неравномерное распределение чувствительности к движению в рецептивном поле.

В свое время Барлоу (²) показал, что у недирекционного нейрона можно получить дирекционный ответ, если раздражать часть рецептивного поля (от границы к центру и обратно). В этом случае нейроны, реагирующие только на выключение света, дают ответ на выход светлого стимула из рецептивного поля. У нейронов, имеющих ответ на включение света, регистрируется ответ только на вход стимула в рецептивное поле. Таким образом, создается впечатление ответа, чувствительного к направлению движения. Однако Барлоу (²) не исследовал эти нейроны с применением движения малой амплитуды в отдельных участках рецептивного поля. В подобном случае его объяснения оказываются недостаточными.

Наши данные показывают, что как у дирекционных, так и у недирекционных нейронов можно получить дирекционный ответ, уменьшая пространство рецептивного поля, в котором движется стимул. Разница состоит в том, что у дирекционных нейронов все элементы рецептивного поля имеют ответ на одно и то же предпочитаемое направление движения (рис. 1). Естественно, что ответ на движение через все рецептивное поле, будучи суммой ответов этих элементов, должен быть дирекционным, по типу единичного элемента. Иначе обстоит дело с недирекционными нейронами. Рецептивное поле этих нейронов состоит из неоднотипных элементов, отвечающих на разные предпочитаемые направления движения: на движение через все пространство рецептивного поля в каком-либо направлении реагируют соответствующие элементы, в результате чего получается недирекционный тип ответа.

Таким образом, можно выдвинуть предположение о том, что струк-

турной единицей любого рецептивного поля является дирекционный элемент. Определенные рецептивные поля обладают однотипными элементами, тогда результирующий ответ на движение оказывается дирекционным, соответственно типу элемента. Другие рецептивные поля составлены из элементов различных типов, в результате чего движение через все поле вызывает ответ нейрона в любом направлении.

Институт физиологии
Академии наук Армянской ССР

Ա. Ա. ՀԵՐԻՄՅԱՆ, Գ. Ե. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Բ. Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ-ԿՈՉԱԿ

Շարժման նկատմամբ զգացողության տարածական բաշխումը կառավարվում է տեսաթմբի ետին խմբի կորիզների նեյրոնների ուղեկառնությամբ

Ուր փորձի պայմաններում նյութի շինարարված կառուցների մոտ միջուկային տրոհության դրանցման մեթոդի օգնությամբ ուսումնասիրվել է շարժման նկատմամբ զգացողության տարածական բաշխումը կառավարվող տեսաթմբի ետին խմբի կորիզների նեյրոնների ուղեկառնությամբ

Ինչպես տեսնում ենք, ներկայացված փորձերը ցուցաբերում են, որ նեյրոնների ուղեկառնությամբ զգացողությունը կառավարվում էն առանձին միավորներից, որոնք ունեն ընտրողական պատասխան շարժման ուղղության նկատմամբ: Պարզվում է, որ որոշ նեյրոնների ուղեկառնությամբ զգացողությունը կառավարվում էն նույնատեսակի միավորներից, այսինքն՝ միևնույն ընտրողականությամբ շարժման ուղղությունը ընկալման պրոցեսում: Ինչպես նեյրոնի պատասխանը ընդհանուր շարժմանը ցուցաբերում է ընտրողականություն ուղղության նկատմամբ: Ինչ նեյրոններն ունեն ուղեկառնությամբ զգացողություն կառավարված տարածական միավորներից: Ինչպես նեյրոնները չեն տարբերում շարժման ուղղությունը և բոլոր շարժման ուղղություններին պատասխանում են հավասար բանակի իմպուլսներով:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ А. А. Экимян, Б. А. Арутюнян-Козак, Г. Е. Григорян, „Нейрофизиология“, 4, 10 (1978). ² H. B. Barlow, R. M. Hill, J. Physiol., 3, 173 (1965). ³ B. Harutiunian-Kozak, K. Dec, A. Wrobel, Acta Neurobiol. exp, 1, 34 (1974). ⁴ M. Straschill, A. Taghavy, Exp. Brain Res., 4, 3 (1967). ⁵ J. M. Sprague, P. L. Marchiafava, G. Palestini, Arch. Ital. Biol., 3, 106 (1968). ⁶ R. S. Snider, W. T. Nemer, A stereotaxic atlas of the cat brain. The University of Chicago Press, 1969. ⁷ А. А. Экимян, Г. Е. Григорян, Б. А. Арутюнян-Козак, Физиологический журнал СССР т. 65, № 2 (1972)

