ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Զ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы

LXI, № 2

1975

Խմբագրական կոլեգիա

Ֆ. Ա. ԱՐԶՈՒՄԱՆՅԱՆ, ակադ. գիտ. թեկնածու (պատ. քարտուղար), Է. Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Ա. Թ. ԲԱԲԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Հ. Խ. ԲՈՒՆԻԱԹՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Մ. ԹԱՌԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Ղ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագրի տեղակալ), Հ. Գ. ՄԱՂԱԹՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր), Գ. Ս. ՍԱՀԱԿՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Օ. Մ. ՍԱՖՈՆՋՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻԿԱԵԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Բ. ՖԱՆԱՐՋՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-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. БУНИЯТЯН, 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
ԵՐԵՎԱՆ

ԾՐԱԳԻՐ

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ — էջ

Հ. Գ. Գեոլեցյան—*Օպտիմալ գտավորումների և նրանց հատկությունների մասին* 65

Հ. Հ. Նազարյան—*Բուլյան ֆունկցիաների մոտավոր հաշվման և շարունակման բարդության մասին* 70

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Մ. Վ. Բելուբեկյան—*Հաստատուն սալերի մագնիսաառաձգականության խնդիրների առանձնահատկությունների մասին* 76

ԱՌԱՁԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Վ. Ձ. Մինասյան—*Ուղղաձիգ ճեղքով կիսահարթության ու համաչափ կոնտակտային խնդիրը* 82

ՕԴԵՐԵՎՈՒԹԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Լ. Ա. Դալյան—*Գոլորշիացման որոշումը ջրի մակերևույթից կախված գոլորշիացումը կրճատող թաղանթի ֆիզիկա-քիմիական հատկություններից* 90

ԲԻՈՔԻՄԻԱ

Ա. Ա. Գալոյան, Ռ. Ա. Ալեքսանյան, Ռ. Հ. Գալստյան—*Միոկարդի փորձնական ինֆարկտի ժամանակ ալանին-ամինոտրանսֆերազայի ակտիվության փոփոխությունները նեյրոհորմոն «C»-ի ազդեցության տակ* 94

Ժ. Ա. Պառոնյան, Է. Գ. Ադունց, Գ. Հ. Բունյաթյան, Գ. Վ. Ապրիկյան—*Գլյուտամինաթթվի դեհիդրոգենազայի դերը 3-ենոլպիրոխաղողաթթվի վերականգնողական ամինացման մեջ սպիտակ առնետների ուղեղի միտոքոնդրիումներում ծերության ժամանակ* . . 97

Ժ. Ս. Գևորգյան, Ա. Ս. Հովհաննիսյան—*Երիկամներում գլյուտամինից և գլյուտամինաթթվից ամիակի առաջացման կարգավորման մասին* 104

ՄԻԿՐՈԲԻՈԼՈԳԻԱ

Ի. Ք. Կատարյան—*Հերբիցիդային հատկությամբ օժտված բակտերիալ կուլտուրաների հայտնաբերումը* 110

ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Վ. Հ. Ղազարյան, Ռ. Հ. Հարությունյան—*Արմատահյութի արտազատման և արմատների չոր քաշի օրվա ռիթմի վրա ֆոտոպերիոդիկ ռեժիմի ազդեցության մասին* . . 113

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ս. Կ. Կարապետյան, Ե. Ա. Հարությունյան, Ք. Ա. Վարդյան—*Թռչունների ադենոտամոգային տրակտի լորձաթաղանթի ջերմային գրգռման ազդեցությունը նրանց օրգանիզմի ջերմակարգավորման վրա* 118

Վ. Վ. Ֆանարջյան, Ի. Ա. Մանվելյան—*Ուղեղիկի գրգռումից առաջացած կարմիր նեյրոնների հրահրված ակտիվությունը նարկոզի չենթարկված կատուների մոտ* . . 124

Журнал издается с 1941 года

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

МАТЕМАТИКА

Г. Г. Геворкян—Об оптимальных размещениях и их свойствах . . . 65

Г. А. Назарян—О сложности частотных вычислений и сложности доопределений булевых функций 70

МЕХАНИКА

М. В. Белубекян—О некоторых особенностях задач магнито-упругости тонконесущих пластин 76

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

А. Ф. Минасян—Несимметричная контактная задача для полуплоскости с вертикальным разрезом 82

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Л. А. Даян—Определения испарения с водной поверхности в зависимости от физико-химических свойств мономолекулярной пленки, сокращающей испарение 90

БИОХИМИЯ

А. А. Галоян, Р. А. Алексанян, Р. Г. Галстян—Изменение активности аланин-аминотрансферазы при экспериментальном инфаркте миокарда под влиянием нейрогормона «С» 94

Ж. А. Паронян, Э. Г. Адунц, Г. Г. Буниатян, Г. В. Априкян—Роль глутаматдегидрогеназы в восстановительном аминировании α-кетоглутаровой кислоты в митохондриях печени белых крыс при старении 97

Ж. С. Геворкян, А. С. Оганесян—К механизму регуляции образования аммиака из глютамина и глютаминовой кислоты в почках 104

МИКРОБИОЛОГИЯ

Б. Т. Катарьян—Поиск бактериальных культур с гербицидным действием 110

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. О. Казарян, Р. Г. Арутюнян—О влиянии фотопериодического режима на суточную ритмику выделения пасоки и сухого веса корней . . . 113

ФИЗИОЛОГИЯ

С. К. Карапетян, Р. А. Арутюнян, К. А. Варданян—Действие термического раздражения слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта на теплообмен у птиц 118

В. В. Фанарджян, И. А. Мовсесян—Вызванная активность нейронов красного ядра ненаркотизированных кошек на раздражение мозжечка . . . 124

© Издательство АН Армянской ССР, 1975 г.

Индекс 77730

CONTENTS

MATHEMATICS p.

H. G. Geoletsian— On optimal placements and their properties. . . . 65.

G. A. Nazarian—On the complexity of approximate computations of Boolean function and complexity of their extensions 70

MECHANICS

M. V. Belubekian— On some features of magneto-elastic problem of current-carrying plates. 76

THEORY OF ELASTICITY

A. F. Minasian— Unsymetrical contact problem for a semiplane with a vertical section 82

METEOROLOGY

L. A. Dayan— Evaporation determination over water surface dependenting on the physicochemical properties of a monomolecular film reducing evaporation 90

BIOCHEMISTRY

A. A. Galoyan, R. A. Alexsanian, R. G. Galstian— The activity changes of alanin-aminotranspherase in case of experimental infarct of miocardium and neurohormone „C". 94

J. A. Paronian, E. G. Adunz, G. H. Buniatian, G. V. Aprikian-- The role of glutamic acid dehydrogenase in reductive amination of α —keloglutaric acid in aging albino rats. 97

J. S. Gevorkian, A. S. Oganesian— Regulation mechanism of ammonia formation from glutamine and glutamic acid in kidneys. 104

MICROBIOLOGY

B. T. Katarian— The investigation of bacterial cultures with herbicide action 110

PLANT PHYSIOLOGY

V. O. Kazarian, R. G. Arutunian— Influence of photoperiodic regime on the daily rhyhm of exudate secretion and dry weight of roots 113

PHYSIOLOGY

S. K. Karapetian, R. A. Arutunian, K. A. Varagian— The influence of termal stimulation of the mucous membrane of the gastro-entral upon the termoregulation in birds 115

V. V. Fanardjian, I. A. Manvelian— Evoked activity of red nucleus neurons in unanaesthetized cats to cerebellar stimulation 124

Технический редактор Л. А. АЗИЗБЕКЯН

ВФ 09005 Подписано к печати 30/X 1975 г. Тираж 545 Изд 4325 Заказ 560
Формат бумаги 70×108¹/₁₆ Печ. л. 4,0. Бум. л. 2,0.
Усл. печ. л. 5,6. Уч. изд. листов 4,66.

Типография Издательства АН Армянской ССР. Ереван, Барекамутян, 24
Эчмиадзинская типография Издательства АН Армянской ССР

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 2

УДК 519.1

МАТЕМАТИКА

Г. Г. Геолеян

Об оптимальных размещениях и их свойствах

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. Н. Мергеляном 21.V 1975)

Задачи линейного размещения (нумерации) вершин графа с различными критериями исследованы во многих работах, например, ([1-5]).

Линейным размещением (размещением, нумерацией) n-вершинного графа $G=(X, U)$ назовем взаимно-однозначное соответствие $\varphi: X \to N=|1, 2, \ldots, n|$. Отображение φ сопоставляет вершинам графа целочисленные точки отрезка $|1, n|$, т. е. нумерует вершины.

Длиной размещения φ графа G назовем выражение

$$L(\varphi, G)=\sum_{(x, y)\in U} |\varphi(x)-\varphi(y)|.$$

Ребро $(x, y)\in U$ проходит над вершиной z при размещении φ, если $|\varphi(x)<\varphi(z)<\varphi(y)| \vee |\varphi(y)<\varphi(z)<\varphi(x)|$.

Шириной размещения φ графа G назовем $W(\varphi, G)=\max_{x\in X} w_\varphi(x)$, где $w_\varphi(x)$—число ребер, проходящих над вершиной x при размещении φ.

Ребра (x_1, y_1) и (x_2, y_2) назовем пересекающимися при размещении φ, если каждое ребро проходит в точности над одной вершиной другого.

Размещение φ назовем плоским, если при этом размещении нет пересекающихся ребер.

Размещение φ орграфа G—допустимое, если

$$(x, y)\in U \to \varphi(x)>\varphi(y).$$

Множество всех размещений графа G обозначим через Φ_G, множество плоских размещений—Φ_G^0, множество допустимых размещений графа G—Φ_G^1. Φ_G^0. $\Phi_G^1 \subseteq \Phi_G$.

Сформулируем две задачи:

Найти размещение φ_0 неориентированного дерева $T=(X, U)$. $L(T)=L(\varphi_0, T)=\min_{\varphi\in\Phi_T} L(\varphi, T)$ (φ_0 будет L—оптимальным размещением).

—Найти размещение φ_0 неориентированного дерева $T=(X, U)$, $W(T)=W(\varphi_0, T)=\min\limits_{\varphi\in\Phi_T} W(\varphi, T)$ (φ_0 будет W-оптимальным размещением).

Хороших алгоритмов для решения этих задач еще не найдено. В ([1,2]) исследованы некоторые свойства оптимальных размещений. Для ориентированных деревьев найдены оптимальные допустимые размещения ([1,3]). В ([1,5]) найдены оптимальные плоские размещения для неориентированных деревьев.

Целью данной работы является исследование некоторых свойств L-оптимальных размещений неориентированных деревьев и установление близости к L или W—оптимальным соответствующих оптимальных плоских размещений.

В ([1,2]) приведены следующие свойства L-оптимальных размещений n-вершинного дерева T.

Пусть φ—L-оптимальное размещение. $x=\varphi^{-1}(1)$ и $y=\varphi^{-1}(n)$—обязательно являются висячими вершинами в T.

В L-оптимальном размещении вершины цепи $|x, y|$ размещаются (нумеруются) монотонно, вершины всех поддеревьев $T(x_i)$, „подвешенных" к цепи $|x, y|$ размещаются оптимально. Здесь x_i—вершины цепи, соединяющей $x=\varphi^{-1}(1)$ с $y=\varphi^{-1}(n)$. Такую цепь $|x, y|=x, x_1, \ldots, x_p, y$ назовем базовой.

Если бы можно было определить базовую цепь $|x, y|$ в T, то построение оптимального размещения свелось бы к построению базовых цепей в поддеревьях $T(x_i)$ и т. д.

Докажем, что в L-оптимальном размещении дерева T базовая цепь проходит через центр масс. (Центром масс дерева $T=(X, U)$ называется вершина x_0, в любой ветви к которой число вершин (без самой вершины x_0) не более половины общего числа вершин в T).

Введем некоторые определения.

Пусть $G_1=(X_1, U_1)$—некоторый подграф G, $|X_1|=n_1\leqslant|X|=n$. Для размещения φ размещением, собирающим подграф G_1 на $|a, b|$, где $b-a+1=n_1$, назовем $\varphi^*(G_1, |a, b|)$.

$$\varphi^*: X_1\to|a, b|;\ X\setminus X_1\to|1, 2, \ldots, n|\setminus|a, a+1, \ldots, b|.$$

$$|(x, y\in X_1)\vee(x, y\in X\setminus X_1)|\ \&\ |\varphi(x)<\varphi(y)|\to\varphi^*(x)<\varphi^*(y).$$

Здесь и далее $\varphi: X\to|a, b|$ есть отображение X на $|a, a+1, \ldots, b|$. В $T=(X, U)$ с некоторой выделенной вершиной x_0 через $T(x_i)=(X_i, U_i)$, $x_i\in X_i$ обозначим максимальное поддерево, содержащее вершину x_i и все вершины, достижимые из x_0 цепями, содержащими x_i.

Пусть x_0—центр масс T; $x_1, \ldots, x_k$ все смежные с x_0 вершины и число вершин в $T(x_i)$, $|X_i|=\alpha_i$, $i=1, 2, \ldots, k$.

Лемма 1. *Для произвольного $\varphi\in\Phi_T$ дерева T существуют $\varphi_1\in\Phi_T$ и вершина x_i смежная с центром масс x_0 такие, что*

$$\varphi_1: T(x_i)\to|1, \alpha_i|;\ T\setminus T(x_i)\to|\alpha_i+1, n|,\ L(\varphi_1, T)\leqslant L(\varphi, T).$$

(Здесь выделенной вершиной в определении $T(x)$ считается x_0).

Доказательство. Рассмотрим вершину $z=\varphi^{-1}(1)$. Пусть $z\neq x_0$ (если $z=x_0$, то рассмотрим $\bar{\varphi}:\bar{\varphi}(x)=n+1-\varphi(x)$, $L(\bar{\varphi}, T)=L(\varphi, T)$, $\bar{\varphi}^{-1}(1)\neq x_0$).

1. $\exists x_l: z=\varphi^{-1}(1)\in T(x_l)$, $y=\varphi^{-1}(n)\overline{\in} T(x_l)$

1.1. $\varphi(x_0)=m_1<m_2=\varphi(x_l)$.

Обозначим через n_1 (соответственно n_2, n_3) число вершин из $T(x_l)$ таких, что $\varphi(x)\in|1, m_1-1|$ (соответственно $|m_1+1, m_2-1|$, $|m_2+1, n|$), $n_1+n_2+n_3+1=|X_l|=a_l$.

Обозначим $\varphi_1=\varphi^*(T(x_l), |1, a_l|)$. При этом может увеличиться лишь длина ребра (x_0, x_l).

$$\delta_1=|\varphi(x_l)-\varphi(x_0)|-|\varphi_1(x_l)-\varphi_1(x_0)|=(m_2-m_1)-(m_1-n_1+n_3).$$

Длины цепей $|x_l, z|$ и $|x_n, y|$ уменьшились не менее чем на $\delta_2=|(m_2-1)-(n_1+n_2)|$ и $\delta_3=n_2+n_3+1$ соответственно.

$$L(\varphi, T)-L(\varphi_1, T)\geqslant\delta_1+\delta_2+\delta_3=2(m_2-m_1)>0.$$

1.2. $\varphi(x_l)=m_1<m_2=\varphi(x_0)$.

Аналогично 1.1. $L(\varphi_1, T)-L(\varphi_1, T)\geqslant\delta_1+\delta_2+\delta_3=0$,

где $\varphi_1=\varphi^*(T(x_l), |1, a_l|)$, $\delta_1=(m_2-m_1)-(m_2+n_3-n_1-1)$, $\delta_2=m_1-n_1-1$, $\delta_3=(n-m_2)-(n-m_2-n_3)$.

В случае 1 лемма доказана.

2. $\exists x_l: z=\varphi^{-1}(1)\in T(x_l)$, $y=\varphi^{-1}(n)\in T(x_l)$.

Пусть $\varphi(x_l)=m_1<m_2=\varphi(x_0)$. (Обратный случай симметричен рассматриваемому).

2.1. $m_1<2n_1+n_2+2$.

Рассмотрим $\varphi_1=\varphi^*(T(x_l), |1, a_l|)$. $\delta_1=|\varphi(x_0)-\varphi(x_l)|-|\varphi_1(x_0)-\varphi_1(x_l)|=(m_2-m_1)-(m_1+n_3-n_1-1)$, а уменьшение длины цепи $|y, z|$ не менее чем $\delta_2=(n-1)-(n_1+n_2+n_3)$.

$$l(\varphi, T)-L(\varphi_1, T)\geqslant\delta_1+\delta_2=n-m_2-2m_1-2n_3-n_2\geqslant 2n_1+n_2+2-m_1>0$$

(так как из определения центра масс $n\geqslant 2(n_1+n_2+n_3+1)$).

2.2. $m_1\geqslant 2n_1+n_2+2$.

Аналогично 2.1. $L(\varphi, T)-L(\varphi^*, T)>0$, где $\varphi^*=\varphi^*(T(x_l), |n-a_l+1, n|)$. Размещение $\varphi_1:\varphi_1(x)=n-\varphi^*(x)+1$ искомое в случае 2.2.

Лемма полностью доказана.

Лемма 2. *Для произвольного размещения $\varphi\in\Phi_T$ дерева T существуют $\varphi_2\in\Phi_T$ и вершины x_i, x_j, смежные с центром масс x_0, причем*

$$\varphi_2: T(x_i)\to|1, a_i|;\ T(x_j)\to|n-a_j+1, n|;\ L(\varphi_2, T)\leqslant L(\varphi, T).$$

Искомое φ_2 строится исходя из размещения φ_1, полученного в лемме 1, аналогичным образом. Легко видеть, что $L(\varphi, T)>L(\varphi_2, T)$, кроме

случая 1.1 в лемме 1, т. е. в оптимальном размещении φ_0 $z=\varphi_0^{-1}(1)$ и $y=\varphi_0^{-1}(n)$ принадлежат разным $T(x_i)$, следовательно, цепь $|z, y|$ проходит через центр масс. Итак, доказана

Теорема. *В L-оптимальном размещении φ_0 дерева $T=(X, U)$ базовая цепь проходит через центр масс x_0, причем, если*

$\varphi_0^{-1}(1)\in T(x_i)$, $\varphi_0^{-1}(n)\in T(x_j)$, *то* $\varphi_0: X_i\to[1, |x_i|]$, $X_j\to[n-|X_j|+1, n]$, *где* x_i *и* x_j *смежные с* x_0 *вершины и* $i\neq j$.

Таким образом, при построении L-оптимального размещения базовую цепь надо искать лишь среди цепей, соединяющих висячие вершины через центр масс.

Для построения некоторого приближения к оптимальным размещениям в ([1]) предложена следующая конструкция. Любое $T=(X, U)$ можно превратить в ориентированное корневое, если выбрать некоторую $x\in X$ и ребра ориентировать в направлении „от x". Полученное дерево с корнем x обозначим $\vec{T}x$, а $\vec{S}(T)=\min\limits_{x\in X} S(\vec{T}x)$, где символ S заменяет любой из символов L, W. Ищется $x^*\in X: \vec{S}(T)=S(\vec{T}x^*)$ и допустимое S-оптимальное размещение $\vec{T}x^*$ будет искомым приближением. Доказано, что $\vec{S}(T)<2S(T)$. Такая конструкция требует $O(n^2\log n)$ операций.

Пусть $S_{пл}(T)=\min\limits_{\varphi\in\Phi_T^0} S(\varphi T)$. Алгоритмы нахождения $W_{пл}(T)$ и $L_{пл}(T)$ и соответствующих размещений приведены в ([4,5]), при этом число операций равно $O(n\log n)$.

Из того, что допустимые S-оптимальные размещения плоские ([13]), следует, что $S_{пл}(T)\leqslant\vec{S}(T)$.

Итак, $S_{пл}(T)-S(T)\leqslant\vec{S}(T)-S(T)$ и использование оптимального плоского размещения в качестве приближения к S-оптимальному эффективнее описанной конструкции из ([1]) в n раз.

Оценим $\vec{L}(T)-L_{пл}(T)$ снизу. Возьмем произвольное $\vec{T}x$ и его допустимое L-оптимальное размещение φ_0. Построим последовательность $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n$ такую, что $L(\varphi_i, T)\geqslant L(\varphi_{i-1}, T)$, $i=0, 1, \ldots, n-1$ и $\forall i$. $\varphi_i\in\Phi_T^0$.

Для построения φ_i рассмотрим любую, ранее не рассматривавшуюся, вершину z. Если в $\vec{T}x$ $\rho^+(z)<2$, то $\varphi_i=\varphi_{i-1}$.

Пусть $\rho^+(z)\geqslant 2$, вершины $x_1, \ldots, x_k$ — непосредственные последователи z в $\vec{T}x$, $\varphi_{i-1}(x_j)<\varphi_{i-1}(x_{j-1})$, $j=2, 3, \ldots, k$, а x_0 — вершина, непосредственно предшествующая z, причем $\varphi_{i-1}|T(z)|=[a, b]$, $\varphi_{i-1}(x_j)<\varphi_{i-1}(z)<\varphi_{i-1}(x_0)$. Построим φ_i следующим образом:

$\varphi_i(y)=\varphi_{i-1}(y)$, если $y\bar{\in} T(z)$ или $y\in T(x_j)$, $j=\left[\frac{k}{2}\right]+1, \ldots, k$;

$\varphi_i(z)=\min \varphi_{i-1}[T(x_{[k/2]})]$;

$$\varphi_i : \bigcup_{1<j<[k/2]} T(x_j)\to[\varphi_j(z)+1, b], \text{ причем } \forall t_1, t_2\in \bigcup_{1<j<[k/2]} T(x_j)$$

$$|\varphi_{i-1}(t_1)<\varphi_{i-1}(t_2)\to\varphi_i(t_1)>\varphi_i(t_2)|.$$

Непосредственными вычислениями можно получить:

$$L(\varphi_i, T)-L(\varphi_{i-1}, T)\geq\left(k-\left[\frac{b}{2}\right]-1\right)\sum_{i=1}^{[k/2]} L(\varphi_i, T(x_i)),$$

$$L(\varphi_0, T)-L(\varphi_m, T)\geq\sum_{\rho^+(x)>2}(\rho^+(x)-[\rho^+(x)/2]-1)[\rho^+(x)/2]\geq$$

$$\geq\frac{1}{4}\sum_{\rho(x)>4}(\rho(x)-4)(\rho(x)-1)=\Delta. \quad \text{Откуда } \bar{L}(T)-L_{\text{пл}}(T)\geq\Delta.$$

Верно также $\vec{W}(T)=W(\varphi_0, T)\geq W(\varphi_n, T)$, при этом на каждом шаге $\forall t\in\bigcup_{j=1}^{[k/2]} T(x_j)$ $w_{\varphi_{i-1}}(t)\geq w_{\varphi_i}(t)+k-\left[\frac{k}{2}\right]$.

Ереванский НИИ математических машин

Հ. Գ. ԳԵՈԼԵՑՅԱՆ

Օպտիմալ դասավորումների և նրանց հատկությունների մասին

Ապացուցվում է, որ $T=(X, U)$ ոչ կողմնորոշված ծառի φ L—օպտիմալ դասավորման $|\varphi^{-1}(1), \varphi^{-1}(n)|$ բազայական շղթան պետք է անցնի մասսայի կենտրոնով։

Ցույց է տրված, որ $L(T)\leq L_{\text{пл}}(T)\leq\vec{L}(T)$ (այդպիսի անհավասարություն տեղի ունի նաև լայնության հայտանիշի համար), ընդ որում $\vec{L}(T)-L_{\text{пл}}(T)\geq 1/4\sum_{\rho(x)>4}(\rho(x)-4)(\rho(x)-1)$, որտեղ $L(T)$-ն T ոչ կողմնորոշված ծառի օպտիմալ դասավորման երկարությունն է, $L_{\text{пл}}(T)$-ն—օպտիմալ հարթ դասավորման երկարությունն է, $\vec{L}(T)$-ն T ծառից ստացված բոլոր կողմնորոշված ծառերի օպտիմալ թույլատրելի դասավորումների երկարություններից նվազագույնը։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] М. А. *Шейдвассер*. О длине и ширине размещений графов в решетках. «Проблемы кибернетики», вып. 29, 1974. [2] М. А. *Иорданский*, ДАН СССР, т. 218, № 2 (1974). [3] *Р. Реджесоски*. Об арифметических выражениях и деревьях, «Кибернетический сборник», новая серия, вып. 7, 1970. [4] *Г. Г. Геолецян*. ДАН Арм ССР, т. 56, № 4 (1973). [5] *Г. Г. Геолецян*, «Вопросы радиоэлектроники», сер. ЭВТ, вып. 6, 1975.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 2

УДК 510 : 164

МАТЕМАТИКА

Г. А. Назарян

О сложности частотных вычислений и сложности доопределений булевых функций

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. Н. Мергеляном 2/VI 1975)

В статье рассматриваются две взаимосвязанные задачи: а) о сложности частотных (или приближенных) вычислений булевых функций, и б) о сложности их доопределений.