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Մ. Դ. Գրիգորյան—Օրիշի տարածություններում շրջանագծի վրա տեղացող Δ_2 -դասիաների ոացիոնալ կատարականներով մոտարկման մասին	3
Լ. Կ. Ասատրյան—Հատումների մոնոտոն բուլյան ֆունկցիաների մասին	10
Ն. Ս. Մկրտչյան—Լոգարիթմական մեացքի բանաձևի մասին C^n -ում և նրա կիրառու- թյունը միաթևրթ արտապատկերումների ուսումնասիրության մեջ	14
Բ. Ն. Խոբոսյան—Շեմքային ֆունկցիաների որոշ դասերի կոմբինատոր հատկություն- ները	17
Ի. Վ. Վլադիմիրյան—Ոչ ինքնահամալուծ օպերատորների մի դասի սպեկտրալ վերլուծու- թյան մասին	24
Է. Մ. Պոլոսյան—Նկարագրությունների դեկոդավորման պրոբլեմների դասակարգման մասին	29
Մ. Կու. Խուչայանց—Ը-աստիճանների կառուցվածքի մասին	35
Պ. Կ. Ալեխանյան—Վեկտորի վերականգնումն ըստ իր ենթամասերի	39
Ի. Խ. Բաղդասարյան—Բազմակապ տիրույթում մերոմորֆ ֆունկցիաների դասեր և երանց պարամետրական ներկայացումը	41
Է. Վ. Լոդիգուրյան—Մասնակի բուլյան ֆունկցիաներով հավասարումների սխեմաների բանական բնութագրիչներ	71
Ս. Լ. Բերբերյան—Սուբհարմոնիկ ֆունկցիաների բացառիկ բազմությունների մասին	73
Ս. Յու. Շահվերդյան—Հիպերբոլական ունակությունը և շրջանում մերոմորֆ ֆունկցի- աների նվազման արագությունը	81
Վ. Հ. Մառտիրոսյան—Կոմպլեքս հարթության վրա բացթողումներով բազմանգամնե- րով հավասարաչափ մոտարկման մասին	123
Լ. Վ. Միլբայելյան—Արգումենտների տարբերությունից կախված, մատրիցային կոորդ- ներով հատված ինտեգրալ օպերատորների Ֆրեդհոլմի դետերմինանտների առիթմատիկ վարքը	137
Ս. Ա. Իրիգորյան—Արենս—Ջինգերի իմաստով անալիտիկ ֆունկցիաներով մեկված անբահաշիվների մասին	145
Վ. Կ. Սեանյան—Հատվածների պատահական դաշտերի առիթմատիկ երկրաչափու- թյան կոմբինատոր սկզբունքներ	150
Գ. Կ. Էմին—Վերջավոր բազավորվող բազմաձևությունները և լուկալիզացիաները բոլոր դասերի վրա մոդուլների կատեգորիայում	193
Է. Պ. Մեկիսեթյան—Դիրիխլեի խնդիրը β -ույ կապակցված, երկրորդ կարգի երկու ան- կախ փոփոխականներով լիպտիկ դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի համար	195
Մ. Ժ. Գրիգորյան—Կրկնակի չարթերի $L_p[0,1] \times [0,1]$, $0 < p < 1$, մետրիկայով չափա- միտության մասին	203
Ս. Գ. Սիմոնյան, Լ. Ա. Բաղդասարյան—Ողորկ և պարբերական պատկերացումով Դի- րակի միաչափ օպերատորի սպեկտրի լակունների մասին	209
Է. Ա. Միրզախանյան—Հիլբերտյան տարածության ենթաբազմությունների արտապատ- կերումների մի դասի հատկությունների մասին	237
Վ. Ա. Արզումանյան—Հերթի տարածության լեզոմորֆիզմների հետ զուգորդված դոր- մոններ	261
Ա. Դ. Սարգսյան—Խանրատիվ ցանցերով թվաբանական ֆունկցիաների իրացման մասին	267