1 Всюду далее орф есть сокращение для выражения «общерекурсивная функция», чрф—«частично рекурсивная функция», б.ф.—«булева функция», р. ч.—«рациональное число», н. ч.—«натуральное число». Определим н. ч. как слова в алфавите $|0, 1|$, так же, как в [1]. Булевы функции и связанные с ними понятия, здесь не определяемые, будем понимать как в [2]. Длину н. ч. x будем обозначать через $l(x)$. Размерность б. ф. будем указывать верхним индексом: так если F есть б. ф. размерности n, то будем писать F^n наряду с F. Если A есть конечное множество н. ч., то через $d(A)$ будем обозначать мощность этого множества. Конструктивную последовательность р. ч. (ПРЧ) $\varepsilon(n)$ будем называть правильной если $\varepsilon(n) \to 0$ и $|2^n \cdot \varepsilon(n)|$ есть монотонная неограниченная последовательность н. ч. (правильной ПРЧ является, например, последовательность $2^{|\cdot - n|}/2^n$ где ν — р. ч. меньше единицы). Буквы T, t, f, g, ε (возможно с индексами) будем использовать для обозначения одноместных орф, h, ϖ — для двуместных орф, ε — для правильной ПРЧ, π — для ПРЧ такой, что $\pi(n) \to 0$, $\varkappa$ — для ПРЧ, ν для р. ч. меньшего единицы. C и ρ — для н. ч., наконец F, P, Q — для обозначения б. ф. Буквами r и ρ будем обозначать конструктивные функции такие, что

$$\forall n \forall F^n \forall P^n (r(F^n, P^n) = d|x|(l(x) = n) \& \overline{\ } (F^n(x) = P^n(x))|,$$
$$\rho(F^n, P^n) = r(F^n, P^n)/2^n.$$

Будем говорить, что F^n и P^n ν — равны (и писать $F^n =_\nu P^n$) если $\rho(F^n, P^n) \leqslant \nu$. Зафиксируем некоторую допустимую в смысле [3] нумерацию φ (иногда будем предполагать, что φ — аддитивно оптимальная нумерация [4, 5]). Для нумерации φ зафиксируем конструктивную последовательность Φ сигнализирующих [6]. С последовательностью сигнализирующих ассоциируем последовательность чрф $\hat{\Phi}$ такую; что $\forall i \forall n (\hat{\Phi}_i(n) = \max_{l(x)=n} \Phi_i(x))$. Говорим, что чрф ψ ν — вычисля-

ет F (будем писать $\varphi^{-} \rightarrow F$), если ψ вычисляет P такую, что $P = F$.

Через K будем обозначать двухместную чрф, удовлетворяющую условию $\forall n \forall C \forall F^n (K(C, F^n) = \mu p [\varphi_p \rightarrow F^n \& \Phi_p(n) < C])$. (Легко видеть, что условие $\varphi_p \rightarrow F$ алгорифмически не проверяемо, однако конъюнкция $\varphi_p \rightarrow F \& \Phi_p(n) < C$ алгорифмически проверяема). Вместо $K(C, F)$ будем в дальнейшем писать $K^C(F)$. Пусть далее K_* — чрф, удовлетворяющая условию $\forall C \forall F^n (K_*^C(F^n) = \min_{P = (n)F} K^C(P^n))$ (где $K_*^C(F)$ обозначает $K_*(C, F)$). Будем говорить, что F (p, C) вычислима (*) (соответственно (p, C) $*$ —вычислима), если $K^C(F) \leqslant p$ (если $K_*^C(F) \leqslant p$).

Конструктивную последовательность б. ф. называем правильной по Маркову (*), если при любом n n-я б. ф. этой последовательности n-местна. Записи $\forall F_n^n$ и $\exists F_n^n$ будем использовать как сокращение для высказываний „для любой конструктивной правильной последовательности б. ф.", „существует конструктивная правильная последовательность б. ф.".

Запись $a(n) \rightrightarrows b(n)$, где a и b некоторые чрф, будет означать, что левая и правая части равенства определены и равны. Аналогично будут пониматься записи $a(n) \geqslant b(n)$ и $a(n) \leqslant b(n)$.

Мы будем употреблять обозначения вида $\forall k > m$, $\exists k > m$, $\forall T > t$, $\exists T > t$ и т. д. (где T и t — переменные для орф). Такие обозначения понимаются обычным образом, например, $\forall k > m\ R(k)$, $\exists k > m\ R(k)$, $\forall T > t R(T)$, $\exists T > t R(T)$ понимаются как $\forall k (k > m \supset R(k))$, $\exists k (k > m \& R(k))$, $\forall T (\forall n (T(n) > t(n)) \supset R(T))$, $\exists T (\forall n (T(n) > t(n)) \& R(T))$. В дальнейшем рассматривая поведение произвольной сигнализирующей, мы будем иногда для краткости называть ее «время вычислений» или просто «время»; под «объемом программы p» будем понимать индекс p нумерации φ.

2. Утверждения этого пункта относятся к индивидуально рассматриваемым б. ф. они показывают, что с одной стороны переход к приближенным вычислениям б. ф. может существенно уменьшать как «объем», так и «время вычисления» б. ф. по сравнению с точными вычислениями (теорема 2,1), с другой стороны, (теорема 2,2), существуют сколь угодно сложные б. ф., сложностные характеристики которых не улучшаются при переходе от точных вычислений к приближенным.

2. 1 $\exists t \forall f \forall T \exists m \forall n > m \exists F^n \exists P^n (r(F^n, P^n) = 1 \& K^{T(n)}(F^n) \geqslant f(K^{t(n)}(P^n)))$.

Говорим, что F является $(p, C, *)$ —инициальной, если выполнены условия: а) F (p, C) вычислима, б) если F (p, C_1) $*$—вычислима, то $C_1 \geqslant C$, в) если F (p_1, C) $*$—вычислима, то $p_1 \geqslant p$. Таким образом, б. ф. является $(p, C, *)$ —инициальной, если переход к приближенным вычислениям с допустимой частотой ошибок не больше $*$ не позволяет уменьшить ни времени, ни объема вычислений.

2. 2 $\forall * \forall p \forall T \exists F^n \exists p_1 > p \exists C > T(n)$ [$F(p_1, C, *(n))$ —инициальная].

3. Нетрудно убедиться, что проблема поиска $*$ —минимальных

программ" для б. ф. (т. е. программ наименьшего объема ε-вычисляющих данные б. ф.) неразрешимы (ср. [9]). Вместе с тем разрешима проблема поиска ε-минимальных программ вычисляющих б. ф. за время ограниченное некоторой орф t от размерности б. ф. (при достаточно больших t). В последнем случае мы имеем дело с разрешением некоторой ограниченной массовой проблемы, связанной с выявлением нетривиальных функциональных свойств алгорифмов. Естественно ожидать, что (ср. [10]) время работы алгорифмов, ее разрешающих велико. Это предположение подтверждает утверждение 3. 1.

Нетрудно убедиться, что можно указать орф t, для которой выполнено $\forall n \forall F^n (K^{t(n)}(F^n))$. В определении (π, T) —минимизирующей орф ниже предполагаем, что $T > t$. Орф g будем называть (π, T) минимизирующей, если $\forall n \forall F^n (g(F^n) = K^{T(n)}(F^n))$.

Символом $\mathrm{Min}(g, \pi, T)$ будем обозначать высказывание: орф g является (π, T) —минимизирующей.

3.1 $\forall \pi \exists h \forall T \forall z (\mathrm{Min}(z, \pi, T) \supset \forall_n^\infty (T(n) < h(n, \Phi_z(2^n))))$.

Таким образом время T рекурсивно ограничено временем работы (π, T) —минимизирующих алгорифмов, иначе говоря невозможно (π, T) —минимизировать со скоростью, существенно меньшей чем T.

С другой стороны, нетрудно убедиться, что если рассматривать честные ([11]) орф T, то можно строить (π, T) —минимизирующие алгорифмы, время работы которых не существенно превосходит T.

Замечание. Теорема 3.1 справедлива для произвольной ПРЧ π такой, что $\pi(n) \to 0$. При $\pi(n) < 2^{-n}$ значениями всякой (π, T) —минимизирующей орф являются программы точно вычисляющие б. ф.

3.2 $\forall \pi \forall f \forall t \exists T > t (\mathrm{Min}(g_1, \pi, T) \,\&\, \mathrm{Min}(g_2, \pi, f(T)) \supset$
$\supset \forall^\infty n \forall F^n (g_1(F^n) = g_2(F^n)))$.

Утверждение 3.2 является некоторым аналогом теоремы о пробелах ([12]). ([13]). Как следует из 3.1. время вычисления орф g_2 из утверждения 3.2 должно быть больше времени вычисления орф g_1, но g_2 минимизирует не лучше, чем g_1 (см. ниже).

Говорим, что (π, t_1) —минимизирующая орф g_1 улучшает (π, t_2) минимизирующую орф g_2, если $\exists_n^\infty (\sum_{F^n \in M^n} g_1(F^n) < \sum_{F^n \in M^n} g_2(F^n))$, где M^n — класс всех б. ф. от n аргументов. Ясно, что это возможно лишь при условии, что $\exists_n^\infty (t_1(n) > t_2(n))$. Из 3.2 легко следует

3.3 $\forall \pi \exists f \forall t (\mathrm{Min}(g_1, \pi, t) \,\&\, \mathrm{Min}(g_2, \pi, f(t)) \supset (g_2$ улучшает $g_1))$

4. Говорим, что t есть нижняя оценка (верхняя оценка) вычисления последовательности б. ф. F_n^n, если $\forall j (\forall^\infty n (\varphi_j \Rightarrow F_n^n) \supset \forall_n^\infty (\Phi_j(n) > t(n)))$ (соответственно $\exists j (\forall^\infty n (\varphi_j \Rightarrow F_n^n) \,\&\, \forall_n^\infty (\Phi_j(n) < t(n)))$.

Будем говорить, что t есть нижняя оценка a-вычисления F_n^n, если $\forall j (\forall^\infty n (\varphi_j \underset{\alpha(n)}{\Rightarrow} F_n^n) \supset \forall_n^\infty (\Phi_j(n) > t(n)))$. Символами $V(t, F_n^n)$, $V_a(t, F_n^n$

и $U(t, F^n_n)$ будем обозначать соответственно высказывания: t есть нижняя оценка вычисления F^n_n, t есть нижняя оценка z-вычисления F^n_n и t есть верхняя оценка вычисления F^n_n.

4.1. $\forall T \forall F^n_n \exists P^n_n (\forall n (r(F^n_n, P^n_n) \leqslant 1) \& \ V(T, F^n_n))$.

Факт близкий к 4.1 сформулирован в ([14]). Из 4.1 следует, что малые жертвы в точности вычислений последовательностей б. ф. могут приводить к сколь угодно большим выигрышам во времени вычислений. Следующее предложение утверждает, что существуют последовательности б. ф., составленные из индивидуально простых б. ф., но вместе с тем время их вычисления (даже приближенное) достаточно велико.

4.2. *Существуют орф t и н. ч. C такие, что для любой ПРЧ z такой, что для всех n $z(n) < \frac{1}{2}$ выполнено:* $\forall T \exists F^n_n \forall_z (K^{T(n)}(F^n_n) < C \& V_z(T, F^n_n))$.

Орф t будем называть w-честной [11], если существует н. ч. z такое, что $\varphi_z = t$ и $\forall^\infty_n (\Phi_z(n) < w(n, t(n)))$.

4.3 $\exists T \exists C \forall w \exists w_1 \forall (w\text{-честной } t) \exists F^n_n \forall_z \left(z(n) < \frac{1}{2}\right) (V_z(t, F^n_n) \& U(w_1(n, t(n)), F^n_n) \& \forall n (K^{T(n)}(F^n_n) < C))$.

5. В этом пункте мы будем интересоваться вопросами доопределений частично заданных б.ф. (ч.б.ф.) Вопросы доопределений ч.б.ф связаны с вопросами приближенных вычислений б.ф. Пусть A — конечное множество пар $|<x_i, y_i>|$. Через $L(A)$ и $R(A)$ будем обозначать соответственно множество левых и правых элементов пар из A. Через N_n будем обозначать множество н. ч. длины n.

Конечное множество пар $|<x_i, y_i>|$ будем называть таблицей (*) если выполнено $x_i = x_j \supset i = j$. Под ч. б. ф. F^n будем понимать таблицу такую, что $L(F^n) \subseteq N_n$ и $R(F^n) \subseteq |0, 1|$. Будем говорить, что таблица A есть G доопределение ч. б. ф. F^n (где G — конечное множество н. ч.) если $A \supseteq F^n$ и $L(A) = N_n$ и $R(A) \subseteq G \subseteq |0, 1|$. Говорим, что таблица $A = |<x_i, y_i>|$ есть стандартное $|k|$ — доопределение ч. б. ф. F^n (будем записывать $(F^n)^{|k|}$, если выполнено: $x_i \in N_n \supset L(F^n) \supset y_i = k$. Под булевским доопределением ч. б. ф. F будем понимать $|0, 1|$ доопределение F. Говорим, что ч. р. ф. ψ вычисляет ч. б. ф. F^n, если $\forall x((x \in N_n \supset ! \ \psi(x)) \& (x \in L(F^n) \supset <x, \psi(x)> \in F^n)$.

Таким образом, если ψ вычисляет ч. б. ф. F, то она вычисляет некоторое G доопределение F. Простейшим способом доопределений ч. б. ф. является стандартное $|k|$-доопределение, но стандартно $|k|$-доопределяя при $k \neq 0, 1$ мы фактически выделяем область определенности (либо неопределенности) ч. б. ф., а следовательно увеличиваем информативность и соответственно сложность доопределения. Поэтому более естественными представляются булевские стандартные доопределения, т. е. $k = 1$, либо $k = 0$. Утверждения 5.1—5.5 служат аргументом в пользу сказанного. В утверждениях 5.1 и 5.2 нумерации чрф φ предполагается

аддитивно оптимальной, они относятся к индивидуально рассматриваемым ч. б. ф. Утверждения 5.3—5.5 относятся к последовательностям ч. б. ф.

5.1. $\exists C \forall T \exists_i \forall_n \forall F^n (K^{T(n)}(F^n)(1) \leqslant K^{T(n)}(F^n(2)) \cdot C)$.

5.2. Существуют орф T и константы C_1, C_2 и псевдопоследовательность ((5), (15)) ч. б. ф. F^n_n такие, что $\forall n (K^{T(n)}((F^n_n)(1)) < C_1 \& \& (K(F^n_n)(2) > 2^{n-C_2})$.

5.3. $\exists^2 \exists f \forall F^n_n \forall_j |(\forall n (\varphi_j - \blacktriangleright (F^n_n)(2)) \supset \forall n (\varphi_{\varphi(j)} - \blacktriangleright (F^n_n)(1)) \&$

$$\& \forall^\infty_n (\Phi_{\varphi(j)n} < f(\hat{\Phi}_j(n)))|.$$

Через $L(F^n_n)$, где F^n_n — последовательность ч. б. ф., будем обозначать множество определенности последовательности ч. б. ф., $F^n_n - \bigcup_{n \in N} L(F^n_n)$ и через χ_L — характеристическую функцию множества L.

5.4. $\exists h \exists^\circ \forall F^n_n \forall_j (\forall n (\varphi_j - \blacktriangleright (F^n_n)(2)) \supset |\varphi_{\varphi(j)} = \chi_{L(F^n_n)}$

$$\& \forall^\infty_n (\Phi_{\varphi(j)}(n) < h(n, \hat{\Phi}_j(n)))|).$$

5.5. $\exists l \forall T \exists F^n_n (V(T, (F^n_n)(2)) \& U(l, (F^n_n)(1)))$.

В дальнейшем под доопределением ч. б. ф. будем понимать булевские доопределения, т. е. G полагается равным $\{0,1\}$. Факты, сформулированные в пунктах 2—4 свидетельствуют о том, что выбор тех или иных булевских доопределений может существенно влиять на сложностные характеристики вычислений доопределений ч. б. ф. Через $L'(F^n)$ будем обозначать множество $N_n - L(F^n)$. Из 2.1 следует:

5.6. $\exists l \forall T \forall f \exists_m \forall_n > m \exists F^n (d(L'(F^n) = 1)) \exists P^n \exists Q^n$

(P^n и Q^n *суть доопределения* F^n) & $(K^{T(n)}(P^n) \geqslant f(K^{(n)}(Q^n)))$.

5.7. $\exists l \forall T \exists F^n_n (\forall n (d(L'(F^n_n)) \leqslant 1)) \exists P^n_n \exists Q^n_n$

$\forall n (P^n_n$ и Q^n_n *суть доопределения* F^n_n) & $V(T, P^n_n)$ & $U(l, F^n_n)$.

Говорим, что б. ф. F^n есть наилучшее C доопределение ч. б. ф. P^n, если для любого доопределения ч. б. ф. Q^n выполнено $K^C(F^n) \leqslant K^C(Q^n)$. Геделев номер ч. б. ф. F будем обозначать посредством $\bar{F}$. Множество геделевых номеров ч. б. ф. F размерности n будем обозначать посредством $\mathrm{Ged}(n)$. Пусть далее Φ_l есть последовательность чрф, удовлетворяющая условию $\forall i \forall n (\Phi_l(n) = \max_{x \in \mathrm{Ged}(n)} \Phi_l(x))$.

Нетрудно убедиться, что для любой l (достаточно большой) существует орф g (ее мы будем называть l-доопределяющей) такая, что для любого n, для любой ч. б. ф. F^n, б. ф., вычисляемая чрф $?_{g(\bar{F}^n)}$ есть наилучшее $l(n)$ доопределение F^n. Естественно ожидать, что время работы l-доопределяющих алгорифмов так же как и минимизирующих не будет существенно меньшим, чем l. Рекурсивность

(ε, t)-минимизирующих алгорифмов (при фиксированном ε) относительно t-доопределяющих позволяет легко из 3.1 получить

5.8. $\exists t \exists h \forall T > t \forall z((z\ t\text{-доопределяет}) \supset \forall_n^{\infty}(T(n) < h(n, \Phi_z(n)))$.

Очевидно следующее утверждение

5.9. *Если б. ф. $F^n(p, C, \nu)$ — инициальна, то F есть наилучшее C доопределение для множества ч. б. ф. P^n таких, что $d(L'(P^n)) < |\nu \cdot 2^n|$ и F^n есть доопределение P^n.*

Пользуюсь случаем выразить глубокую благодарность Н. Д. Заславскому, под руководством которого выполнена настоящая работа.

Вычислительный центр МАТ Армянской ССР

Հ. Հ. ՆԱԶԱՐՅԱՆ

Բուլյան ֆունկցիաների մոտավոր հաշվման և շարունակման բարդության մասին

Դիտարկվում է Բուլյան ֆունկցիաների (բ. ֆ.) մոտավոր հաշվման բարդություններ։ Ցույց է տրվում, որ գոյություն ունեն ինչպես, այնպիսի բ. ֆ., որոնց մոտավոր հաշվումները թույլ են տալիս գգալիորեն պակասեցնել հաշվումների ժամանակը և ծավալը, այնպես էլ ցանկալի աստիճանի բարդ բ. ֆ., որոնց համար մոտավոր հաշվումներին անցումը (Բուլյատրելի մոտավորության աստիճանով) չի պակասեցնում հաշվումների ոչ ժամանակը և ոչ էլ ծավալը։ Համանման փաստեր հաստատվում են բ. ֆ. շարունակման բարդությունների համար։ Ցույց է տրվում նաև, որ նվազեցնող և շարունակող ալգորիթմների աշխատանքի ժամանակը, որոնք կառուցում են բավականին արագ աշխատող ծրագրեր, համեմատելի է այդ ծրագրերի աշխատանքի ժամանակի հետ։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *К. Зюпкин, Л. А. Левин*, УМН, т. 25, вып. 2, 85—127 (1970). [2] *Г. А. Назарян*, ДАН Арм. ССР, т. LV, № 3 (1972), 129—133. [3] *Х. Роджерс*, Теория рекурсивных функций и эффективная вычислимость, М., «Мир», 1972. [4] *А. Н. Колмогоров*, Три подхода к определению понятия «количество информации», Проблемы передачи информации 1, 1, 3—7 (1965). [5] *Н. Д. Заславский*, О псевдофункциях Шеннона, Зап. научн. семинаров ЛОМИ АН СССР, т. 16, (1969), 65—76. [6] *M. A. Blum*, A machine—independent theory of complexity of recursive functions, IACM, 14, 322—336 (1967). [7] *М. И. Канович, И. В. Петри*, ДАН, 184, 6, 1275—1276 (1969). [8] *А. А. Марков*, Известия АН, сер. матем. 31, 161—208 (1967). [9] *D. Pager*, On the problem of finding minimal programs for tables, Information and Control, 14, 6, 550—554 (1969). [10] *Я. Я. Бичевский*, Латв. матем. ежегодник, 13, Рига, (1973). [11] *J. Hartmanis, J. Hopcroft*, IACM, 18, 3 444—475 (1971). [12] *Б. А. Трахтенброт*, Сложность алгорифмов и вычислений, Новосибирск, (1967). [13] *A. Borodin*, IACM, 19, 158—171, (1972). [14] *Б. А. Трахтенброт*, Алгебра и логика, 4, вып. 5 (1965). [15] *М. Г. Гельфонд*, Зап. научн. семинаров ЛОМИ АН СССР, т. 16, 20—28, (1969).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 2

УДК 539.3

МЕХАНИКА

М. В. Белубекян

О некоторых особенностях задач магнито-упругости токонесущих пластин

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. А. Амбарцумяном 12/V 1975)

Взаимодействие поля упругих перемещений и электромагнитного поля приводит к появлению новых членов в уравнении движения пластинки. Некоторые из них не имеют механических аналогий.

В настоящей работе, на примере одной задачи магнитоупругости, выясняется характер изменения задачи с появлением указанных новых членов.

1. Рассматривается упругая пластинка—полоса шириной l и постоянной толщиной $2h$. Упругие и электромагнитные свойства материала пластинки характеризуются жесткостью D, плотностью ρ, электропроводностью σ. Магнитная и диэлектрическая проницаемости материала пластинки принимаются равными единице.

В прямоугольной декартовой системе координат пластинка занимает область $(0 \leqslant x \leqslant l,\ -\infty < y < \infty,\ -h \leqslant z \leqslant h)$ и служит проводником электрического тока постоянной плотности j_0 по направлению оси ox.

Магнитное поле в пластинке, создаваемое электрическим током принимается в виде

$$H_{0x}=0,\quad H_{0y}=-\frac{4\pi}{c}j_0 z,\quad H_{0z}=0, \tag{1.1}$$

что соответствует решению соответствующей задачи магнитостатики в случае бесконечной пластинки.

Колебания такой пластинки приводят к изменению электромагнитного поля. При этом возникают силы электромагнитного происхождения, действующие на пластинку. Задача определения поля упругих перемещений и возбужденного электромагнитного поля оказывается взаимосвязной.

Для исследования указанной задачи, наряду с гипотезами Кирхгофа принимаются гипотезы магнитоупругости, которые предполагают,

что нормальная компонента возбужденного магнитного поля и тангенциальные компоненты возбужденного электрического поля не изменяются по толщине пластинки ([1,2]).

На основе гипотез магнитоупругости в работе ([3]) были получены общие уравнения магнитоупругости токонесущих пластин.

Согласно ([3]), уравнение движения пластинки для рассматриваемой задачи при предположении, что колебания зависят только от координат x, приводится к виду.

$$D\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2\rho h\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}=\frac{h}{c}j_0(h_y^+ + h_y^-)+\frac{h}{4\pi\sigma}j_0\frac{\partial}{\partial x}(e_z^+ + e_z^-)+$$

$$+\frac{h^3}{3c}j_0\left|1-\frac{3c^2}{(4\pi\sigma h)^2}\right|\frac{\partial^2}{\partial x^2}(h_y^+ + h_y^-)+\frac{2h^3\sigma}{15c^2}\left(\frac{4\pi}{c}j_0\right)^2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial t} \qquad (1.2)$$

Здесь w — прогиб пластинки, c — скорость света в вакууме, h_y^+, h_y^-, e_z^+, e_z^- — значения компонент возбужденного магнитного поля h_y и возбужденного электрического поля e_z на соответствующих поверхностях пластинки $z=h$ и $z=-h$.

Уравнение (1.2) содержит, кроме функции w, неизвестные величины h_y^+, h_y^-, e_z^+, e_z^-.

В общем случае зависимость уравнения, определяющего прогибы пластинки, от компонент возбужденного электромагнитного поля более сложная и поэтому необходимо рассмотрение уравнений, определяющих компоненты электромагнитного поля ([3]).

В рассматриваемом случае для замыкания уравнения (1.2) достаточно использование симметричности возбужденного магнитного поля и условия равенства нулю нормальной к поверхности пластинки составляющей плотности электрического тока.

Из условий задачи следует, что $h_x=0$, $e_y=0$. Так как гипотезы магнитоупругости предполагают неизменность компоненты e_x электрического поля по толщине пластинки, то для компонент h_y магнитного поля, обусловленного током проводимости σe_x, выполняется условие симметрии $h_y(h)=-h_y(-h)$, т. е. $h_y^+ + h_y^-=0$. Этот результат получается также из приближенных соотношений для определения величин h_y^+ и h_y^-, предложенных в работе ([4])

Из условия равенства нулю нормальной к деформированной поверхности пластинки составляющей плотности электрического тока ([4]), с учетом (1.1), получается

$$e_z^+ + e_z^- = \frac{j_0}{\sigma}\frac{\partial w}{\partial x}-\frac{4\pi h^2}{c^2}j_0\frac{\partial^2 w}{\partial x\partial t}.$$

С учетом вышесказанного уравнение (1.2) приводится к следующему виду, не содержащему других неизвестных величин, кроме функции прогиба $w(x, t)$.

$$a^2\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} - b^2\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - \delta_1\frac{\partial^3 w}{\partial x^2\partial t} + \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0. \qquad (1.3)$$

где

$$a^2 = \frac{D}{2\rho h}, \quad b^2 = \frac{j_0^2}{4\pi\rho\sigma^2}, \quad \delta = \frac{h^4\sigma}{15\rho c^2}\left(\frac{4\pi}{c}j_0\right)^2, \quad \delta = \delta_1\left[1 - \frac{15c^2}{(4\pi\sigma h)^2}\right].$$

Для реальных хорошо проводящих пластин, толщина которых больше межмолекулярных расстояний,

$$\sqrt{15}\,c/(4\pi\sigma h) \ll 1 \quad \text{и} \quad \delta_1 \approx \delta > 0.$$

2. Таким образом, задача колебаний токонесущей пластинки приводится к решению уравнения (1.3) с однородными граничными условиями на краях пластинки ($x=0$, $x=l$) и с произвольными начальными условиями

$$w(x, 0) = \varphi(x), \quad dw(x, 0)/dt = \psi(x). \qquad (2.1)$$

Применяя преобразование Лапласа к уравнению (1.3) и к однородным граничным условиям, получим следующее уравнение относительно изображений по Лапласу

$$a^2\bar{w}^{IV} - b^2\bar{w}^{II} + s\delta\bar{w}^{II} + s^2\bar{w} = \psi + s\varphi - \delta\varphi^{II} \qquad (2.2)$$

с однородными граничными условиями относительно функции $\bar{w}(x,s)$.

Рассматривая однородное уравнение, соответствующее уравнению (2.2), получим задачу на определение собственных значений и собственных функций. Очевидно, что указанная задача не всегда будет самосопряженной. В частности, легко показывается, что при одном заделанном и другом свободном краях задача несамосопряженна, в то время как для пластин, края которых либо шарнирно-опертые, либо заделанные,—задача самосопряженна.

Для указанных самосопряженных краевых задач получается условие

$$(s_1+s_2)\int_0^l \tilde{w}_1\tilde{w}_2 dx = -\delta\int_0^l \tilde{w}_1'\tilde{w}_2' dx, \qquad (2.3)$$

где s_1, s_2—различные собственные значения, $\tilde{w}_1$, $\tilde{w}_2$—соответствующие им собственные функции.

Условие (2.3) показывает, что в общем случае система собственных функций самосопряженной краевой задачи не является ортогональным вследствие наличия в уравнении (1.3) члена со смешанной производной.

В частном случае, когда края пластинки шарнирно-опертые

$$w(0, t) = w(l, t) = 0, \quad w''(0, t) = w''(l, t) = 0 \qquad (2.4)$$

собственные значения и собственные функции находятся в виде

$$s_n = \left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 \left| -\frac{\delta}{2} \pm \sqrt{\frac{\delta^2}{4} - a^2 - \left(\frac{bl}{n\pi}\right)^2} \right|, \quad \bar{w}_n(x) = \sin\frac{n\pi x}{l}, \quad (n = 1,2\ldots) \tag{2.5}$$

Легко показать, что собственные функции ортогональны, а также удовлетворяют условию (1.6).

В случае, когда $\delta < 2a$, общее решение уравнения (1.3), удовлетворяющее граничным условиям (2.4), имеет вид

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} \exp\left| -\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 \frac{\delta t}{2} \right| \left| A_n \cos\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 \sqrt{a^2 + \left(\frac{bl}{n\pi}\right)^2 - \frac{\delta^2}{4}}\, t + \right.$$

$$\left. + B_n \sin\left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 \sqrt{a^2 + \left(\frac{bl}{n\pi}\right)^2 - \frac{\delta^2}{4}}\, t \right| \sin\frac{n\pi x}{l}. \tag{2.6}$$

Решение (2.6) показывает, что пластинка совершает периодические колебания с затуханием. Минимальная частота колебаний получается при $n = 1$. В зависимости от величин b^2 и δ частота колебаний n-ой гармоники может быть как меньше, так и больше частоты колебаний n-ой гармоники собственных колебаний ($j_0 = 0$).

Решение задачи, получаемое в случае $a^2 + (bl/\pi)^2 < (\delta/2)^2$, дает чисто затухающий процесс без периодических колебаний (апериодические колебания).

В промежуточном случае

$$a^2 + \left(\frac{bl}{m\pi}\right)^2 > \frac{\delta^2}{4} \qquad \text{и} \quad a^2 + \left(\frac{bl}{(m+1)\pi}\right)^2 < \frac{\delta^2}{4}$$

часть волн ($n = 1, 2, \ldots m$) совершает периодические колебания, другая часть ($n = m+1, m+2, \ldots$) — апериодические колебания.

Таким образом, частота колебаний существенно зависит как от величины b^2, так и от δ.

3. Решение задачи в случае шарнирно-опертой пластинки указывает возможные пути упрощений для задач с другими условиями закрепления. Так при условии $2a \gg \delta$ можно, не рассматривая характера затухания колебаний, исключить из уравнения (1.3) член с коэффициентом δ_1. В случае $bl/\pi \ll \delta/2$ задача сведется к исследованию уравнения (1.3) без члена с коэффициентом b^2.

Решение уравнения

$$a^2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} - b^2 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0$$

при граничных условиях (один край шарнирно-опертый, другой закрепленный)

$$w(0, t) = w(l, t) = 0, \quad w''(0, t) = 0, \quad w'(l, t) = 0$$

имеет вид

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos \omega_n t + B_n \sin \omega_n t)(\operatorname{sh} k_n x / \operatorname{sh} k_n l - \sin \mu_n x / \sin \mu_n l)$$

Здесь приняты следующие обозначения:

$$k_n = \frac{|(b^4 + 4\lambda_n^2 a^4)^{1/2} + b^2|^{1/2}}{\sqrt{2}\, a}, \qquad \mu_n = \frac{|(b^4 + 4\lambda_n^2 a^4)^{1/2} - b^2|^{1/2}}{\sqrt{2}\, a},$$

где собственные значения λ_n являются корнями трансцендентного уравнения

$$\mu_n \operatorname{th} k_n l = k_n \operatorname{tg} \mu_n l.$$

Рассмотрим задачу колебаний бесконечной токонесущей пластинки при условии малости b^2

$$a^2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} - b \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial t} + \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0,$$

$$w(x, 0) = \varphi(x), \quad \partial w(x, 0)/\partial t = \psi(x) \quad (-\infty < x < \infty). \tag{3.1}$$

Необходимо различать три случая: 1) $b < 2a$, 2) $b = 2a$, 3) $b > 2a$.

Решение задачи (3.1) в первом случае имеет вид:

$$w = \frac{1}{2\sqrt{2a - b}} \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{\varphi(\xi)}{\sqrt{\pi t}} \exp\left| -\frac{b(\xi - x)^2}{8a^2 t} \right| \right| \frac{\sqrt{2a - b}(b + a)}{a} \cos \frac{\gamma_1 (\xi - x)^2}{8a^2 t} -$$

$$- \frac{(a - b)(2a + b)}{a} \sin \frac{\gamma_1 (\xi - x)^2}{8a^2 t} \Bigg| + \psi(\xi) \int_0^t \frac{1}{\sqrt{\pi \tau}} \exp\left| -\frac{b(\xi - x)^2}{8a^2 \tau} \right| \times$$

$$\times \left| \sqrt{2a - b} \cos \frac{\gamma_1 (\xi - x)^2}{8a^2 \tau} + \sqrt{2a + b} \sin \frac{\gamma_1 (\xi - x)^2}{8a^2 \tau} \right| d\tau \Bigg| d\xi, \quad \gamma_1 = \sqrt{4a^2 - b^2}.$$

Во втором случае:

$$w = \frac{1}{\sqrt{2\pi b t}} \int_{-\infty}^{\infty} \left| \left| \frac{3}{2} - \frac{(\xi - x)^2}{2bt} \right| \varphi(\xi) + t\psi(\xi) \right| \exp\left| -\frac{(\xi - x)^2}{2bt} \right| d\xi.$$

В третьем случае:

$$w = \frac{1}{2\gamma_2} \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \right| \frac{b + \gamma_2}{\sqrt{b - \gamma_2}} \exp\left(-\frac{(\xi - x)^2}{2(b + \gamma_2)t} \right) - \frac{b - \gamma_2}{\sqrt{b + \gamma_2}} \exp\left(-\frac{(\xi - x^2)}{2(b + \gamma_2)t} \right) \Bigg| \varphi(\xi) +$$

$$+ \int_0^t \frac{1}{\sqrt{\pi \tau}} \left| \sqrt{b + \gamma_2} \exp\left(-\frac{(\xi - x)^2}{2(b + \gamma_2)t} \right) - \sqrt{b - \gamma_2} \exp\left(-\frac{(\xi - x^2)}{2(b + \gamma_2 t)} \right) \right| \psi(\xi) \Bigg| d\xi,$$

$$\gamma_2 = \sqrt{b^2 - 4a^2}.$$

Из приведенных решений видно, что в первом случае $2a > b$ начальные возмущения пластинки затухают со временем, колеблясь около положения равновесия, а во втором и третьем случаях ($2a \leqslant b$) начальные возмущения затухают, не проходя через положение равновесия.

Институт механики
Академии наук Армянской ССР

М. В. БЕЛУБЕКЯН

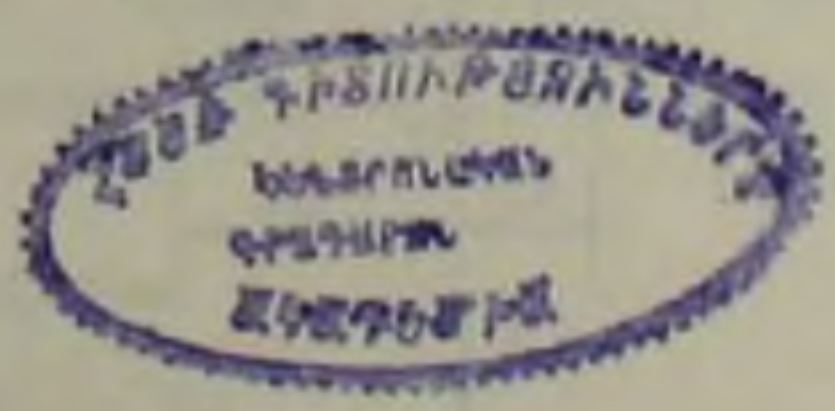
Հոսանքատար սալերի մագնիսատուժգականության խնդիրների առանձնահատկությունների մասին

Էլեկտրամագնիսական և առաձգական տեղափոխումների դաշտերի փոխազդեցությունը, սալի շարժման հավասարումներում, առաջացնում է նոր անդամներ։ Այդ անդամներից մի քանիսը չունեն մեխանիկական համանմանություն։

Սույն աշխատանքում, մագնիսատուժգականության որոշակի խնդրի օրինակի հիման վրա, ուսումնասիրվում է նշված անդամներով պայմանավորված առանձնահատկությունները։ Մասնավորապես դիտարկվում է խնդրի ինքնահամալուծ լինելու և համապատասխան սեփական ֆունկցիաների օրթոգոնալության պայմանները։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1 *С. А. Амбарцумян, Г. Е. Багдасарян, М. В. Белубекян* ПММ, т. 35, вып. 2 (1971).
2 *С. А. Амбарцумян, Г. Е. Багдасарян, М. В. Белубекян.* ПММ, т. 37, вып. 1 (1973).
3 *М. В. Белубекян,* Изв. АН Арм. ССР, «Механика», т. XXVII, № 2 (1974). 4 *М. В. Белубекян,* Изв. АН Арм. ССР, «Механика», т. XXVIII, № 2 (1974).



ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 2

УДК 539.3

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

А. Ф. Минасян

Несимметричная контактная задача для полуплоскости с вертикальным разрезом

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР О. М. Сапонджяном 9/VI 1975)

Рассматривается плоская контактная несимметричная задача для изотропной полуплоскости, разрезанной вдоль оси y (рис. 1), начиная с расстояния a от границы.

На участке $(-a_2, a_1)$ границы полуплоскости приложен жесткий штамп, с основанием произвольной формы, несимметрично расположенный относительно разреза. На всей границе полуплоскости касательные напряжения отсутствуют, нормальные напряжения на границе отсутствуют вне штампа.

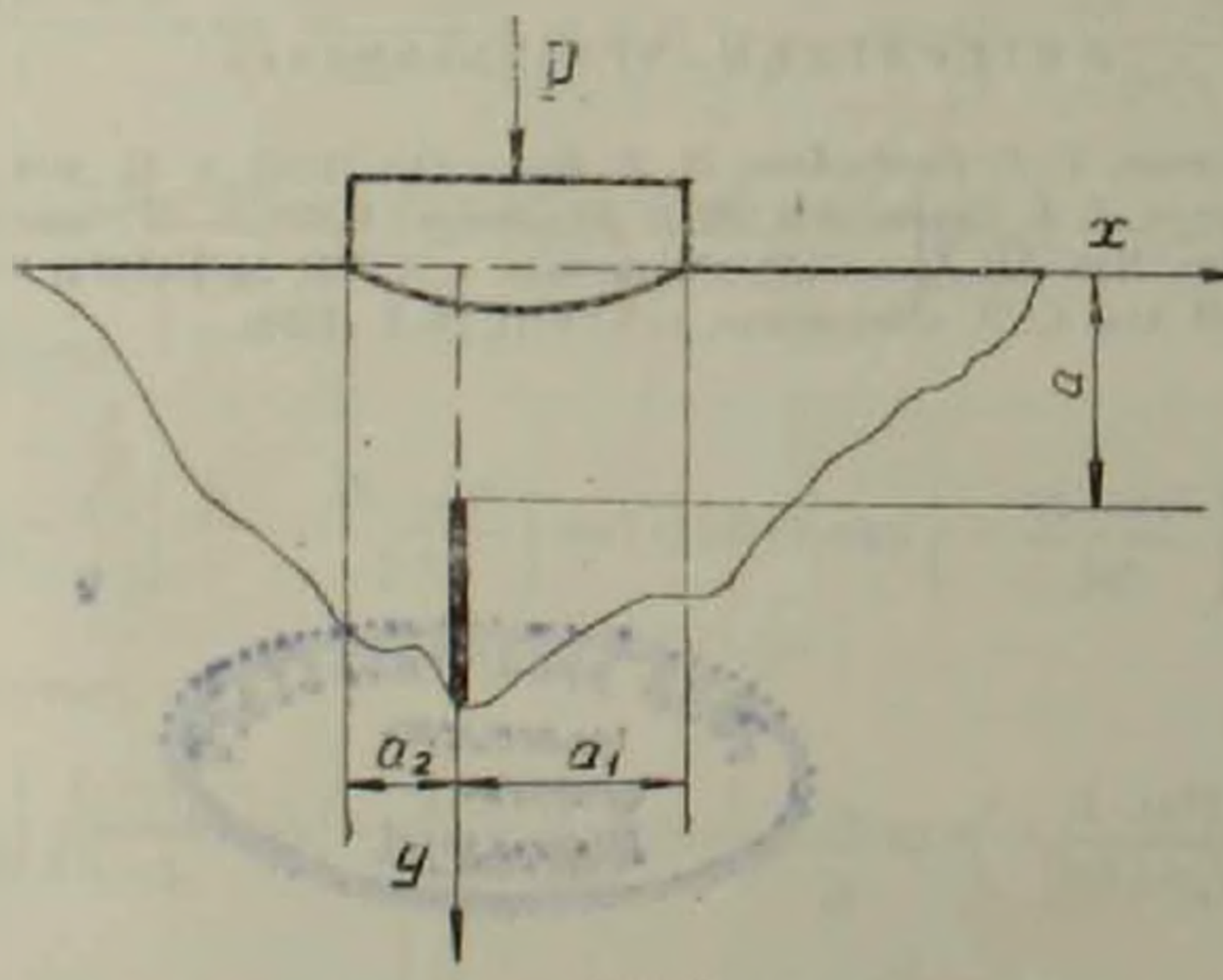


Рис. 1

На линии разреза напряжения считаются отсутствующими. На вертикальной оси вне разреза заданы условия полного контакта.

Поставленная задача сводится к определению одной бигармонической функции, принимающей значения $\Phi_1(x, y)$ в области правого квадрата, $\Phi_2(x, y)$ в области левого квадрата.

Задача решена методом Фурье. Определение неизвестных функций сведено к системе, состоящей из четырех «парных» интегральных уравнений, которые в дальнейшем сводятся к системе интегральных уравнений Фредгольма второго рода. Доказано, что последняя система решается методом последовательных приближений.

Для решения поставленной задачи бигармонические функции ищутся в виде:

$$\Phi_1(x, y)=\int_0^{\infty}[A_1(\alpha)+\alpha x B_1(\alpha)]e^{-\alpha x}\cos(\alpha y)d\alpha+\int_0^{\infty}[C_1(\beta)+$$

$$+\beta y D_1(\beta)]e^{-\beta y}\sin(\beta x)d\beta;$$

$$0<x<\infty;\quad 0<y<\infty. \tag{1}$$

$$\Phi_2(x, y)=\int_0^{\infty}[A_2(\alpha)-\alpha x B_2(\alpha)]e^{\alpha x}\cos(\alpha y)d\alpha+\int_0^{\infty}[C_2(\beta)+\beta y D_2(\beta)]e^{-\beta y}\sin(\beta x)d\beta,$$

$$-\infty<x<0;\quad 0<y<\infty$$

Здесь

$$A_i(\alpha);\quad B_i(\alpha);\quad C_i(\beta);\quad D_i(\beta)\quad (i=1, 2).$$

Неизвестные функции, подлежащие определению из граничных условий:

$$\begin{aligned}
&v_1(x, 0)=f_1(x) && 0\leqslant x\leqslant a_1. && v_2(x, 0)=f_2(x) && -a_2\leqslant x\leqslant 0.\\
&\sigma_y^{(1)}(x, 0)=0 && a_1<x<\infty. && \sigma_y^{(2)}(x, 0)=0. && -\infty<x<-a_2 \qquad (2)\\
&\tau_{xy}^{(1)}(x, 0)=0 && 0<x<\infty. && \tau_{xy}^{(2)}(x, 0)=0 && -\infty<x<0.\\
&\tau_{xy}^{(1)}(0, y)=0 && \sigma_x^{(1)}(0, y)=0 && a<y<\infty.\\
&\sigma_x^{(2)}(0, y)=0 && \tau_{xy}^{(2)}(0, y)=0 && a<y<\infty. && (3)
\end{aligned}$$

И условия полного контакта:

$$\begin{aligned}
&\sigma_x^{(1)}(0, y)=\sigma_x^{(2)}(0, y) && 0<y<a. && u_1(0, y)=u_2(0, y) && 0<y<a.\\
&\tau_{xy}^{(1)}(0, y)=\tau_{xy}^{(2)}(0, y) && 0<y<a, && v_1(0, y)=v_2(0, y) && 0<y<a. \qquad (4)
\end{aligned}$$

Граничные условия (3) и условия полного контакта (4) эквивалентны следующим условиям:

$$\begin{aligned}
&\sigma_x^{(1)}(0, y)=\sigma_x^{(2)}(0, y) && 0\leqslant y<\infty.\\
&\tau_{xy}^{(1)}(0, y)=\tau_{xy}^{(2)}(0, y) && 0\leqslant y<\infty. && (5)\\
&u_1(0, y)=u_2(0, y) && 0<y<a. && v_1(0, y)=v_2(0, y) && 0<y<a.\\
&\sigma_x^{(1)}(0, y)=0 && a<y<\infty. && \tau_{xy}^{(1)}(0, y)=0 && a<y<\infty.
\end{aligned}$$

Используя обычные формулы для определения напряжений и перемещений ([1]) и уловлетворяя условиям (3) и (6), получаем:

$$C_1(\beta)=D_1(\beta);\qquad C_2(\beta)=D_2(\beta);\qquad A_1(\alpha)=A_2(\alpha). \tag{6}$$

$$\alpha|B_2(\alpha)+B_1(\alpha)|=2\alpha A_1(\alpha)-\frac{4}{\pi}\int_0^\infty\frac{\beta^4}{(\alpha^2+\beta^2)^2}D_1(\beta)d\beta+\frac{4}{\pi}\int_0^\infty\frac{\beta^4}{(\alpha^2+\beta^2)^2}D_2(\beta)d\beta. \tag{7}$$

$$\begin{cases}\displaystyle\int_0^\infty\beta D_1(\beta)\sin(\beta x)d\beta=\frac{E}{2}f_1(x) & 0<x<a_1\\ \displaystyle\int_0^\infty\beta^2 D_1(\beta)\sin(\beta x)d\beta=\int_0^\infty\alpha^2|A_1(\alpha)-2B_1(\alpha)+\alpha xB_1(\alpha)|e^{-\alpha x}d\alpha & a_1<x<\infty\end{cases} \tag{8}$$

$$\begin{cases}\displaystyle\int_0^\infty\beta D_2(\beta)\sin(\beta x)d\beta=\frac{E}{2}f_2(x) & -a_2\leqslant x<0\\ \displaystyle\int_0^\infty\beta^2 D_2(\beta)\sin(\beta x)d\beta=\int_0^\infty\alpha^2[A_1(\alpha)-2B_2(\alpha)-\alpha xB_2(\alpha)]e^{\alpha x}d\alpha & -\infty<x<a_2\end{cases} \tag{9}$$

$$\begin{cases}\displaystyle\int_0^\infty\alpha A_1(\alpha)\cos(\alpha y)d\alpha=\frac{1}{2}\int_0^\infty\beta ye^{-\beta y}\beta D_1(\beta)d\beta+\frac{1}{2}\int_0^\infty(\nu-1+\nu\beta y)e^{-\beta y}\beta D_2(\beta)d\beta & 0<y<a.\\ \displaystyle\int_0^\infty\alpha^2 A_1(\alpha)\cos(\alpha y)d\alpha=0 & a<y<\infty.\end{cases} \tag{10}$$

$$\begin{cases}\displaystyle\int_0^\infty\alpha|B_2(\alpha)-B_1(\alpha)|\sin(\alpha y)d\alpha=0 & 0<y<a.\\ \displaystyle\int_0^\infty\alpha^2|B_2(\alpha)-B_1(\alpha)|\sin(\alpha y)d\alpha=\int_a^\infty\beta^2 ye^{-\beta y}\beta D_1(\beta)d\beta+\int_a^\infty\beta^2 ye^{-\beta y}\beta D_2(\beta)d\beta & a<y<\infty\end{cases} \tag{11}$$

где E и ν — соответственно модуль упругости и коэффициент Пуассона.

Используя результаты работы [2,3] из (8), (9) и (10) получаем

$$\beta D_1(\beta)=\frac{2}{\pi}\int_0^{a_1}\Psi_1(t)I_0(\beta t)dt+\frac{2}{\pi}\int_{a_1}^\infty F_1(t)I_0(\beta t)dt. \tag{12}$$

$$\beta D_2(\beta)=-\frac{2}{\pi}\int_0^{a_2}\Psi_2(\tau)I_0(\beta\tau)d\tau-\frac{2}{\pi}\int_{a_2}^\infty F_2(\tau)I_0(\beta\tau)d\tau. \tag{13}$$

$$\alpha A_1(\alpha) = \frac{1}{\pi} \int_0^a r F(r) I_1(\alpha r) dr. \tag{14}$$

$$F_1(t) = t \int_0^\infty x^2 A_1(x) K_0(\alpha t) - d\alpha - 2t \int_0^\infty x^2 B_1(x) K_0(xt) d\alpha + t^2 \int_0^\infty \alpha^2 B_1(\alpha) K_1(\alpha t) d\alpha. \tag{15}$$

$$\Psi_1(t) = \frac{d}{dt} \frac{E}{2} \int_0^t \frac{x f_1(x) dx}{\sqrt{t^2 - x^2}}. \tag{16}$$

$$F_2(\tau) = \tau \int_0^\infty x^2 A_2(x) K_0(\alpha\tau) dx - 2\tau \int_0^\infty x^2 B_2(\alpha) K_0(\alpha\tau) d\alpha + \tau^2 \int_0^\infty \alpha^2 B_2(\alpha) K_1(\alpha\tau) d\alpha. \tag{17}$$

$$\Psi_2(\tau) = \frac{d}{d\tau} \frac{E}{2} \int_0^\tau \frac{x f_2(-x) dx}{\sqrt{\tau^2 - x^2}}. \tag{18}$$

$$F(r) = \frac{\pi}{2} \int_0^\infty \beta \left| \beta r I_0(\beta r) - \frac{2}{\pi} - \beta r L_0(\beta r) \right| \beta D_1(\beta) d\beta +$$

$$+ \frac{\pi}{2} \int_0^\infty \left| (1 - \nu) \left(\beta I_1(\beta r) - \beta L_1(\beta r) - \frac{2}{\pi} \beta \right) + \nu\beta \left(\beta r I_0(\beta r) - \frac{2}{\pi} - \right. \right.$$

$$\left. \left. - \beta r L_0(\beta r) \right) \right| \beta D_2(\beta) d\beta. \tag{19}$$

Здесь

$K_\nu(z)$—функция Макдональда;

$I_\nu(z)$ — функция Бесселя первого рода от мнимого аргумента;

$J^{(2)}(z)$ — функция Бесселя первого рода от действительного аргумента;

$L_\nu(z)$ — функция Струве от мнимого аргумента.