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԱՔԵՄԱՏԻԿԱ

Ա. Ա. Բարաբանյան — Գծաձևի բալանսային հավասարումների սխեմաների կատարյալ ազդեցություն	213
Շ. Ն. Բոգոյան — Հուկ-սանվիլի լեզվի համարեցումը ֆունկցիոնալ սխեմաների նկարագրությամբ	219

ԱՌԱՋԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Մ. Մխիթարյան, Յ. Ս. Խոռոսյան — Առաձգական զեդի և զեդային խոռոչով առաձգական տարածության կոնտակտային փոխազդեցության առանցքաախմետրիկ խնդրի մասին	277
---	-----

ՖԻԶԻԿԱ

Մ. Ա. Անդրիասյան, Ռ. Բ. Կոստանյան — Ուժեղացված ինքնաբերական ճառագայթման ազդեցությունը $YAG:Nd$ ՕՔԳ-ի որոշ ընութագրերի վրա	93
Կ. Մ. Ավագյանց, Մ. Վ. Մինասյան, Ս. Ա. Սարգսյան — Հարման պարամետրիկ կայունացուցիչ հզոր բարձրավճռի քիսլոյար տրանզիստորի հիման վրա	199
Վ. Հ. Վարդանյան — Ներվային ինպուլսի ժազման ֆիզիկական տեսության կառուցման ներառվորության մասին	155
Գ. Մ. Ավագյանց, Ռ. Ս. Բաբսեղյան, Մ. Ա. Ղուկասյան, Մ. Վ. Մինասյան, Ս. Ա. Սարգսյան — Սիլիցիումային բազմաձմիտեր հզոր տրանզիստոր բառասուն ամպերի կարգի հոսանքների համար	163
Ի. Ա. Իսկոբյան, Ն. Վ. Կոչևերսկի, Վ. Յ. Կուլյուրչով — Մզման ճառագայթման բաշխումը $YAG:Nd^{3+}$ -ից պատրաստված ուղղանկյուն կտրվածքով լազերային ակտիվ էլեմենտներում	237

ԱՍՏՐՈՆՈՄԻԱ

Ս. Գ. Խեկուղարյան — [111] տիպի գալակտիկաների վիճակագրական ուսումնասիրության տվյալների քննարկումը	171
Ա. Դ. Նիկողոսյան — Հուլիսի դիֆուզ առողջարարումը կիսաանվերջ մթնոլորտից վերաբաշխման օրենքի դեպքում	176

ՇՈՒԱՐԱՐԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐ

Կ. Ս. Կարապետյան, Ռ. Ա. Կոտիկյան, Կ. Ա. Կարապետյան — Ջրահալեցման ազդեցությունը յոտոիդային պեմզաբետոնի ամրության և դեֆորմատիվ հասկությունների վրա սեղման և ձգման դեպքում	227
---	-----

ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Ս. Բ. Ղուկասյան, Կ. Ա. Կոստանյան — Ալյումինումի իոնի կոորդինացիայի մասին $Na_2O-Al_2O_3-(SiO_2, GeO_2, B_2O_3)$ սխեմաների ապակիներում	236
---	-----

ՕՐԻԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Ա. Խ. Բաբայան, Ջ. Վ. Իրիգորյան, Փ. Ս. Չոբանյան, Դ. Բ. Բաբայան — Ֆենիլքացախաթթվի առաջացումը տրիմեթիլ-(2-ֆենիլէթինիլ)-ամոնիում բրոմիդի չրահիմնային նեղրմամբ	42
---	----

ՔԻՄԻԱՖԻԶԻԿԱ

Մ. Ա. Սուլեյմանյան — Խիունչի գիզանտ նեյրոնի մեմբրանի էլեկտրական ակտիվության վրա օսմոտիկ ճնշման ազդեցության մասին	267
--	-----

ԲԻՈՔԻՄԻԱ

Ա. Ռ. Հակոբյան, Ս. Ն. Հայրապետյան, Ն. Կ. Չեմերիս — Ինսուլինով ինդուկցիոն նեյրոնի էլեկտրոգեն նատրիումական պոմպի ուսումնասիրման համար	42
---	----