При получении формул (14) были учтены значения следующих интегралов ([4]):

$$\int_0^r \frac{\cos(\alpha y) dy}{\sqrt{r^2 - y^2}} = \frac{\pi}{2} I_0(\alpha r); \qquad \int_r^\infty \frac{y \cos(\alpha y) dy}{\sqrt{y^2 - r^2}} = -\frac{\pi}{2} r I_1(\alpha r),$$

$$\int_0^r \frac{y e^{-\beta y} dy}{\sqrt{r^2 - y^2}} = \frac{\pi}{2} r \left| L_1(\beta r) + \frac{2}{\pi} - I_1(\beta r) \right|,$$

$$\int_0^r \frac{e^{-\beta y} dy}{\sqrt{r^2 - y^2}} = \frac{\pi}{2} \left| I_0(\beta r) - L_0(\beta r) \right|.$$

Для решения „парных" интегральных уравнений (11) умножаем первое уравнение (11) на $y(r^2-y^2)^{-1/2}dy$, интегрируем по y от нуля до r, затем дифференцируем по r; второе уравнение (11) умножаем на $(y^2-r^2)^{-1/2}dy$) интегрируем по y от r до ∞ и используя формулу обращения для преобразования Ханкеля, получаем;

$$\alpha[B_2(\alpha)-B_1(\alpha)]=\frac{2}{\pi}\int_0^{\infty} r\Psi(r)I_0(\alpha r)dr, \tag{20}$$

где

$$\Psi(r)=\int_0^{\infty}\beta^2 rK_1(\beta r)\beta D_1(\beta)d\beta+\int_0^{\infty}\beta^2 rK_1(\beta r)\beta D_2(\beta)d\beta. \tag{21}$$

Подставляя значение $\alpha A_1(\alpha)$ из (14) в (7) получаем

$$\alpha(B_2(\alpha)+B_1(\alpha))=\frac{2}{\pi}\int_0^{a} rF(r)I_1(\alpha r)dr-\frac{4}{\pi}\int_0^{\infty}\frac{\beta^4}{(\alpha^2+\beta^2)^2}D_1(\beta)d\beta+$$

$$+\frac{4}{\pi}\int_0^{\infty}\frac{\beta^4}{(\alpha^2+\beta^2)^2}D_2(\beta)d\beta. \tag{22}$$

Из уравнений (20) и (22) имеем

$$\alpha B_1(\alpha)=\frac{1}{\pi}\int_0^{a} rF(r)I_1(\alpha r)dr-\frac{1}{\pi}\int_a^{\infty} r\Psi(r)I_0(\alpha r)dr-\frac{2}{\pi}\int_0^{\infty}\frac{\beta^4}{(\alpha^2+\beta^2)^2}D_1(\beta)d\beta+$$

$$+\frac{2}{\pi}\int_0^{\infty}\frac{\beta^4}{(\alpha^2+\beta^2)^2}D_2(\beta)d\beta, \tag{23}$$

$$\alpha B_2(\alpha)=\frac{1}{\pi}\int_0^{a} rF(r)I_1(\alpha r)dr+\frac{1}{\pi}\int_a^{\infty} r\Psi(r)I_0(\alpha r)dr-$$

$$-\frac{2}{\pi}\int_0^{\infty}\frac{\beta^4}{(\alpha^2+\beta^2)^2}D_1(\beta)d\beta+\frac{2}{\pi}\int_0^{\infty}\frac{\beta^4}{(\alpha^2+\beta^2)^2}D_2(\beta)d\beta. \tag{24}$$

Подставляя значения функций $\alpha A_1(\alpha)$, $\alpha B_1(\alpha)$, $\alpha B_2(\alpha)$ в формулы (14), (23), (24) в (16) и (18) и учитывая формулы (12) и (13) для определения $F_1(t)$ и $F_2(\tau)$, получаем систему интегральных уравнений Фредгольма второго рода:

$$F_1(z)=\Omega_1(z)+\int_{a_1}^{\infty}K_1(z,t)F_1(t)dt+\int_{a_2}^{c}K_2(z,\tau)F_2(\tau)d\tau, \tag{25}$$

$$F_2(z) = \Omega_2(z) + \int_{a_1}^{\infty} K_3(z, t)\, F_1(t)dt + \int_{a_2}^{\infty} K_4(z, \tau) F_2(\tau)d\tau,$$

где

$$\Omega_1(z) = \int_0^{a_1} \Psi_1(t)dt \left\{ \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} (x^3 z^2 K_1(xz) - xzK_0(xz))dx \cdot \int_a^{\infty} rI_1(ar)dr \times \right.$$

$$\times \int_0^{\infty} \beta \left| \beta r I_0(\beta r) - \frac{2}{\pi} - \beta r I_0(\beta r) \right| I_0(\beta t)d\beta + \frac{8}{\pi^3} z \int_a^{\infty} \frac{r^5}{(z^2+r^2)^3} \frac{dr}{(r^2+t^2)^2} -$$

$$- \frac{4}{\pi^2} \int_0^{\infty} (a^3 z^2 K_1(az) - 2azK_0(az)) \left(K_0(at) - \frac{at}{2} K_1(at) \right) da \Bigg\} +$$

$$+ \int_0^{a_2} \Psi_2(\tau)d\tau \left\{ \frac{1}{\pi_0} \int_0^{\infty} (azK_0(az) - a^2 z^2 K_1(az))da \cdot \int_0^{a} rI_1(ar)dr \times \right.$$

$$\times \int_0^{\infty} \left| (1-\nu) \left(\beta I_1(\beta r) - \beta L_1(\beta r) - \frac{2}{\pi} \beta \right) + \nu\beta \left(\beta r I_0(\beta r) - \frac{2}{\pi} - \right. \right.$$

$$\left. \left. - \beta r L_0(\beta r) \right) \right| I_0(\beta\tau)d\beta - \frac{8}{\pi^3} z \int_a^{\infty} \frac{r^5}{(z^2+r^2)^2(t^2+r^2)^2} dr - \frac{4}{\pi^2} \int_0^{\infty} (a^2 z^2 K_1(az) -$$

$$\left. - 2azK_0(az)) \times \left(K_0(a\tau) - \frac{ar}{2} K_1(ar) \right) da \right\},$$

$$K_1(z, t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} (x^3 z^2 K_1(xz) - xzK_0(xz))dx \cdot \int_0^{a} rI_1(ar)dr \times \int_0^{\infty} \beta \left| \beta r I_0(\beta r) - \right.$$

$$\left. - \frac{2}{\pi} - \beta r L_0(\beta r) \right| I_0(\beta t)d\beta + \frac{8}{\pi^2} z \int_a^{\infty} \frac{r^5 dr}{(z^2+r^2)^3 (r^2+t^2)^2} - \frac{4}{\pi^2} \int_0^{\infty} (x^3 z^2 K_1(xz) -$$

$$- 2xzK_0(xz)) \times \left(K_0(xt) - \frac{xt}{2} K_1(xt) \right) dx.$$

$$K_2(z, \tau) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} (xzK_0(xz) - x^2 z^2 K_1(xz))dx \cdot \int_0^{a} rI_1(xr)dr \times$$

$$\times \int_0^{\infty} \left| (1-\nu) \left(\beta I_1(\beta r) - \beta L_1(\beta r) - \frac{2}{\pi} \beta \right) + \nu\beta \left(\beta r I_0(\beta r) - \frac{2}{\pi} - \beta r L_0(\beta r) \right) \right| \times$$

$$\times I_0(\beta t)d\beta - \frac{4}{\pi^2} \int_0^{\infty} (x^3 z^2 K_1(xz) - 2xzK_0(xz)) \left(K_0(x\tau) - \frac{x\tau}{2} K_1(x\tau) \right) dx.$$

$$\Omega_3(z)=\int_0^a W_1(t)dt\left\{\frac{1}{\pi}\int_0^\infty(\alpha^2z^2K_1(\alpha z)-\alpha zK_0(\alpha z))d\alpha\int_0^a rI_1(\alpha r)dr\times\right.$$

$$\times\int_0^\infty\beta\left[\beta rI_0(\beta r)-\frac{2}{\pi}-\beta rL_0(\beta r)\right]I_0(\beta t)d\beta-\frac{8}{\pi^2}z\int_0^\infty\frac{r^5}{(z^2+r^2)^2(t^2+r^2)^2}dr-$$

$$-\frac{4}{\pi^2}\int_0^\infty(\alpha^2z^2K_1(\alpha z)-2\alpha zK_0(\alpha z))\left(K_0(\alpha t)-\frac{\alpha t}{2}K_1(\alpha t)\right)d\alpha+$$

$$+\int_0^{z_0}W_2(\tau)d\tau\left\{\frac{1}{\pi}\int_0^\infty(\alpha zK_0(\alpha z)-\alpha^2z^2K_1(\alpha z))d\alpha\int_0^a rI_1(\alpha r)dr\times\right.$$

$$\times\int_0^\infty\left|(1-\nu)\left(\beta I_1(\beta r)-\beta L_1(\beta r)-\frac{2}{\pi}\beta\right)+\nu\beta\left(\beta rI_0(\beta r)-\frac{2}{\pi}-\right.\right.$$

$$\left.-\beta rL_0(\beta r)\right)\Big|I_0(\beta r)d\beta+\frac{8}{\pi^2}z\int_a^\infty\frac{r^5dr}{(z^2+r^2)^2(t^2+r^2)^2}-\frac{4}{\pi^2}\int_0^\infty(\alpha^2z^2K_1(\alpha z)-$$

$$\left.-2\alpha zK_0(\alpha z))\left(K_0(\alpha\tau)-\frac{\alpha\tau}{2}K_1(\alpha\tau)\right)d\alpha\right\},$$

$$K_3(z,t)=\frac{1}{\pi}\int_0^\infty(\alpha^2z^2K_1(\alpha z)-\alpha zK_0(\alpha z))d\alpha\int_0^a rI_1(\alpha r)dr\times\int_0^\infty\beta\left|\beta rI_0(\beta r)-\frac{2}{\pi}-\right.$$

$$\left.-\beta rL_0(\beta r)\right|I_0(\beta t)d\beta-\frac{8}{\pi^2}z\int_a^\infty\frac{r^5dr}{(z^2+r^2)^2(t^2+r^2)^2}-\frac{4}{\pi^2}\int_0^\infty(\alpha^2z^2K_1(\alpha z)-$$

$$-2\alpha zK_0(\alpha z))\left(K_0(\alpha t)-\frac{\alpha t}{2}K_1(\alpha t)\right)d\alpha.$$

$$K_4(z,\tau)=\frac{1}{\pi}\int_0^\infty(z\alpha K_0(\alpha z)-\alpha^2z^2K_1(\alpha z))d\alpha\int_0^a rI_1(\alpha r)dr\times\int_0^\infty(1-\nu)\left(\beta I_1(\beta r)-\right.$$

$$\left.-\beta L_1(\beta r)-\frac{2}{\pi}\beta\right)+\nu\beta\left(\beta rI_0(\beta r)-\frac{2}{\pi}-\beta rL_0(\beta r)\right)\Big|I_0(\beta\tau)d\beta+$$

$$+\frac{8}{\pi^2}z\int_a^\infty\frac{r^5dr}{(z^2+r^2)^2(t^2+r^2)^2}-\frac{4}{\pi^2}\int_0^\infty(\alpha^2z^2K_1(\alpha z)-2\alpha zK_0(\alpha z))\left(K_0(\alpha\tau)-\right.$$

$$\left.-\frac{\alpha\tau}{2}K_1(\alpha\tau)\right)d\alpha.$$

Систему (25) можно решить методом последовательных приближений, так как доказывается, что

$$\int_0^\infty |K_1(z, t)|dt + \int_0^\infty |K_2(z, \tau)|d\tau < 1,$$

$$\int_0^\infty |K_3(z, t)|dt + \int_0^\infty |K_4(z, t)|d\tau < 1.$$

Имея в виду асимптотическое разложение функций Бесселя и Струве для больших z [5], получим, что функции $\Omega_1(z)$ и $\Omega_2(z)$ ограничены сверху. Решая систему (25) получим выражение функций $F_1(t)$ $F_2(\tau)$. Далее по формулам (12), (13), (14), (23) и (24) последовательно можно определить все искомые функции.

Напряжения и перемещения по известным формулам будут определены в любой точке полуплоскости.

Ереванский политехнический институт имени К. Маркса

Վ. Տ. ՄԻՆԱՍՅԱՆ

Ուղղաձիգ ճեղքով կիսաճարպության ոչ համաչափ կոնտակտային խնդիրը

Դիտարկվում է հորիզոնական եզրից վերջավոր հեռավորության վրա կիսաանվերջ, ուղղաձիգ ճեղք ունեցող իզոտրոպ կիսահարթության ոչ համաչափ կոնտակտային խնդիրը։

Կիսահարթության հորիզոնական եզրին ճնշում է վերջավոր հիմքով, ճեղքի նկատմամբ ոչ համաչափ դասավորված, կոշտ դրոշմը։ Ենթադրվում է, որ շփումը՝ դրոշմի և կիսահարթության միջև բացակայում է։ Պարզության համար, ընդունված է, որ կիսահարթության եզրը՝ դրոշմից դուրս ազատ է արտաքին ուժերից, ինչպես նաև ճեղքի հզրում լարումները բացակայում են։ Ճեղքից դուրս ուղղաձիգ ուղղությամբ տրված են լրիվ կոնտակտի պայմաններ։

Խնդրի լուծումը բերվում է չորս տեսակ ինտեգրալ հավասարումներից բաղկացած սիստեմի լուծման, որոնց լուծումը հանգում է Ֆրեդհոլմի երկրորդ սեռի երկու ինտեգրալ հավասարումներից բաղկացած սիստեմի լուծմանը։

Վերջին հավասարումների սիստեմը կարելի է լուծել հաջորդական մոտավորությունների եղանակով։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Н. И. Мусхелишвили*, Некоторые основные задачи математической теории упругости, Изд «Наука», ф/м, М., 1966. [2] *В. С. Тоноян*, «Известия АН Арм. ССР», механика, т. XXI № 2, (1968). [3] *В. С. Тоноян, С. А. Мелкумян*, ДАН Арм. ССР, т. 51, № 3, (1970). [4] *И. С. Градштейн, И. М. Рыжик*, Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений, Физматгиз, М., 1962. [5] *В. С. Тоноян, С. А. Мелкумян*, «Известия АН Арм. ССР», механика, т. XXV, № 3, (1972).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 2

УДК 551.508.7

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Л. А. Даян

Определение испарения с водной поверхности в зависимости от физико-химических свойств мономолекулярной плёнки, сокращающей испарение

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. С. Давтяном 18/VI 1975)

Известно, что при определении испарения диффузионным методом, решается упрощенное уравнение диффузии водяного пара в турбулентной атмосфере

$$u\frac{\partial q}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial q}{\partial z}\right) \tag{1}$$

при следующих граничных условиях:

$$q|_{z=0}=q_0,\ q|_{z=\delta}=q_1,\ q|_{x=0}=q_1. \tag{2}$$

где q—удельная влажность воздуха;

q_0—насыщающая удельная влажность;

q_1—значение удельной влажности на береговом урезе;

k—коэффициент турбулентного перемешивания;

u—горизонтальная скорость ветра;

$\delta(x)$—высота пограничного слоя.

Начало координат расположено на берегу, ось x направлена по ветру, z—вертикально вверх.

Смысл первого граничного условия (на поверхности) состоит в том, что независимо от характера и интенсивности диффузии, а также физических параметров поверхности испаряющейся жидкости (температуры, молекулярных свойств и т. д.), на поверхности принимается известная концентрация пара, которая соответствует концентрации насыщения при данной температуре испаряющей поверхности воды.

При такой постановки вопроса физические процессы, происходящие на поверхности воды не учитываются.

На поверхности физически более обоснованным является условие, которое предлагает М. П. Тимофеев в работе [1] в следующем виде:

$$\left[k\rho \frac{\partial q}{\partial z} + A(q - q_0) \right]_{|z=0} = 0, \qquad (3)$$

где

$$A = \frac{\alpha \mu p}{0{,}622\sqrt{2\pi MRT}} :$$

μ —молекулярный вес водяного пара;

p, ρ, T —атмосферное давление, плотность и температура воздуха.

R—газовая постоянная;

M—масса моля;

α—коэффициент аккомодации.

Значение α для различных жидкостей не одинаково: для чистой воды $\alpha = 0{,}036$, для цетилового спирта $\alpha = 2 \cdot 10^{-5}$ и т. д.

Оценка первого и второго слагаемых в (3) для чистой воды показывает, что первый член по сравнению со вторым является весьма малым и им можно пренебречь, тогда условие (3) переходит в (2).

Но если поверхность покрыта монослоем, этого делать нельзя. Поэтому, условие на поверхности при наличии мономолекулярной пленки надо взять в виде (3).

Теперь перейдем к задаче определения испарения при наличии монослоя. Для этого решаем уравнение диффузии (1) при следующих граничных условиях:

$$z = 0 \qquad k\rho \frac{\partial q}{\partial z} + A(q - q_0) = 0$$

$$z = \delta \qquad q = q_1$$

$$x = 0 \qquad q = q_1$$

Значение u и k берем в виде степенной функции:

$$u = u_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \qquad k = k_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{1-n}$$

u_1, k_1 значения на высоте z_1.

После перехода к безразмерным величинам получаем уравнение

$$\Phi(\eta) \frac{\partial \bar{q}}{\partial x} = \frac{\partial^2 \bar{q}}{\partial \eta^2} \qquad (4)$$

и следующие граничные условия

$$\eta = 0, \qquad \bar{q} - \varkappa_1 \frac{\partial \bar{q}}{\partial \eta} = 1, \qquad (5)$$

$$\eta = \delta, \quad \bar{q} = 0,$$

$$\bar{x} = 0, \quad \bar{q} = 0,$$

где

$$x = \frac{k_1}{u_1 z_1^2} x, \qquad \eta = \int \frac{d\left(\frac{z}{z_1}\right)}{\left(\frac{z}{z_1}\right)^{1-\varepsilon}},$$

$$x_1 = \frac{k_1 \rho}{A z_1}, \qquad \Phi(\eta) = (\varepsilon\eta)^{1/\varepsilon}, \tag{6}$$

$$\bar{q} = \frac{q - q_1}{q_0 - q_1}.$$

Здесь x_1 — характеризует физические свойства монослоя.

Следуя М. Е. Швецу, решение уравнения (4) находим методом последовательных приближений ([2]). Ограничимся вторым приближением, что дает практически удовлетворительный результат. При этом воспользуемся условием.

$$\left(\frac{\partial \bar{q}}{\partial \eta}\right)_\delta = 0. \tag{7}$$

Получаем

$$\bar{q} = 1 - \frac{\eta + \alpha_1}{\delta + \alpha_1}\left[1 + \frac{a\alpha_1 + b\delta}{\varphi(\alpha_1, \delta)} \cdot \delta\right] + \left(\frac{\eta}{\delta}\right)^{n+2} \frac{a\alpha_1 + b\delta}{\varphi(\alpha_1, \delta)} \cdot \delta,$$

где

$$n = \frac{1}{\varepsilon}, \quad a = (n+1), \quad b = (n+2).$$

$$\varphi(\alpha_1, \delta) = \alpha_1^2(n+2)(n+3) + 2\alpha_1\delta(n+1)(n+3) + \delta^2(n+1)(n+2).$$

Имея значение влажности, можно определить величину испарения при наличии монослоя:

$$E_n = \frac{k\rho}{\delta + \alpha_1}\left[1 + \frac{a\alpha_1 + b\delta}{\varphi(\alpha_1, \delta)} \cdot \delta\right]. \tag{10}$$

При $\alpha_1 = 0$ получается испарение с чистой поверхности воды:

$$E_0 = \frac{k\rho}{\delta}\left[1 + \frac{1}{n+2}\right]. \tag{11}$$

При $z \to \infty$ $E_n = 0$, т. е. испарение полностью прекращается. В работе ([3]) введено понятие экономии испарения в виде:

$$Э = 1 - \frac{E_n}{E_0}. \tag{12}$$

Подставляя сюда (10) и (11), получаем

$$Э = 1 - \frac{\delta}{\delta + \alpha_1} \cdot \frac{1 + \frac{a\alpha_1 + b\delta}{\varphi(\alpha_1, \delta)} \cdot \delta}{1 + \frac{1}{n+2}}.$$

При $\alpha_1=0$, $E_n=E_0$ и $\Theta=0$
при $\alpha_1\to\infty$, $E_n=0$ и $\Theta=1$.

На рис. 1 показана зависимость E_n/E_0 от α_1.

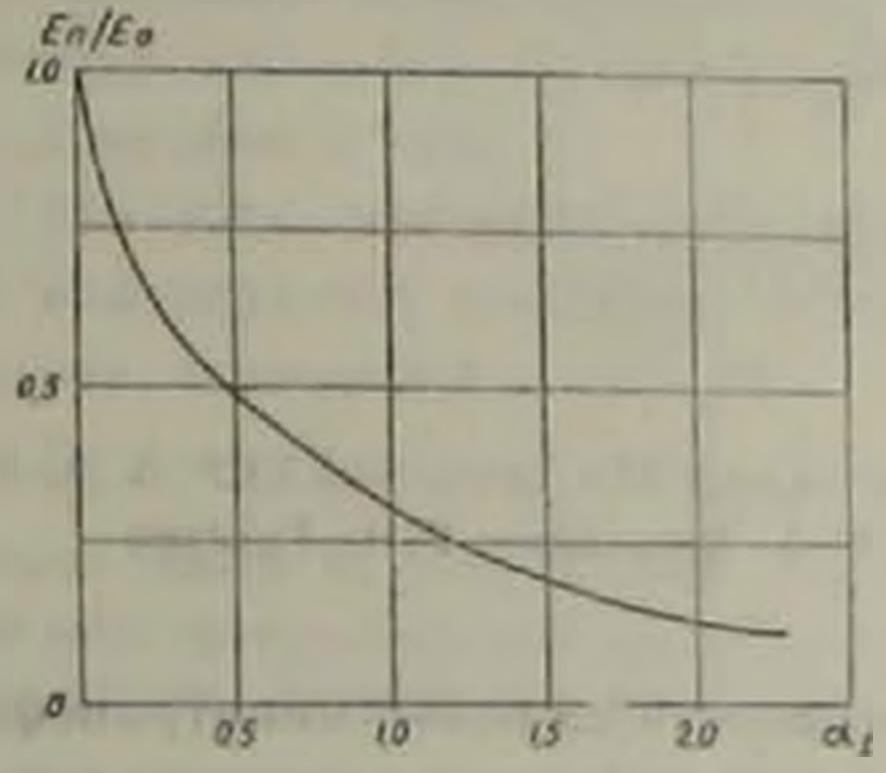


Рис. 1. Зависимость значения E_n/E_0 от α_1

График дает возможность определить экономию испарения для разных значений α_1 т. е. для различных мономолекулярных пленок.

Ереванский отдел Закавказского научно-исследовательского
гидрометеорологического института

Л. А. ПАЯН

Որոշումներ ջրի մակերևույթից գոլորշիացումից կրճատող թաղանթների ֆիզիկա-քիմիական հատկություններից

Հոդվածում տեսականորեն որոշվում է գոլորշիացումը ջրի մակերևույթից, երբ այն ծածկված է միամոլեկուլյար թաղանթով։

Լուծվում է գոլորշու դիֆուզիայի պարզեցված հավասարումը՝ հաջորդական մոտավորությունների եղանակով։ Եզրային պայմանը ջրի մակերևույթի վրա հաշվի է առնում գոլորշիացումը կրճատող թաղանթի առկայությունը։ Թաղանթի ֆիզիկա-քիմիական հատկությունները հաշվի են առնվում ակոմոդացիայի գործակցի միջոցով։

Ստացված բանաձևը հնարավորություն է տալիս որոշել գոլորշիացումը տարբեր միամոլեկուլյար թաղանթների դեպքում։

Գնահատվում է գոլորշիացման կրճատման արդյունավետությունը տարբեր թաղանթների դեպքում։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *М. П. Тимофеев*, «Ученые записки ЛГУ», № 120, 1949. [2] *М. Е. Швец*, Труды ГГО, вып.19 (81), 1950. [3] *А. М. Мхитарян, Г. Г. Пахчанян, А. Г. Лазарян*, «Известия АН Арм. ССР», сер. ФМ, т. 18, № 6 (1965).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 2

УДК 577.1507

БИОХИМИЯ

Член-корреспондент АН Армянской ССР А. А. Галоян,
Р. А. Алексанян, Р. Г. Галстян

Изменение активности аланин-аминотрансферазы при экспериментальном инфаркте миокарда под влиянием нейрогормона «С»

(Представлено 2/III 1975)

В настоящее время уделяется большое внимание исследованию активности аминотрансфераз в сыворотке крови, так как этот вопрос приобрел огромное значение после установления Ла Дю, Вроблевским и Карменом (1) факт увеличения активности аланин-аминотрансферазы (L аланин: 2-оксоглутарат-аминотрансферазы 2.6.1.2) и аспартат-аминотрансферазы (l-аспартат: 2-оксоглутарат-аминотрансферазы 2.6.1.1) в сыворотке крови при инфаркте миокарда. В сыворотке крови активность аланин-аминотрансферазы составляет в среднем 23,4 единиц, а активность аспартат-аминотрансферазы 14,9 единиц (2). Однако в сердечной мышце активность этих ферментов очень высокая и составляет 7100 и 156000 единиц соответственно (3).

Повышение активности обоих ферментов в сыворотке крови наблюдается и при патологии печени (4), но в этом случае повышение активности аланин-аминотрансферазы превышает аспартат-аминотрансферазную активность, что свидетельствует о их печеночном происхождении. При инфарктах миокарда наблюдается обратная картина, т. е. повышение аспартат-аминотрансферазной активности превышает аланин-аминотрансферазную активность, что является специфическим показателем инфаркта миокарда.

Целью настоящего исследования явилось изучение активности аланин-аминотрансферазы при экспериментальном инфаркте миокарда под влиянием нейрогормона «С», обнаруженной и выделенной одним из нас из гипоталамической области головного мозга крупного рогатого скота (5).

Опыты проводили на кроликах самках весом 2,5—3 *кг*. Экспериментальный инфаркт миокарда вызывали путем перевязывания нисходящей ветви левой коронарной артерии под эфирным наркозом. В кон-

рольных опытах кровь брали у тех же животных до перевязки артерии. Через 30 часов после перевязки артерии брали кровь и вводили нейрогормон «С» из расчета 1—2 *мкг* на целое животное. Кровь брали через 15, 30 и 60 *мин*, после введения нейрогормона «С». Активность ферментов определяли по методу Умбрейта ([6]) в модификации Пасхиной ([7]). Полученные данные приведены в табл. 1.