Ա. Լեյտա, Մ. Շվարց, Հ. Սերչեն, Ժ. Ս. Գևորգյան, Ա. Ս. Հովհաննիսյան—Երիկամ- ների կեղևային շերտի բջիջների էներգետիկ մակարդակը և ամինաթթուները դիամինազենոզ հատկությունը	50
Ժ. Ս. Գևորգյան, Ա. Ս. Հովհաննիսյան—Աղենոզիներին ֆոսֆորաթթվի ազդեցությունը մի քանի Լ-ամինաթթուներից ամինակի առաջացման վրա սպիտակ առնետների երիկամ- ներում	153
Ժ. Ա. Կծոյան, Ն. Ն. Ստրգոյան, Կ. Ա. Արակելյովա—ԳնԲ-պոլիմերազա 1-ի ակտիվու- թյան զուգորդումը S-derby-ի рGK-101 R-պլազմիդային հետ	231
Վ. Ս. Գուսպարով—Ջրի հասանելիությունը նեյրոկուպրեների պղնձի համար	236
Հ. Մ. Գևորգյան, Ս. Ն. Հայրապետյան—Խիունջի հսկա նեյրոնների ներդրումը իո- նական կազմի վրա ազդեցությունների (ԱԽ) ազդեցության մեխանիզմի մասին	305

ԱՆՐԱՔԻՄԻԱ

Ա. Ն. Բաղրամյան, Ս. Ա. Աբրահամյան, Ա. Շ. Դալստյուն—Հողում ֆերմենտների իմորիլիզացիայի մասին	103
---	-----

ՐՈՒՅՍՆԵՐԻ ԴԵՆԵՏԻԿԱ

Դ. Ա. Սահակյան—Ցորենի կոմրինացիոն ունակության մասին	113
---	-----

ՐՈՒՅՍՆԵՐԻ ՖԻՋԻՈԼՈԳԻԱ

Վ. Հ. Ղազարյան, Ի. Ա. Ղազարյան, Լ. Ա. Մնացականյան—Բույսերի մի քանի մորֆո- ֆիզիոլոգիական ցուցանիշների վրա արտաարմատային սենզաություն ազդեցության հարցի մասին	14
---	----

ՄԻՋԱՏԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ե. Կ. Հերիցյան—Էնցիֆորաների՝ Psyllaephagus և Discodes սեռերի նոր տե- սակներ հայաստանից (Hymenoptera, Chalcidoidea, Encyrtidae)	119
---	-----

Մ. Յ. Քալաշյան—Գնայուկ բզեզների նոր տեսակ Հայկական ՍՍՀ-ից (Coleoptera, Carabidae)	187
--	-----

Ե. Կ. Հերիցյան—Mayridia և Litomastix սեռերի նոր տեսակներ (Hymenoptera, Chalcidoidea, Encyrtidae) հայաստանից	242
--	-----

Կ. Ա. Չանոկմեն—Diglochis Förster (Hymenoptera, Chalcidoidea, Pteromalii- dae) սեռի պտերոմալիդներ մոզերի պարագիտներ հայաստանում և ՍՍՀՄ այլ ըջաններում	247
--	-----

Վ. Ա. Տոյասպիցին, Ե. Կ. Հերիցյան—Tetralophisca նոր սեռի էնցիֆորա—Ղաչի- արկաթկայի արիդային գոնայից	253
--	-----

ՖԻՏՈՀԵԼՄԻՆՏՈԼՈԳԻԱ

Հ. Ե. Պողոսյան—Նեմատոդի երկու նոր տեսակ (Nematoda, Tylenchorhynchidae) Հայկական ՍՍՀ-ից	60
---	----

Ջ. Ա. Կարապետյան—Նեմատոդի նոր տեսակ Հայկական ՍՍՀ-ի փակ դրոշմից (Nematoda: anagrolaimidae)	190
--	-----

ՖԻՏՈՆԵՄԱՏՈԼՈԳԻԱ

Ջ. Ա. Կարապետյան—Չորս նոր տեսակ նեմատոդ (Nematoda: Tylenchorhynchi- dae) Հայկական ՍՍՀ-ի փակ դրոշմից	124
--	-----

ՖԻՋԻՈԼՈԳԻԱ

Ա. Ա. Հեֆիմյան, Դ. Ե. Դերիգորյան, Բ. Ա. Հարությունյան-Լոզակ—Շարժման և կատ- մամբ զգացողության տարածական բաշխումը կատվի տեսաթմբի ետին խմբի կորիզների նեյրոնների ռեցեպտիվ գաշտերում	306
--	-----

СОДЕРЖАНИЕ LXVIII ТОМА

Стр.

МАТЕМАТИКА

М. Д. Григорян — О приближении рациональными дробями в пространствах Орлича на окружности без Δ_1 -условия	3
Л. Г. Асатрян — О монотонных булевых функциях пересечений	10
Е. С. Мкртчян — Об одной формуле логарифмического вычета в S^n и ее приложении к изучению однолистных отображений	14
Б. Е. Торосян — Комбинаторные свойства некоторых классов пороговых функций	17
Г. В. Виравян — О спектральном разложении одного класса несамосопряженных операторов	24
Э. М. Погосян — К классификации проблем расшифровки описаний	29
М. Ю. Ходжяниц — О структуре e -степеней	35
И. Г. Александян — О восстанавливаемости векторов по их фрагментам	39
Д. Т. Багдасарян — Классы мероморфных функций в многосвязной области и их параметрическое представление	65
Э. В. Егиазарян — Количественные характеристики систем уравнений с частными булевыми функциями	74
С. Л. Берберян — Об исключительных множествах субгармонических функций	79
А. Ю. Шахвердян — Гиперболическая емкость и скорость убывания мероморфных в круге функций	88
В. А. Мартиросян — О равномерном приближении на комплексной плоскости многочленами с пропусками	129
Л. В. Микаелян — Асимптотическое поведение детерминантов Фредгольма усеченных интегральных операторов с матричными ядрами, зависящими от разности аргументов	137
С. А. Григорян — Об алгебрах, порожденных аналитическими по Аренсу — Зингеру функциями	146
В. К. Оганян — Комбинаторные принципы в стохастической геометрии случайных полей отрезков	150
Г. Г. Эмин — Конечнобазированные многообразия и локализации в категории модулей над всеми кольцами	193
Э. П. Меликсетян — Задача Дирихле для слабо связанных эллиптических систем дифференциальных уравнений второго порядка с двумя независимыми переменными	198
М. Ж. Григорян — О сходимости двойных рядов в метрике L_p , $0 < p < 1$	203
С. Г. Симонян, Л. А. Багдасарян — О лакунах в спектре одномерного периодического оператора Дирака с потенциалом конечной гладкости	208
Э. А. Мирзаханян — О свойствах одного класса отображений подмножеств Гильбертова пространства	257
В. А. Арзуманян — Факторы, ассоциированные с эндоморфизмами пространства Лебега	262
А. Д. Саркисян — О реализации арифметических функций на итерационных сетях	267

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

- А. А. Бабиджян—Совершенное агрегирование систем линейных балансовых уравнений 213
- Ш. Е. Бозоян—Приспособление языка Лукаевича к описанию функциональных схем 219

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

- С. М. Мхитарян, Ф. С. Торосян—Об осесимметрической задаче контактного взаимодействия упругого шара и упругого пространства со сферической полостью 273

ФИЗИКА

- М. А. Андриасян, Р. Б. Костинян—Влияние усиленного спонтанного излучения на некоторые характеристики ОКГ на ИАГ: Nd^3 95
- Г. М. Адакьянц, М. В. Минасян, С. А. Саркисян—Параметрический стабилизатор напряжения на основе мощного высоковольтного биполярного транзистора 100
- В. А. Варданян—О возможности построения физической теории генерации первого импульса 155
- Г. М. Адакьянц, Р. С. Барсегян, М. А. Гуксян, М. В. Минасян, С. А. Саркисян—Мощный многоимпульсный кремниевый транзистор на токе порядка сорока ампер 163
- Г. А. Геворгян, Е. В. Кошверский, В. Ф. Купришов—Распределение излучения накачки в лазерных активных элементах из АИГ: Nd^3 прямоугольного сечения 280

АСТРОФИЗИКА

- С. Г. Исхударян—Обсуждение данных статистического исследования HII галактик 171