Важно отметить, что после введения нейрогормона «С», приблизительно через 20 *мин*. наблюдается улучшение общего состояния животных (появление аппетита, подвижности и т. д.).

Таблица 1

Изменение активности аланин-аминотрансферазы при экспериментальном инфаркте миокарда под влиянием нейрогормона «С»
(единицы измерения выражены в *мкг/мл* пирувата)

Условия опыта	Контроль	Через 24 часа после перевязки	После введения нейрогормона „С"		
			Через 15 *мин*	Через 30 *мин*	Через 60 *мин*
1	12	56	42	40	41
2	23	72	52	53	—
3	19	75	58	58	57
4	19	60	60	53	50
5	16	50	43	39	37
6	21	58	50	47	47
Средние арифметические	18,33±1,58	61,8±3,95	50,8±3,03	48,3±3,14	46,4±3,18
		$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,01$
	(6)	(6)	(6)	(6)	(5)

Из табл. 1 видно, что после перевязки артерии через 30 часов наблюдается значительное повышение активности аланин-аминотрансферазы в сыворотке крови. Через 15 *мин* после введения нейрогормона она резко падает и эта тенденция продолжается в последующие 30 и 60 *мин*. Вероятно этот эффект продолжается дальше. Однако такие опыты нами еще не проводились. По другим нашим данным, в отличие от аланин-аминотрансферазы, падение активности аспартат-аминотрансферазы, в сыворотке крови после введения нейрогормона «С» выражено сильнее. Причина этого факта пока не известна и требует дальнейших исследований. Полученные нами результаты интересны тем, что по литературным данным ([8]) активность вышеуказанных аминотрансфераз возвращается к норме лишь через 35 дней после инфаркта.

Адами ([9]) при лечении инфаркта миокарда применив препарат Трязолол, ингибитор протеаз, установил связь между улучшением

ЭКГ и нормализацией активности этих аминотрансфераз в сыворотке крови больных, получивших препарат. Не исключается возможность, что нейрогормон «С» стабилизирует или приостанавливает некротические процессы в миокарде, тем самым задерживает выброс аминотрансфераз из мышцы в кровоток. Возможно также, что нейрогормон «С» ингибирует протеазы сердца, которые способствуют выходу некоторых ферментов, в том числе и упомянутых аминотрансфераз из клеток сердечной мышцы в кровь.

Институт биохимии
Академии наук Армянской ССР

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ Ա. Ա. ԳԱԼՈՅԱՆ, Ի. Ա. ԱԼԻՔՍԱՆՅԱՆ, Ի. Հ. ԳԱԼՍՏՅԱՆ

Սիսկարդի փորձնական ինֆարկտի ժամանակ ալանին-ամինոտրանսֆերազային ակտիվության փոփոխությունները նեյրոհորմոն «C»-ի ազդեցության տակ

Փորձնական ինֆարկտի պայմաններում արյան մեջ բարձրանում է ալանին ամինոտրանսֆերազային ակտիվությունը։ Նեյրոհորմոն «C»-ն ներարկելուց հետո միոկարդի փորձնական ինֆարկտի ժամանակ արյան մեջ նկատվում է այդ ֆերմենտի ակտիվության նորմալացում։ Մեր այլ տվյալների համաձայն աստպարտատ-ամինոտրանսֆերազային ակտիվության նորմալացումը արյան մեջ նեյրոհորմոն «C»-ն ներարկելուց հետո ի տարբերություն ալանին-ամինոտրանսֆերազի, տևողի է ուննում ավելի մեծ ինտենսիվությամբ։ Չի բացառվում նեյրոհորմոն «C»-ի արգելակող ազդեցությունը միոկարդի ինֆարկտի ժամանակ ներանում տևողի ունեցող պրոցեսների, սրտի պրոտեազների, ինչպես նաև անմիջապես տրանսամինազների վրա։ Այդ ուղղությամբ աշխատանքները դեռևս շարունակվում են։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *J. La Due, F. Wroblewski und K. Karmen*, Sciense, 120, 497 (1662). [2] *З. Б. Токарская, Г. В. Чернова.* „Лаб. дело", № 5 283, (1973). [3] Клиническая ферментология под ред. Шеклика, Варшава, (1966). [4] *R. G. Garcia, R. N. Gubta*, Glin. Biochem., 6, 1, 41 (1973). [5] *А. А. Гюдоян*, ДАН Арм. ССР, т 31. 109 (1962). [6] *N. E. Tonhazy, N. G. Wite, W. W. Umbrelt*, Arch Biochem., 23, 36 (1950). [7] *Т. С. Пасхина.* Методическое письмо, 3, АМН СССР, М. (1959). [8] *Т. С. Пасхина*, и ки; Успехи биологической химии, 1,307, М., (1950). [9] *Y. Adani, G. Palma*, Gazz. Int. made. chir., 73, 24, 3 5592 (1968).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
LXI 1975 2

УДК 577.71

БИОХИМИЯ

Ж. А. Паронян, Э. Г. Адунц, Г. Г. Буниатян, Г. В. Априкян

Роль глутаматдегидрогеназы в восстановительном аминировании α-кетоглутаровой кислоты в митохондриях печени белых крыс при старении

(Представлено академиком АН Арм. ССР Г. Х. Буниатяном 8/V 1975)

Предыдущими исследованиями было показано ([1–4]), что в митохондриальных фракциях печени и мозга в образовании аммиака из аминокислот наряду с другими путями определенную роль играет глутаматдегидрогеназный (ГДГ), хотя в литературе этот путь до недавнего времени считался неэффективным.

В настоящей работе приводятся данные по сравнительному изучению роли ГДГ в синтезе глутаминовой кислоты (ГК) и регуляции этого процесса в митохондриальной фракции печени при старении. В качестве экспериментальных животных использовали половозрелые (90-дневные) и старые (720-дневные) белые крысы. Митохондриальную фракцию получали по ранее описанному методу ([5]). На каждую пробу брали 1 мл митохондриальной взвеси, что соответствовало 500 мг свежей ткани. Инкубацию проводили при 37° в атмосфере кислорода 40′ в К-фосфатном буфере ([5]). В работе использовали ГК, α-кетоглутаровую кислоту (КГ), аммиак по 10 мМ, малонат 20 мМ, АДФ 2 мМ, ротенон 6.4×10^{-3} мМ в конечных концентрациях. Дыхание определяли манометрическим методом Варбурга, количество аммиака—микродиффузионным ([6]). При определении аммиака учитывали амидоазот глутамина. Об интенсивности восстановительного аминирования судили по убыли аммиака.

Результаты проведенных исследований (табл. 1) показали, что при инкубации митохондриальной фракции печени зрелых крыс происходит заметное образование аммиака из эндогенных источников. Добавленный аммиак в присутствии КГ заметно утилизируется, при инкубации (табл. 1) в то время как без нее не подвергается особым сдвигам. Следует отметить, что КГ значительно снижает и уровень эндогенного аммиака. Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что при наличии КГ образование аммиака из АДФ не улавливается, что можно объяснить использованием образовавшегося аммиака на восстановительное амини-

рование. АДФ в весьма высокой степени стимулирует восстановительное аминирование КГ, что можно считать непосредственным доказательством действия АДФ на ГДГ в интактных митохондриях печени как аллостерического активатора этого фермента.

Исследования показали, что аммиак оказывает подавляющее действие на эндогенное дыхание, как при наличии АДФ, так и без него. Сходное действие оказывает аммиак и на интенсивность окисления КГ, особенно, в присутствии АДФ. Последний в значительной степени повышает окисление КГ, что можно объяснить стимулированием с одной стороны окисления пиридиннуклеотидных коферментов, с другой—перехода сукцинил-КоА в сукцинат.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что существующие альтернативные пути превращений КГ в зависимости от экспериментальных условий могут быть направлены либо в сторону ее окисления, либо—восстановительного аминирования. Однако нам представляется, что из-за очень низкого содержания аммиака и КГ в животном организме, последний путь может функционировать в отдельных компартментах при локальном увеличении количества указанных веществ. Приведенные и полученные ранее данные свидетельствуют о том, что, хотя в опытах с кристаллической ГДГ обратная реакция в 10 раз эффективнее прямой реакции, при создании максимально благоприятных условий для обратной реакции в интактных митохондриях печени она эффективнее прямой реакции всего лишь в 2 раза (при окислительном деаминировании нами получено 10,42 мкмоль аммиака/*г* свежей ткани. При тех же условиях 21,76 мкмоль аммиака/*г* свежей ткани расходуется на восстановительное аминирование КГ). Приведенные данные позволяют заключить, что при нормальных физиологических условиях ГДГ играет определенную роль в окислительном деаминировании ГК. Данные табл. 2 показывают, что содержание аммиака в митохондриальной фракции печени выраженно увеличивается в старческом возрасте, а способность к образованию аммиака из эндогенных источников несколько снижается. Интенсивность образования аммиака из АДФ в старческом возрасте сохраняется. Эти данные согласуются с результатами предыдущих наших исследований ([6]). Хотя интенсивность восстановительного аминирования КГ без активаторов выраженно повышается в старческом возрасте, тем не менее, вследствие регулирующего действия АДФ восстановительное аминирование КГ в условиях стимулирования АДФ у половозрелых и старых животных происходит с одинаковой интенсивностью. Регулирующая роль АДФ в интактных митохондриях печени старых животных нами установлена и в отношении прямой реакции ГДГ ([4,7,8]).

Полученные данные свидетельствуют о том, что ротенон не оказывает существенного влияния на образование аммиака из эндогенных источников, в то время как выраженно стимулирует восстановительное аминирование КГ при наличии добавленного аммиака. Действие ротенона проявляется с той же интенсивностью у старых животных. Стимулирующее действие ротенона на восстановительное аминирование КГ

Таблица 1

Роль глутамат-дегидрогеназы в восстановительном аминировании α кетоглутаровой кислоты (мкмоль азота аммиака/г свежей ткани/40′) в митохондриях печени зрелых белых крыс. Действие АДФ

До инкуб.	После инкубации																			
Фиксированный контроль	NH_3+КГ	Разница с контролем	Контр.	Разница	АДФ	Разница с контролем	NH_3	Разница	КГ	Разница с контролем	NH_3+АДФ	Разница с NH_3	КГ+АДФ	Разница с КГ	NH_3+КГ	Разница	NH_3+КГ+АДФ	Разница
0,25± 0,03	32,43± 0,52	32,18	1,26± 0,04	1,01	3,19± 0,06	1,93	33,98± 1,21	1,55	0,41± 0,04	0,85	38,26± 0,82	4,28	0,49± 0,05	0,09	25,83± 0,48	6,6	12,2± 0,2	13,5
(19)	(21)		(14)		(21)		(14)		(17)		(13)		(16)		(16)		(17)	
	p<		p<		p<		p>		p<		p<		p>		p<		p<	
	0,001		0,001		0,001		0,20		0,001		0,001		0,1		0,001		0,001	

Таблица 2

Роль глутамат-дегидрогеназы в восстановительном аминировании α-кетоглутаровой кислоты (по мкмоль азота аммиака/г свежей ткани/40′) в митохондриях печени белых крыс при старении. Действие АДФ и ротенона.

Возраст в днях	До инкубации		После инкубации															
	Фиксированный контроль	NH_3+ КГ	Разница с фиксированным контролем	Контроль	Разница	АДФ	Разница с контроль	NH_3+ КГ	Разница с NH_3+КГ до инк.	NH_3+ КГ+ АДФ	Разница с NH_3+ КГ	NH_3+ КГ+ ротенон	Разница с NH_3+КГ	NH_3+ КГ+ АДФ + ротенон	Разница с NH_3+КГ+ ротенон	Ротенон	Разница с контроль
90	0.3± 0.03	33.28± 0.77	32.98	1.15± 0.18	0.85	3.15± 0.09	2.0	25.83± 0.15	7.45	11.82± 0.2	14.01	22.46± 0.27	3.37	17.02± 0.11	5.44	1.08± 0.1	0.07
	(25)	(29)		(17)		(27)		(15)		(26)		(19)		(24)		(11)	
		p<		p<		p<		p<		p<		p<		p<		p>	
		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.4	
720	0.54± 0.03	34.87± 1.13	34.33	1.04± 0.07	0.5	3.03± 0.09	1.99	24.67± 0.5	10.2	10.68± 0.247	13.99	21.41± 0.61	3.26	16.9± 0.46	4.51		
	(17)	(21)		(17)		(18)		(20)		(19)		(20)		(15)			
		p<		p<		p<		p<		p<		p<		p <			
		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			

Таблица 3

Интенсивность окисления α-кетоглутаровой кислоты (мкмоль O_2/г свежей ткани/40') при ее восстановительном аминировании в митохондриях печени белых крыс при старении. Действие АДФ и ротенона

Возраст в днях	Контроль	АДФ	Разница с контролем	NH_3+КГ	Разница с контролем	NH_3+КГ+АДФ	Разница с NH_3+КГ	NH_3+КГ+Ротенон	Разница с NH_3+КГ	NH_3+КГ+АДФ+ротенон	Разница с NH_3+КГ+ротенон	Ротенон	Разница с контролем
90	1.69±0.18	6.66±0.34	4.97	5.32±0.37	3.63	15.88±0.1	10.56	2.28±0.21	−3.04	6.97±0.3	4.69	0.13±0.01	−1.56
	(18)	(19)		(8)		(15)		(11)		(12)		(6)	
		p<0.001		p<0.001		p<0.001		p<0.001		p<0.001		p<0.001	
720	0.85±0.2	2.79±0.34	1.94	3.37±0.4	2.52	16.4±0.64	13.03	0.67±0.13	−2.7	6.62±0.58	5.95		
	(14)	(14)		(14)		(12)		(13)		(11)			
		p<0.001		p<0.001		p<0.001		p<0.001		p<0.001			

можно объяснить его подавляющим действием на окисление пиридиннуклеотидных коферментов (табл. 2).

При наличии ротенона АДФ выраженно стимулирует обратную реакцию ГДГ, что у зрелых и старых животных происходит с одинаковой интенсивностью. Стимулирующее действие АДФ на восстановительное аминирование КГ значительно сильнее в отсутствие ротенона. Следует отметить, что использование аммиака на синтез ГК при совместном добавлении аммиака, КГ и АДФ значительно подавляется ротеноном (табл. 2), хотя в данных условиях интенсивность окисления КГ в значительной степени подавляется (табл. 3). Нам представляется, что в отмеченных условиях проявляется ингибирующее действие ротенона на ГДГ (°).

Как видно из данных табл. 3 эндогенное дыхание митохондриальной фракции печени старых животных четко снижается как без, так и при добавлении АДФ. Хотя АДФ в весьма высокой степени стимулирует эндогенное дыхание, тем не менее этот эффект АДФ заметно снижается у старых животных. Необходимо отметить, что интенсивность поглощения кислорода при совместном применении КГ и аммиака четко снижается у старых животных, хотя стимулирование дыхания при добавлении КГ более выражено у старых животных. Так, при добавлении КГ у половозрелых животных дыхание повышается на 214%, а у старых животных—на 300%. Приведенные результаты свидетельствуют о том, что у старых животных КГ окисляется менее интенсивно, чем у половозрелых животных. АДФ в весьма высокой степени стимулирует окисление КГ: у половозрелых в 3 раза, а у старых 5. В условиях стимулирования АДФ уровень поглощения кислорода одинаков у обеих возрастных групп. В данном случае опять-таки проявляется регулирующее влияние АДФ.

Сопоставление вышеуказанных результатов с ранее полученными свидетельствует о том, что АДФ в старческом возрасте является эффективным регулятором на измененном фоне протекания прямой и обратной реакции ГДГ и превращения АДФ записящих субстратов окисления.

Институт биохимии
Академии наук Армянской ССР

Ժ. Ա. ՊԱՐՈՆՅԱՆ, Է. Դ. ԱԴՈՒՆՑ, Դ. Հ. ԲՈՒՆՅԱԹՅԱՆ, Գ. Վ. ԱՊՐԻԿՅԱՆ

Գլուտամինաթթվի դեհիդրոգենազայի դերը α–կետոգլուտարաթթվի վերականգնողական ամինացման մեջ սպիտակ առնետների լյարդի միտոխոնդրիաներում ծերության ժամանակ

Կատարված հետազոտությունները դույց են տվել, որ չնայած մաքուր գլուտամինաթթվի դեհիդրոգենազայի (ԳԴՀ) հետ կատարված փորձերում հակառակ ռեակցիան ուղիղի հետ համեմատած 10 անգամ ուժեղ է ընթանում.

բարենպաստ պայմաններ առնղծելու դեպքում լյարդի միտոքոնդրիաներում այն ընդամենը 2 անգամ է ուժեղ։ 3—կետոդլուտարաթթուն (ԿԳ) ծեր կենդանիների մոտ հասուններրի հետ համեմատած թույլ է օքսիդանում, իսկ ԱԴՅ օգտագործելու դեպքում նրա օքսիդացումը 2 տեսակի կենդանիների մոտ էլ բնթանում է նույն ուժգնությամբ։ ԿԳ-ի վնասակարպողական ամինացումը ամոնիակ ավելացնելու դեպքում, ընդհակառակը, ավելի ուժեղ է բնթանում ծեր կենդանիների մոտ, իսկ ԱԴՅ-ի օգտագործման դեպքում երկու հասակի կենդանիների մոտ էլ բնթանում է նույն մակարդակի վրա։ Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ ԱԴՅ-ը ծեր հասակում կարող է հաջողությամբ օգտագործվել իբրև ԳԴՀ-ի կարգավորիչ։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] Г. В. Априкян, В. Л. Шагинян, Ж. А. Паронян, ДАН Арм ССР, т. 51, 115 (1970). [2] Г. Х. Бунятян, Г. В. Априкян, В. А. Шагинян, Ж. А. Паронян, Вопросы биохимии мозга, 6, 53 (1970). [3] Г. В. Априкян, Г. Х. Бунятян, В. А. Шагинян, Вопросы биохимии мозга, 6, 67 (1970). [4] Г. В. Априкян, Г. А. Мкртчян, Г. Х. Бунятян, Журн эвол. биохим и физиол., 7, 467 (1971). [5] Г. В. Априкян и В. А. Шагинян, Вопросы биохимии мозга, Изд. АН Арм. ССР, 5, 17 (1969). [6] А. И. Силакова, Г. П. Труш, А. Явилякова, Вопр. мед. химии, 5, 538 (1962). [7] Г. Х. Бунятян, Г. В. Априкян, Г. А. Мкртчян, Вопросы биохимии мозга, Изд. АН АрмССР, 6, 87 (1970). [8] Г. В. Априкян, Г. А. Мкртчян, ДАН Арм ССР, т. 52, 173 (1971). [9] R. A. Bulow, Biochem., 6, 1088 (1967).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 2

УДК 591.105

БИОХИМИЯ

Ж. С. Геворкян, А. С. Оганесян

К механизму регуляции образования аммиака из глютамина и глютаминовой кислоты в почках

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Буниятяном 23/VI 1975)

Процессы образования аммиака в почках и его выделение с мочой в зависимости от физиологического состояния живого организма, привлекает внимание многих исследователей. Установлено, что при ацидотических состояниях организма стимулируется продукция аммиака из глютамина в почках и усиливается выделение его с мочой [1–3]. За последние годы интенсивно изучаются механизмы регуляции этих процессов.

Ряд авторов установил, что при ацидозе содержание глютаминовой кислоты в почечной ткани снижается, а активность глютаминазы-I, наоборот—повышается [4,5]. Предполагается, что при ацидозе в результате ускорения утилизации образовавшейся из глютамина глютаминовой кислоты (через глютамат-дегидрогеназный путь или через переаминирование), снижается ее содержание в почечной ткани, что приводит к деингибированию глютаминазы I и усилению деамидирования глютамина [1–6].

По данным ряда авторов [6, 9, 10], глютаминовая кислота является мощным ингибитором глютаминазы I, активность которой in vivo в значительной степени ингибирована этой аминокислотой.

В наших прежних исследованиях [11] было установлено, что сыворотка крови содержит вещество, которое в значительной мере подавляет процессы деаминирования глютаминовой кислоты в почечной ткани и этим путем оказывает регулирующее действие на его обмен. В связи с этим, представляло большой интерес изучить процессы образования аммиака из глютамина в почечной ткани в присутствии сыворотки крови, содержащей ингибитор процесса деаминирования глютаминовой кислоты. Интерес к этому вопросу обусловлен тем, что с одной стороны глютамин является основным источником аммиака мочи, а с другой—in vivo межклеточная жидкость, которая омывает почечные клетки по своему химическому составу сходна с сывороткой крови.

Опыты проводили со срезами коркового слоя почек, которые (по 200 мг) инкубировали в Кребс-Рингер—бикарбонатном буфере (2 мл) pH-8,4 при t—37°C в течение одного часа. Изучали образование аммиака из глютамина срезами коркового слоя почек контрольных и ацидотических крыс в присутствии и отсутствие сыворотки крови. Параллельно

определяли содержание глютаминовой кислоты в почечной ткани. Ацидоз вызывали хлористым аммонием (крысы взамен питьевой воды получали однопроцентный раствор хлористого аммония в течение 7 дней). В инкубационную среду аминокислоты добавляли по 16 мкМ, а в отдельных случаях по 4 мкМ.

Как видно из приведенных в табл. 1 данных, при ацидозе усиливается выделение аммиака с мочой. У контрольных животных с мочой за 24 часа выделяется 156,8 мкМ аммиака, а у ацидотических — 239,7 мкМ. Срезы коркового слоя почек ацидотических крыс, по сравнению с контрольными, продуцируют из ряда аминокислот (глютаминовая, аспарагиновая, орнитин) и глютамина больше аммиака (табл. 2). В этом отношении особый интерес представляет глютамин, который по сравнению с другими аминокислотами более интенсивно поглощается почками (особенно при ацидозе) и подвергаясь деамидированию в почках служит основным источником аммиака мочи.

Таблица 1

Влияние ацидоза на выделение аммиака с мочой у белых крыс
Средние данные из 7 опытов

Условия опыта	Количество аммиака в мкмолях за 24 часа
Контрольные крысы	156,8±8,1
Ацидотические крысы	239,7±7,9

Таблица 2

Влияние ацидоза на образование аммиака из *L*—аминокислот (инкубационная среда—Кребс—Рингер—бикарбонатный буфер) в срезах почек (мкМ/г ткани/час)
Средние данные из 5 опытов

Нормальные крысы				Ацидотические крысы			
Глютаминовая кислота	Аспарагиновая кислота	Орнитин	Глютамин	Глютаминовая кислота	Аспарагиновая кислота	Орнитин	Глютамин
5,1±0,22	9,3±0,41	11,6±0,58	27,7±1,7	7,4±0,44	12,2±0,31	15,9±0,5	34,2±1,0

Таблица 3

Влияние сыворотки крови ацидотических крыс на образование аммиака из аминокислот (мк моль/г ткани/час)
Средние данные из 5 опытов

Сыворотка нормальных крыс				Сыворотка ацидотических крыс			
Глютаминовая кислота	Аспарагиновая кислота	Орнитин	Глютамин	Глютаминовая кислота	Аспарагиновая кислота	Орнитин	Глютамин
0	2,7±0,28	4,9±0,28	22,6±0,5	2,5±0,33	4,9±0,36	6,1±0,42	26,0±0,68

Интересные результаты были получены при применении сыворотки крови ацидотических и контрольных крыс в качестве инкубационной среды. Как показывают данные, приведенные в табл. 3, сыворотка крови контрольных крыс в значительной степени подавляет образование аммиака из ряда аминокислот. В отношении глютамина (в этих опытах) торможение аммиакообразования проявляется в невыраженной форме.

Между тем, как при инкубации срезов почек контрольных крыс в среде сыворотки крови ацидотических животных, наблюдается значительное ослабление ингибирующего действия сыворотки этих животных на процессы аммиакообразования из упомянутых аминокислот.

Таблица 4

Изменения содержания глютаминовой кислоты в корковом слое почек при ацидозе
Средние данные из 5 опытов

Условия опыта	Количество глютаминовой кислоты в мкмолях/г ткани
Контрольные крысы	9,3±0,16
Ацидотические крысы	7,8±0,24

Опыты показали, что при ацидозе содержание глютаминовой кислоты в корковом слое почек снижается по сравнению с контрольными животными (табл. 4), что свидетельствует об усилении утилизации этой аминокислоты.

Имея в виду вышеизложенное, а также известный факт о том, что глютаминовая кислота является ингибитором фосфатзависимой глютаминазы коры почек ([8, 9, 10]), мы предполагали, что in vivo выше упомянутый сывороточный фактор, по-видимому, путем регуляции обмена глютаминовой кислоты, оказывает соответствующее влияние также на глютаминазную реакцию почек, следовательно, и на образо-

Таблица 5

Влияние глютаминовой кислоты на образование аммиака (мкМ/г ткани/час) из глютамина
Средние данные из 7 опытов

Условия опыта	Количество образовавшегося аммиака	Количество аммиачного азота глютамина
Буфер		
Глютаминовая кислота	2,5±0,33	1,6±0,15
Глютамин	7,9±0,3	3,7±0,24
Глютамин+глютаминовая кислота	8,1±0,7	6,1±0,34
Сыворотка		
Глютаминовая кислота	0	1,1±0,16
Глютамин	1,7±0,2	3,1±0,1
Глютамин+глютаминовая кислота	3,6±0,2	6,9±0,16

вание аммиака из глютамина, в зависимости от физиологического состояния живого организма.