АСТРОНОМИЯ

- А. Г. Никогосян—Диффузное отражение света от полубесконечной атмосферы при законе перераспределения $r_{11}(x', x, \gamma)$ 176

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- К. С. Каранетян, Р. А. Котикян, К. А. Каранетян—Влияние водонасыщения на прочность и деформативность бетона на литонной пемзе при сжатии и растяжении 227

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- С. Б. Гуксян, К. А. Костинян—О координации иона алюминия в стеклах системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-(\text{SiO}_2, \text{GeO}_2, \text{B}_2\text{O}_3)$ 236

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- А. Т. Бабаян, Дж. В. Григорян, П. С. Чобанян, Г. Т. Бабаян—Образование фенилуксусной кислоты при водно-щелочном расщеплении бромистого триметил (2-фенилэтил) аммония 42

БИОФИЗИКА

- М. А. Сулейманян—О действии осмотического давления на электрическую активность мембраны гигантского нейрона улитки 286
- 315

БИОХИМИЯ

- А. Р. Акопян, С. Н. Айрапетян, Н. К. Чемерис—Диагностируемый нейрон как новая модель для исследования электрогенного натриевого насоса 45
- А. Лайта, М. Шварц, Г. Сершен, Ж. С. Геворкян, А. С. Оганесян—Энергетическое состояние и аминокислотдеаминирующая способность клеток коркового слоя почек белых крыс 50
- Ж. С. Геворкян, А. С. Оганесян—Влияние аденозинтрифосфорной кислоты на образование аммиака из некоторых L-аминокислот в почках белых крыс . . . 183
- Ж. А. Кцоян, Н. Н. Саркисян, К. А. Аракелова—Ассоциация активности ДНК-полимеразы типа I с R-плазмидой рGK-101 S. derby 291
- В. С. Гаспаров—Доступность меди нейрокупреина для поды 296
- А. М. Геворкян, С. Н. Айрапетян—О механизме действия ацетилхолина на внутриклеточный ионный состав гигантского нейрона улитки 300

АГРОХИМИЯ

- А. Н. Багрямян, С. А. Абрамян, А. Ш. Галстян—Об иммобилизации ферментов почвой 109

ГЕНЕТИКА РАСТЕНИЙ

- Г. А. Саакян—О комбинационной способности пшеницы 113

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- В. О. Казарян, Н. А. Казарян, Л. А. Мнацаканян—К вопросу о влиянии внекорневой подкормки на некоторые морфо-физиологические показатели растений 54

ЭНТОМОЛОГИЯ

- Е. К. Эртевцян—Новые виды энциртид из родов *Psyllaephagus* и *Discodes* из Армении (Hymenoptera Chalcidoidea, Encyrtidae) 119
- М. Ю. Калашян—Новый вид жужелиц из Армянской ССР (Coleoptera, Carabidae) 187

ЭНТОМОЛОГИЯ

- Е. К. Эртевцян—Новые виды родов *Mayridia* и *Litomastix* (Hymenoptera, Chalcidoidea, Encyrtidae) из Армении 242
- К. А. Джанокмян—Птеромалиды рода *Diglochis* Förster (Hymenoptera, Chalcidoidea, Pteromalidae)—паразиты сасиней в Армении и других районах СССР 247
- В. А. Тряпницин, Е. К. Эртевцян—*Tetralophisca*—новый род энциртид (Hymenoptera, Chalcidoidea, Encyrtidae) из аридной зоны Палеарктики . . . 253

ФИТОГЕЛЬМИНТОЛОГИЯ

- Э. Е. Погосян—Два новых вида нематод (Nematoda, Tylenchorhynchidae) из Армянской ССР 60

ФИТОГЕЛЬМИНТОЛОГИЯ

- Дж. А. Карапетян—Новый вид нематоды закрытого грунта из Армянской ССР (Nematoda, Panagrolaimidae) 190

ФИТОНЕМАТОЛОГИЯ

- Дж. А. Карапетян—Четыре новых вида нематод (Nematoda: Tylenchorhynchidae) закрытого грунта из Армянской ССР 124

ФИЗИОЛОГИЯ

- А. А. Экимян, Г. Е. Григорян, Б. А. Арутюнян-Козак—Пространственное распределение чувствительности к движению в рецептивных полях нейронов подушечно-заднелатерального комплекса таламуса кошки 306

CONTENTS OF VOLUME LXVIII

MATHEMATICS

<i>M. D. Grigorian</i> — On approximation by rational fractions in Orlicz spaces without Δ_2 -condition	3
<i>L. G. Asatryan</i> — On the monotone Boolean functions intersections	10
<i>E. S. Mkrtchian</i> — On the formula of logarithmic residue in C^n and its application to study of one-to-one Mapping	14
<i>B. E. Torosian</i> — Combinators properties of some classes of threshold functions	17
<i>G. V. Vrabian</i> — On spectral decomposition of a class nonselfconjugate operators	24
<i>E. M. Pogossian</i> — Toward the description decoding problems classification.	29
<i>M. Ju. Khodjaiants</i> — On structure of e -degrees	35
<i>P. G. Alexanian</i> — On the reconstruction vectors by its fragments	39
<i>D. T. Baghdasarian</i> — The classes of meromorphic functions in multiply connected domains and their parametric representations	65
<i>E. V. Eghlazarian</i> — Qualitative characteristics of the systems of equations with partial boolean functions	74
<i>S. L. Berberian</i> — On exclusive sets of subharmonic functions	79
<i>A. Yu. Shahverdian</i> — Hyperbolic capacity and rate of decreasing meromorphic functions in a disk	88
<i>V. H. Martirosian</i> — About uniform approximations in the complex plane by polynomials with gaps	129
<i>L. V. Mikaelian</i> — Asymptotic behavior of Fredholm determinants for the finite section integral operators with matrix kernels depending on the difference of arguments	137
<i>S. A. Grigorian</i> — About Algebras, formed with the Analytical by Arens—Zinger Functions	146
<i>V. K. Ohanian</i> — The combinatorial principles in stochastic geometry of random fields of segments	150
<i>G. G. Emin</i> — Finite based varieties and localizations of category of modules over all rings	193
<i>E. P. Meliksetian</i> — Dirichlet's problem for weakly connected elliptic systems of second order for two differential equations	198
<i>M. G. Grigorian</i> — On the convergence of $L^p [0, 1] \times [0, 1]$, $0 < p < 1$ metric by multiple series	203
<i>S. G. Simonian, L. A. Baghdassarian</i> — About lacuna in the spectrum of one-dimensional periodic operator of Dirac with a potential of final smoothness	208
<i>E. A. Mirzakhanian</i> — On the properties of a class of mappings of subsets of Hilbert spaces	257
<i>V. A. Arzumanyan</i> — Factors associated with endomorphisms of a Lebesgue space	262
<i>A. D. Sarkisian</i> — Realization of arithmetical functions on the iterative cellular networks	267

APPLIED MATHEMATICS

A. A. Babadjanian—Perfect aggregation of systems of linear balance equations 213

Sh. E. Bozoyan—The consequence of Lukasiewicz's description of the logical schemes 219

THEORY OF ELASTICITY

S. M. Mkhitarian, F. S. Torossian—On the axially-symmetrical problem of the contact interaction for an elastic sphere with an elastic space with a spherical cavity 273

PHYSICS

M. A. Andreastan, R. B. Kostanian—Amplified spontaneous emission influence on some characteristics of YAG:Nd³⁺ laser 95

G. M. Avakiants, M. V. Minasian, S. A. Sarkisian—Parametric voltage stabilizer based on the high-voltage power bipolar transistor 100

V. H. Vardanian—About the possibility of Building physical theory of generation of the nervous impulse 155

G. M. Avakiants, R. S. Barsegian, M. A. Gukaslan, M. V. Minasian, S. A. Sarkisian—A powerful multielectrode silicon transistor for approximately forty amperes 163

G. A. Gevorgian, E. V. Kosheversky, V. F. Kuprishov—Pumping radiation distribution in laser active YAG—Nd³⁺ rods with rectangular cross-section 280

ASTROPHYSICS

S. G. Iskudartan—The preliminary data of the statistical research of the Iril type galaxies 171

A. G. Nikoghossian—Diffuse reflection from a semi-infinite atmosphere for the redistribution law $r_{11}(x', x, \gamma)$ 176