Для выяснения этого вопроса в дальнейшем мы изучали влияние глютаминовой кислоты на образование аммиака из глютамина в присутствии и отсутствии сыворотки крови. В этих опытах к срезам почек добавляли глютаминовую кислоту и глютамин в количестве 4 мкмол на пробу (ближе к физиологическим содержаниям). Результаты исследований (табл. 5) показали, что при проведении опытов в среде Кребс-Рингер-бикарбонатного буфера, добавленная глютаминовая кислота в определенной мере подавляет образование аммиака из глютамина. При этом в конце опыта в инкубированной пробе определяется больше глютамина, чем в опытах с одним глютамином.

Как видно из этой же таблицы в среде сыворотки крови срезы почек не продуцируют аммиак из глютаминовой кислоты, а выход аммиака из глютамина значительно уменьшается. При добавлении глютамина совместно с глютаминовой кислотой отмечается четкое подавление образования аммиака из глютамина, при этом содержание амидного азота в этой пробе выше, чем это отмечается в пробе, где добавлен только глютамин.

Таблица 6

Изменение содержания глютаминовой кислоты при инкубации срезов почек в присутствии и отсутствии сыворотки крови (мк М/г ткани—мл среды)

Средние данные из 6 опытов

Условия опыта	Буфер		Сыворотка	
	Среда	Ткань	Среда	Ткань
Контроль	0,93±0,09	3,9±0,16	2,7±0,2	6,4±0,23
Глютаминовая кислота	1,66±0,18	4,9±0,1	5,2±0,13	7,0±0,19
Глютамин	2,5±0,18	5,6±0,1	5,0±0,34	7,2±0,63
Глютаминовая кислота+глютамин	1,7±0,33	5,9±0,71	6,0±0,3	8,5±0,7

Параллельные исследования по определению содержания глютаминовой кислоты (табл. 6) показали, что при проведении опытов в среде сыворотки крови, в пробах с глютамином и глютаминовой кислотой определяется больше глютаминовой кислоты, чем в соответствующих пробах, инкубированных в среде Кребс-Рингер-бикарбонатного буфера.

Таким образом, результаты наших исследований показывают, что глютаминовая кислота ингибирует фосфатзависимую глютаминазу почечной ткани, как это наблюдалось и в опытах других исследователей [6,9,10]. С другой стороны, в присутствии сыворотки крови деамидирование глютамина и деаминирование глютаминовой кислоты значительно подавляются.

Наши исследования показали, что сыворотка крови содержит вещество, тормозящее процесс деаминирования глютаминовой кислоты [11]. В результате ингибирования активности глютаматдегидрогеназы

веществом, содержащимся в сыворотке крови, образовавшаяся из глютамина глютаминовая кислота (через глютаминазную реакцию) накопляется в почечных клетках и путем обратной связи оказывает тормозящий эффект на активность глютаминазы I и, следовательно, на образование аммиака из глютамина. Добавление извне глютаминовой кислоты, приводит к более выраженному подавлению образования аммиака из глютамина.

Подобное объяснение подтверждается исследованиями по определению содержания глютаминовой кислоты в инкубированных пробах. В опытах, проведенных с сывороткой крови с добавлением глютамина и глютаминовой кислоты, содержание глютамата выше по сравнению с опытами, проведенными в среде буфера. Это свидетельствует о том, что в присутствии сыворотки крови дезаминирование глютаминовой кислоты подавляется. В опытах, проведенных в среде буфера, подавление образования аммиака из глютамина в присутствии добавленной глютаминовой кислоты менее выражено, чем в среде сыворотки крови, что связано с дезаминированием, как добавленной, так и образовавшейся из глютамина глютаминовой кислоты в среде буфера.

Результаты исследований, проведенных с ацидотическими животными, подтвердили высказанное нами мнение относительно регулирующей роли сывороточного фактора в обмене глютаминовой кислоты, и через нее глютаминазной реакции. При ацидозе наблюдается значительное понижение активности сывороточного регулятора дезаминирования глютаминовой кислоты, в результате чего скорость дезаминирования глютаминовой кислоты возрастает, а содержание ее в почечной ткани снижается, что приводит к денгибированию глютаминазы I и, следовательно, к усилению образования аммиака из глютамина. Из табл. 5 видно, что в среде сыворотки крови образование аммиака из глютамина подавляется в значительной степени, добавление глютаминовой кислоты в этих опытах приводит к небольшому усилению этого явления. Можно полагать, что помимо глютаминовой кислоты в сыворотке крови содержится другой фактор, регулирующий обмен глютамина. В ходе наших исследований было установлено, что при инкубации срезов почек с глютамином, особенно в среде сыворотки крови определенное количество глютамина исчезает. Возможно, что при этом глютамин вовлекается в другие биохимические процессы.

Из крови белых крыс, наряду с ингибитором, нам удалось выделить и вещество, оказывающее стимулирующее действие на процессы дезаминирования глютаминовой кислоты. Не исключена возможность, что усиление образования аммиака из глютамина и глютаминовой кислоты при ацидозе, связано также с повышением активности этого вещества

Институт биохимии
Академии наук Армянской ССР

Зрительное восприятие и его значение для ориентировки

Было показано, что сетчатки некоторых позвоночных животных содержат колбочки, которые в условиях фотопического зрения воспринимают информацию о цвете. Однако, как показали наши исследования, сетчатки некоторых животных, ведущих ночной образ жизни, также содержат колбочки. Поэтому представляло интерес изучить зрительное восприятие у этих животных. Для выработки пищевого условного рефлекса на цвет использовали ночных животных — ежей. Ежи были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух цветных источников света. Ежи научились различать красный и синий цвета. Для выработки условного рефлекса на яркость использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников света с различной яркостью. Ежи научились различать яркость. Для выработки условного рефлекса на форму использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников света с различной формой. Ежи научились различать форму. Для выработки условного рефлекса на движение использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников света с различным движением. Ежи научились различать движение. Для выработки условного рефлекса на звук использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников звука с различной частотой. Ежи научились различать звук. Для выработки условного рефлекса на запах использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников запаха с различной концентрацией. Ежи научились различать запах. Для выработки условного рефлекса на вкус использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников вкуса с различной концентрацией. Ежи научились различать вкус. Для выработки условного рефлекса на боль использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников боли с различной интенсивностью. Ежи научились различать боль. Для выработки условного рефлекса на страх использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников страха с различной интенсивностью. Ежи научились различать страх. Для выработки условного рефлекса на радость использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников радости с различной интенсивностью. Ежи научились различать радость. Для выработки условного рефлекса на печаль использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников печали с различной интенсивностью. Ежи научились различать печаль. Для выработки условного рефлекса на гнев использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников гнева с различной интенсивностью. Ежи научились различать гнев. Для выработки условного рефлекса на отвращение использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников отвращения с различной интенсивностью. Ежи научились различать отвращение. Для выработки условного рефлекса на удивление использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников удивления с различной интенсивностью. Ежи научились различать удивление. Для выработки условного рефлекса на любопытство использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников любопытства с различной интенсивностью. Ежи научились различать любопытство. Для выработки условного рефлекса на скуку использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников скуки с различной интенсивностью. Ежи научились различать скуку. Для выработки условного рефлекса на усталость использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников усталости с различной интенсивностью. Ежи научились различать усталость. Для выработки условного рефлекса на сон использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников сна с различной интенсивностью. Ежи научились различать сон. Для выработки условного рефлекса на голод использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников голода с различной интенсивностью. Ежи научились различать голод. Для выработки условного рефлекса на жажду использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников жажды с различной интенсивностью. Ежи научились различать жажду. Для выработки условного рефлекса на половое влечение использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников полового влечения с различной интенсивностью. Ежи научились различать половое влечение. Для выработки условного рефлекса на материнское чувство использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников материнского чувства с различной интенсивностью. Ежи научились различать материнское чувство. Для выработки условного рефлекса на отцовское чувство использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников отцовского чувства с различной интенсивностью. Ежи научились различать отцовское чувство. Для выработки условного рефлекса на братское чувство использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников братского чувства с различной интенсивностью. Ежи научились различать братское чувство. Для выработки условного рефлекса на сестринское чувство использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников сестринского чувства с различной интенсивностью. Ежи научились различать сестринское чувство. Для выработки условного рефлекса на дружбу использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников дружбы с различной интенсивностью. Ежи научились различать дружбу. Для выработки условного рефлекса на любовь использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников любви с различной интенсивностью. Ежи научились различать любовь. Для выработки условного рефлекса на ненависть использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников ненависти с различной интенсивностью. Ежи научились различать ненависть. Для выработки условного рефлекса на презрение использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников презрения с различной интенсивностью. Ежи научились различать презрение. Для выработки условного рефлекса на уважение использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников уважения с различной интенсивностью. Ежи научились различать уважение. Для выработки условного рефлекса на доверие использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников доверия с различной интенсивностью. Ежи научились различать доверие. Для выработки условного рефлекса на недоверие использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников недоверия с различной интенсивностью. Ежи научились различать недоверие. Для выработки условного рефлекса на сомнение использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников сомнения с различной интенсивностью. Ежи научились различать сомнение. Для выработки условного рефлекса на уверенность использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников уверенности с различной интенсивностью. Ежи научились различать уверенность. Для выработки условного рефлекса на неуверенность использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников неуверенности с различной интенсивностью. Ежи научились различать неуверенность. Для выработки условного рефлекса на страх использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников страха с различной интенсивностью. Ежи научились различать страх. Для выработки условного рефлекса на радость использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников радости с различной интенсивностью. Ежи научились различать радость. Для выработки условного рефлекса на печаль использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников печали с различной интенсивностью. Ежи научились различать печаль. Для выработки условного рефлекса на гнев использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников гнева с различной интенсивностью. Ежи научились различать гнев. Для выработки условного рефлекса на отвращение использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников отвращения с различной интенсивностью. Ежи научились различать отвращение. Для выработки условного рефлекса на удивление использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников удивления с различной интенсивностью. Ежи научились различать удивление. Для выработки условного рефлекса на любопытство использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников любопытства с различной интенсивностью. Ежи научились различать любопытство. Для выработки условного рефлекса на скуку использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников скуки с различной интенсивностью. Ежи научились различать скуку. Для выработки условного рефлекса на усталость использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников усталости с различной интенсивностью. Ежи научились различать усталость. Для выработки условного рефлекса на сон использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников сна с различной интенсивностью. Ежи научились различать сон. Для выработки условного рефлекса на голод использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников голода с различной интенсивностью. Ежи научились различать голод. Для выработки условного рефлекса на жажду использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников жажды с различной интенсивностью. Ежи научились различать жажду. Для выработки условного рефлекса на половое влечение использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников полового влечения с различной интенсивностью. Ежи научились различать половое влечение. Для выработки условного рефлекса на материнское чувство использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников материнского чувства с различной интенсивностью. Ежи научились различать материнское чувство. Для выработки условного рефлекса на отцовское чувство использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников отцовского чувства с различной интенсивностью. Ежи научились различать отцовское чувство. Для выработки условного рефлекса на братское чувство использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников братского чувства с различной интенсивностью. Ежи научились различать братское чувство. Для выработки условного рефлекса на сестринское чувство использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников сестринского чувства с различной интенсивностью. Ежи научились различать сестринское чувство. Для выработки условного рефлекса на дружбу использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников дружбы с различной интенсивностью. Ежи научились различать дружбу. Для выработки условного рефлекса на любовь использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников любви с различной интенсивностью. Ежи научились различать любовь. Для выработки условного рефлекса на ненависть использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников ненависти с различной интенсивностью. Ежи научились различать ненависть. Для выработки условного рефлекса на презрение использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников презрения с различной интенсивностью. Ежи научились различать презрение. Для выработки условного рефлекса на уважение использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников уважения с различной интенсивностью. Ежи научились различать уважение. Для выработки условного рефлекса на доверие использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников доверия с различной интенсивностью. Ежи научились различать доверие. Для выработки условного рефлекса на недоверие использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников недоверия с различной интенсивностью. Ежи научились различать недоверие. Для выработки условного рефлекса на сомнение использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников сомнения с различной интенсивностью. Ежи научились различать сомнение. Для выработки условного рефлекса на уверенность использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников уверенности с различной интенсивностью. Ежи научились различать уверенность. Для выработки условного рефлекса на неуверенность использовали ежей, которые были помещены в камеру с двумя кормушками, в которых подкрепление предъявлялось при включении одного из двух источников неуверенности с различной интенсивностью. Ежи научились различать неуверенность.

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *E. E. Owen* a. *R. R. Robinson*, J. clin. inwest., 42 (2), 263 (1964). [2] *R. F. Pitts*, Am. J. Physiol., 220, 862 (1971). [3] *А. С. Оганесян, Л. А. Арутюнян*, Журн. эксп. и клинич. мед., 13 (2), 14 (1973). [4] *L. Goldstein*, Am. J. Physiol., 210, 661 (1966). [5] *H. G. Preuss*, Nephron, 6, 235 (1969). [6] *L. A. Goldstein, J. M. Schooler*, Adv. enzyme regul., 5, 71 (1967). [7] *A. D. Goodman*, J. Lab. a Clin. Med., 81, 905 (1973). [8] *H. G. Preuss*, Vivasti—Monas O. a. Vertino L. L., J. Clin. invest., 52, 755 (1973). [9] *N. Katunuma, A. Huzino*, a. Tomino J., Adv. Enzyme regul., 5, 55, 1967. [10] *F. N. Saire, E. Roberts*, a. J. Biol. Chem., 233, 1128, 1958. [11] *А. С. Оганесян, Ж. С. Геворкян*-ДАН Арм. ССР, т. 56, № 2, 111 (1973).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 2

УДК 576.85.632.95.954

МИКРОБИОЛОГИЯ

Б. Т. Катарьян

Поиск бактериальных культур с гербицидным действием

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Д. Н. Бабаян 24/II 1975)

С целью разработки биологического метода борьбы с сорняками используются различные группы микроорганизмов—бактерии, актиномицеты, грибы ([1–5]). Следует, однако, отметить, что до настоящего времени в литературе нет сведений о влиянии на гербицидные свойства микроорганизмов субстратов, из которых они выделены.

В настоящем сообщении приводятся экспериментальные данные о гербицидных свойствах бактерий, выделенных из почвы, семян сорных растений, а также фито- и энтомо-патогенных культур, заимствованных из коллекции лабораторий Института микробиологии АН Армянской ССР.

Выделение почвенных бактерий проводили по методике, описанной в руководстве Н. А. Красильникова с сотр. ([6]).

Из семян сорных растений бактерии выделялись следующим образом. Семена навеской в 1 *г* предварительно выдерживались в 96° эталоле, затем в концентрированной серной кислоте. После доведения pH промывных вод до исходной величины обработанные семена растирались со стерильной водопроводной водой до кашицеобразного состояния. Затем, путем серии разведений приготовленной суспензии, капли суспензии переносились на поверхность агаризованной питательной среды Чапека для бактерий. Выросшие колонии бактерий пересевались в пробирки на скошенную агаризованную среду. Подготовленные 2 суточные культуры снова пересевались на жидкую среду в колбах. Инкубирование культур проводили на качалках в течение 3 суток. Полученную нативную жидкость испытывали на гербецидное действие.

Растительными объектами служили сорные растения, из которых были выделены бактериальные колонии.

Гербицидное действие нативной жидкости бактерий определялось по методике, описанной ранее ([7]).

Всего было проверено 170 культур бактерий.

На коллекции фитопатогенных бактерий были испытаны 57 культур. Гербицидным действием обладали 26 культур, что составило 45% к общему числу проверенных фитопатогенных бактерий. Ниже приводятся данные угнетения всхожести семян щирицы Amaranthus blitoides, предварительно выдержанных в нативной жидкости наиболее активных штаммов Xanthomonas beticola и Ervinia carotovorum:

Виды и штаммы бактерий	Угнетение всхожести семян, в % к контролю
Xanthomonas beticola	
штамм 122	32
123	28
124	36
125	36
128	38
129	45
131	36
135	32
137	45
144	28
145	28
148	42
150	45
151	38
159	38
Ervinia carotovorum	
штамм 830	42
846	48
847	52
848	49

Среди 40 проверенных бактериальных культур, выделенных из почвы, только 6 штаммов оказали ингибирующее действие на всхожесть семян щирицы. Величина угнетения всхожести семян составляла от 20 до 3%.

Были испытаны 32 культуры бактерий, выделенных из семян сорных растений. Ни в одном случае не было отмечено ингибирования всхожести семян щирицы.

Испытанные энтомопатогенные культуры были представлены родом Bacillus cereus—thuringiensis, I—VI серотипами и разновидностью caucasicus, серотипом X. Всего была проверена 41 культура. Так же, как и в случае с эпифитными бактериями, не было отмечено угнетения всхожести семян щирицы.

Таким образом, среди проверенных 170 культур бактерий, представленных фитопатогенными, энтомопатогенными, эпифитными и почвенными группами, наибольшее число ингибиторов сорных растений обнаружено у фитопатогенной группы—47%, затем у почвенной—15%.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что для поиска бактерий с активным гербицидным действием следует использовать культуры с выраженным фитопатогенным действием, а также культуры, выделенные из ризосферы сорных растений.

Институт микробиологии
Академии наук Армянской ССР

Ռ. Թ. ԿԱՏԱՐՅԱՆ

Հերբիցիդային հատկությամբ օժտված բակտերիալ կուլտուրաների հայտնաբերումը

Ուսումնասիրված է ֆիտոպաթոգեն, էպիֆիտ և ռիզոսֆերային բակտերիաների 170 կուլտուրաներ։ Մոլախոտերի աճման արգելակիչների ամենամեծ բանակը հայտնաբերված է ֆիտոպաթոգեն և ռիզոսֆերային բակտերիաների մոտ։

Ստացված էքսպերիմենտալ տվյալները ցույց են տալիս, որ ակտիվ հերբիցիդային հատկությամբ օժտված բակտերիաների հայտնաբերման համար անհրաժեշտ է օգտագործել այնպիսի կուլտուրաներ, որոնք ունեն արտահայտված ֆիտոպաթոգեն հատկություն, կամ կուլտուրաներ, որոնք մեկուսացված են մոլախոտերի ռիզոսֆերայից։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *М. Ц. Ракшаина.* Тр. ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, в. 19, 75 (1965). [2] *Я. П. Худяков, М. Ц. Ракшаина, Л. В. Хотянович,* В сб.: Тез. докл. на IX Международном конгрессе по микробиологии, М., 218 (1966). [3] *Т. Г. Мирчинк, В. С. Благовещенский, В. А. Федоров* «Микробиология», вып. 6, (1967). [4] *С. В. Захарян, М. А. Акопян,* «Биологический журнал Армении», т. 27, 89 (1974). [5] *Б. Т. Катарьян* «Биологический журнал Армении», т. 24, 40 (1971). [6] Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов (под ред. члена-корр. АН СССР Н. А. Красильникова), изд. МГУ, 1966. [7] *Б. Т. Катарьян,* «Биологический журнал Армении», т. 25, 20 (1972).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՉԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 2

УДК 223 : 10

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Академик АН Армянской ССР В. О. Казарян,
Р. Г. Арутюнян

О влиянии фотопериодического режима на суточную ритмику выделения пасоки и сухого веса корней

(Представлено 24/III 1975)

Зависимость перехода растений к генеративному развитию и интенсивности роста от фотопериодического режима установлены давно [1,2]. Световой режим через изменения обменных реакций в листьях, оказывает также существенное влияние на поглотительную и метаболическую деятельность корней [3,4]. При подобной обусловленности работы корневой системы от светового режима, несомненно, должна проявиться своеобразная ритмика выделения пасоки и изменение сухой массы корней. В этом аспекте обнаружена функциональная корреляция между корнями и листьями [5,7], а также зависимость уровня фотосинтеза от условий корнеобитаемой среды [8]. Однако следует учесть, что оптимальный для цветения световой режим, стимулируя наступление генеративного развития, одновременно оказывает и косвенное влияние на работу корневой системы. Следовательно мы в праве допустить и проявление различной суточной ритмики передачи пасоки из корней к надземным органам или изменение сухой массы корней в течении суток.

Для экспериментального подтверждения этих предположений нами предприняты некоторые опыты с короткодневными растениями—красолистной перилды (Perilla nankineusis L.) и длиннодневным—горчицы (Sinapis alba L.). Растения, носящие 4—5 развитых листьев, были разделены на две группы. Одна группа оставлена в условиях естественного длинного (16 часов), другая—короткого (8 часового) дня. Спустя 23 дня были срезаны верхушки растений с корневой шейки и собрана выделенная за 5 минут корнями пасока в различные часы суток (2, 8, 14 и 18 час.).

Как показывают приведенные кривые (рис. 1), на коротком дне максимальное количество пасоки у короткодневной перилды выделяется в 8 часов утра, минимальное—в 14 часов, тогда как у длиннодне-

ной горчицы, наоборот, максимальное количество пасоки собрано в 14 часов, а минимальное—в 20 часов, хотя обе группы растений находились в фазе вегетации. В данном случае кривые суточного выделения пасоки у коротко- и длиннодневных растений в условиях короткого дня оказались диаметрально противоположными. В условиях же длинного дня наблюдается полная идентичность в отношении активности суточного выделения пасоки корнями. В указанном световом режиме максимум выделения пасоки приурочивается к утренним часам (8 час.)

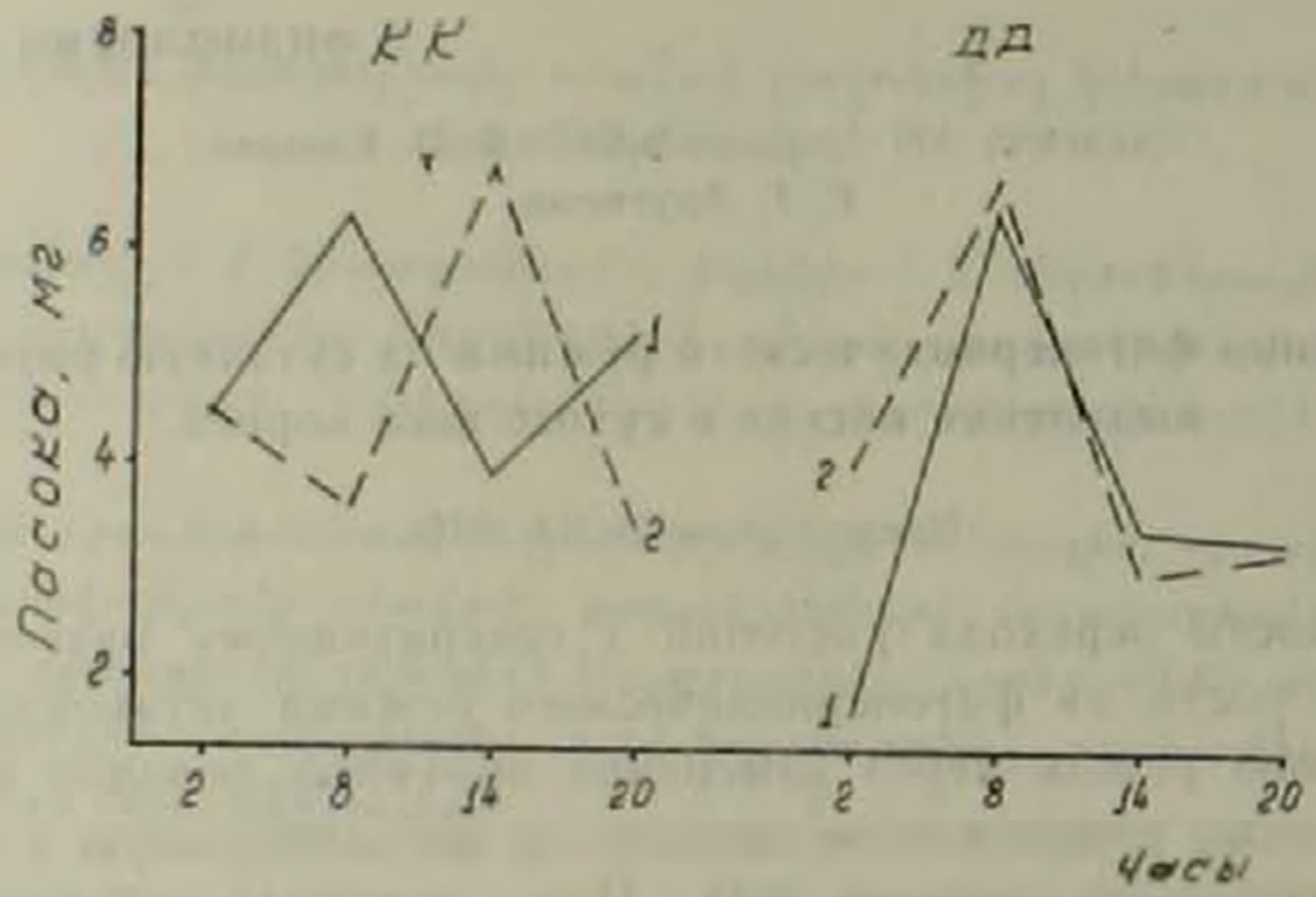


Рис. 1. Суточная динамика выделения пасоки у вегетирующих растений периллы (*1*) и горчицы (*2*) в условиях короткодневного (*КД*), длиннодневного (*ДД*) и фотопериодов

Расхождение во времени максимумов кривых по выделению пасоки у коротко- и длиннодневных растений в условиях 8-часового светового режима свидетельствует о коренном различии в ритмике жизнедеятельности корневой системы. Противоположно этому кривые суточного выделения пасоки корнями у периллы примерно идентичны как в условиях короткого, так и длинного дня. Разница в том, что в условиях длиннодневных фотопериодов количественное расхождение пасоки, выделенной в различные часы выражено более сильно. Кроме того, если при коротком дне, в 20 часов вечера, существенно увеличивается выделение пасоки, то при длинном дне активность этого процесса остается такой же, какая имела место в 14 часов. У горчицы обнаружена иная картина в условиях короткого и длинного дней.