BUILDING MATERIALS

K. S. Karapetian, R. A. Kotikian, K. A. Karapetian—An influence of water-saturation upon strength and deformability of concrete on littoral pumice by compression and tension 227

PHYSICAL CHEMISTRY

S. B. Gukaslan, K. A. Kostanian—About coordination the ion of alumine in glasses of system 236

ORGANIC CHEMISTRY

J. V. Grigorian, P. C. Chohanian, G. T. Babayan, A. I. Babayan—The formation of phenylacetic acid by aqueous alkaline cleavage of trialkyl (2-phenylethynyl) ammonium bromide 42

BIOPHYSICS

M. A. Suleymantian—On the effect of osmotic pressure on the electrical activity of the snails giant neurons 286

BIOCHEMISTRY

A. R. Akopian, S. N. Ayrapetian, N. K. Cheneris—The dialyzed snail neuron membrane as a new model for the study of the electrogenic sodium pump 45

<i>A. Luttha, M. Schwartz, H. Sershen, J. S. Gevorklan, A. S. Oganessian</i> —Energetic state and amino acid deaminating activity of rat renal cortical cells	50
<i>J. S. Gevorklan, A. S. Oganessian</i> —Action of adenosinetriphosphate on the formation of ammonia from some L-amino acids in the rat kidney . .	183
<i>G. A. Ktsoyan, H. H. Sarkisian, K. A. Arakelova</i> —The association of DNA-polymerase type-I activity with R-plasmid pOK 101 S. derby . .	291
<i>V. S. Gasparov</i> —Accessibility of neurocuprein copper to water . . .	296
<i>A. M. Gevorklan, S. N. Ayrappellan</i> —On the mechanism of acetylcholine effect on the intracellular ionic composition of the snail's giant neuron . .	300

AGROCHEMISTRY

<i>A. N. Bagramian, S. A. Abramian, S. Sh. Gialstian</i> —Immobilization of enzymes by the soil	109
---	-----

PLANT GENETICS

<i>G. A. Sahakyan</i> —Combining ability of wheat	113
---	-----

PLANT PHYSIOLOGY

<i>V. O. Kazarian, I. A. Kazarlan, L. A. Mnatsakanian</i> —On the question about the influence outside root application of fertilizer on some morpho-physiological indexes of plants	51
--	----

ENTOMOLOGY

<i>E. K. Herthevtzian</i> —New encyrtid species (Hymenoptera, Chalcidoidea, Encyrtidae) from genus <i>Psyllaephagus</i> and <i>Discodes</i> in Armenia	119
<i>M. Y. Kalashian</i> —A new species of groundbeetles from Armenia . . .	187
<i>E. K. Herthevtzian</i> —New species of the genera <i>Mayridia</i> and <i>Litomastix</i> (Hymenoptera, Chalcidoidea, Encyrtidae) from Armenia	212
<i>K. A. Dzhanokmen</i> —Pteromalids of the genus <i>Diglochis</i> Förster (Hymenoptera, Chalcidoidea, Pteromalidae)—parasites of horse-flies in Armenia and other regions of the USSR	247
<i>V. A. Tryapitzin, E. K. Herthevtzian</i> — <i>Tetralophisca</i> a new encyrtid genus (Hymenoptera, Chalcidoidea, Encyrtidae) from arid zone of Palaearctics . .	253

PHYTOHELMINTHOLOGY

<i>H. E. Poghossian</i> —Two new species of nematodes (Nematoda, Tylenchorhynchidae) from the Armentan SSR	60
<i>J. A. Karapetian</i> —A new species of the nematode from greenhouse in Armenia. (Nematoda: Panagrolatmidae)	190

PHYTONEMATHOLOGY

<i>J. A. Karapetian</i> —Four new species of nematodes (Nematoda: Tylenchorhynchidae) from Green houses in Armenia	124
--	-----

PHYSIOLOGY

<i>A. A. Hiktman, G. E. Grigorian, B. A. Harutiunian-Kozak</i> —A spatial distribution of dynamic sensitivity in receptive fields of the thalamic pulvinar-lateralis posterior complex of a cat	306
---	-----