При переходе растений от вегетации к цветению, кривые выделения пасоки у периллы и горчицы, существенно изменяются (рис. 2). У обоих видов растений проявлялась ярко выраженная одновершинность кривых. Максимальное выделение пасоки имело место в дневные часы, минимальное—в темновые. В данном случае суточный ход выделения пасоки оказался больше зависимым от фазы онтогенетического развития. Отсюда, как нам кажется, мы вправе констатировать, что влияние фотопериодического режима на суточный ход выделения пасоки боль-

значителен на ранних периодах процессов генеративного развития, когда еще не проявляются морфологические признаки формирования генеративных органов. С переходом растений к полному цветению почти выравнивается активность суточного выделения пасоки. В данном случае влияние оптимального фотопериодического режима на поглотительную способность корней сводится к минимуму, а влияние естественной смены дня и ночи на этот процесс остается решающим, как это показано ранее[8-11]. Сравнение кривых у той и другой группы растений выявляет существенную разницу в количественном аспекте: дневные максимумы кривых у горчицы намного выше, чем у периллы. Тут, по-видимому, проявляется видовая особенность.

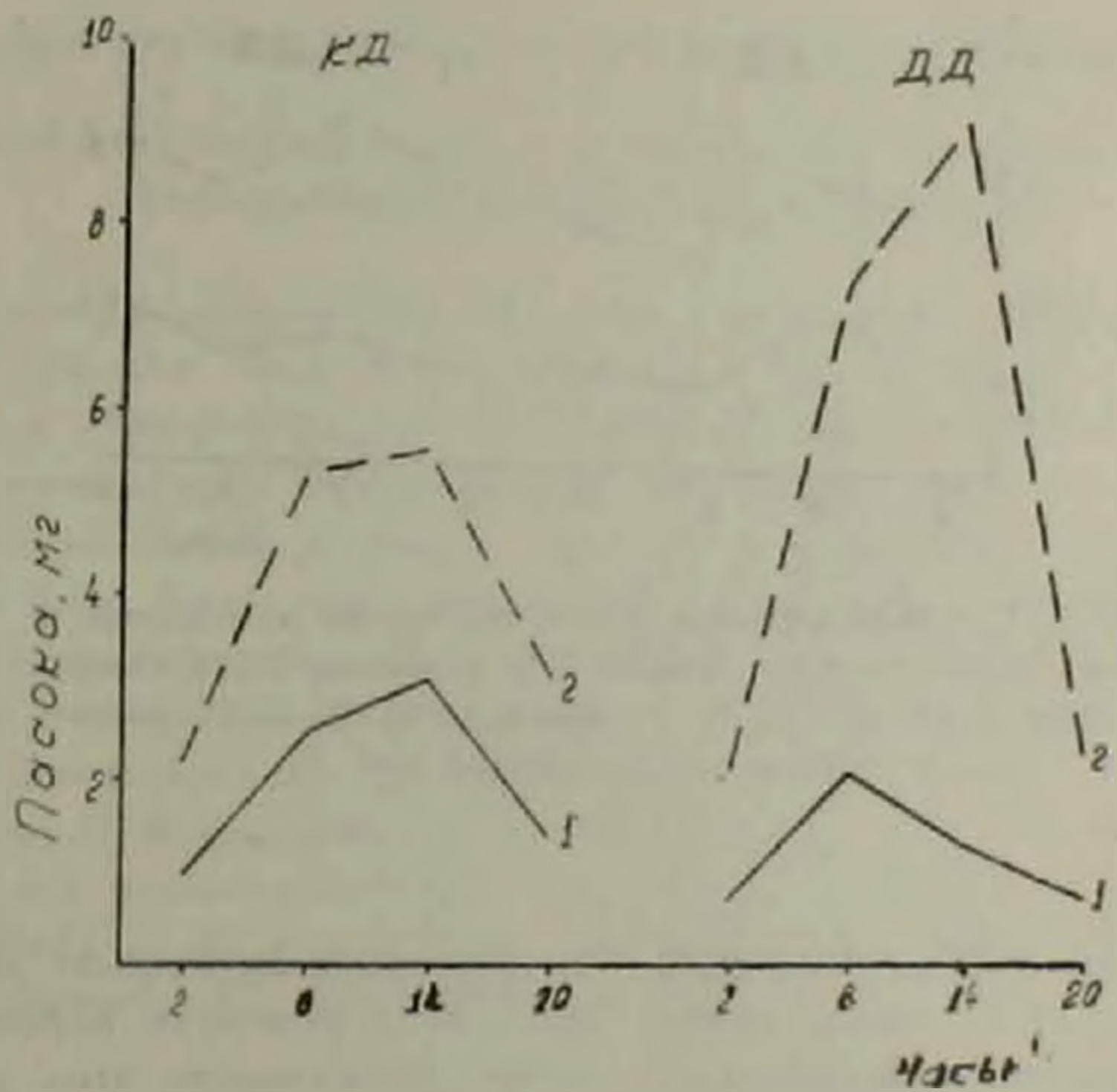


Рис. 2. Суточная динамика выделения пасоки растений периллы (*1*) и горчицы (*2*) в условиях длиннодневного (ДД) и короткодневного (КД) фотопериодов. Пасока взята в фазе цветения растений, находящихся в оптимальных фотопериодах

Обращает внимание еще одно интересное обстоятельство. Как мы видим, всегда в оптимальном для цветения фотопериодическом режиме ночной максимум выделения пасоки выше, чем в условиях неоптимальных фотопериодов. Это свидетельствует о положительном влиянии оптимальных для цветения фотопериодов на корневую деятельность.

Помимо исследования изменения суточной активности выделения пасоки корнями проводились также определения динамики изменения сухой массы корней в указанные часы. При этом предполагалось наличие определенной зависимости между указанными процессами, т. е.

допускалась энергичная передача пасоки к надземным органам при наличии развитой корневой системы.

Полученные данные по суточной изменчивости сухого веса корней (рис. 3) показывают, что, аналогично выделению пасоки, этот показатель в течение суток изменяется ритмично. В условиях длинного дня обнаруживается два максимума сухого веса корней: первый, менее выраженный—в 8 часов утра, второй—более сильно выраженный—в 20 час. вечера. У горчицы большой пик кривой приурочивается к 8 час. утра. В условиях же короткого дня эта кривая у обеих групп растений идентична с той лишь разницей, что сухой вес корней горчицы в целом больше, чем у периллы.

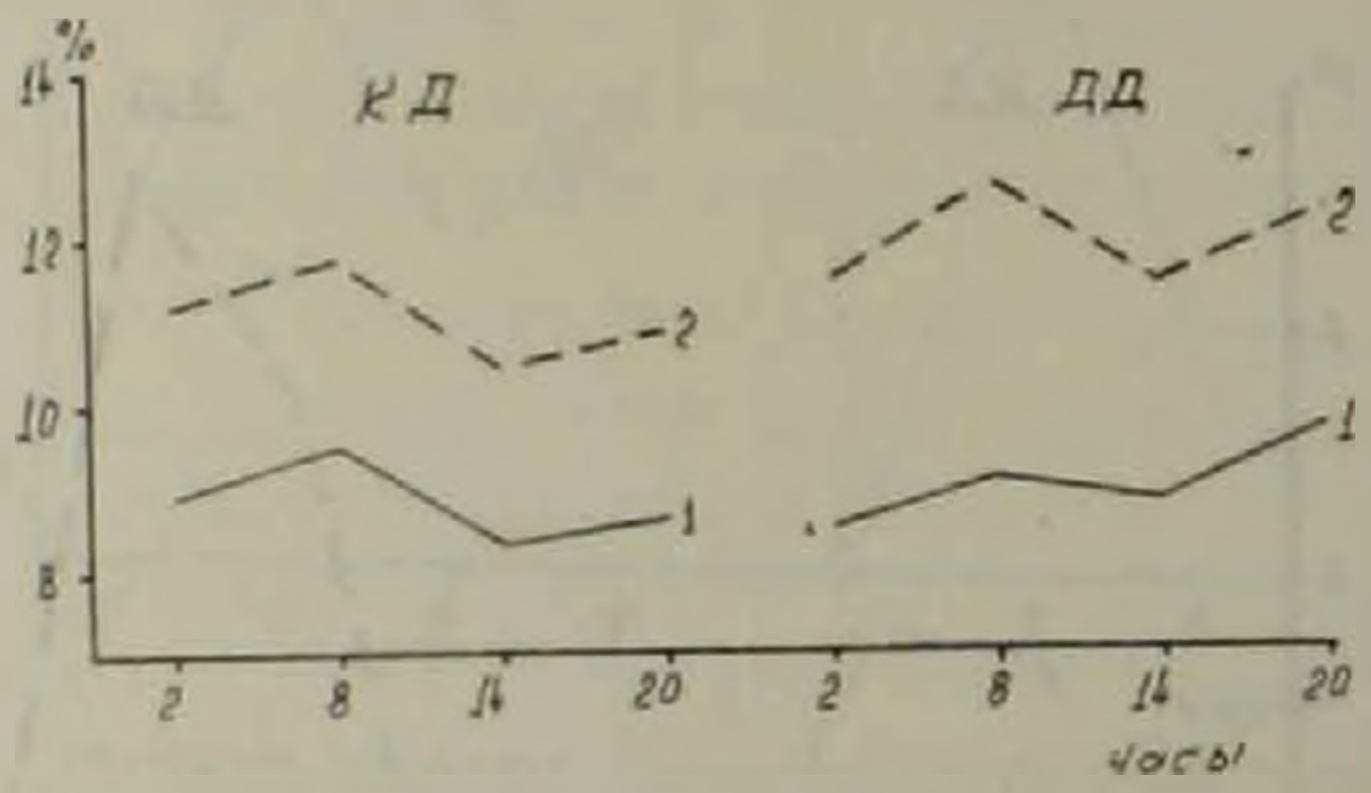


Рис. 3. Суточная динамика изменения сухого веса корней у вегетирующих растений периллы (*1*) и горчицы (*2*) в условиях длиннодневного (ДД) и короткодневного (КД) фотопериодов (в % % на сырой вес)

Сравнение кривых изменения суточного хода активности выделения пасоки (рис. 1) и, массы корней (рис. 3) в условиях короткого дня также показывает определенное сходство ритмичности этих двух процессов. Всегда корни с большим сухим весом обильно выделяют пасоку.

И. И. Гунаром и сотр. ([12]) выявлена пульсирующая через каждые 15—30 мин. ритмичность в активности выделения пасоки корнями. В отличие от указанной ритмичности, кривая суточной периодичности деятельности корней имеет более сильно выраженные амплитуды, пики которых смещаются во времени в зависимости от фотопериодического режима, при котором развиваются растения.

Таким образом, хотя фотопериодический режим воспринимается листовой поверхностью, тем не менее, корни не остаются нейтральными. Последние, находясь в тесной обменной реакции с листьями, коррелятивно изменяются и морфологически и функционально в соответствии с жизнедеятельностью листьев. Вегетативное и генеративное развитие растений в условиях тех или иных фотопериодов, всегда обусловлива-

ется коррелятивными изменениями полярно расположенных метаболических органов, деятельности которых свойственна суточная ритмика.

Согласованность суточной ритмики выделения пасоки со световым режимом, по-видимому, осуществляется трофическими и физиологически активными веществами, синтезирующимися в листьях в соответственных световых условиях и поступающими в корни в определенной ритмичности. Корни под влиянием этих веществ изменяют суточный ход физиологической деятельности, в том числе и ритмики выделения пасоки.

Ботанический институт
Академии наук Армянской ССР

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ռ. Հ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Արմատահյութի արտազատման և արմատների չոր քաշի օրվա ռիթմի վրա ֆոտոպերիոդիկ ռեժիմի ազդեցության մասին

Գեներատիվ զարգացմանը նպաստող օպտիմալ ֆոտոպերիոդների ազդեցությունը, ինչպես հայտնի է, արմատական փոփոխություն է առաջացնում տերևներում ընթացող ֆիզիոլոգո-բիոքիմիական պրոցեսներում։ Մյուս կողմից էլ արմատատերևային կոռելյացիայի առկայության դեպքում համապատասխան լուսային ռեժիմը չի կարող չազդել արմատային սիստեմի կենսագործունեության վրա։ Կարճ օրվա պերիլլայի և երկար օրվա մանանեխի բույսերի վրա կատարված փորձերը ցույց են տվել, որ իրոք, օրվա ընթացքում արմատահյութի արտազատումն իրականացվում է յուրահատուկ ռիթմով՝ կախված բույսերի ֆոտոպերիոդիկ պատկանելությունից և լուսային ռեժիմից։ Այսպիսով չնայած ֆոտոպերիոդիկ ռեժիմն ընդունվում է բույսի տերևների կողմից, սակայն արմատատերևային կոռելյացիայի շնորհիվ արմատները նույնպես ենթարկվում են այդ ռեժիմի ազդեցությանը և օրվա ընթացքում փոխում արմատահյութի արտազատման ռիթմը։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] W. W. *Garner* and *H. A. Allard*, Journ. Agric. res., v. 28. (1920). [2] W. W. *Garner* and *H. A. Allard*, Sourn Agric. res., v. 23 (1923). [3] *А. Т. Мокроносов*, Физиология растений, 2. вып. 2 (1955). [4] *В. О. Казарян*, *Э. С. Авунджян*. ДАН Арм ССР т 20. (1955). [5] *В. О. Казарян* и *В. А. Давтян*., Биологический журнал Армении, 19. 1. (1959). [6] *В. О. Казарян*, Старение высших растений, Наука, М. (1969). [7] *А. Л. Курсанов*. Взаимосвязь физиологических процессов в растениях. Тимирязевское чтение, 20, (1960). [8] *В. О. Казарян*, *В. А. Давтян*. Физиология растений, 14,5 (1967). [9] *О. М. Трубецкова* и *Н. Л. Шидловская*, Тр. Ин-та физиологии растений им. К. А. Тимирязева, т. 7, вып. 2 (1951). [10] *О. М. Трубецкова*. Тезисы докл. II съезда Всес. ботан. об-ва, т. II. (1959). [11] *В. О. Казарян*, *А. Г. Абрамян*, *Г. Г. Габриелян*, «Биологический журнал Армении», т. 19, № 6 (1966). [12] *Н. Н. Гунар*, *Е. Е. Крастина*, *А. Е. Петров-Спиридонов*, *К. А. Брюшкова*, *Е. М. Беликова*. Тезисы докладов делегатского съезда ВБО, вып II, 1958.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 2

УДК 591.128

ФИЗИОЛОГИЯ

Академик АН Армянской ССР С. К. Карапетян,
Р. А. Арутюнян, К. А. Варагян

Действие термического раздражения слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта на теплообмен у птиц

(Представлено 28/II 1974)

Роль терморецепторов пищеварительного тракта в регуляции теплообмена организма сельскохозяйственных животных изучена в основном у жвачных животных ([1-6]). На птицах такие исследования весьма ограничены. В настоящей статье приведены данные о термоцептивном влиянии зоба и 12-перстной кишки на терморегуляционные особенности у домашних птиц (кур).

Фистулы вставлялись на зобе и 12-перстной кишке птицы и учитывалось термоцептивное влияние этих органов на потребление кислорода, теплопродукцию, центральную и периферическую температуру тела, частоту дыхания и количество дыхательного воздуха при холодном (1—5, 10—15, 20) и тепловом (30—40, 50, 55—60°) раздражении. В каждом опыте после установления исходного фона изучаемых параметров в зоб или в 12-перстную кишку вводилась вода соответствующей температуры и через 10—15 минут опыт вновь продолжался. Объем вводимой жидкости в зоб составлял 20—25, а в 12-перстную кишку 15—20 *мл*. Всего проведено 97 опытов на 10 полифистульных курах.

В первые 60 минут после введения в зоб воды с температурой 1—5° потребление кислорода повысилось на 28% (с 29,0 до 37,0 *мл/кг/мин*.), теплообразование на 31% (с 0,140 до 0,184 *ккал/кг/мин*). В последующие 30 минут эти показатели снизились, соответственно, до 27,5 и 0,136 ($P<0,05$), после чего вновь повысились и через 145 минут достигали исходного фона.

Количество дыхательного воздуха в первые 60 минут повысилось от 0,77 до 1,04 *мл/кг*. В последующие 30 минут оно снизилось до 0,76 *мл/кг*, а через 145 минут достигало исходного фона. Ректальная температура в течение 145 минут снизилась на 0,38, а кожная повысилась на 1,9°. В той же последовательности, но в значительно меньшей степени терморегуляционные параметры изменялись при введении в зоб

воды с температурой 10—15°. В первые 60 минут, после такого термического раздражения потребление кислорода повысилось на 13%, а теплообразование—на 14%. С 60 до 90 минуты эти показатели снизились, после чего вновь повысились и через 110 минут достигали исходного фона. В этих условиях температура тела снизилась только в первые 60 минут на 0,2°, ($P<0,2$) затем восстановилась. Температура гребня постепенно повышалась и в конце опыта составила 32,6° или на 2,6 выше нормы (рис. 1). Количество дыхательного воздуха в первые 1,5

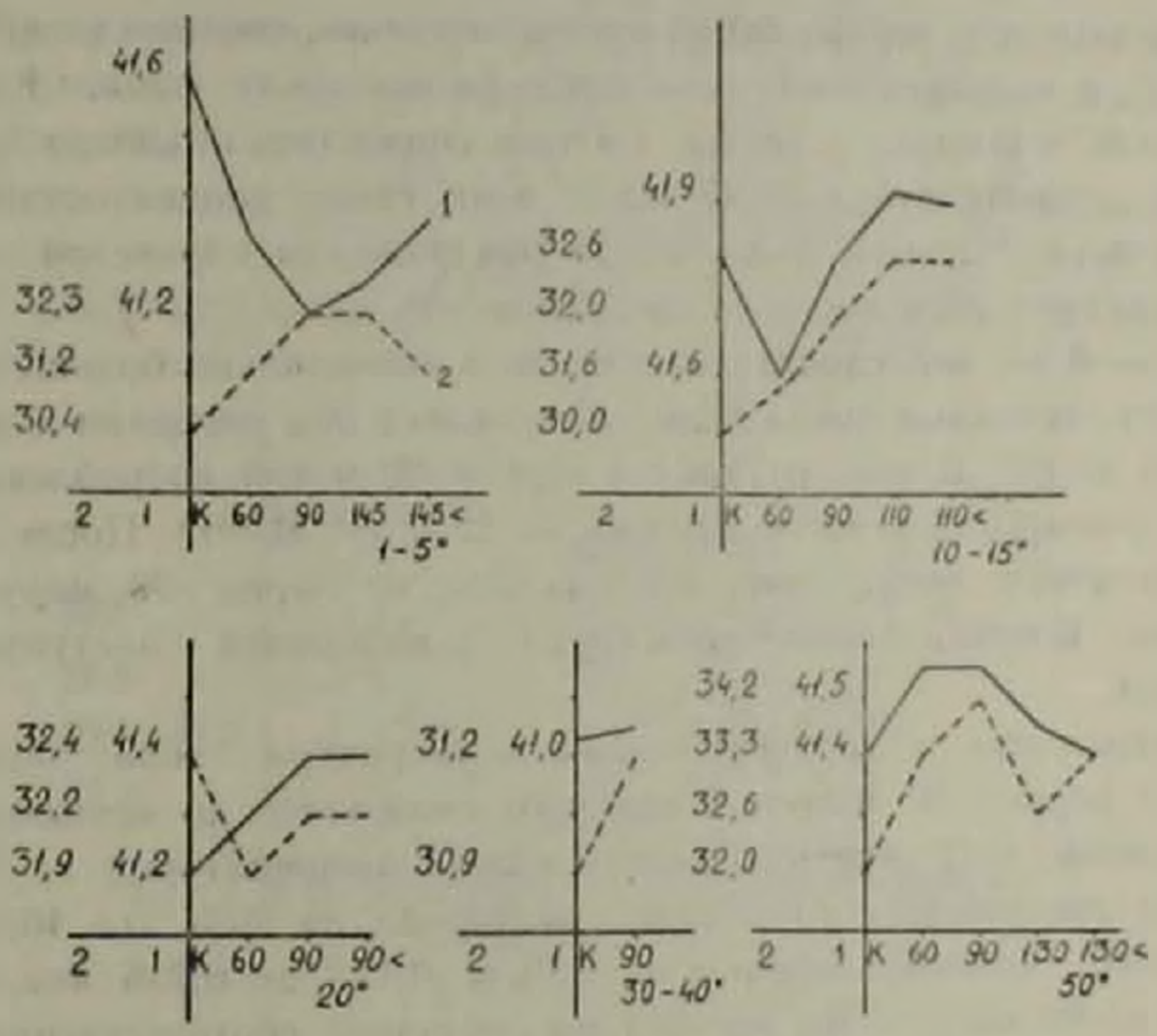


Рис. 1. На оси абсцисс—время измерения и температура вводимого раствора, на оси ординат—1. Температура тела 2. Температура кожи гребня.

часа снизилось с 0,89 до 0,62 *мл/кг*, потом, постепенно повышалось и через 2 часа составляло 0,83 *мл/кг* ($P<0,001$). Частота дыхания равнялась 37—42. При раздражении слизистой оболочки зоба водой 20° в первые 60 минут потребление кислорода и теплообразование повысились на 11 и 5,8%. В дальнейшем эти показатели снизились, соответственно, с 26,0 до 21,0 *мл/кг/мин* и с 0,129 до 0,102 *ккал/кг/мин*, а через 1,5 часа достигли исходного фона.

При раздражении слизистой оболочки зоба водой с температурой 30—40° терморегуляционные показатели хотя и несколько изменялись, но они не были достоверными.

После введения в зоб воды нагретой до 50°, в первые 60 минут потребление кислорода снизилось на 18,0% (с 34,0 до 28,0), теплообразование на 15,0% (с 0,170 до 0,144). В последующих 30 минутах эти показатели повысились до 33,0 и 0,160, а начиная с 90-й минуты вновь снизились и полностью восстановились через 130 минут. Что касается изменения центральной и периферической температуры организма, то эти показатели в первые 90 минут повышались, соответственно, на 0,2 и на 2,2°, а в дальнейшем снижались до исходного фона. Количество дыхательного воздуха в первые 1,5 часа снижалось с 0,98 до 0,70 *мл/кг*, а затем, повышалось до 0,85 *мл/кг* и на таком уровне оставалось до конца опыта. Частота дыхания до раздражения слизистой оболочки зоба составила 35, а после раздражения—48.

В такой же последовательности, но в значительно большей степени, терморегуляционные показатели изменялись при введении в зоб воды, нагретой до 60°. В этих случаях в первые 60 минут потребление кислорода и теплообразование снизились на 22% ($P<0,001$). После 60 минут эти показатели, постепенно, повышались, но через 90 минут вновь снизились. Восстановление упомянутых показателей наступило через 160 минут.

Центральная и периферическая температура тела повышалась только в первые 60 минут, после чего снижалась до исходного фона.

Введение в 12-перстную кишку воды с температурой 1—5° первые 60 минут повышало потребление кислорода на 20% (с 40,0 до 48,0 *мл/кг/мин*), теплообразование на 23% (с 0,195 до 0,236 *ккал/кг/мин*). С 60-ой до 90 минуты эти показатели снизились, соответственно, до 39,0 и 0,192 ($P<0,05$) затем, они постепенно повысились и через 2 часа достигали исходного фона.

Количество дыхательного воздуха в первые 60 минут повысилось с 1,8 до 2,2 *мл/кг*, в последующие 30 минут оно снизилось до 1,76 *мл/кг*. Начиная с 90 минуты его количество вновь повысилось и через 2 часа достигло исходного уровня.

Одновременно изменялась и ректальная температура: в первые 2 часа она снизилась на 0,5°, а затем постепенно повышалась и к 155 минуте составила 41,4°. Кожная температура изменилась реципрокно ректальной (рис. 2).

При раздражении слизистой оболочки 12-перстной кишки водой с температурой 10—15° в течение первого часа потребление кислорода и теплообразование повысились на 12—13%. С 60-ой до 90 минуты эти показатели постепенно повысились и через 1,5 часа составляли 42,1 ± 2,0 *мл/кг/мин* и 0,210 ± 0,007 *ккал/кг/мин* ($P<0,02$). Через 2 часа те же параметры оказались на уровне исходного фона. В этих условиях в первые 60 минут ректальная температура снизилась на 0,4°. Количество дыхательного воздуха в первые 1,5 часа снизилось с 1,3 до 0,98 *мл/кг*.

затем, постепенно повысилось, а в конце второго часа вновь снизилось до исходного уровня. Частота дыхания до раздражения составляла 30,0, а после раздражения—37.

При введении в 12-перстную кишку воды с температурой 20° в первые 60 минут потребление кислорода и теплообразование повысилось на 19%. В дальнейшем оно снизилось, а через 90 минут повышалось до исходного фона. Температура тела снизилась только в первые 60 минут, затем, быстро восстановилась. Кожная температура изменилась незначительно.

При раздражении той же области 12-перстной кишки водой с температурой 30—40° достоверные изменения в терморегуляционных показателях не наблюдались.

При вливании в кишечную полость воды с температурой 50° потребление кислорода и теплообразование в первые 60 минут снизились до 27—31% ($P<0,001$). В последующие 30 минут эти показатели повы-

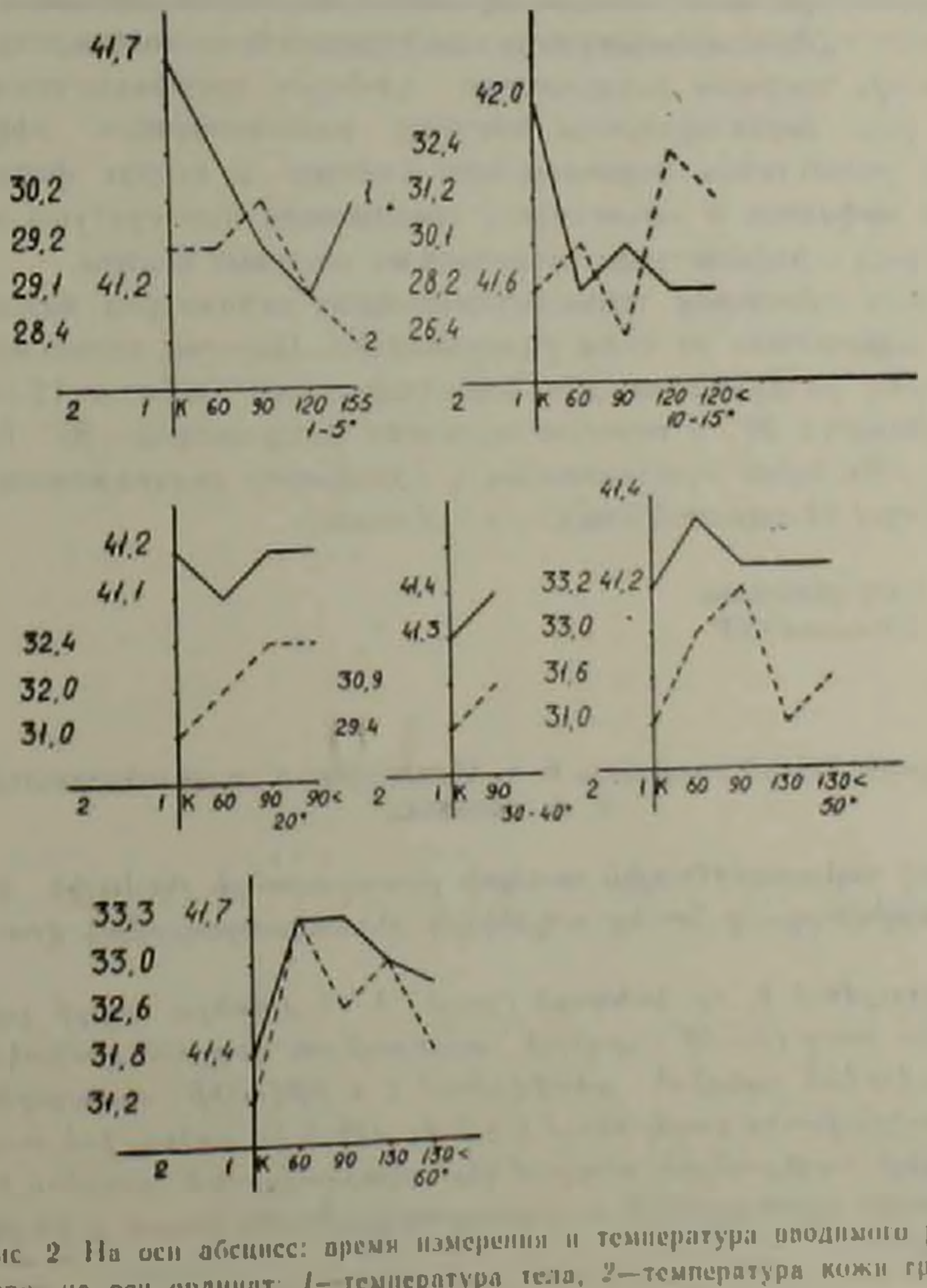


Рис 2 На оси абсцисс: время измерения и температура вводимого раствора, на оси ординат: *1*—температура тела, *2*—температура кожи грудки

сились и, соответственно, составили 26,0±1,6 и 0,130±0,01. Восстановление уровня изучаемых параметров наблюдалось через 130 минут после термического воздействия. Центральная и периферическая температура тела повысилась только в первые 90 минут, а в дальнейшем снизилась и до конца опыта не изменялась.

Раздражение 12-перстной кишки водой с температурой 55—60 потребление кислорода и теплообразование снизило на 35% ($P<0,02$). Начиная с 90 минуты уровень этих показателей повысилась, затем, несколько снизилась, а через 130 минут достигала исходного фона. Кожная и ректальная температура повысилась только в первые 1,5 часа, а в дальнейшем снизилась. Количество дыхательного воздуха в первые 60 минут уменьшилось (с 0,83 до 0,55 *мл/кг*), а затем, повысилось до исходного уровня. Частота дыхания до раздражении составила 40, после раздражения—50.

Анализируя полученные результаты можно придти к следующему заключению: при холодовом раздражении слизистой оболочки зоба и 12-перстной кишки терморегуляционные показатели повышаются двухфазно, а при тепловом раздражении, наоборот, двухфазно-снижаются. Первая фаза характеризуется быстрым возникновением эффекта и является результатом рефлекторного влияния, а вторая фаза—гуморальным эффектом и объясняется повышением температуры крови в этих органах и воздействием последней на тепловые центры.

Степень изменения терморегуляционных параметров находится в прямой зависимости от силы раздражителя. Порогом холодового температурного раздражения для терморецепторов зоба и 12-перстной кишки является 20°, а порогом теплового раздражения—50°. Терморецепторы зоба более чувствительны к холодовому раздражению, а терморецепторы 12-перстной кишки—к тепловому.

Институт физиологии
АН Армянской ССР

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս Ս. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ռ. Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ,
Ք. Ա. ՎԱՐԱԳՅԱՆ

Թռչունների աղեստամոքսային սրակոլ լորձաթաղանթի ջերմային գրգռման ազդեցությունը նրանց օրգանիզմի ջերմակարգավորման վրա

Ապացուցվում է, որ կտնատրի (թուշի) և 12-մատնյա աղիքի լորձաթաղանթի վրա սառը (5—20°) գրգռիչի ազդեցության դեպքում բիմխական ջերմակարգավորման պրոցեսն ակտիվանում է և բիվաժնի օգտագործումն ու ջերմարտադրությունը բարձրանում է 3,8-ից մինչև 31 տոկոս, իսկ տաք (50—60°) գրգռիչի ազդեցության դեպքում ջերմակարգավորման պրոցեսը նվազում է և բիվաժնի օգտագործումն ու ջերմարտադրությունն իջնում է 15-ից մինչև 3,5 տոկոս։

Կանաչի և 12-մատնյա աղիքի լորձաթաղանթի համար ցածր ջերմային պրոման շեմքը կազմում է 20°, իսկ բարձր ջերմային պրոման շեմքը՝ 50°։

Ապացուցված է նաև, որ կտնաորի լորձաթաղանթի ջերմառեցեպտորներն ավելի զգայուն են սառը գրգռի նկատմամբ, իսկ 12-մատնյա աղիքի լորձաթաղանթի ջերմառեցեպտորները՝ տաք գրգռի նկատմամբ։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *К. В. Дружина*, Температура кожи, мышц и внутренних органов при термическом раздражении сычуга и рубца телят. Мат. 4 конф. по эколог. физиологии, Краснодар, 1972. [2] *А. П. Костин*, Особенности приспособления жвачных животных к термическому фактору. Там же. [3] *В. Ф. Лысенко*, Роль рецепторов в терморегуляции. Труды Кубанск. с/х института «Физиологические механизмы адаптации», выпуск 41, Краснодар, 1971. [4] *Г. Л. Романовская*, Об изменениях газообмена при термическом раздражении рубца. сб. «Регуляц. обмена тепла у с/х животных», Краснодар, 1960. [5] *Г. Л. Романовская*, Влияние раздражения интерорецепторов рубца на температуру кожи туловища и конечностей. В сборнике: «Теплообразование в организме. Изд. АН УССР Киев, 1964. [6] *M. Savanac et all*, J. Physiol, (France) 58, 214, (1966).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXI 1975 2

УДК 612.822.3

ФИЗИОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН Армянской ССР В. В. Фанарджян,
И. А. Манвелян

Вызванная активность нейронов красного ядра ненаркотизированных кошек на раздражение мозжечка

(Представлено 7/III 1975)

В настоящее время на наркотизированных животных подробно изучены свойства нейронов красного ядра ([1-3]), синаптические механизмы их афферентных и эфферентных связей ([1,5]). Для полного понимания особенностей функционирования нейронов этого узлового образования экстрапирамидной моторной системы важен их анализ у хронических ненаркотизированных животных.

В данной работе излагаются результаты изучения влияния структур мозжечка на импульсную активность нейронов красного ядра ненаркотизированных кошек. Хронические эксперименты выполнены на 18 взрослых кошках. Предварительная операционная подготовка проводилась под нембуталовым наркозом и состояла в крепеже на черепе животного специального устройства, позволяющего в последующем жестко фиксировать голову ненаркотизированной кошки в головодержателе стереотаксического прибора ([6]). Биполярные раздражающие электроды вживляли контралатерально в кору околочервячной зоны передней доли мозжечка, в промежуточное ядро мозжечка и ипсилатерально в область мезэнцефалического перекреста рубро-спинального тракта. Для электрической стимуляции применяли одиночные прямоугольные импульсы длительностью 0,1 *мсек* и напряжением 2—5 *в*. Внеклеточное отведение импульсной активности нейронов красного ядра производили вольфрамовыми микроэлектродами с диаметром кончика 1,0—1,5 *мкм*. Эксперименты завершали гистологическим исследованием областей отведения и глубинного раздражения.

Фоновая активность нейронов красного ядра отличалась нерегулярными разрядами, частота которых варьировала от 0,1 до 50 имп./*сек*. Преобладали клетки с частотой 1—10 и 15 имп./*сек*.

Антидромная идентификация рубро-спинальных нейронов осуществлялась посредством радражения мезэнцефалического перекреста

рубро-спинального тракта. На указанное раздражение в пределах красного ядра регистрировались ответы, состоящие из одиночного вызванного спайка. Антидромные спайковые потенциалы характеризовались коротким скрытым периодом в 0,3—0,5 *мсек*, не изменяющимся при нанесении частых раздражений, постоянством выявления и короткой рефрактерностью.

Эффекты раздражения промежуточного ядра мозжечка были испытаны у 452 нейронов. В подавляющем большинстве (417 клеток) ответ был представлен одиночным спайком (рис. 1, *Б*), у остальных 35 нейронов—двумя-шестью спайками (рис. 1, *В*, *Г*). Скрытый период возникновения одиночных спайкон колеблется от 0,8 до 2,9 *мсек* (среднее значение 1,21±0,46 *мсек*; n=445) (рис. 1, *А*). Согласно данным литературы ([1, 3, 4]) ответы со скрытым периодом до 2,2 *мсек* могут быть оценены как моносинаптические. В проведенных опытах их среднее значение составляло 1,12±0,31 *мсек*; n=417. При этом не исключена возможность, что определенное число клеток, отвечающих на раздражение промежуточного ядра мозжечка со скрытым периодом 0,8—0,9 *мсек*,

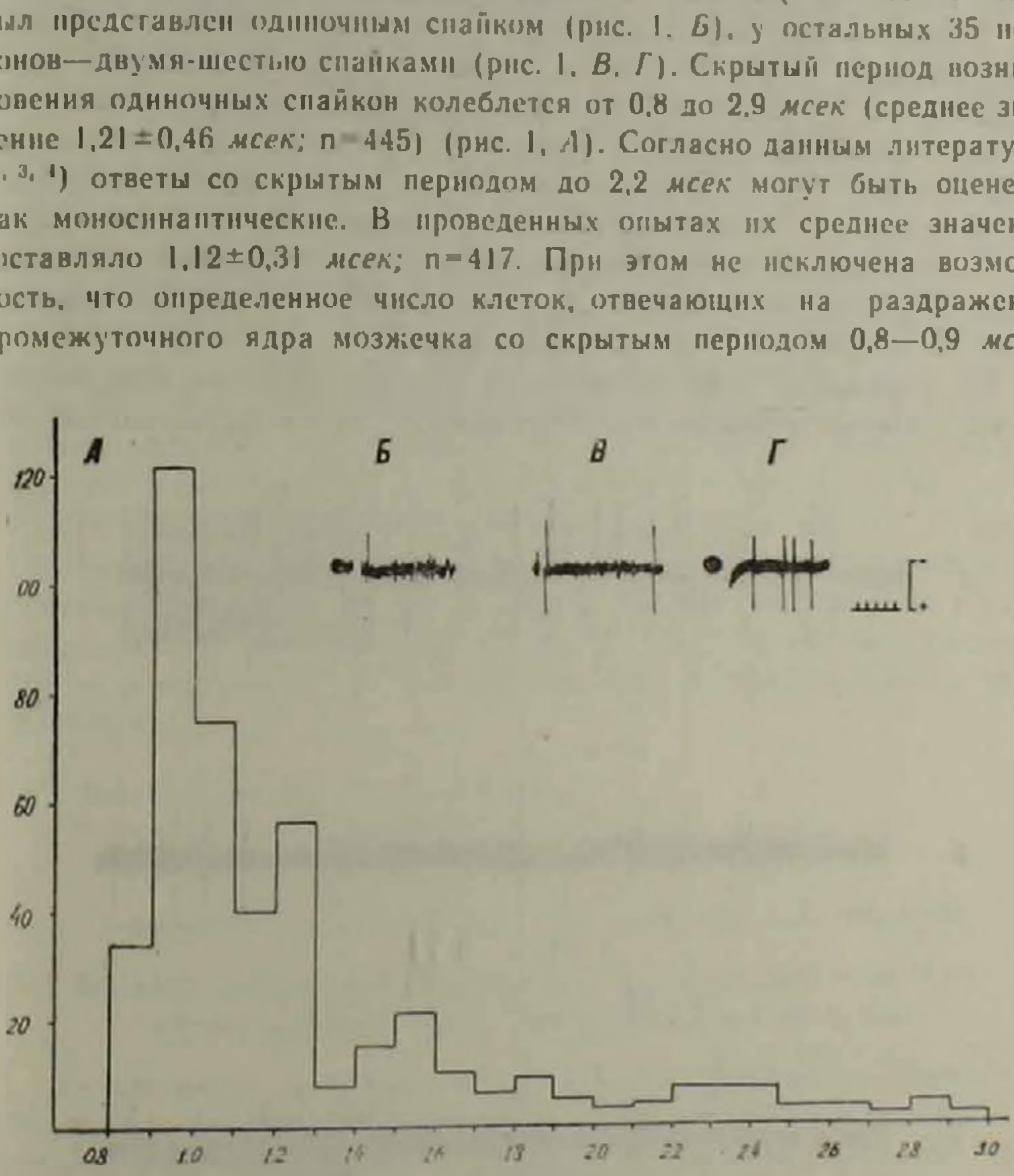


Рис. 1. Ответы нейронов красного ядра на раздражение промежуточного ядра мозжечка.

А—гистограммы скрытых периодов ответов нейронов красного ядра на раздражение промежуточного ядра мозжечка. По оси ординат—количество зарегистрированных нейронов; по оси абсцисс—величина скрытых периодов, в *мсек*. *Б-Г*—разновидности ответов нейронов красного ядра на раздражение промежуточного ядра мозжечка. Калибровка—0,5 *мв*; отметка времени—2,0 *мсек*

активировалось антидромно, отражая возбуждение в рубро-мозжечковой проекционной системе ([3, 7]).

Клетки, ответы которых были представлены несколькими спайками, распределялись следующим образом. У 12 нейронов повторные спайки возникали через 1,4—2,0 *мсек* после начального моносинаптического возбуждения клетки. У другой группы (12 нейронов) этот интервал составлял 2,1—8,0 *мсек*. Наконец, 11 нейронов характеризовалось поздними ответами, в которых скрытый период первого спайка мог достигать 12,0 *мсек*. Указанная повторная активация нейронов красного ядра может быть обусловлена вовлечением быстрого круга реверберации в системе промежуточное ядро-красное ядро-промежуточное ядро мозжечка. Время передачи через указанный путь составляет около 2,0 *мсек* ([6]). В условиях хронического эксперимента реверберация возбуждения между мозжечком и красным ядром возможна не только на основании функционирования прямой рубро-мозжечковой проекции, но и полисинаптических обратных связей, вовлекающих нижнюю оливу ([2]) и латеральное ретикулярное ядро.

На раздражение коры мозжечка в нейронах красного ядра наблюдались сложные реакции, обычно состоящие из последовательных эф-

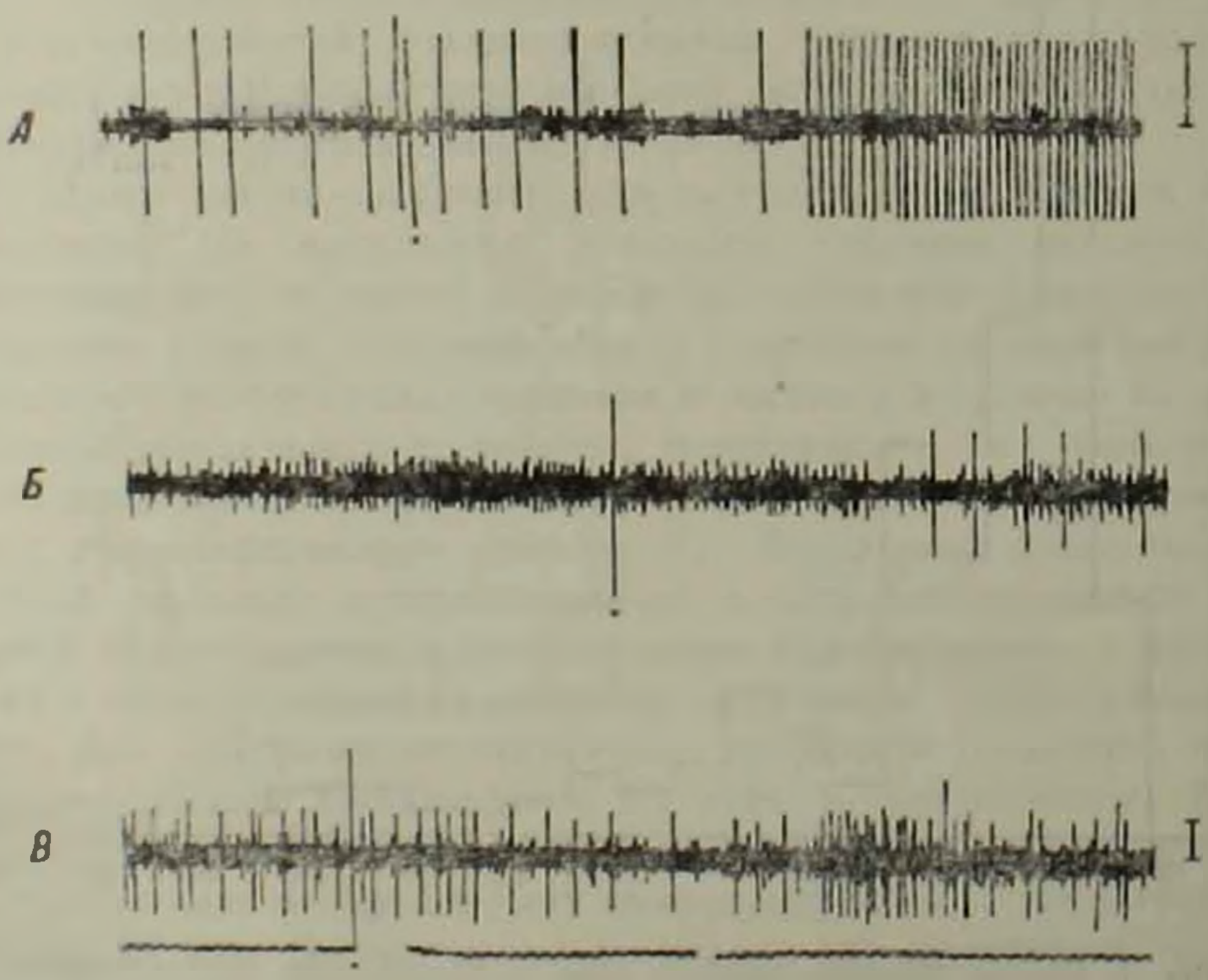


Рис. 2. Ответы нейронов красного ядра на раздражение коры мозжечка. *А-В*—разновидности ответов нейронов красного ядра на раздражение коры мозжечка. На *Б* регистрируется активность двух нейронов. Вертикальная линия с точкой—момент раздражения коры мозжечка. Калибровка—0,5 *мв*, отметка времени—2,0 *мсек*

фектов угнетения и активации (рис. 2, *А—В*). Угнетение импульсной активности выражалось в ее урежении или полном подавлении. В большинстве случаев оно завершалось феноменом отдачи, который, однако, мог возникать и изолированно. Длительность торможения колебалась от 3,0 до 16,0 *мсек* (среднее значение 7,78±2,86 *мсек*; n=167). Его вариабильность отмечалась не только у разных клеток (рис. 2, *Б*), но и у одного и того же нейрона при различных его испытаниях.

Внутриклеточными исследованиями показано, что торможение активности нейронов красного ядра при раздражении коры мозжечка обусловлено развитием гиперполяризации, возникающей в результате изъятия тонического облегчающего влияния нейронов промежуточного ядра на рубральные нейроны (феномен дисфасилитации) [2]. Этот эффект возникает в связи с тормозным действием клеток Пуркинье на нейроны промежуточного ядра [1]. Следовательно, степень торможения нейронов красного ядра при раздражении коры мозжечка зависит от выраженности тормозного действия клеток Пуркинье. В условиях острого эксперимента это торможение характеризуется относительной стабильностью и длительность его измеряется десятками или сотнями *мсек* [2,4]. Как показано выше, у ненаркотизированных животных тормозные эффекты коры мозжечка отличаются малой интенсивностью и короткой длительностью. Имеются данные, что при наркотизации животных тормозное действие коры мозжечка усиливается [4]. Очевидно, в условиях нормального функционирования тормозной компонент коры мозжечка не является столь доминантным, как это показано у наркотизированных животных. Это сочетается с удивительно высокой надежностью в передаче возбудительных влияний из промежуточного ядра в красное ядро.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели
Академии наук Армянской ССР

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ Վ. Վ. ՏԱՆԱՐՋՅԱՆ, Ի. Ա. ՄԱՆՎԵԼՅԱՆ

Ուղեղիկի գրգռումից առաջացած կարմիր նեյրոնների հրահրված ակտիվությունը հարկոգի չենթարկված կառուցների մոտ

Խրոնիկ փորձի պայմաններում, հարկոգի չենթարկված կառուցների մոտ միկրոէլեկտրոդային գրանցման մեթոդի օգնությամբ ուսումնասիրվել են ուղեղիկի կեղևի և ուղեղիկի միջանկյալ կորիզի գրգռումից առաջացած կարմիր կորիզի նեյրոնների ռեակցիաները։

Հետազոտվող նեյրոնների ֆոնային ակտիվությունը գտնվել է 0,1—50 իմպ/վրկ սահմաններում, ավելի հաճախ 1—10 իմպ/վրկ և 15 իմպ/վրկ։ Միջանկյալ կորիզի գրգռումն առաջացրել է նեյրոնների սպայկային ակտիվության 0,8—2,9 մվրկ գաղտնի շրջանով։ Մինչև 2,2 մվրկ գաղտնի շրջան ունեցող պատասխանները համարվել են որպես մոնոսինապտիկ։ Ցույց են տրվել միջանկյալ կորիզ—կարմիր կորիզ համակարգում մոնոսինապտիկ դրդի։ ազդեցությունների փոխանցման բարձր հուսալիություն նշված համակարգում հայտնաբերվել է ակտիվության ռեվերբերացիա, որն արտահայտվել է

կրկնակի սպայկանների ձագումով ուղեղիկի կեղևի դրգռման էֆեկտները հանդես են գալիս կարմիր կորիզի նեյրոնների ակտիվության ճնշման և հետագա հնշտացման մեջ։ Գրգռման այդ ցիկլիկ փոփոխությունները պետք են որպես ուղեղիկի կեղևի Պուրկինյե բջիջների հաջորդական ակտիվության և արգելակման արտահայտություն խրոնիկ փորձի պայմաններում. նարկոզի չենթարկված կատուների ուղեղիկի կեղևի արգելակիչ էֆեկտները համեմատած այդպիսինների հետ սուր փորձի պայմաններում բնորոշվում են ցածր էֆեկտիվությամբ և կարճ տևողությամբ (3,0—16,0 մվ|րկ)։

Եզրակացվել է, որ նորմալ գործունեության պայմաններում ուղեղիկի կեղևի արգելակիչ կոմպոնենտը չի հանդիսանում, այնպես ինչպես այն ցույց է տրվել նարկոզի ենթարկված կենդանիների մոտ։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *N. Tsukahara, K. Toyama, K. Kosaka*, Exp. Brain Res., 4, 18(1967). [2] *K. Toyama, N. Tsukahara, M. Ubo*, Exp. Brain Res., 4, 292 (1968). [3] *В. В. Фанарджян, Д. С. Саркисян*. Физиолог. ж. СССР, 55, 121 (1969). [4] *J. Massion*. Physiol. Rev., 47, 383 (1967). [5] *П. Г. Костюк*. Структура и функция нисходящих систем спинного мозга, Изд. "Наука", Л. (1973). [6] *В. В. Фанарджян, С. А. Саакян, С. А. Арутюнян, Ю. С. Геворкян, И. А. Манвелян*, Физиолог. ж. СССР, 56, 1060 (1970). [7] *A. Brodal, A. Gogstad*, Anat. Rec., 118, 455 (1954). [8] *R. Davis*, Brain Res. 15, 157 (1969). [9] *S. T. Kitai, J. F. Dé France, K. Hatada, D. T. Kennedy, Exp.* Brain Res., 21, 419 (1974).